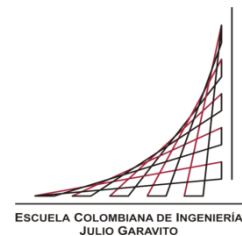


Maestría en Ingeniería Civil

**Diseño geotécnico de cimentaciones aplicando factores de carga
y resistencia. (LRFD).**

Carlos Arturo Arias Valencia

Bogotá, D.C., 05 de Marzo de 2015



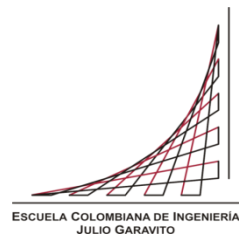
**Diseño geotécnico de cimentaciones aplicando factores de carga
y resistencia. (LRFD).**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Geotecnia**

Jorge Enrique Durán Gutiérrez

Director

Bogotá, D.C., 05 de Marzo de 2015



La tesis de maestría titulada “Diseño geotécnico de cimentaciones aplicando factores de carga y resistencia. (LRFD)”, presentada por Carlos Arturo Arias Valencia, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Geotecnia.

Director de la tesis

Jorge Enrique Durán Gutiérrez

Jurado

Claudia Jeanneth Ríos Reyes

Jurado

Sandra Ximena Campagnoli Martínez

Bogotá, D.C., 12 de Febrero de 2015

Dedicatoria.

A mi esposa Bibiana y mis hijos Nicolás, Santiago y Sofía

Gracias por el apoyo.

Resumen

En el presente trabajo se profundizó sobre el diseño geotécnico de cimentaciones aplicando factores de carga y resistencia (LRFD). Este método de diseño ha sido ampliamente desarrollado internacionalmente por la AASHTO y los Eurocódigo. El método se fundamenta en la aplicación de análisis por confiabilidad.

El código colombiano de diseño sísmico de puentes del año 1995 (CCDSP-95), permite la aplicación de los procedimientos de diseño que indica la AASHTO, pero al existir en el medio desconocimiento de los fundamentos sobre los que se soporta el método, este se ha aplicado de manera inadecuada.

El desarrollo del presente trabajo abarco actividades como: análisis histórico del concepto y evolución del factor de seguridad, enfoques de diseño, métodos de calibración de los factores de resistencia, ejemplos de aplicación, planteamiento de futuras líneas de investigación y/o profundización.

El concepto del factor de seguridad ha evolucionado desde 1729 fecha en la cual se considera que el concepto fue propuesto por Belidor. Posteriormente Coulomb en 1773 formula valores para el factor de seguridad para la capacidad y el volcamiento de estructuras de contención. El concepto del factor de seguridad evoluciono bajo dos perspectivas, la primera planteada por Terzaghi y Peck quienes plantearon el manejo del factor de seguridad a través de un factor de seguridad total, el segundo enfoque fue planteado por Taylor al indicar que se requerían de factores separados para la cohesión y la fricción.

El concepto de factores independientes para fricción cohesión dio origen al manejo de factores parciales para carga y resistencia. Este enfoque desarrollado bajo una óptica de probabilidad y estadística corresponde al análisis por confiabilidad del método del LRFD.

Los métodos de diseño están ligados al manejo del factor de seguridad y se estudiaron tres conceptos; el primero corresponde al diseño por esfuerzos admisibles en el cual se compara las cargas impuestas con la resistencia última del suelo dividida por un factor de seguridad, el segundo enfoque consiste en comparar las cargas del sistema amplificadas por factores de carga y compararlas con la resistencia del suelo afectada por un factor de

reducción, estos factores son evaluados de manera determinística, el tercer enfoque corresponde a la aplicación de factores de amplificación de carga y reducción de resistencia pero obtenidos a partir de un análisis estadístico de las variables involucradas.

Finalmente se aplicaron algunos métodos de calibración para determinar factores de reducción de resistencia a partir de datos geotécnicos (Ensayos de campo y laboratorio) y los factores de amplificación planteados en las normas colombianas.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ANEXOS	14
1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo General	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 Planteamiento del Problema	17
2 MÉTODOS DE DISEÑO	19
2.1 Diseño por esfuerzo admisible	19
2.2 Diseño por factores de carga	19
2.3 Diseño por confiabilidad	20
3 EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD	24
3.1 Factor de seguridad global	26
3.2 Factores parciales de resistencia	27
4 ESTADOS LÍMITE DE DISEÑO	28
4.1 Estado Límite de Servicio	28
4.2 Estados Límite de Resistencia	28
4.3 Estados límite para cargas extremas y estado Límite de fatiga	29
5 NORMAS PARA DISEÑO EN COLOMBIA	30
5.1 Código de 1984	30
5.2 NSR-98	31
5.2.1 Estado límite de falla	31
5.2.2 Estado límite de funcionamiento o servicio	32
5.2.3 Factores de seguridad utilizados por la NSR-98	32
5.3 NSR-10	33
Factores de seguridad utilizados por la NSR-10	35

5.4	Código Colombiano de diseño sísmico de puentes	36
6	NORMAS DE REFERENCIA	39
6.1	AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012)	39
7	MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES DE RESISTENCIA.	44
7.1	Calibración a partir de ASD	44
7.2	Análisis de Confiabilidad Simple	47
7.3	Primer orden segundo momento	63
7.4	Estimaciones Puntuales de Rosenblueth	64
7.5	Simulaciones de Montecarlo	66
8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOTÉCNICOS	68
9	FACTORES DE RESISTENCIA (PRIMERA APROXIMACIÓN)	82
10	COMPARACIÓN ENTRE FACTORES DE SEGURIDAD Y FACTORES DE RESISTENCIA (EJEMPLOS DE APLICACIÓN)	87
10.1	CIMENTACIÓN SUPERFICIAL	90
10.1.1	Caso I: Cimiento superficial sobre suelo cohesivo	90
10.1.2	Caso II: Cimiento superficial sobre suelo granular	93
10.2	CIMENTACIÓN PROFUNDA	97
10.2.1	Caso III: Cimiento profundo sobre suelo cohesivo	97
10.2.2	Caso IV: Cimiento profundo sobre suelo granular	103
11	APLICACIÓN DEL “LRFD” EN DISEÑOS GEOTÉCNICOS EN COLOMBIA. ¿CÓMO EMPEZAR?	108
11.1	Universidades frente a LRFD	108
11.2	Normatividad frente a LRFD	110
12	ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO EN LA APLICACIÓN DE LRFD	113
13	PLANTEAMIENTO DE FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y/O PROFUNDIZACIÓN	119
14	CONCLUSIONES	120
15	LISTA DE REFERENCIAS	123
	ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Implicaciones en la aplicación de LRFD.....	23
Tabla 4-1 Estado límite de servicio	28
Tabla 4-2 Estado límite de resistencia. (Estados límite últimos – ELU)	29
Tabla 5-1 Deflexiones máximas calculadas permisibles. Código 1984	30
Tabla 5-2 Factores de seguridad NSR-98	32
Tabla 5-3 Factores de seguridad NSR-10	35
Tabla 5-4 Factores de seguridad CCDSP-95	37
Tabla 6-1 Normas internaciones para diseño estructural y geotécnico	39
Tabla 6-2 Tipos de carga	40
Tabla 6-3 Estados límite.....	41
Tabla 6-4 Combinaciones de carga	42
Tabla 6-5 Factores de amplificación para cargas permanentes	43
Tabla 7-1 Parámetros estadísticos requeridos para la calibración del Factor de Resistencia	51
Tabla 7-2 Valores de COV y Sesgo para la Carga Muerta	52
Tabla 7-3 Valores de COV y Sesgo para geotecnia. Fuente AASHTO	53
Tabla 7-4 Valores de COV para parámetros geotécnicos (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011)	54
Tabla 7-5 Relación entre la probabilidad de falla y el Índice de confiabilidad β	55
Tabla 7-6 Valores empíricos de probabilidad anual de falla en obras civiles y el índice de confiabilidad (β) correspondiente.....	56
Tabla 7-7 Parámetros estadísticos para la calibración de los Factores de Resistencia.	57
Tabla 8-1 Ensayos geotécnicos de laboratorio y de campo.....	68

Tabla 8-2 Ensayos geotécnicos clasificados por tipo de material.....	70
Tabla 8-3 Coeficientes de variación clasificados por parámetro y tipo de suelo.	75
Tabla 9-1 Coeficientes de variación para cimientos superficiales según tipo de suelo.....	84
Tabla 9-2 Coeficientes de variación para cimientos superficiales y Profundos.....	85
Tabla 9-3 Factores de Resistencia Calculados en el Presente Estudio.	86
Tabla 10-1 Parámetros geotécnicos utilizados en los análisis de capacidad portante y asentamientos para la comparación entre factor de seguridad global y LRFD.....	89
Tabla 10-2 Cargas de trabajo aplicadas a nivel de cimentación.....	89
Tabla 10-3 Asentamientos y δ/l para cimientos superficiales sobre suelo cohesivo	91
Tabla 10-4 Asentamientos y distorsión angular para cimientos superficiales sobre suelo granular	94
Tabla 10-5 Factores de seguridad y Factor de reducción de resistencia aplicables a cimientos profundos sobre suelos cohesivos de acuerdo con la NSR-10, el CCDSP-95 y la AASHTO 2012.....	98
Tabla 10-6 Longitud pilotes suelo cohesivo. Ejemplo Caso III.....	99
Tabla 10-7 Factores de seguridad y Factor de reducción de resistencia aplicables a cimientos profundos sobre suelos granulares de acuerdo con la NSR-10, el CCDSP-95 y la AASHTO 2012.....	104
Tabla 10-8 Longitud pilotes suelo granular. Ejemplo Caso IV.	105
Tabla 12-1 Número de datos requeridos por parámetro y tipo de suelo.	115
Tabla 12-2 Número de datos requeridos (Ejemplo 4 Edificios).....	117
Tabla 12-3 Costo / Beneficio en la aplicación del diseño por Confiabilidad	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Implementación de LRFD al diseño de la superestructura en puentes en Estados Unidos. (Withiam, 2003)	22
Figura 3-1 Evolución histórica del Factor de Seguridad.....	25
Figura 3-2 Representación gráfica del Factor de Seguridad. (Federal Highway Administration, 2001)	26
Figura 3-3 Enfoque de diseño LRFD. (Federal Highway Administration, 2001).....	27
Figura 5-1 Comparación factores directos e indirectos para cimientos superficiales, según la NSR-10.....	34
Figura 5-2 Artículo A.1.1.3 del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes	38
Figura 7-1 ASD vrs LRFD	44
Figura 7-2 Calibración a partir de ASD	46
Figura 7-3 Funciones de densidad de probabilidad para carga y resistencia normalmente distribuida	47
Figura 7-4 Definición del índice de confiabilidad β , para distribuciones LogNormal de R y Q	47
Figura 7-5 Efectos de las cargas, resistencia y confiabilidad.....	50
Figura 7-6 Valores empíricos de probabilidad de falla en obras civiles.....	56
Figura 7-7 Calibración para Q normal y R normal.....	58
Figura 7-8 Calibración para Q Lognormal y R Lognormal.....	59
Figura 7-9 Comparación procedimientos de calibración	60
Figura 7-10 Análisis de sensibilidad para COV_R	61
Figura 7-11 Relación entre Carga Muerta y Carga Viva para diferentes tipos de edificaciones.....	62

Figura 8-1 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de resistencia al corte no drenado (Teng y otros, 1992)	70
Figura 8-2 Coeficiente de Variación (Gravas)	72
Figura 8-3 Coeficiente de Variación (Arenas).....	73
Figura 8-4 Coeficiente de Variación (Limos)	74
Figura 8-5 Coeficiente de Variación (Arcillas)	75
Figura 8-6 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de corte directo. (Arcillas CH. Inorgánicas de Alta Plasticidad)	77
Figura 8-7 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de corte directo. (Arcillas CL. Inorgánicas de Baja a Media Plasticidad).....	78
Figura 8-8 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Ángulo de Fricción a partir de SPT (Arenas SC, Arcillosas mezcla de arena y arcilla)	79
Figura 8-9 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Ángulo de Fricción a partir de SPT (Arenas SM, Limosas mezcla de arena y limo).....	79
Figura 8-10 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Compresión Inconfinada (Arcillas CH. Inorgánicas de Alta Plasticidad)	80
Figura 8-11 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Compresión Inconfinada (Arenas SC, Arcillosas mezcla de arena y arcilla)	80
Figura 8-12 Número de ensayos según COV esperado	81
Figura 10-1 Esquema de análisis. Comparación NSR-10, CCDSP-95 y AASHTO.....	87
Figura 10-2 Distribución en planta de la estructura analizada. Comparación NSR-10, CCDSP-95 y AASHTO.....	88
Figura 10-3 Caso I. Cimiento superficial sobre suelo cohesivo	90
Figura 10-4 Caso II. Cimiento superficial sobre suelo granular	93
Figura 10-5 Caso III. Cimiento profundo sobre suelo cohesivo.	99
Figura 10-6 Capacidad de carga de pilotes de fricción en suelos cohesivos	100
Figura 10-7 Caso IV. Pilotes pre-excavado sobre suelo granular.....	104

Figura 10-8 Capacidad de carga de pilotes de fricción en suelos granulares	105
Figura 11-1 Secuencia típica en el desarrollo de un diseño geotécnico aplicando LRFD109	
Figura 11-2 Pérdidas económicas debidas a fallas en obras civiles. Estimaciones empíricas (Federal Highway Administration, 2001).....	110
Figura 12-1 Relación entre el COVR y el Factor de Resistencia	113

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Evolución histórica del factor de seguridad.....	126
Anexo 2 Probabilidad y estadística	127
Anexo 3 Etapas en el diseño geotécnico.....	128
Anexo 4 Base de datos (Recopilación para el presente estudio)	129
Anexo 5 Análisis estadístico.....	130
Anexo 6 Calibración factores de resistencia.....	131
Anexo 7 Cálculo factores de resistencia – Presente Estudio.....	132
Anexo 8 Ejemplos de aplicación	133

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo explora la aplicación de métodos estadísticos en el diseño geotécnico de cimentaciones y específicamente el método de diseño por confiabilidad llamado “Load and Resistance Factors Design – LRFD”, el cual se ha venido implementando a nivel mundial desde hace más de 10 años en geotecnia y desde hace más de 20 años en diseños estructurales. Esta metodología ha sido desarrollada principalmente por la “American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO”, en Estados Unidos y por los Euro códigos en la Unión Europea.

El desarrollo del documento se ha estructurado en los siguientes capítulos:

1. Capítulo 1: Introducción y Objetivos.
2. Capítulo 2: Métodos de diseño.
3. Capítulo 3: Evolución del factor de seguridad.
4. Capítulo 4: Estados límite de diseño.
5. Capítulo 5: Normas para diseño en Colombia.
6. Capítulo 6: Normas de referencia.
7. Capítulo 7: Métodos para la determinación de factores de resistencia.
8. Capítulo 8: Análisis estadístico de datos geotécnicos.
9. Capítulo 9: Factores de Resistencia.
10. Capítulo 10: Comparación entre factores de seguridad y factores de resistencia.
11. Capítulo 11: Aplicación de LRFD en diseños geotécnicos en Colombia.
12. Capítulo 12: Análisis costo beneficio en la aplicación de LRFD.
13. Capítulo 13: Futuras líneas de investigación.
14. Capítulo 14: Conclusiones

En la primera parte del documento (Capítulos 2, 3, 4, 5 y 6), se presenta el marco de referencia actual para los diseños geotécnicos, abordando temas como métodos de diseño, factor de seguridad utilizado y normas de referencia.

En la segunda parte del documento (Capítulo 7, 8 y 9), se presentan los métodos usuales para la determinación de los factores de resistencia, un análisis estadístico de datos

geotécnicos utilizados como referencia en el proyecto y una estimación de los factores de resistencia que pudieran ser aplicables en los diseños geotécnicos en Colombia.

La tercera parte del documento (Capítulo 10) se enfoca en realizar una comparación entre los factores de seguridad indicados en las normas colombianas, los factores de resistencia recomendados por la AASHTO y los factores de resistencia determinados en el presente estudio.

En la cuarta y última parte del documento (Capítulo 11, 12 y 13) se abordan temas como: Recomendaciones para la aplicación del LRFD en Colombia, análisis costo beneficio en la aplicación del método y planteamiento de futuras líneas de investigación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Establecer los procedimientos requeridos para aplicar en el diseño geotécnico de cimentaciones los factores de carga y resistencia (LRFD) en Colombia, teniendo en cuenta las normas técnicas internacionales y los estudios conocidos a la fecha sobre este tema.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudiar detalladamente el diseño por Estados Límites para cimentaciones.
- Proporcionar lineamientos para seleccionar los factores de resistencia.
- Realizar un planteamiento práctico para la aplicación del LRFD en geotecnia, abarcando aspectos como:
 - Investigación de campo y ensayos de laboratorio
 - Caracterización geotécnica
 - Metodologías de diseño
 - Relación costo/beneficio con la aplicación del método

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingeniero geotecnista debe lidiar con una cantidad importante de interrogantes al momento de definir o establecer los parámetros de diseño que se utilizarán en los estudios geotécnicos y es necesario reflexionar sobre aspectos como:

- ¿Cuál es el objetivo de los factores de seguridad?
- ¿Cómo se establecieron los valores indicados en las normas?
- ¿El Factor de seguridad cubre todas las incertidumbres que se generan en el modelo geológico – geotécnico, al ser éste realizado con pocas perforaciones?
- El factor de seguridad analiza el tipo de ensayo de campo realizado y su aplicabilidad a los materiales encontrados
- El factor de seguridad valora la calidad y cantidad de las muestras recuperadas
- El factor de seguridad analiza la calidad, la cantidad y la variabilidad de los resultados del laboratorio
- El factor de seguridad discrimina cuando los parámetros geotécnicos son obtenidos a partir de correlaciones y cuando son establecidos con ensayos especiales de laboratorio
- El factor de seguridad estudia la incertidumbre en la determinación de las cargas permanentes, no permanentes, extremas y la combinación que se puedan dar entre ellas
- El factor de seguridad analiza los resultados obtenidos en los cálculos al aplicar diferentes metodologías para el mismo tipo problema considerado
- El factor de seguridad cubre la inexperiencia o el desconocimiento de los ingenieros diseñadores
- El factor de seguridad tiene en cuenta las deformaciones a corto y largo plazo y desplazamientos resultantes.

Los anteriores cuestionamientos, sustentan la siguiente pregunta frente al ejercicio geotécnico: ¿Los diseños geotécnicos están sobre-diseñados, sub-diseñados o correctamente diseñados? Tal vez la respuesta obvia es decir: “Pues están bien, porque las estructuras no se han caído”, pero ¿Las estructuras han funcionado correctamente?

Por lo anterior se necesita abordar el tema del factor de seguridad geotécnico desde una perspectiva que permita atender las solicitaciones a que se ven expuestas las estructuras ya sea bajo condiciones de servicio, condiciones últimas y situaciones extremas, desde una perspectiva basada en el manejo estadístico de las variables.

2 MÉTODOS DE DISEÑO

2.1 DISEÑO POR ESFUERZO ADMISIBLE

El método de diseño por esfuerzos admisibles busca la estabilidad de las estructuras bajo condiciones de servicio limitando la resistencia a valores especificados. En diseños geotécnicos corresponde con la aplicación de factores de seguridad globales a la resistencia calculada, comparándola con las cargas de trabajo de la estructura. La Ecuación 2-1 presenta el método de diseño de los esfuerzos admisibles o esfuerzos de trabajo.

$$\Sigma DL + \Sigma LL \leq Ru/FS$$

Ecuación 2-1 Diseño por esfuerzos admisibles

En donde:

- DL : Carga muerta
- LL : Carga viva
- Ru : Resistencia última
- F.S. : Factor de seguridad

La ventaja que posee este método está en la simplicidad de su aplicación. Las desventajas que se le pueden atribuir a este concepto de diseño están en la consideración inadecuada de la variabilidad de las cargas y las resistencias y en que el factor de seguridad global puede ser considerado como subjetivo y no existe ninguna evaluación desde el punto de vista de la confiabilidad que hoy día puede considerarse como necesaria en cualquier proyecto de ingeniería.

2.2 DISEÑO POR FACTORES DE CARGA

Esta metodología utiliza factores de amplificación de carga y factores de reducción de resistencia. La aplicación de los factores de reducción de resistencia dependen del comportamiento esperado en el suelo (Granular o Cohesivo) y los factores de

amplificación de la carga dependen del tipo de carga (Muerta, Viva, Ambientales, Agua), y tipo de obra (Superficial, Profunda, Offshore).

$$\gamma(\Sigma\beta_{DL}DL + \Sigma\beta_{LL}LL) \leq \Phi Ru$$

Ecuación 2-2 Diseño por factores de carga y resistencia

En donde:

$\gamma, \beta_{DL}, \beta_{LL}$:	Factores de carga
DL	:	Carga muerta
LL	:	Carga viva
Ru	:	Resistencia última
ϕ	:	Factor de resistencia

Con la aplicación de este método se pueden utilizar diferentes factores de amplificación para cada combinación de carga existente en el diseño. Las desventajas que existen en la aplicación de este método consisten en que es más complejo que el diseño por esfuerzos de trabajo y no existe ninguna evaluación del riesgo basada en la teoría de la confiabilidad.

2.3 DISEÑO POR CONFIABILIDAD

Desde hace más de 40 años algunos países como Estados Unidos, Canadá, México, Chile y la Unión Europea, entre otros, han introducido en sus códigos de diseño y construcción el método de Factores de Carga y Resistencia (Load and Resistance Factors Design, "LRFD"), con un enfoque claro y concreto hacia la confiabilidad de las estructuras.

La teoría de la confiabilidad, puede resumirse así: La palabra confiabilidad designa la probabilidad de un sistema para cumplir satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período y en condiciones específicas de operación. Si un evento interrumpe ese funcionamiento, se denomina falla.

Aplicar la teoría de la confiabilidad en el análisis más simple de diseño por LRFD consiste en utilizar factores de amplificación en la carga y factores de reducción en la resistencia, de tal forma que se logre un equilibrio entre la condición de análisis y la resistencia

esperada en el suelo de fundación, logrando niveles uniformes de seguridad, para las diferentes condiciones de funcionamiento de las obras.

El diseño geotécnico que aplica el método de factores de carga y reducción de resistencias tiene su sustento en la aplicación del diseño por confiabilidad¹ (http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_154_179_106_1463.pdf).

“La teoría de la confiabilidad se ocupa principalmente de las fallas de los sistemas. Sin embargo, no indaga tanto en los fenómenos que las causan sino en la frecuencia con que ocurren. Por lo tanto no es una teoría física de las fallas, sino una teoría estadística, una teoría de probabilidades.” (Felizia, 1996)

Como se pudo evidenciar en la primera parte de este documento, durante el desarrollo de un diseño geotécnico, el ingeniero a cargo del proyecto debe resolver temas sobre los cuales no cuenta con la mejor información y en la mayoría de los casos, los datos son pocos u obtenidos a partir de correlaciones o datos secundarios; sin embargo, debe resolver el problema planteado. El Dr AR Dykes, del British Institution of Structural Engineers en 1976 expresó:

“La ingeniería es el arte de modelar materiales que no comprendemos completamente, en formas que no podemos analizar precisamente y soportando fuerzas que no podemos prever exactamente, de manera tal que el público no tenga razones para sospechar la extensión de nuestra ignorancia.” (Dr AR Dykes, British Institution of Structural Engineers, 1976).

El método de diseño a partir de factores de carga y reducciones de resistencia no es nuevo. En países como Estados Unidos, México, Canadá y algunos de la Unión Europea, ha sido utilizado en diseños estructurales desde hace más de 20 años y en diseños geotécnicos por lo menos se introdujo en los códigos desde hace 10 años.

Es un método que aún está en evolución y ajustándose a las particularidades de cada región. Tal como está enunciado en los Eurocódigos, cada país de la Unión Europea, debe calibrar los factores de carga y resistencia a las prácticas normales que existan en su zona.

¹ La palabra confiabilidad designa la probabilidad de que un sistema cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período y en condiciones especificadas de operación. Así, un evento que interrumpa ese funcionamiento se denomina falla.

De acuerdo con estudios realizados en Estados Unidos en el año 2003, el 94% de los estados tienen establecida una política que apunta hacia la aplicación de esta metodología. En la Figura 2-1 se puede observar la implementación proyectada para cada estado. En color rojo están los estados en donde ya se aplica LRFD, en color verde los estados que fijaron la fecha de implementación, en color amarillo los estados que aún no han fijado fecha para la implementación pero que lo están estudiando y en color rosado los estados que no tienen planes de implementar la metodología.

De acuerdo con lo presentado en la Figura 2-1, es claro que, en un lapso de tiempo reducido (+/- 10años), la totalidad de los Estados Unidos, aplicará métodos de diseño geotécnico y estructural, basados en la confiabilidad y más exactamente el diseño por LRFD.

En México se introdujo el término de factores de carga y resistencia por lo menos en el año 2004. En la gaceta oficial del Distrito Federal se presentan las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones y se indica claramente el uso normativo de los factores de carga y resistencia. (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004)

Figura 2-1 Implementación de LRFD al diseño de la superestructura en puentes en Estados Unidos. (Withiam, 2003)

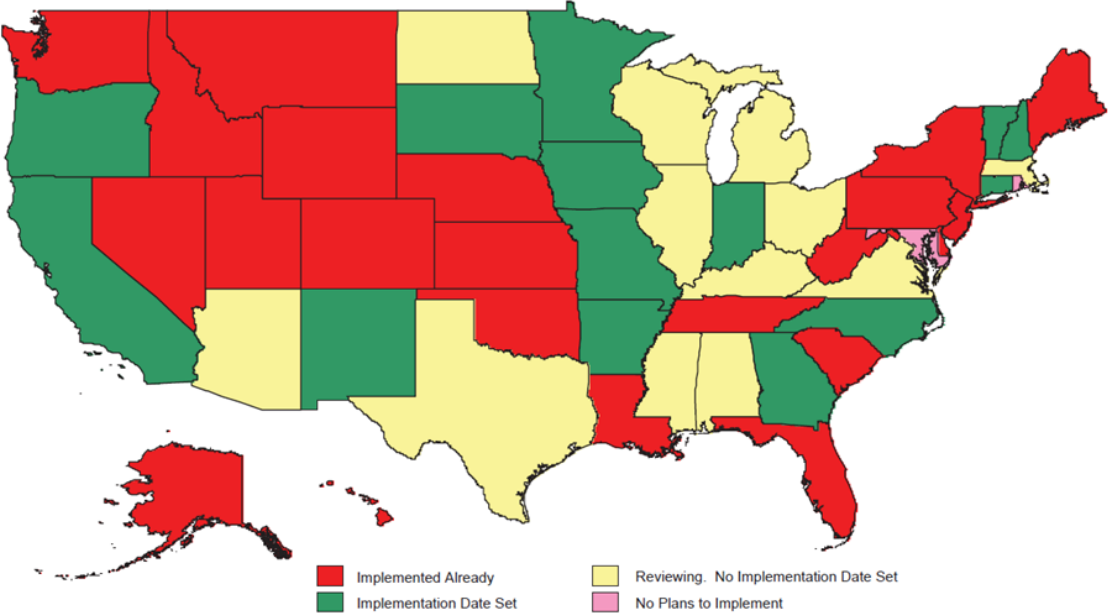


Figure 1. LRFD Implementation for Superstructure Design
(Modified after Leap Software, Inc., 2003)

Por otra parte, en los Eurocódigos se ha trabajado en la parte geotécnica desde antes de 1994, pero la implementación en los países miembros de la Unión Europea se ha dado de manera paulatina. En España, por ejemplo, solamente hasta el año 2010 se publicó versión oficial en español de las Normas Europeas EN 1997-1:2004 y EN 1997-1:2004/AC:2009 (AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010) y por consiguiente, su aplicación rutinaria en cada uno de los diseños geotécnicos efectuados en ese país está en proceso de calibración y ajuste.

Para lograr aplicar en el diseño geotécnico esta metodología se deben tener en cuenta las ventajas y desventajas que se muestran en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Implicaciones en la aplicación de LRFD

DISEÑO POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Representa la variabilidad de los componentes del diseño como son las cargas, las dimensiones de los elementos, las propiedades del suelo, la manera en que se realizó el trabajo geotécnico de campo y las diferentes teorías que actualmente existen para la determinación de la capacidad portante y los niveles de deformación que, se estima, sufrirá la estructura diseñada.	Requiere la disponibilidad de datos estadísticos.
Permite diseñar con niveles uniformes de seguridad	La aplicación del método conduce a factores de resistencia variados.
Evalúa el riesgo basado en la teoría de la confiabilidad.	Debe luchar contra los viejos hábitos de diseño.

3 EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD

El concepto de factor de seguridad se le atribuye a Belidor en 1729 (Meyerhof, 1994). Posteriormente, Coulomb en 1773 propuso valores para el factor de seguridad, indicando que para los problemas de capacidad se usara 1,25 y para diseños relacionados con volcamiento el valor del factor de seguridad a utilizar era 1,50.

Para 1925 Terzaghi unificó los conceptos sobre mecánica de suelos, dando origen a la mecánica de suelos moderna. En el año de 1926, Krey propuso valores para el factor de seguridad dividiéndolos en problemas de estabilidad, con un F.S.=1,50, y problemas de capacidad última de fundaciones, con valores de F.S. entre 2 y 3. En algunos códigos de diseño utilizados en el mundo, incluido el de Colombia, los valores propuestos por Krey siguen siendo vigentes.

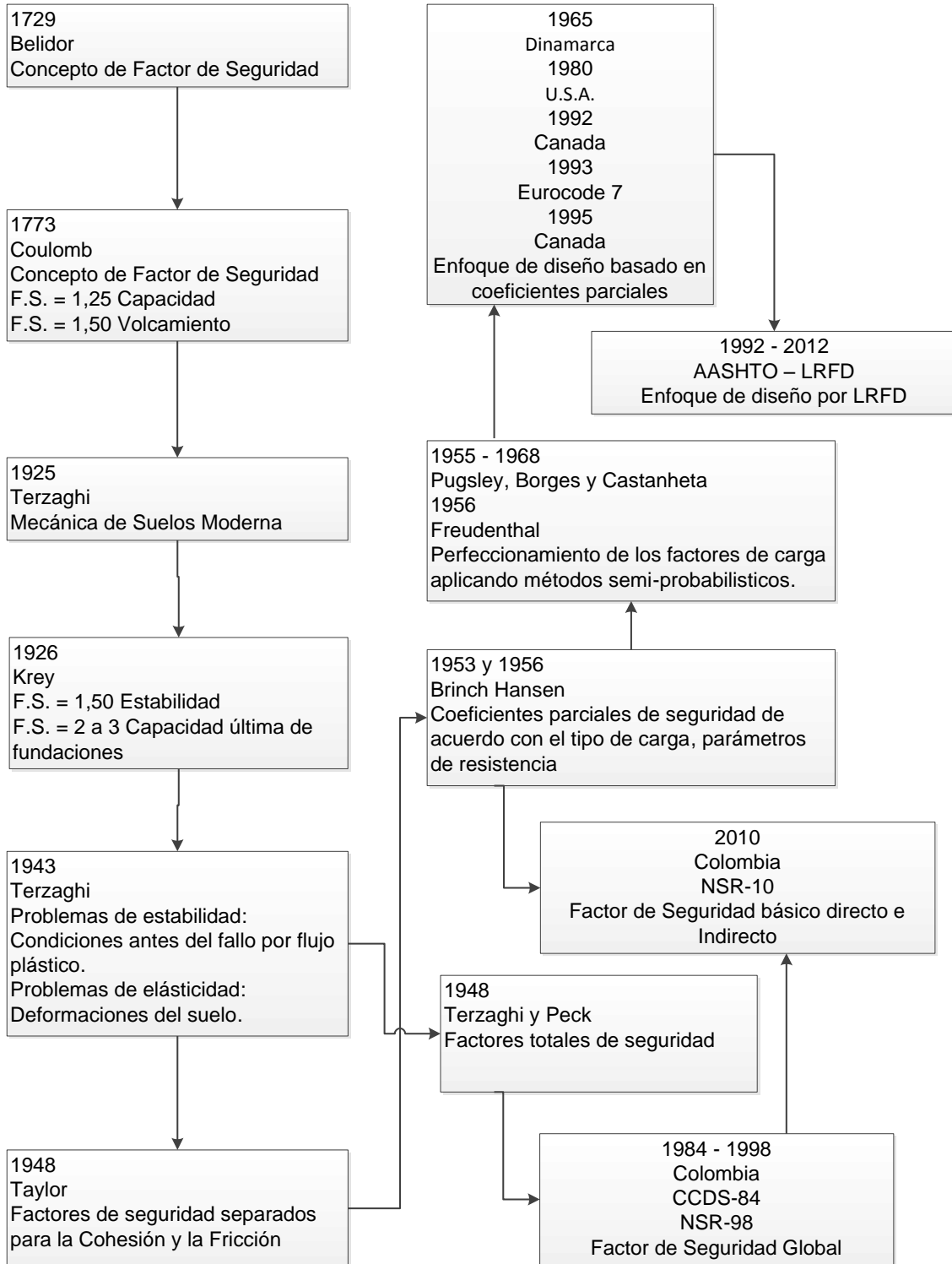
En 1943, Terzaghi dividió los análisis geotécnicos en dos clases. La primera clase estaba relacionada con las condiciones antes del fallo por flujo plástico, la cual ocurre en problemas de estabilidad y la segunda clase relacionada con las deformaciones en el suelo, es decir, problemas de elasticidad.

A partir de esta categorización, en 1948 Terzaghi y Peck propusieron factores de seguridad totales para el diseño de estabilidad y para el diseño de capacidad y deformación. Paralelamente Taylor indicó que los factores de seguridad se aplicaran a la cohesión y a la fricción de manera separada.

Brinch Hansen retomó las ideas de Taylor en 1953 y luego, en 1956, propuso coeficientes parciales de seguridad de acuerdo con el tipo de carga y el parámetro de resistencia. Los estudios sobre factores parciales fueron complementados por Pugsley (1955), Freudenthal (1956), Borges y Castanheta (1968), quienes aplicaron métodos semi-probabilísticos.

En resumen, desde 1729 hasta 1968 evolucionaron dos conceptos del factor de seguridad. El primero de ellos es el factor de seguridad global resumido por Terzaghi y Peck (1948) y el segundo corresponde a los coeficientes parciales de seguridad propuestos por Brinch Hansen (1953 – 1956). (Ver Figura 3-1)

Figura 3-1 Evolución histórica del Factor de Seguridad



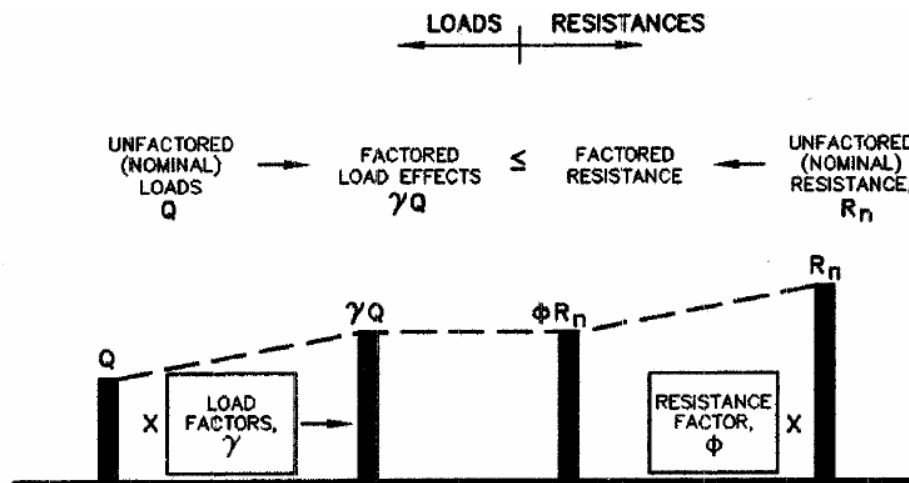
De acuerdo con el criterio establecido por la NSR-10, el diseñador debe realizar los cálculos geotécnicos aplicando por separado los dos tipos de factor de seguridad y establecer cuál es el que arroja valores más conservadores para el diseño.

Para el caso de los puentes, actualmente sólo es necesario realizar los diseños utilizando el factor de seguridad global.

3.2 FACTORES PARCIALES DE RESISTENCIA

LRFD es un método de diseño apoyado en la teoría de la confiabilidad, el cual busca equilibrar en un solo modelo las incertidumbres del diseño estructural con las del diseño geotécnico. En su expresión más sencilla, lo que hace el método es incrementar las cargas y disminuir las resistencias, aplicando factores mayores y menores a la unidad, respectivamente. (Foye, Jaoude, & Salgado, Diseño de Fundaciones Profundas por Estados Límites, 2004). En la Figura 3-3 se muestra esquemáticamente el enfoque utilizado por el método.

Figura 3-3 Enfoque de diseño LRFD. (Federal Highway Administration, 2001)



Lo anterior implica que, para cada condición de análisis evaluada en el diseño estructural, debe existir una respuesta diferente por parte del suelo de fundación. Esto se conoce como estados límite de comportamiento.

4 ESTADOS LÍMITE DE DISEÑO

Los estados límite de diseño son aquellas condiciones impuestas por el diseñador de una estructura para su funcionamiento normal o extremo, de tal forma que si las condiciones de operación superan las condiciones de diseño la estructura entra en condición de falla.

De acuerdo con la ASSTHO se presentan cuatro estados límite de diseño: estado límite de servicio, estado límite de resistencia, estado límite para cargas extremas y estado límite para fatiga. Para cada estado límite se presentan combinaciones de carga que puedan conducir a la estructura a una condición de falla.

4.1 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Los estados límite de servicio están asociados con el uso diario de las estructuras y la percepción o comodidad que tengan los usuarios de la misma. Para esta condición de diseño se deben analizar aspectos como deformaciones, vibraciones, fisuras y durabilidad. En la Tabla 4-1 se presentan los principales estados límite de servicio que se deben analizar.

Tabla 4-1 Estado límite de servicio

ESTADO LÍMITE	DESCRIPCIÓN
Estados Límite de Servicio (ELS)	ELS de deformación excesiva. ELS de vibración excesiva. ELS de fisuración excesiva. ELS de durabilidad (oxidación, fisuración, etc.)

4.2 ESTADOS LÍMITE DE RESISTENCIA

Por otra parte, los estados límite de resistencia corresponden a la verificación de la estructura frente a condiciones de resistencia última. En estas condiciones se deben analizar aspectos como falla por capacidad portante, falla por esfuerzos cortantes, falla por plastificación de los materiales y fallas por estabilidad al volcamiento o al

deslizamiento. En la Tabla 4-2 se presentan los principales estados límite de resistencia que se deben analizar en una estructura.

Tabla 4-2 Estado límite de resistencia. (Estados límite últimos – ELU)

ESTADO LÍMITE	DESCRIPCIÓN
Estados Límite Últimos (ELU)	ELU de agotamiento por sollicitación normal (flexión, tracción, compresión) ELU de agotamiento por sollicitación tangente (cortadura, torsión). ELU de inestabilidad elástica (Pandeo, etc.) ELU de equilibrio (equilibrio mecánico: vuelco, deslizamiento, etc.).

4.3 ESTADOS LÍMITE PARA CARGAS EXTREMAS Y ESTADO LÍMITE DE FATIGA

Los estados límite por condiciones extremas están asociados a eventos sísmicos que, para el caso de diseños geotécnicos, se traduce en una amplificación momentánea de las cargas muertas y vivas que actúan sobre la estructura.

La condición límite de fatiga hoy día está asociada solamente a los diseños estructurales, pero es posible que en un futuro este estado límite de diseño se aplique a los diseños geotécnicos en casos como vibraciones sobre fundaciones o cargas repetitivas en complejos industriales.

5 NORMAS PARA DISEÑO EN COLOMBIA

A continuación se presenta un breve resumen de la metodología utilizada en los códigos colombianos desde 1984 hasta la fecha, para la aplicación del factor de seguridad en los diseños geotécnicos.

5.1 CÓDIGO DE 1984

La primera norma colombiana que estableció los criterios a seguir en el diseño de estructuras sismo resistentes fue promulgada mediante el decreto 1400 de 1984, a raíz de la tragedia ocurrida en la Ciudad de Popayán el 31 de Marzo de 1983.

Los aspectos geotécnicos no fueron abarcados con profundidad y solamente se encuentran dos referencias claras para el control geotécnico de los diseños. En la Tabla C.9.2 se fijan las deflexiones máximas permisibles, las cuales permiten controlar los asentamientos diferenciales de las estructuras y en el numeral E.5.1.1 se establecen los requisitos para edificaciones de uno y dos pisos que para la época era el tipo de construcción que con mayor frecuencia se construía.

Tabla 5-1 Deflexiones máximas calculadas permisibles. Código 1984

TIPO DE ELEMENTO	DEFLEXIÓN QUE SE CONSIDERA	DEFLEXIÓN LIMITE
Cubiertas planas que no soportan o no están unidas a elementos no estructurales que pueden ser dañados por deflexiones grandes.	Deflexión instantánea debida a sobrecarga	1 / 200
Pisos que no soportan o no están unidos a elementos no estructurales que pueden ser dañados por deflexiones grandes	Deflexión instantánea debido a sobrecarga	1 / 350
Cubiertas o pisos estructurales que soportan o están unidos a elementos no estructurales que pueden ser dañados por	La parte de la deflexión total que se presenta después de la construcción	1 / 500

TIPO DE ELEMENTO	DEFLEXIÓN QUE SE CONSIDERA	DEFLEXIÓN LIMITE
deflexiones grandes.	de elementos no estructurales, o sea la suma de deflexiones a largo plazo por cargas permanentes y la instantánea por cualquier sobrecarga.	
Cubiertas o pisos que soporten o estén unidos a elementos no es estructurales que no pueden ser dañados por deflexiones grandes.		l / 250

5.2 NSR-98

La norma sismo-resistente de 1998 (NSR-98), acogió para el análisis de la seguridad geotécnica de las obras civiles el estudio de los estados límites, evaluando las condiciones críticas que puedan presentarse durante la construcción y vida útil de las estructuras, (NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo- Resistente, 1998). Los estados límite planteados son el de falla y el de funcionamiento o servicio.

5.2.1 Estado límite de falla

El estado límite de falla se puede alcanzar debido a alguna de las siguientes situaciones:

- Capacidad admisible del suelo de fundación inferior a las cargas impuestas por la estructura.
- Pérdida general de la estabilidad del terreno.
- Falla en elementos críticos de la cimentación.
- Efectos de amplificación de las ondas sísmicas o licuación de los estratos subyacentes no contemplados en la etapa de diseño.
- Cambios geométricos incompatibles con las hipótesis de diseño.
- Falta de integridad estructural.

- Deformaciones inaceptables para la estructura que puedan llevar a la pérdida del equilibrio estático o a daños graves de la estructura o de edificaciones vecinas.

5.2.2 Estado límite de funcionamiento o servicio

Fallas en el sistema que permitan alcanzar el estado límite de servicio se pueden originar debido a factores como:

- Deformaciones o asentamientos excesivos para el uso normal de la edificación y que puedan afectar su funcionamiento, sin alcanzar la pérdida del equilibrio del sistema.
- Desplazamientos o levantamientos excesivos causados por suelos expansivos.
- Daños locales o generales causados por fenómenos de erosión interna, lixiviación o dispersión del suelo.
- Vibraciones excesivas producidas por elementos móviles o cargas cíclicas que afecten el confort de los ocupantes de la edificación.
- Daño local evitable a través de la disposición de juntas de expansión y de control.

5.2.3 Factores de seguridad utilizados por la NSR-98

En la Tabla 5-2, se presentan los factores de seguridad utilizados por la NSR-98, para los análisis de capacidad portante, deslizamiento y falla de fondo.

Tabla 5-2 Factores de seguridad NSR-98

HIPÓTESIS	F.S.
CAPACIDAD PORTANTE (H.4.1.7)	
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.0
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo Diseño	1.2
ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN (H.4.2.11)	
Deslizamiento en suelos granulares	1.5
Deslizamiento en suelos cohesivos	2.0
Volcamiento en suelos granulares	3.0
Volcamiento en suelos cohesivos	2.0
Capacidad portante	2.5

HIPÓTESIS	F.S.
Estabilidad intrínseca	1.6
Estabilidad general del sistema	1.5
EXCAVACIONES (H.4.3.4)	
Falla de fondo en condiciones estáticas	1.5
Falla de fondo en condiciones con sismo	1.1
ASENTAMIENTOS TOTALES (20 Años)	
Construcciones aisladas	30 cm
Construcciones medianeras	15 cm
ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES (Según tipo de Construcción)	
Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	∕∕1000
Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	∕∕500
Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	∕∕300
Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	∕∕160

5.3 NSR-10

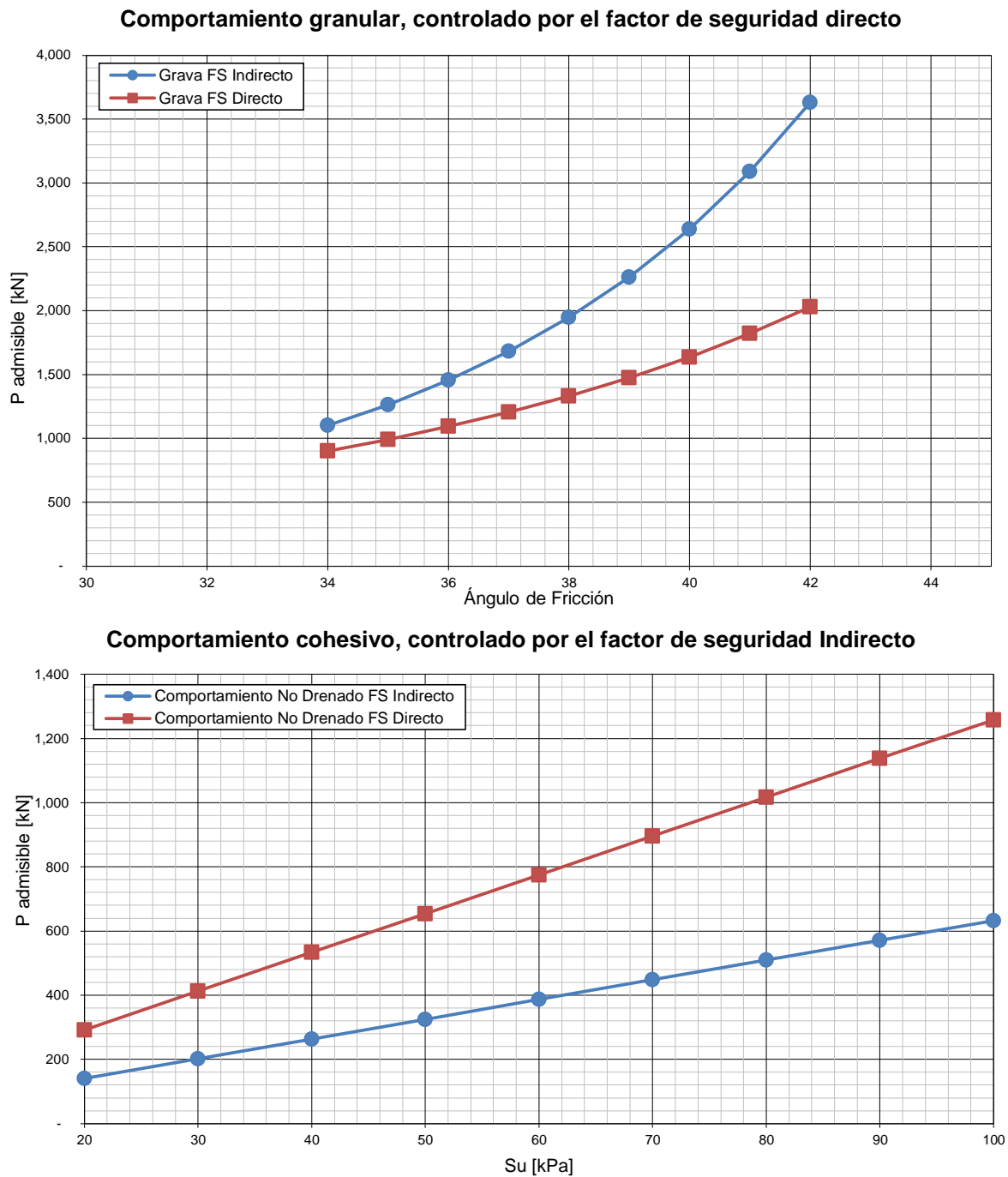
La NSR-10 plantea dos enfoques en la aplicación del factor de seguridad. El primero de ellos corresponde a un factor básico directo aplicado a los parámetros del suelo (Cohesión, Fricción). El segundo enfoque corresponde al factor de seguridad indirecto, que es el mismo factor de seguridad global que tradicionalmente se ha utilizado en los diseños geotécnicos.

La aplicación de estos dos criterios conduce a que los materiales con un comportamiento granular están controlados por el factor de seguridad básico directo y los materiales con comportamiento cohesivo están controlados por el factor de seguridad global. Los materiales intermedios pueden estar controlados por alguno de los factores, dependiendo de la fracción dominante.

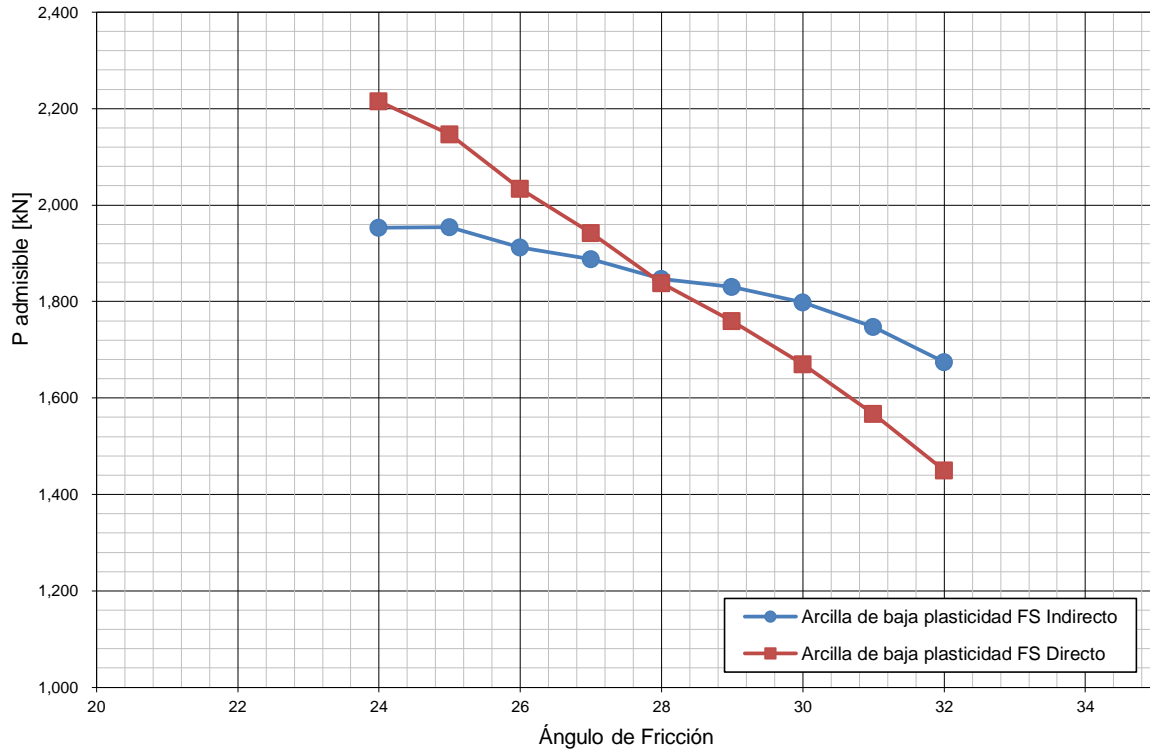
En las figuras mostradas a continuación se observa el comportamiento que existe en la capacidad portante en cimientos superficiales al aplicar los factores de seguridad indicados por la NSR - 10. En la Figura 5-1 se presenta la comparación en el cálculo de la capacidad portante para un material granular, cohesivo y mixto.

Los valores presentados en la Figura 5-1, corresponden a los calculados para un cimiento superficial con dimensiones de 1.50 m x 1.50 m y una profundidad de desplante de 1.0 m

Figura 5-1 Comparación factores directos e indirectos para cimientos superficiales, según la NSR-10



Comportamiento Mixto o Intermedio



Factores de seguridad utilizados por la NSR-10

En la Tabla 5-3, se presentan los factores de seguridad básicos directos y los factores indirectos planteados en la NSR-10.

Tabla 5-3 Factores de seguridad NSR-10

Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos				
CONDICIÓN	F _{SBM}		F _{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo Estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes - Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40

Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos				
CONDICIÓN	F _{SBM}		F _{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Taludes - Condición Seudo-Estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Factores de Seguridad Indirectos Mínimos				
Condición	F _{SICP} Mínimo			
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.00			
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.50			
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo Estático	1.50			
Valores máximos de asentamientos diferenciales calculados, expresados en función de la distancia entre apoyos o columnas,.				
Tipo de construcción				□ _{max}
Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores				I/1000
Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería				I/500
Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores				I/300
Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores				I/160

Para la verificación de las deformaciones y de la capacidad portante la NSR-10 utiliza las cargas de trabajo, es decir, la carga muerta y la carga viva sin mayorar.

5.4 CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES

El Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP-95), plantea un factor de seguridad global para falla por capacidad de soporte.

Para cimientos superficiales en suelo o roca se debe utilizar un factor de seguridad de 3 para las cargas correspondientes al grupo 1 (Carga Muerta y Carga Viva incluyendo impacto). Para el diseño de pilotes hincados se recomienda un factor de seguridad global, que puede disminuir desde 3.50 hasta 1.90, de acuerdo con el grado de control de calidad que posea la obra. Finalmente para pilotes pre-excavados de recomienda utilizar un factor de seguridad global de 2.0 cuando se disponga de resultados de ensayos de carga

ejecutados en el sitio o de 2.50 si no se dispone de pruebas de carga. En la Tabla 5-4, se presentan los factores de seguridad planteados por el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes 1995.

Tabla 5-4 Factores de seguridad CCDSP-95

TIPO DE DISEÑO	FACTOR DE SEGURIDAD				
Cimiento superficial en Suelo	3.00				
Cimiento superficial en Roca	3.00				
Pilote Hincado					
Descripción	Incremento en el grado de control de calidad				
Exploración del Subsuelo	X	X	X	X	X
Diseño Estático	X	X	X	X	X
Formula Dinámica	X				
Ecuación de Onda		X	X	X	X
Medición y Análisis Dinámicos			X		X
Ensayo de Carga Estática				X	X
Factor de Seguridad	3.50	2.75	2.25	2.00	1.90
Pilote Pre-Excavado					
Ensayos de Carga In-Situ	2.00				
Diseño sin Ensayos de Carga	2.50				

Para la verificación de las deformaciones y de la capacidad portante el CCDSP-95 utiliza las cargas de trabajo, es decir, la carga muerta y la carga viva sin mayorar.

Entre los códigos de diseño vigentes actualmente en Colombia, solamente el de Diseño Sísmico de Puentes hace una referencia a la aplicación del método de diseño por factores de carga y resistencia LRFD como se muestra en la Figura 5-2. Durante el desarrollo del presente trabajo se consultó a diferentes ingenieros estructurales y geotécnicos sobre la pertinencia de aplicar LRFD a los diseños de puentes o estructuras en general en Colombia y lo que se pudo establecer es que no existe consenso sobre el tema. Mientras algunos diseñadores piensan que se puede aplicar este método solamente a la parte estructural, otros indican que aplican el método tal cual como lo plantea AASHTO. En ambos casos estos conceptos están errados y en el desarrollo de los siguientes capítulos se explicará con detalle el fundamento de este método y las razones por las cuales los planteamientos anteriores son errados. Este código está vigente desde 1995 y hasta la fecha (2014) no se tiene claro cuándo será publicada la mencionada Norma LRFD Colombiana.

Figura 5-2 Artículo A.1.1.3 del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes

A.1.1.3 - Uso de AASHTO LRFD - La búsqueda de una mayor seguridad y economía en los diseños estructurales ha conducido al desarrollo de procedimientos de diseño basados en métodos estadísticos que describen en forma más precisa la variabilidad en las propiedades de los elementos estructurales.

Estos procedimientos, conocidos como LRFD (Load and Resistant Factor Design), representan un enfoque más moderno y confiable, por lo cual todos los Países han ido cambiando sus normas a esta metodología.

El Comité AIS-200, encargado de preparar el "Código Colombiano de Puentes" es conciente de esta tendencia mundial y considera que en pocos años, esta filosofía de diseño terminará imponiéndose, por lo cual ha comenzado los estudios necesarios para preparar la Norma LRFD Colombiana. Mientras se logra este objetivo, ha estimado conveniente, permitir el uso del documento AASHTO-LRFD "Bridge Design Specifications" advirtiendo que debe utilizarse en su totalidad y no tomar de él las partes más conveniente.

En el año 2012, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, publicó un manual de diseño de Cimentaciones superficiales y profundas para carreteras. En este manual se plantea de manera concreta una aclaración al Artículo A.1.1.3 del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, en el sentido de que los diseños estructurales y geotécnicos para puentes se pueden realizar aplicando LRFD o ASD, siempre y cuando se apliquen de manera integral, es decir, que es necesario que las hipótesis de carga que utilice el diseñador estructural sean consistentes con los factores de reducción utilizados por el diseñador geotécnico. (Instituto Nacional de Vías, 2012)

6 NORMAS DE REFERENCIA

A continuación se presenta en la Tabla 6-1 un resumen de las normas internacionales más representativas que comúnmente son utilizadas como referencia en Colombia para complementar o validar los diseños estructurales y geotécnicos que se realizan en el país.

Tabla 6-1 Normas internaciones para diseño estructural y geotécnico

PAIS	NOMBRE	AÑO
U.S.A.	AASHTO	1931, con actualizaciones cada 4 años aprox.
U.S.A.	ANSI A58	1980
Dinamarca	DS 415	1965
Unión Europea	Eurocódigo 7	1993
Canadá	CFEM	1992
Canadá	NBCC	1995
México		

6.1 AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 2012)

Esta norma estadounidense ha desarrollado de manera profunda la aplicación del concepto de confiabilidad en sus criterios de diseño y desde el año de 1992 estableció la aplicación de los factores de resistencia en los diseños geotécnicos. Teniendo en cuenta que El Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, la publicación del manual de diseño del INVIAS y el próximo Código de Puentes para Colombia, permiten la aplicación de los procedimientos de diseño allí planteados, en este trabajo se utiliza como punto de comparación para los cálculos y conclusiones obtenidas.

Para la aplicación del diseño por LRFD es necesario que las combinaciones de carga para cada uno de los estados límite de diseño estén claramente establecidas, de tal forma que se pueda equilibrar el diseño con los respectivos factores de reducción de resistencia. A continuación se presentan los factores planteados en la AASHTO para la mayoración de la carga y para la reducción de la resistencia.

Tabla 6-2 Tipos de carga

CARGAS PERMANENTES		
DD	=	Arrastre de sedimentos (Downdrag)
DC	=	Carga muerta de componentes estructurales y no estructurales
DW	=	Carga muerta de desgaste y utilidades
EH	=	Empuje de tierras horizontal
EL	=	Fuerzas acumuladas del proceso constructivo
ES	=	Sobrecarga de tierra
EV	=	Presión vertical por carga muerta o rellenos
CARGAS TRANSITORIAS		
BR	=	Fuerza de frenado de vehículos
CE	=	Fuerza centrífuga vehicular
CR	=	Creep
CT	=	Fuerza vehicular de colisión
CV	=	Fuerza de colisión de barco
EQ	=	Fuerza sísmica
FR	=	Fricción
IC	=	Carga de hielo
IM	=	Incremento por carga dinámica vehicular
LL	=	Carga viva vehicular
LS	=	Sobrecarga viva
PL	=	Carga viva peatonal
SE	=	Asentamiento
SH	=	Contracción
TG	=	Gradiente de temperatura
TU	=	Temperatura uniforme
WA	=	Carga de agua y presión del flujo
WL	=	Viento sobre la carga viva
WS	=	Viento sobre la estructura

Tabla 6-3 Estados límite

RESISTENCIA I	Combinación de carga básica relativa al uso normal del puente sin viento.
RESISTENCIA II	Combinación de carga con relación con el uso del puente por vehículos de diseño especial sin viento.
RESISTENCIA III	Combinación de carga en relación con el puente expuesto a la velocidad del viento superior a 90 km/h.
RESISTENCIA IV	Combinación de carga que evalúa los efectos de carga muerta muy alta con relación a la viva.
RESISTENCIA V	Combinación de carga relacionada con el uso normal del puente con viento de 90 km/h.
EVENTO EXTREMO I	Combinación de carga que incluye sismo
EVENTO EXTREMO II	Combinación de carga relativa a la carga de hielo, colisión por buques y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una carga viva reducida distinta de la que es parte de la carga de colisión vehicular, CT.
SERVICIO I	Combinación de cargas en relación con el uso normal de funcionamiento del puente con 90 km / h viento y todas las cargas tomadas en sus valores nominales. También en relación a la deflexión de control en estructuras metálicas enterradas, placa de revestimiento del túnel, y el tubo termoplástico, para controlar el ancho de fisura en estructuras de hormigón armado, y para el análisis transversal relacionada con las tensiones en vigas segmentadas de concreto. Esta combinación de carga también se debe utilizar para la investigación de la estabilidad de taludes.
SERVICIO II	Combinación de carga destinada a controlar el calentamiento de las estructuras de acero y el deslizamiento de conexiones críticas debido a la carga viva vehicular.
SERVICIO III	Combinación de carga para el análisis longitudinal relativa a la tensión en las superestructuras de hormigón pretensado con el objetivo de control de la fisuración y a la tensión principal en las redes de vigas de hormigón segmentarias
SERVICIO IV	Combinación de cargas que concierne sólo a la tensión en las subestructuras de hormigón pretensado con el objetivo de control de la fisuración
FATIGA	Fatiga y combinación de carga de fractura relacionada con la repetición de carga viva vehicular gravitatoria y respuestas dinámicas bajo un solo camión de diseño

Tabla 6-4 Combinaciones de carga

COMBINACIONES DE CARGA														
ESTADO LÍMITE	DC, DD, DW, EH, EV, ES, EL, PS, CR, SH	LL, IM, CE, BR, PL, LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Utilice uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
RESISTENCIA I	γ_p	1.75	1.0	-	-	1.0	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA II	γ_p	1.35	1.0	-	-	1.0	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA III	γ_p	-	1.0	1.40	-	1.0	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA IV	γ_p	-	1.0	-	-	1.0	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA V	γ_p	1.35	1.0	0.40	1.00	1.0	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO I	γ_p	γ_{EQ}	1.0	-	-	1.0	-	-	-	1.0	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO II	γ_p	0.50	1.0	-	-	1.0	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0
SERVICIO I	1.0	1.00	1.0	0.30	1.00	1.0	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
SERVICIO II	1.0	1.30	1.0	-	-	1.0	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
SERVICIO III	1.0	0.80	1.0	-	-	1.0	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
SERVICIO IV	1.0	-	1.0	0.70	-	1.0	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-	-
FATIGA I	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATIGA II	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-5 Factores de amplificación para cargas permanentes

Tipo de Carga, Tipo de Fundación y Método utilizado para el cálculo del arrastre por sedimentos		Factor de Carga		
		Máximo	Mínimo	
DC: Componentes y Adjuntos		1.25	0.90	
DC: Solo para RESISTENCIA IV		1.50	0.90	
DD: Downdrag	Pilotes, método α de Tomlinson	1.40	0.25	
	Pilotes, método λ	1.05	0.30	
	Pilotes pre-excavados, O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35	
DW: Capas asfálticas y líneas de servicios públicos		1.50	0.65	
EH: Presión horizontal de tierra				
	Activa	1.50	0.90	
	En reposo	1.35	0.90	
	AEP para muros anclados	1.35	N/A	
EL: Cargas acumuladas durante construcción		1.00	1.00	
EV: Presión vertical de tierra	Estabilidad general	1.00	N/A	
	Muros de contención y Pilares	1.35	1.00	
	Estructuras rígidas	1.30	0.90	
	Marcos rígidos	1.35	0.90	
	Estructuras flexibles			
	Alcantarillas metálicas	1.50	0.90	
	Alcantarillas plásticas	1.30	0.90	
	Otras	1.95	0.90	
ES: Sobrecargas		1.50	0.75	

7 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES DE RESISTENCIA.

En el capítulo anterior se pudo analizar que la aplicación de métodos basados en la confiabilidad puede representar algunas ventajas en el diseño de cimentaciones superficiales o profundas, pero, como se ha mencionado anteriormente, este método requiere la calibración de los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia para cada región en donde se pretenda implementar.

Como se explicó en el Capítulo 2, el diseño por confiabilidad busca equilibrar en el mismo modelo las cargas impuestas sobre el sistema amplificándolas en función de la incertidumbre que se posee en su determinación y la reducción de la resistencia de acuerdo con la variabilidad que poseen aspectos como la naturaleza misma del suelo, los procedimientos empleados en campo y en laboratorio para determinar los parámetros geotécnicos, las diferentes metodologías que existen para el cálculo de la resistencia al corte y la experiencia misma del ingeniero diseñador. A continuación se presentan de manera resumida procedimientos aplicables en la calibración del modelo.

7.1 CALIBRACIÓN A PARTIR DE ASD

La forma más rápida de establecer un orden de magnitud para los factores de amplificación y de reducción de resistencia consiste en igualar el concepto de diseño por esfuerzos admisibles (ASD), con el concepto de diseño por confiabilidad, como se muestra en la Figura 7-1

Figura 7-1 ASD vrs LRFD

$$\frac{R_n}{FS} \geq \sum Q_i \quad \Leftrightarrow \quad \phi R_n \geq \sum \eta_i \gamma_i Q_i$$

En donde:

Rn = Resistencia nominal

Q_i	=	Cargas impuestas sobre el sistema
FS	=	Factor de seguridad global
ϕ	=	Factor de reducción de resistencia
η_i	=	Efectos de ductilidad, redundancia e importancia operativa
γ_i	=	Factores de amplificación de carga

En la Figura 7-2, se presenta la igualación matemática de los dos métodos que permite establecer la expresión para el cálculo del factor de reducción de resistencia (ϕ), como se muestra en la Ecuación 7-1. A partir de esta expresión se puede establecer que existe una fuerte dependencia de la relación que existe entre la carga muerta y la carga viva o, si se quiere, entre las cargas permanentes y las no permanentes.

Ecuación 7-1 Valor del factor de reducción de resistencia para el análisis simple

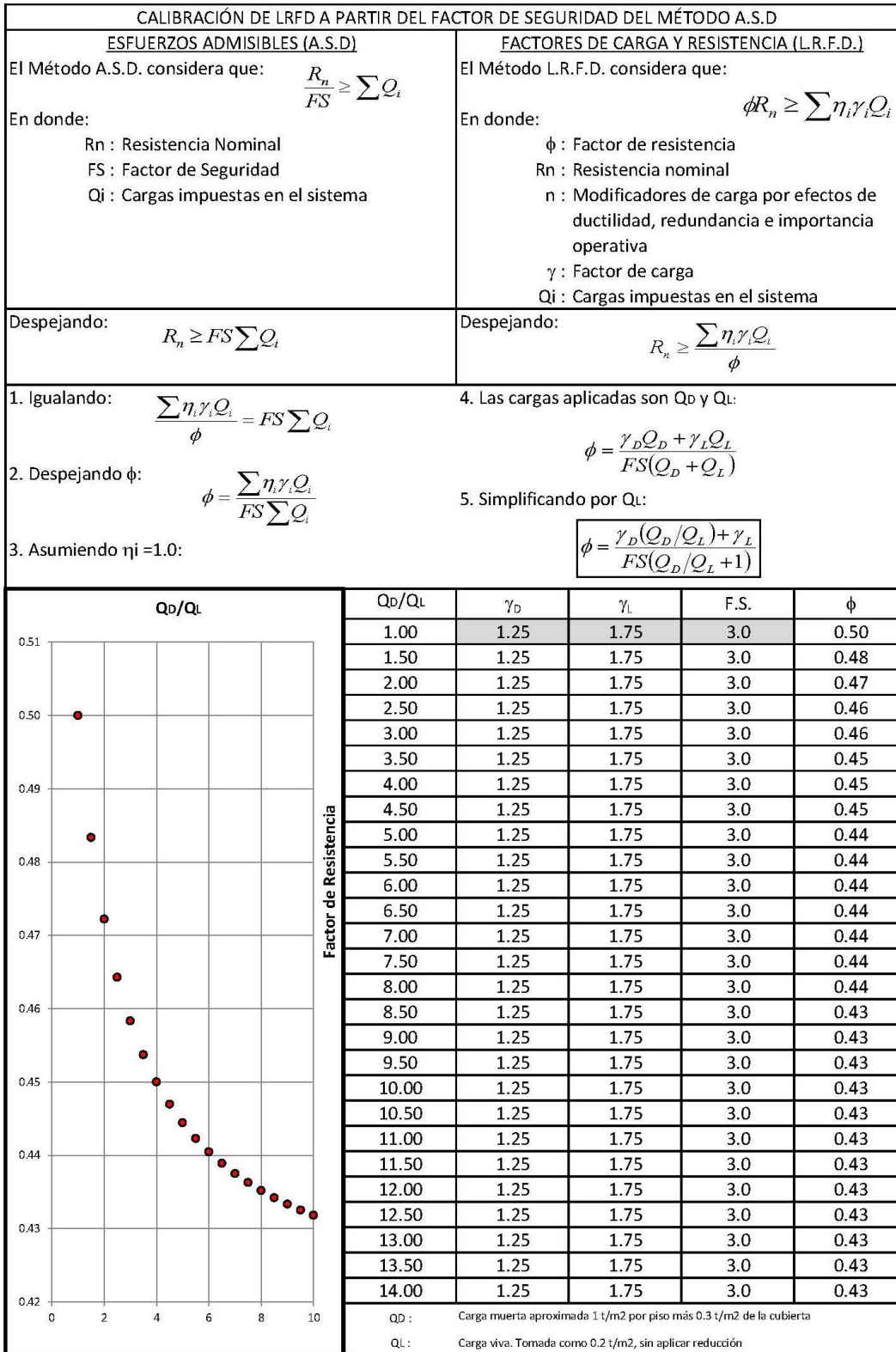
$$\phi = \frac{\gamma_D(Q_D/Q_L) + \gamma_L}{FS(Q_D/Q_L + 1)}$$

Para relaciones entre Q_D/Q_L cercanas a uno el valor del factor de reducción de resistencia se puede expresar como $\phi = (\gamma_D + \gamma_L)/FS$, esta relación es poco probable ya que implicaría que las cargas vivas fueran iguales a las cargas muertas. Para relaciones entre cargas permanentes y no permanentes muy altas el valor del factor de reducción queda controlado por la relación $\phi = (\gamma_D(Q_D + Q_L))/FS(Q_D + Q_L)$, lo cual sería válido para estructuras muy pesadas con cargas vivas muy bajas.

Para esta primera aproximación al valor de ϕ , no se tiene en cuenta el comportamiento estadístico de las variables y para efectos prácticos del análisis geotécnico se tomaron como ciertos los factores de amplificación de la carga que plantea la AASHTO, para este caso 1,25 para la carga muerta y 1,75 para la carga viva. El resultado obtenido indica que el factor de reducción de resistencia esta entre 0,50 y 0,43 para un factor de seguridad de 3,0.

La primera conclusión que se puede establecer con este ejercicio es la fuerte dependencia que existe entre la relación de cargas muertas y vivas en la determinación del factor de reducción y el hecho de que para un solo valor de factor de seguridad existen diferentes valores de ϕ .

Figura 7-2 Calibración a partir de ASD



7.2 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SIMPLE

Para desarrollar este concepto se parte de la hipótesis original del método, la cual consiste en establecer la función de densidad de probabilidad para cargas y resistencias y a partir de éstas definir una función que las relacione. En la Figura 7-3, se presenta la función de probabilidad para la carga y la resistencia como una distribución normal y en la Figura 7-4, se presenta la función $F(g)$ que las relaciona.

Con esta nueva función aparece el concepto de índice de confiabilidad (β), que no es más que la cantidad de veces que el valor medio de la función $F(g)$ se aleja de la zona de falla.

Figura 7-3 Funciones de densidad de probabilidad para carga y resistencia normalmente distribuida

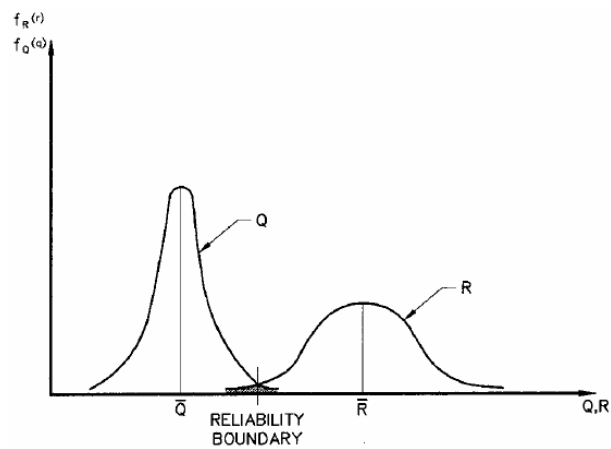
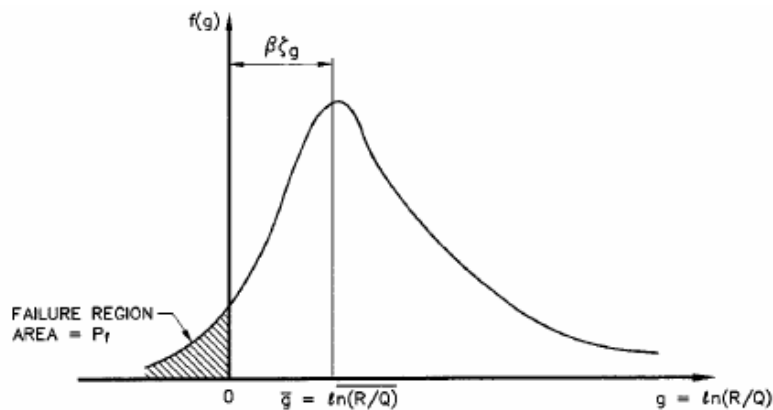


Figura 7-4 Definición del índice de confiabilidad β , para distribuciones LogNormal de R y Q



Para definir matemáticamente la función $F(g)$ es necesario establecer la función de densidad de probabilidad que definen las cargas (Q) y las resistencias (R). Este procedimiento requiere de una investigación amplia y detallada que está por fuera del alcance del presente estudio. A continuación se presenta un aparte del estudio realizado en la Universidad de Purdue en el año 2004 por los investigadores Kevin Foye, Grace Abou Jaoude y Rodrigo Salgado referente al diseño de fundaciones profundas por estados límites.

Es posible que las cargas no estén lognormalmente distribuidas; de hecho, nunca se conocen con exactitud las características de distribución de las cargas. La distribución utilizada para modelar las cargas debería ser la distribución menos sesgada, utilizando la información dada. Esta información típicamente consiste en la media y la varianza (o coeficiente de variación) de las cargas. Para determinar cuál distribución es realmente la menos sesgada se puede emplear el principio de máxima entropía. Este principio establece que la distribución menos sesgada es la distribución que maximiza la entropía con sujeción a las restricciones impuestas por la información dada (Jaynes 1957). Para una variable aleatoria discreta la entropía H está dada por (Harr 1987):

$$H = - \sum p_i \ln p_i$$

En donde p_i es la probabilidad del evento i . Para una variable aleatoria continua, la entropía está dada por (Harr 1987):

$$H = - \int_a^b f(x) \ln f(x) dx$$

Donde a y b son los límites inferior y superior de la variable, respectivamente. El signo negativo en cada una de estas ecuaciones hace que la entropía sea positiva. Si la única información disponible acerca de una variable son los valores de los límites superior e inferior, el principio de máxima entropía establece que la distribución uniforme (la distribución tal que todos los valores dentro del rango de valores posibles son igualmente probables) es la distribución menos sesgada (Harr 1987).

En ingeniería geotécnica, típicamente la información acerca de la media y la varianza de una carga o resistencia está disponible, aun cuando se desconozca su distribución exacta. Los límites inferior y superior de la carga o resistencia pueden ser desconocidos. En este caso el principio de máxima entropía establece que la distribución menos sesgada es la distribución normal. Sin embargo, las magnitudes de las cargas y las resistencias que se encuentran en los problemas geotécnicos no pueden tomar valores negativos. Esto establece firmemente un límite inferior tanto para las cargas como para las resistencias. Típicamente el límite superior de la carga o resistencia es desconocido. Esto es particularmente cierto en el caso de las cargas transitorias (es decir, las sobrecargas vivas, las cargas de viento y las cargas sísmicas), las cuales pueden asumir valores extremadamente elevados aunque muy improbables. Estas cargas transitorias típicamente son modeladas por los comités dedicados a la especificación de cargas utilizando distribuciones más precisas, en particular distribuciones de valores extremos Tipo I o Tipo II (Ellingwood et al. 1980), pero estas distribuciones requieren saber más

acerca de la variable que simplemente la media, la varianza y el valor mínimo. Por lo tanto, considerando la información generalmente disponible, estas distribuciones no representan la distribución menos sesgada para las cargas. En consecuencia, la distribución lognormal modela mejor las cargas transitorias, ya que queda plenamente caracterizada por sus dos primeros momentos, permitiendo una implementación más sencilla en un análisis FOSM. Esto lleva a una distribución que no sólo es relativamente simple de implementar, sino que también proporciona resultados razonables (MacGregor 1976). Lo que es más, la distribución lognormal representa mejor el producto de varias variables aleatorias positivas, aun cuando estas variables no estén lognormalmente distribuidas. En el modelado de las cargas, la propia carga nominal se puede modelar como el producto entre varias componentes, cada una de las cuales se puede modelar como una variable aleatoria. Por ejemplo, las cargas de viento generalmente se modelan como el producto entre la velocidad del viento y otros parámetros empíricos o experimentales que se tratan como variables aleatorias (ASCE 7-95). En ocasiones un ingeniero que trabaja en un proyecto tendrá información específica correspondiente al proyecto en cuestión. En este caso, si es que la economía del presupuesto lo justifica, se podrían desarrollar factores de carga específicos o bien se podría utilizar un análisis más complejo.

Con frecuencia se modela un factor de resistencia global como el producto entre la resistencia nominal y varios parámetros para tomar en cuenta las diferentes fuentes de incertidumbre. En el diseño de la estructura de un puente, la resistencia global de un elemento estructural habitualmente se modela como el producto entre la resistencia nominal y un factor que toma en cuenta el material, un factor que toma en cuenta la fabricación y un factor que toma en cuenta el tipo de análisis utilizado, los cuales se utilizan para considerar las incertidumbres correspondientes a las resistencias de los materiales, las dimensiones de los componentes y los modelos analíticos empleados, respectivamente (Nowak and Grouni 1994). Matemáticamente esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$R = R_n \eta_m \eta_f \eta_a$$

En donde: η_m es un factor que depende del material y que considera la incertidumbre de la resistencia del material, η_f es un factor de fabricación que considera la incertidumbre de las dimensiones del elemento fabricado (por ejemplo, la variabilidad de las dimensiones de los encofrados en el caso del hormigón colado in situ) y η_a es un factor que depende del análisis utilizado que considera la incertidumbre del modelo analítico empleado para calcular la resistencia. Para el diseño de las fundaciones, en diversos casos la resistencia del suelo también se puede modelar como el producto entre la resistencia nominal y diferentes componentes que toman en cuenta las incertidumbres relacionadas con la variabilidad inherente del suelo, las mediciones (y ensayos) y los métodos analíticos empleados. Tal vez esto se puede ilustrar mejor considerando la ecuación general para determinar la capacidad de carga de las arcillas,

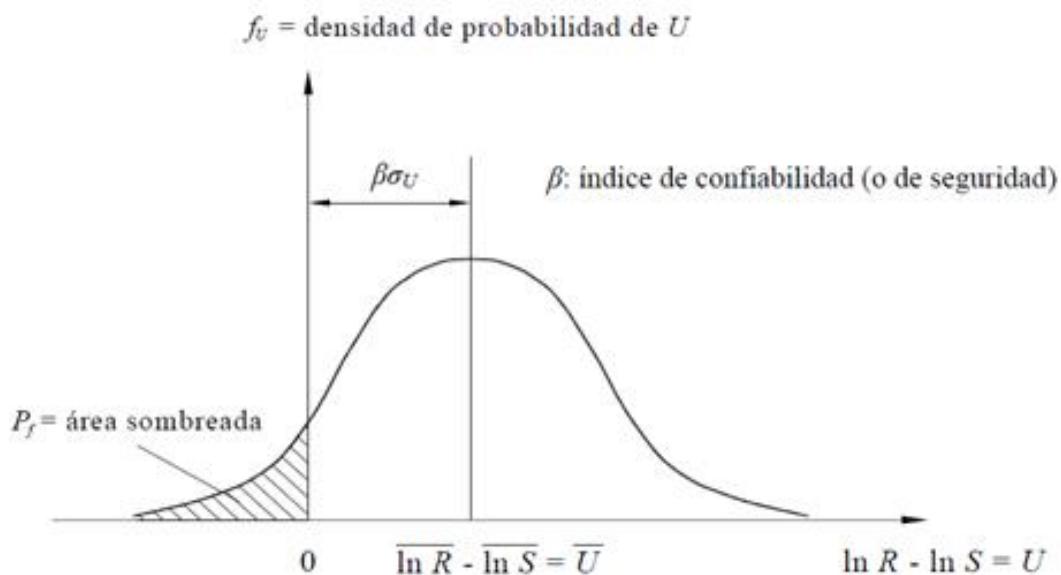
$$q_{bL} = (s_c d_c i_c b_c g_c) cN_c$$

La cual utiliza una serie de factores de corrección para modelar la capacidad de carga de una fundación superficial. La incertidumbre en la medición se vería en c , ya que la cohesión es un parámetro de la resistencia del suelo que debe ser determinado utilizando ensayos in situ, ensayos en laboratorio o mediante correlaciones con otros parámetros medidos. La variabilidad adicional debida a la incertidumbre inherente de la propia

ecuación utilizada para determinar la capacidad de carga también afecta la incertidumbre del análisis.

En este contexto, suponer una distribución lognormal tanto para las cargas como para las resistencias parece ser una hipótesis razonable, ya que ambas se pueden tratar como el producto entre varias variables aleatorias. Por lo tanto, los efectos de las cargas y las resistencias de un sistema estructural o geotécnico se pueden expresar como se indica en la Figura 7-5. Sean el efecto de las cargas Q y la resistencia R variables aleatorias; entonces la falla (alcanzar un estado límite último) ocurre cuando $\ln R - \ln S < 0$ (Representado por el área sombreada de la Figura 7-5). (Foye, Jaoude, & Salgado, Diseño de Fundaciones Profundas por Estados Límites, 2004, págs. 12-15)

Figura 7-5 Efectos de las cargas, resistencia y confiabilidad



A partir de este concepto se plantea la calibración del factor de resistencia utilizando distribuciones normales y Lognormales para la carga y la resistencia. En la Figura 7-7 y la Figura 7-8 se presentan los resultados obtenidos haciendo énfasis en que la distribución que se considera más adecuada es la que representa una función de densidad de probabilidad Lognormal para cargas y resistencias.

A partir de las calibraciones presentadas en la Figura 7-2, Figura 7-7 y Figura 7-8 es necesario establecer los valores de las variables que intervienen en el análisis y su impacto o peso dentro del valor estimado para el factor de reducción de la carga. En la Tabla 7-1, se presentan los parámetros estadísticos que se deben establecer para la calibración del Factor de Resistencia (ϕ).

Tabla 7-1 Parámetros estadísticos requeridos para la calibración del Factor de Resistencia

PARÁMETRO ESTADÍSTICO		MÉTODO DE CALIBRACIÓN			
		A.S.D.	$Q_N - R_N$	$Q_N - R_{\text{LogN}}$	$Q_{\text{LogN}} - R_{\text{LogN}}$
Desviación estándar de la carga	σ_Q		X	X	
Desviación estándar de la resistencia	σ_R		X	X	
Factor de carga muerta	γ_D	X	X	X	X
Factor de carga viva	γ_L	X	X	X	X
Coficiente de variación de la carga muerta	COV_{QD}			X	X
Coficiente de variación de la carga viva	COV_{QL}			X	X
Coficiente de variación de la resistencia	COV_R			X	X
Sesgo de la resistencia	λ_R		X	X	X
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}		X	X	X
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}		X	X	X
Índice de confiabilidad	β		X	X	X
Factor similar a β (Usualmente = 2)	K			X	
Factor de seguridad de A.S.D	F.S.	X			

El alcance del presente estudio no permite analizar en profundidad el comportamiento estadístico de cada una de las variables requeridas para la calibración del factor de resistencia, por lo tanto, es necesario acudir a valores típicos o establecidos por las normas para continuar con el presente ejercicio académico. A continuación se presenta la definición de cada uno de ellos:

- **Desviación estándar:** La desviación típica es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. La desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética. $\sigma = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (N - 1)}$, en donde x_i corresponde con los datos de la muestra, \bar{x} corresponde con el valor medio y N es el número de datos.
- **Coficiente de Variación:** En estadística, cuando se desea hacer referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable, se utiliza el coeficiente de variación. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar. Es importante que todos los valores sean positivos y su media dé, por tanto, un valor positivo. A mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad de los valores de la variable; y a menor COV, mayor homogeneidad en los valores de la variable. $COV = \sigma / \bar{x}$, en donde σ es la desviación estándar y \bar{x} corresponde con el valor

medio. Para determinar el COV combinado de una variable se debe utilizar la siguiente expresión:

$$COV = \sqrt{COV_1^2 + COV_2^2 + \dots + COV_N^2}$$

- Sesgo: Se llama sesgo de una variable a la relación entre su esperanza matemática y el valor numérico obtenido. Un valor del sesgo nulo se llama insesgado o centrado. $\lambda = R_m / R_n$, en donde R_m es el valor medido y R_n es el valor nominal.

Para determinar el sesgo combinado de una variable se debe utilizar la siguiente expresión:

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \dots \times \lambda_N$$

Como ya se mencionó anteriormente la función de distribución de probabilidad asumida para la calibración del factor de resistencia es Lognormal para carga y resistencia. En ella intervienen las siguientes variables:

- Factores de Carga Muerta y Viva: Se toman como válidos los planteados por la AASHTO, la NSR-10 y el CCDSP-95.
- Coeficiente de variación y Sesgo de la Carga Muerta: El factor de sesgo para carga muerta varía con el material y es igual al producto de los factores de desviación para los materiales que componen la carga. En la Tabla 7-2 se presenta valores típicos para el coeficiente de variación y el sesgo de la carga muerta.

Tabla 7-2 Valores de COV y Sesgo para la Carga Muerta

COMPONENTE DE LA CARGA MUERTA	COV _{QD}	λ _{QD}
Variación de fábrica de componentes	0.08	1.03
Variaciones de componentes hechos en sitio	0.10	1.05
Desgaste en la superficie	0.25	1.00

- Coeficiente de variación y Sesgo de la Carga Viva: El coeficiente de variación de la carga viva se toma como COV_{QL}=0.18 y el sesgo para la carga viva como λ_{QL}=1.15 a partir de estudios de campo desarrollados para el modelo de carga viva de las especificaciones AASHTO LRFD.

- Coeficiente de variación y Sesgo para la Resistencia: El factor de sesgo de la resistencia representa el efecto neto de diversas fuentes de error y el coeficiente de variación representa la variabilidad habitual de los resultados. Valores típicos para el sesgo y el coeficiente de variación de varios tipos de ensayos geotécnicos se presentan en la Tabla 7-3. (U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration, 2001)

Tabla 7-3 Valores de COV y Sesgo para geotecnia. Fuente AASHTO

ENSAYO	COV _R	λ _R
SPT	0.60 a 0.80	1.3
CPT	0.40	1.0
Ángulo de fricción interna (φ' o φ)	0.10	1.0
Cohesión (c' o c)	0.40	1.0
Fricción muro suelo (δ)	0.20	1.0
Coeficiente de presión de tierras (k)	0.15	1.0

Para las medidas de la resistencia del suelo o de la roca se puede utilizar el juicio para definir un valor de λ_R, y una regla sencilla para estimar un valor de COV_R (Demsky, 1996).

La Tabla 7-3 muestra que λ_R es probable que sea 1,0 para métodos de medición que se basan en los principios de la mecánica (CPT, Triaxial, y Corte Directo), mientras que los valores de λ_R pueden diferir significativamente de 1,0 para los métodos que se basan en reglas empíricas para relacionar los resultados de las pruebas a los valores de resistencia (SPT, Correlaciones, etc.).

Para los métodos que se basan en los principios de la mecánica y la interpretación racional de los resultados, el valor de λ_R puede ser razonablemente estimado igual a 1,0. El valor de λ_R definido por métodos que utilizan reglas empíricas, sólo se puede evaluar con precisión con el uso de pruebas de carga sobre el terreno, que proporcionen un conjunto de datos para comparar las capacidades de carga calculada y medida.

El COV_R puede ser estimado utilizando la regla de los “Seis sigma”, el cual requiere de tres simples pasos:

- Estimar el valor más probable para la propiedad, o el parámetro (V_{est}), definir el valor mínimo (V_{min}) y el valor máximo (V_{max}), que pueda tomar la variable.

- Usar la regla de los “Seis sigma” para estimar el valor de la desviación estándar.

$$\sigma = V_{\max} - V_{\min} / 6$$

- Calcular el coeficiente de variación (COV_R)

$$COV_R = \sigma / V_{est}$$

Otros autores han presentado valores para el coeficiente de variación como los indicados en la Tabla 7-4 propuestos por (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011)²

Tabla 7-4 Valores de COV para parámetros geotécnicos (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011)

PARÁMETRO	COV	FUENTE
Peso específico	0.03 - 0.07	[4]
	0.04 - 0.08	[5]
Peso unitario sumergido	0 - 0.10	[6]
Cohesión	0.40 (0.20 a 0.80)	
Ángulo de fricción efectivo	0.02 - 0.13	[4]
	0.037 - 0.093 Arenas	[5]
	0.075 - 0.101 Arcillas	[5]
Resistencia no drenada de Arcillas	0.13 - 0.40	[4 - 6]
	0.11 - 0.45	
Coeficiente de permeabilidad (k)	0.20 - 0.90	[5]
Coeficiente de consolidación (Cv)	0.33 - 0.68	[6]
Presión de preconsolidación (Pp)	0.10 - 0.35	[6]
Índice de compresión (Cc)	0.10 - 0.37	[6]
Número de golpes SPT (N)	0.15 - 0.45	[4]
Resistencia a la compresión uniaxial de metalimolitas	0.29 - 0.55	[7 - 8]
Resistencia a la compresión uniaxial de metacalcáreos	0.18 - 0.40	[7 - 8]

² Los autores Hidalgo & Pacheco de Asis, en el artículo publicado en la revista de ingenierías de Medellín hacen una recopilación de valores típicos para el coeficiente de variación de los parámetros geotécnicos (Tabla 7-4). Las fuentes citadas en esta recopilación son:

- [4] R. H. C. Ribeiro, "Aplicações de probabilidade e estatística em análises geotécnicas," Tesis de doctorado en ingeniería civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Río de Janeiro, 2008.
- [5] USACE, "Risk-Based Analysis in Geotechnical Engineering for Support of Planning Studies", ETL 1110-2-556, U. S. Army Corps of Engineers, 1999
- [6] J. M. Duncan, "Factors of safety and reliability in geotechnical engineering," J. of Geot. and Geoenv. Eng, vol. 126, no. 4, pp. 307-316, 2000
- [7] C. A. Hidalgo et al., "Caracterización de un macizo rocoso utilizando ensayos de carga puntual y triaxiales," en Memorias de la XII Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, P. J. Culligan, H. H. Einstein y A. J. Whittle, eds., pp. 495-500, Cambridge: Verlag Glückauf Essen, 2003.
- [8] C. A. Hidalgo et al., "Determinación de la resistencia de la roca intacta en la caracterización de macizos rocosos," Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 1, no. 3, pp. 89-102, 2003.

- Índice de Confiabilidad (β): El diseño por confiabilidad evalúa la probabilidad de un sistema para cumplir satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período y en condiciones específicas de operación. Si un evento interrumpe ese funcionamiento, se denomina falla. De acuerdo con este concepto el índice de confiabilidad debe estar asociado a una probabilidad de falla de un sistema.

Una relación comúnmente aceptada entre el índice de confiabilidad, β , y la probabilidad de falla, P_F , fue desarrollada por Rosenblueth y Esteva (1972) para valores de distribución lognormal de R y Q utilizando la relación:

$$p_f = 460 \exp(-4.3 \times \beta), \text{ con valores de } 2 < \beta < 6$$

El inverso de esta función es:

$$\beta = \frac{\ln(460/p_f)}{4.3}, \text{ con valores de } 10^{-1} < p_f < 10^{-9}$$

En la Tabla 7-5 se presenta la relación entre la probabilidad de falla y el índice de confiabilidad asociado.

Tabla 7-5 Relación entre la probabilidad de falla y el Índice de confiabilidad β

Índice de Confiabilidad β	Probabilidad de Falla p_f	Probabilidad de Falla p_f	Índice de Confiabilidad β
2.5	0.99×10^{-2}	1×10^{-1}	1.96
3.0	1.15×10^{-3}	1×10^{-2}	2.50
3.5	1.34×10^{-4}	1×10^{-3}	3.03
4.0	1.56×10^{-5}	1×10^{-4}	3.57
4.5	1.82×10^{-6}	1×10^{-5}	4.10
5.0	2.12×10^{-7}	1×10^{-6}	4.64
5.5	2.46×10^{-8}	1×10^{-7}	5.17

La probabilidad de falla asignada a una obra depende de las pérdidas económicas o de vidas que se produzcan debido al colapso de la estructura. Kulhawy y otros en 1995 plantearon valores empíricos para la estimación de las pérdidas asociadas a la falla de las estructuras (Ver Figura 7-6Figura 7-7 y Tabla 7-6)

Figura 7-6 Valores empíricos de probabilidad de falla en obras civiles.

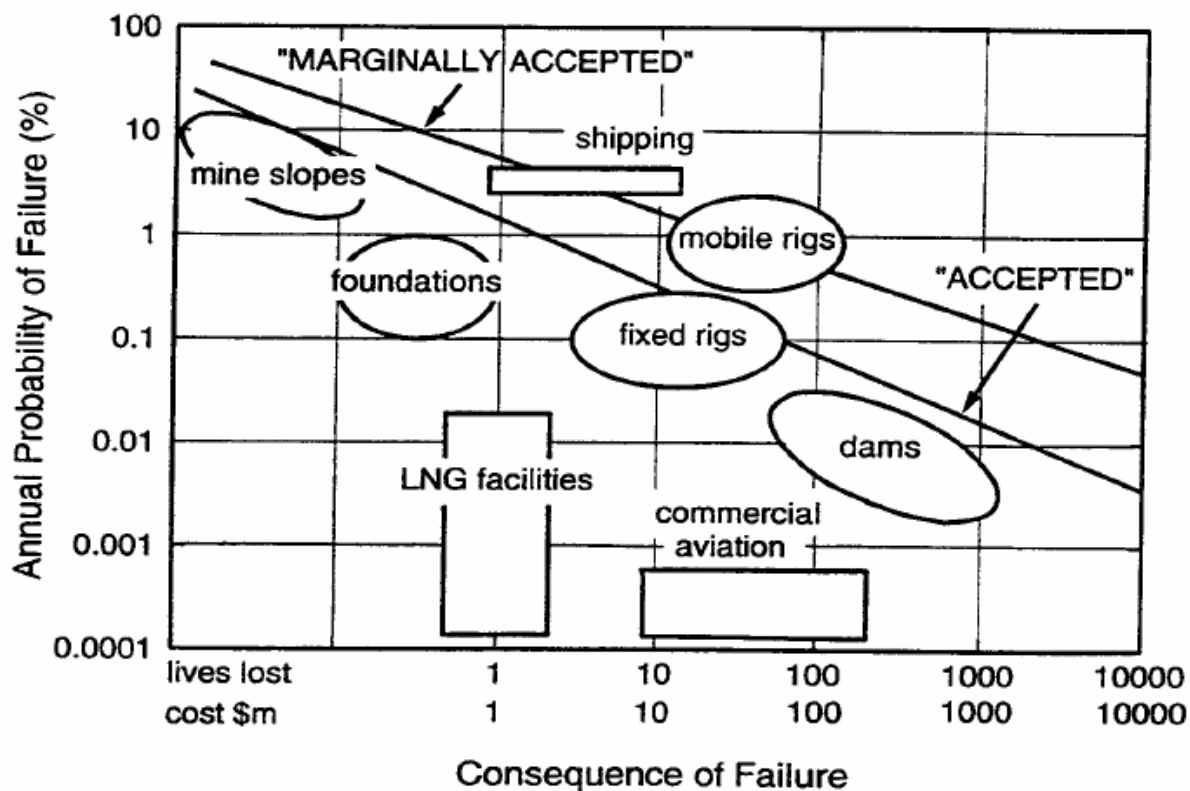


Tabla 7-6 Valores empíricos de probabilidad anual de falla en obras civiles y el índice de confiabilidad (β) correspondiente

TIPO DE OBRA	p_f [%]		β	
Taludes para minas	1	10	2.5	2.0
Plataformas móviles	0.5	5	2.7	2.1
Fundaciones	0.1	1	3.0	2.5
Plataformas fijas	0.05	0.5	3.2	2.7
Presas	0.001	0.02	4.1	3.4
Facilidades LNG	0.0001	0.01	4.6	3.6
Aviación comercial	0.0001	0.0007	4.6	4.2

En resumen, de acuerdo con la bibliografía consultada para el presente trabajo, los parámetros estadísticos que se utilizarán para el planteamiento de la calibración de los factores de resistencia son los presentados en la Tabla 7-7

Tabla 7-7 Parámetros estadísticos para la calibración de los Factores de Resistencia.

PARÁMETRO ESTADÍSTICO		AASHTO	NSR-10	CCDSP-95
Factor de carga muerta	γ_D	1.25	1.20	1.30
Factor de carga viva	γ_L	1.75	1.60	2.17
Coeficiente de variación de la carga muerta	COV_{QD}	0.13	0.13	0.13
Coeficiente de variación de la carga viva	COV_{QL}	0.18	0.18	0.18
Coeficiente de variación de la resistencia	COV_R			
Sesgo de la resistencia	λ_R			
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}	1.08	1.08	1.08
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}	1.15	1.15	1.15
Índice de confiabilidad	β	2.50	2.50	2.50
Factor de seguridad de A.S.D	F.S.	3.00	3.00	2.50

Como se mencionó anteriormente la función de probabilidad de frecuencia que mejor relaciona las cargas con las resistencias es aquella que las considera Lognormal. Por lo tanto para la calibración planteada en este trabajo se tomarán los valores que dependen del modelo estructural como válidos y los únicos parámetros estadísticos que se deben estimar son el Coeficiente de Variación de la resistencia (COV_R) y el Sesgo de la resistencia (λ_R)

En la Figura 7-7, se presenta el procedimiento detallado para determinar el factor de resistencia cuando se considera que las cargas y las resistencias poseen distribuciones normales y en la Figura 7-8 se presenta el procedimiento detallado para la calibración del factor de resistencia cuando se considera que cargas y resistencias tienen una distribución Lognormal. Este último concepto es el que se considera más acertado para la calibración de los factores de resistencia

Figura 7-7 Calibración para Q normal y R normal

CALIBRACIÓN DE LRFD A PARTIR DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA Q Y R

Por definición $COV = \sigma/\bar{x}$

Para la función f(g)

$$COV_g = \frac{\sigma_g}{\bar{g}}; \rightarrow \bar{g} = \frac{\sigma_g}{COV_g}$$

La desviación estandar de f(g) es:

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}$$

Entonces el COVg es:

$$COV_g = \frac{\sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}{\bar{R} - \bar{Q}}$$

A partir de la definición de confiabilidad se tiene:

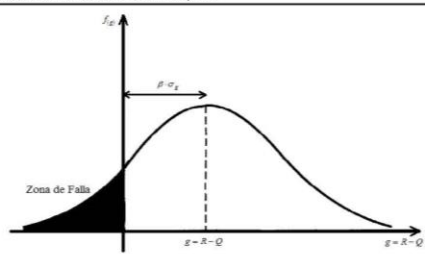
$$\bar{g} = \beta \cdot \sigma_g$$

Entonces β :

$$\beta = \frac{\bar{g}}{\sigma_g}; \rightarrow \frac{COV_g}{\sigma_g}; \rightarrow \frac{1}{COV_g}$$

Sustituyendo se tiene: Ecuación ①

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}; \rightarrow \bar{R} = \bar{Q} + \beta \cdot \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}$$



A partir de la ecuación básica de L.R.F.D.:

$$\phi R_n \geq \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad \phi \geq \lambda_R \sum \gamma_i Q_i / \bar{R} \quad \text{Ecuación ②}$$

Asumiendo ni=1.0 y teniendo en cuenta el sesgo en la resistencia nominal

Sustituyendo ① en ②

$$\phi = \frac{\lambda_R \sum \gamma_i Q_i}{\bar{Q} + \beta \cdot \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}$$

Aplicando factores de carga y sesgo se tiene:

$$\phi = \frac{\lambda_R (\gamma_D Q_D + \gamma_L Q_L)}{(\lambda_{Q_D} Q_D + \lambda_{Q_L} Q_L) + \beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}$$

Simplificando para QL:

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right)}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) + \left(\beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2} / Q_L \right)}$$

Q _D /Q _L	Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{QL}	β	φ
1.00	1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.15
1.50	1.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.18
2.00	1.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.21
2.50	1.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.23
3.00	2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.25
3.50	2.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.28
4.00	2.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.30
4.50	2.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.32
5.00	3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.34
5.50	3.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.36
6.00	3.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.37
6.50	3.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.39
7.00	4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.41
7.50	4.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
8.00	4.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.44
8.50	4.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.45
9.00	5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.46
9.50	5.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.48
10.00	5.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.49
10.50	5.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.50
11.00	6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.51
11.50	6.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.52
12.00	6.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.53
12.50	6.75	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.55
13.00	7.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.56
13.50	7.25	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.57
14.00	7.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.58
Q _D :	Carga muerta aproximada 1 t/m ² por piso más 0.3 t/m ² de la cubierta						σ _Q	4.00
Q _L :	Carga viva. Tomada como 0.2 t/m ² , sin aplicar reducción						σ _R	8.00

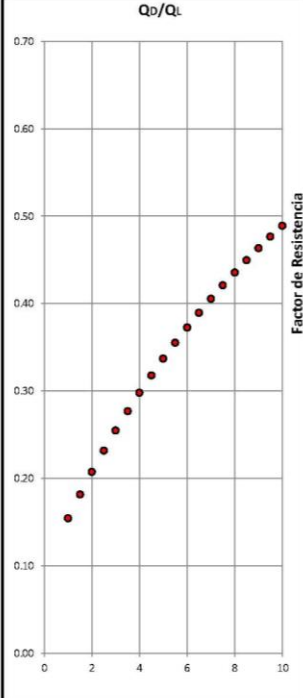
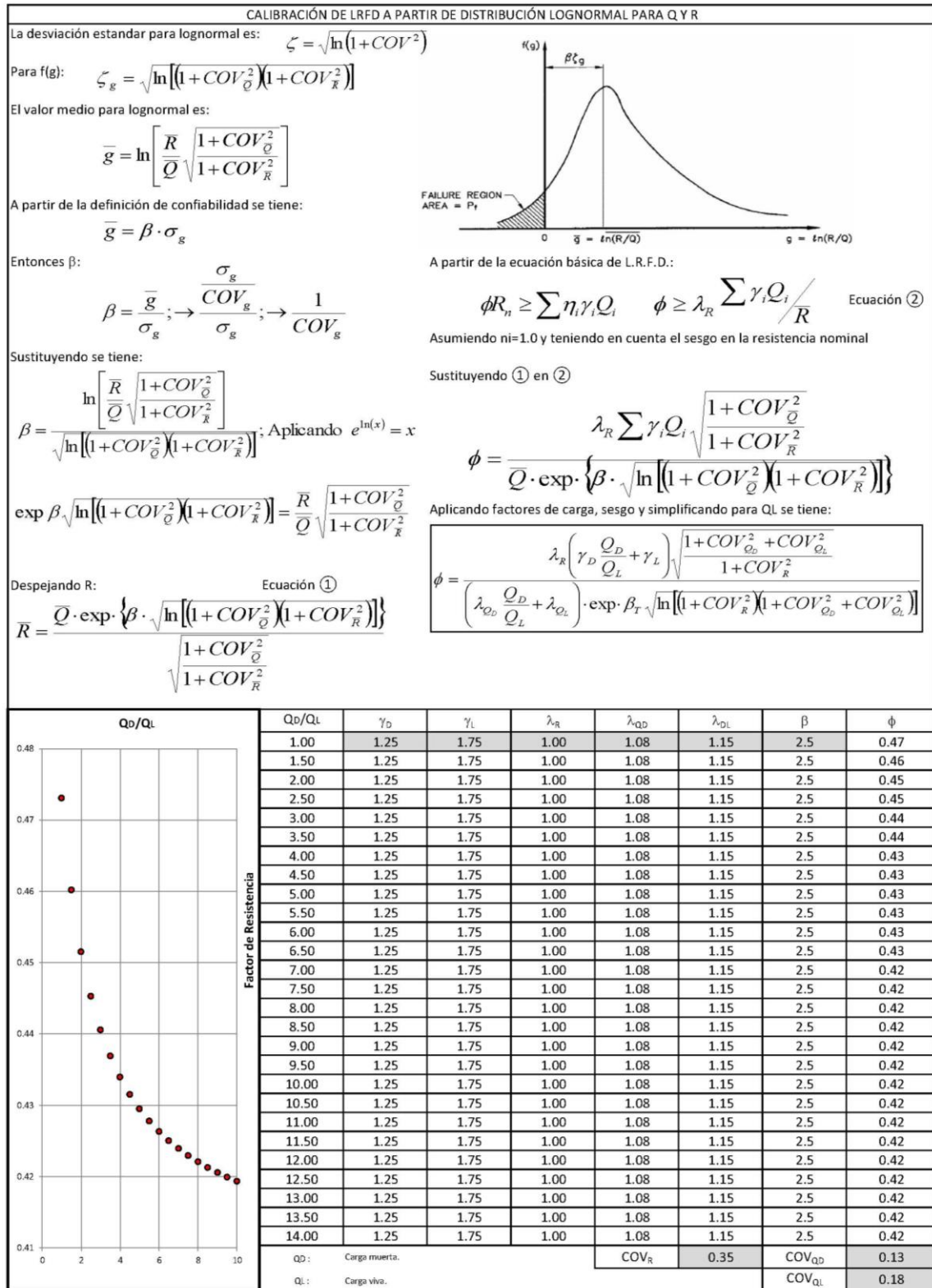


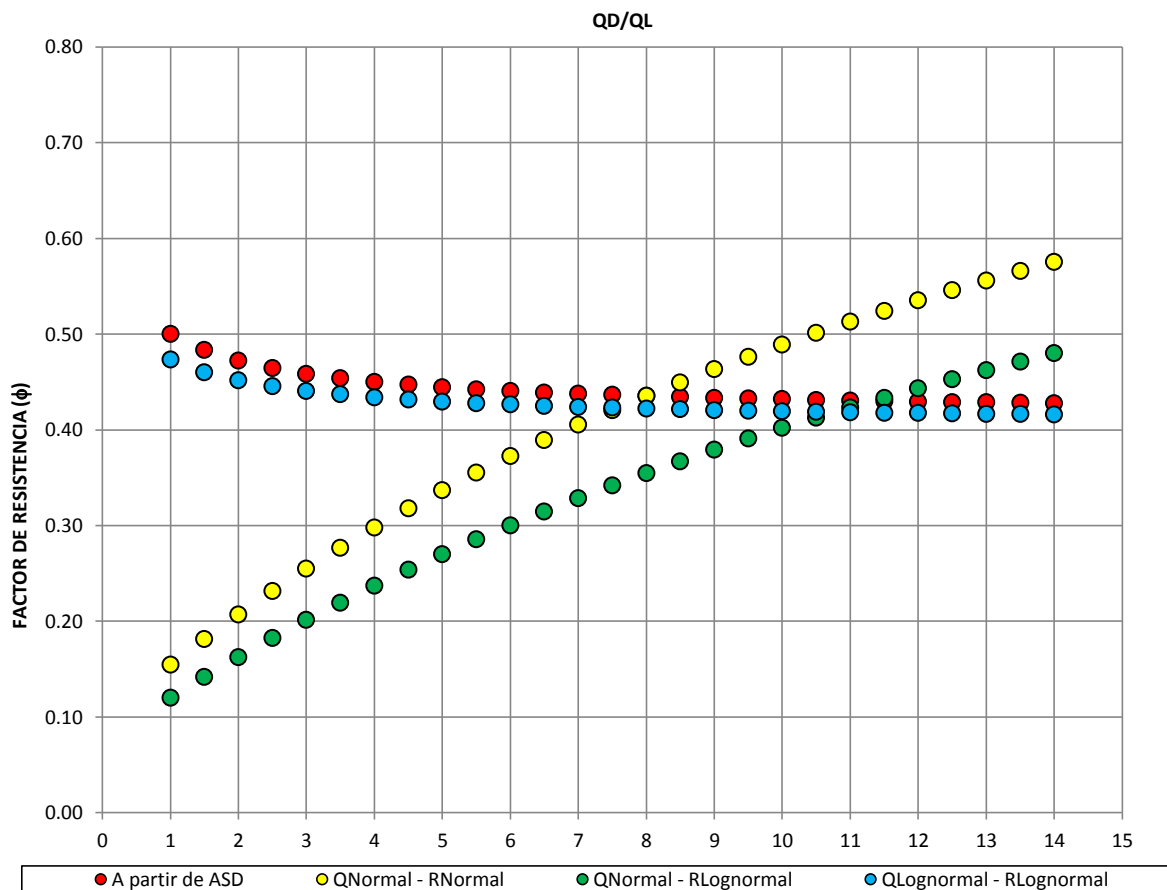
Figura 7-8 Calibración para Q Lognormal y R Lognormal



En la Figura 7-9 se muestra la comparación de los resultados entre los diferentes métodos aplicados para la calibración de los factores de resistencia. Se puede observar que la calibración a partir de ASD es consistente con los resultados obtenidos con la distribución de frecuencia Lognormal para cargas y resistencias. Por otra parte las calibraciones que consideran la carga con una distribución normal son consistentes entre sí, pero con tendencias inversas al procedimiento inicial.

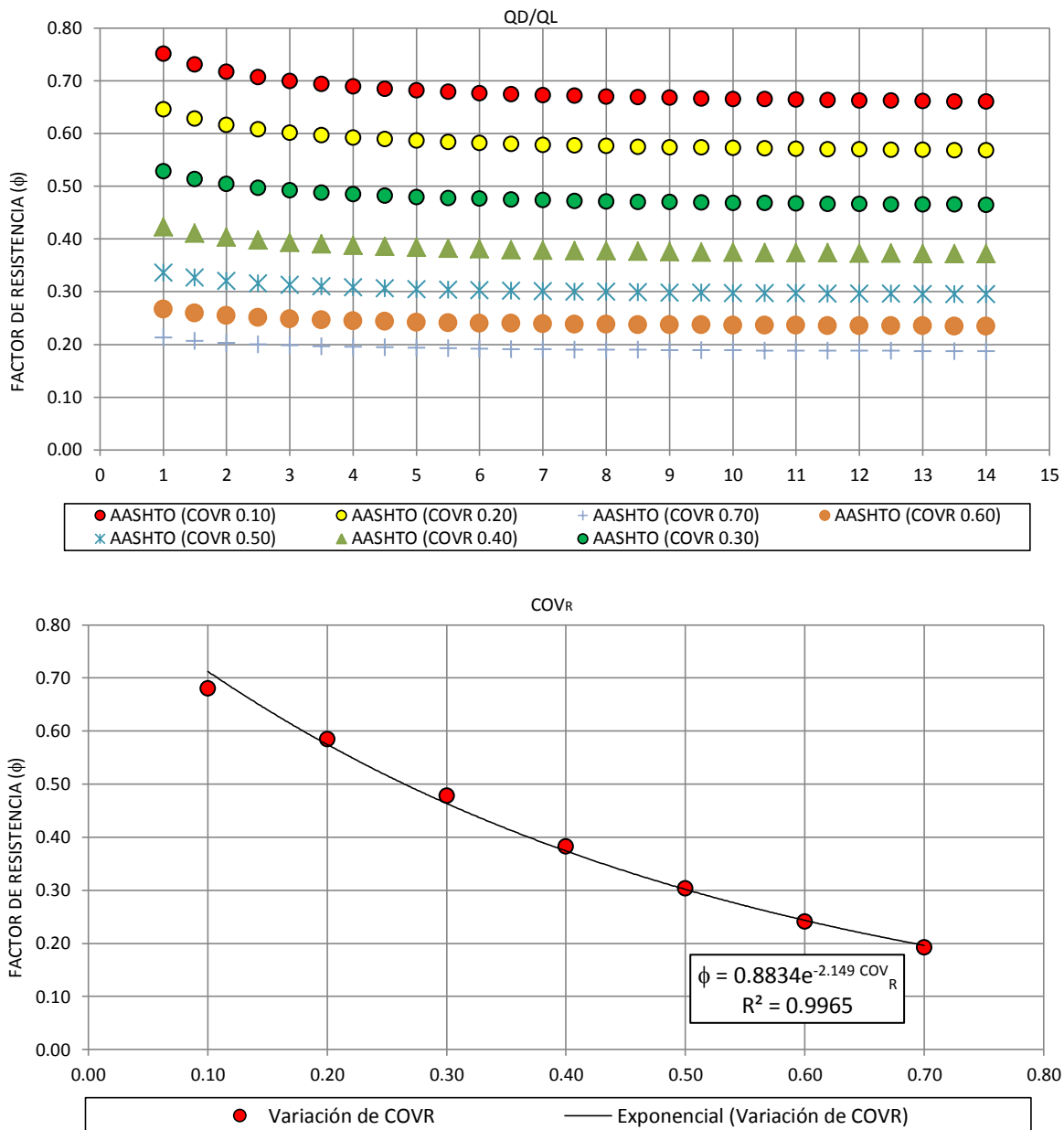
Debido a que no se tiene claridad sobre el tipo de distribución que posee la carga o la resistencia, se considera nuevamente que es válido asumirlas como Lognormal ya que el resultado es similar o con tendencia similar al análisis directo realizado a partir del ASD. (En un primer ejercicio y debido a la cantidad de incertidumbre y valores asumidos que se tienen en el modelo, por lo menos se busca llegar a resultados similares a los conocidos).

Figura 7-9 Comparación procedimientos de calibración



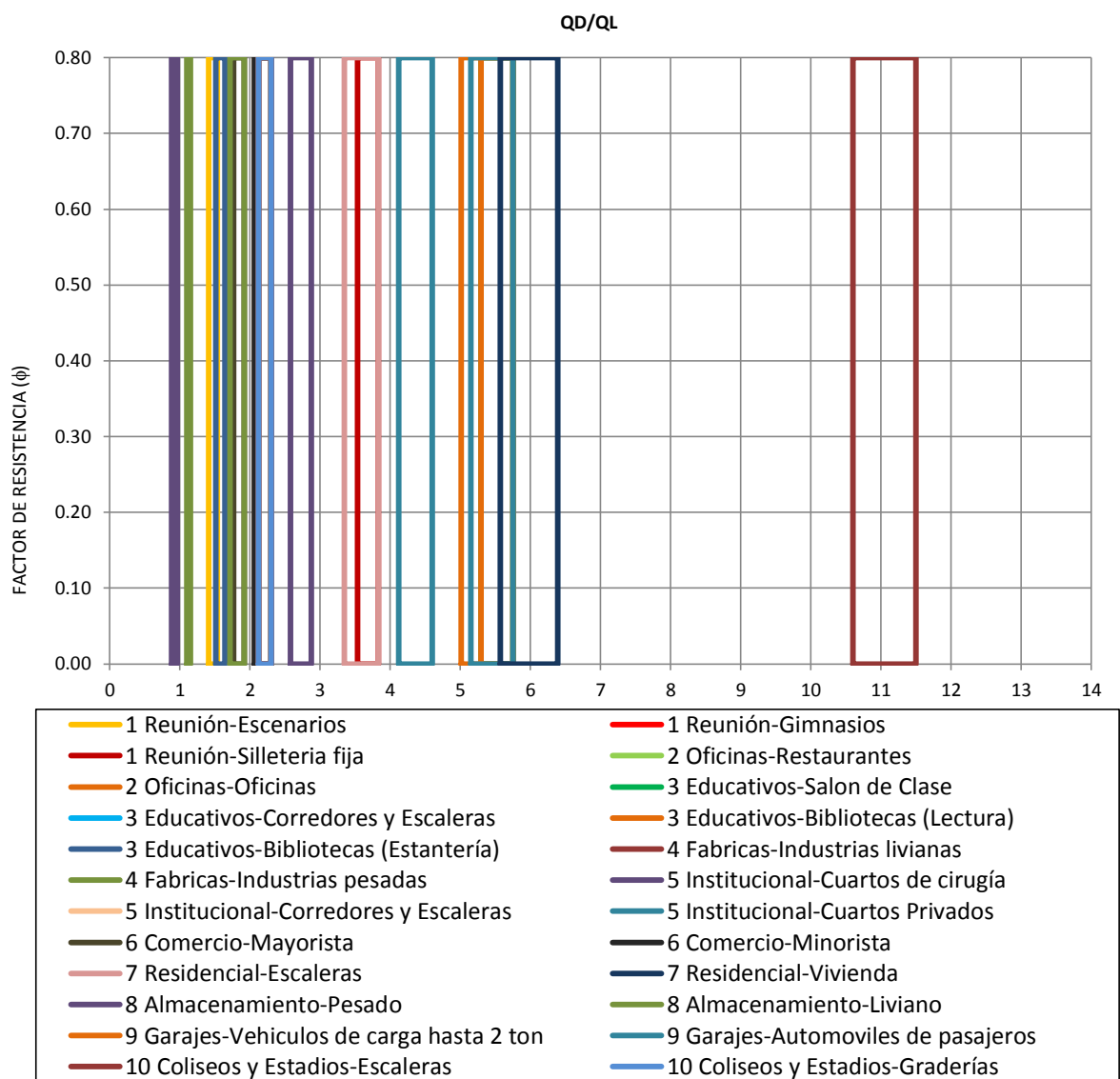
Establecidas las condiciones para la calibración del factor de resistencia (Frecuencia Lognormal para cargas y resistencias y parámetros estadísticos del modelo estructural fijos), se realizó el análisis de sensibilidad para el COV_R que presenta la Figura 7-10, determinando que para el rango de valores del coeficiente de variación expuesto en la bibliografía de referencia el factor de reducción de resistencia puede variar desde 0,20 hasta 0,70 y la tendencia que mejor lo define es de tipo exponencial.

Figura 7-10 Análisis de sensibilidad para COV_R



En la calibración del factor de resistencia la relación entre cargas permanentes y transitorias (Q_D/Q_L) no modifica de manera importante el resultado y se puede observar que a partir de relaciones de carga superiores a seis el valor ϕ prácticamente es constante. De acuerdo con un análisis simplificado para la estimación de cargas muertas y vivas se ha podido establecer que la mayoría de las edificaciones típicas poseen relaciones de Q_D/Q_L entre 1,0 y 6,0 (Ver Figura 7-11). En esta zona el valor del factor de resistencia puede variar en un 10%. Bajo estas condiciones se establece para el análisis utilizar relaciones de carga de 1.0, 3.0 y 6.0 para la calibración del factor de resistencia.

Figura 7-11 Relación entre Carga Muerta y Carga Viva para diferentes tipos de edificaciones



A partir del análisis de sensibilidad realizado es necesario establecer las herramientas que existen para el cálculo del coeficiente de variación además de la regla de las “Seis sigmas”, ya que al determinar adecuadamente el COV_R , se puede llegar a utilizar hasta el 80% de la resistencia disponible en el material de fundación.

La aplicación de métodos probabilísticos permite la evaluación de la distribución de probabilidades de una variable dependiente en función del conocimiento de las distribuciones estadísticas de las variables independientes que la generan. Entre los métodos más utilizados en la estadística aplicada a la geotecnia están el método de Primer Orden Segundo Momento (FOSM), el método de estimaciones puntuales de Rosenblueth y las simulaciones de Monte Carlo.

A continuación se hace una breve descripción de cada método, especialmente en las simulaciones de Monte Carlo que fue el procedimiento escogido para las evaluaciones realizadas en el presente proyecto al considerarlo el más versátil y de más fácil implementación.

7.3 PRIMER ORDEN SEGUNDO MOMENTO³

El denominado método FOSM ("First-Order, Second Moment") utiliza la serie de Taylor para la determinación de la distribución de probabilidad de una función con un número de variables aleatorias [3].

El truncamiento de la función de expansión de la Serie de Taylor forma la base de este método y las salidas y entradas de datos son expresadas por valores esperados y desviación estándar. Las ventajas de este tipo de solución radican en que los cálculos matemáticos son simplificados y se requiere apenas del conocimiento de los valores de los momentos de las distribuciones estadísticas de las variables que forman la función. Para N variables aleatorias no correlacionadas, $F(x_1, x_2, \dots, x_N)$, conservando solamente los términos lineales en la Serie de Taylor, produce:

³ (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011). Las referencias indicadas en este texto son

[3] G. Baecher, B, y J. T. Christian, Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering, Chichester: John Wiley & Sons, 2003, 605 p.

[9] J. T. Christian et al., "Reliability Applied to Slope Stability Analysis," J. of Geot. Eng, vol. 120, no. 12, pp. 2180-2207, 1994.

$$E[F] = F\left(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N\right)$$

$$V[F] = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 V(x_i)$$

Donde $\bar{x}_i = E[x_i]$

La función F es evaluada para los puntos medios de todas las variables, así como la varianza de F. En las expresiones anteriores, la serie de Taylor fue truncada a partir de sus términos de segundo orden, despreciándose por tanto los efectos de los terceros y cuartos momentos probabilísticos. Sin embargo, esta aproximación es plenamente aceptable para fines prácticos [3]. Los valores de las derivadas pueden ser obtenidos mediante el cálculo analítico, pero es más usual y recomendable usar la aproximación numérica presentada por Christian et al. [9].

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{F(x_i + \Delta x_i) - F(x_i)}{\Delta x_i}$$

7.4 ESTIMACIONES PUNTUALES DE ROSENBLUETH⁴

Rosenblueth [11] propuso un método aproximado que simplifica mucho la tarea de estimar la media y la desviación estándar del factor de seguridad y solamente compromete ligeramente la exactitud cuando las dispersiones de las variables envueltas son muy grandes. Consiste en estimar los momentos (media, desviación estándar, coeficiente de asimetría, etc.) de la variable dependiente en función de las variables aleatorias independientes, para las cuales se conocen por lo menos dos momentos, media y desviación estándar (o por lo menos sus estimativas), sin la necesidad de conocer las distribuciones de probabilidad completas de las variables independientes o de la dependiente.

⁴ (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011). Las referencias indicadas en este texto son:

[3] G. Baecher, B. y J. T. Christian, Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering, Chichester: John Wiley & Sons, 2003, 605 p.

[11] E. Rosenblueth, "Point estimates for probability moments," Proc. Nat. Acad. of Sc, vol. 72, no. 10, pp. 3812-3814, 1975.

Suponiendo que exista una función bien definida que una la variable dependiente a las independientes, con procedimientos simples se puede trabajar con la variabilidad sin introducir complejidades numéricas muy grandes en el análisis determinístico. Se trata de ponderar la participación de cada variable, calculando dos valores de la función de densidad de probabilidad arbitrariamente escogida para cada variable independiente (X_i), lo que resultará en concentraciones P_i donde se tendrán puntos de estimativa de la variable dependiente (F), que servirán para el cálculo de los momentos de F .

Rosenblueth [11] y Baecher y Christian [3] presentan en detalle la deducción de las expresiones de este método para una, dos, tres y múltiples variables. Para el caso en que Y depende de n variables aleatorias y considerando que las n variables sean no correlacionadas entre sí, se pueden obtener las estimativas de la media y de la desviación estándar de F mediante las fórmulas

$$\bar{F} = \frac{1}{2^n} \sum_{i=1}^{2^n} (f_i)$$

$$\sigma_F^2 = \frac{1}{2^n} \sum_{i=1}^{2^n} \left(f_i - \bar{F} \right)^2$$

Los valores de f_i son obtenidos con la aplicación de la función que define la dependencia entre F de las variables independientes, sustituyendo alternadamente los valores de esas variables por $i=1,2,\dots,n$, se obtienen de esa forma los 2^n valores de f_i .

En el método de estimativas puntuales [11], se toman combinaciones de los valores en las estimativas puntuales máximas ($X_i + s[X_i]$) y mínimas ($X_i - s[X_i]$) para cada variable independiente. Por tanto, son necesarios 2^n análisis separados. Asumiendo una distribución normal (Gauss) para los valores de F , que podría ser la función del factor de seguridad de un problema dado, calculados con las variables en las estimativas puntuales, el valor esperado $E[F]$ puede ser calculado por el primer momento de la distribución:

$$\bar{X}_j \pm \sigma_j$$

$$\sigma[F] = \left(\sum_{i=1}^n \frac{(F_i)^2}{n} - \sum_{i=1}^n \frac{(F_i)}{n} \right)^{1/2}$$

7.5 SIMULACIONES DE MONTECARLO⁵

El método de Monte Carlo es una metodología que permite determinar la función de distribución de frecuencia de la variable dependiente analizada mediante la generación de números aleatorios uniformes que representan las variables independientes envueltas. Este método considera que la variable dependiente estudiada presenta una función $Y=f(X_1, X_2...X_n)$ y que son conocidas las distribuciones de probabilidad de las variables $X_1, X_2...X_n$. Son atribuidos valores de frecuencia a valores aleatorios de las variables $X_1, X_2...X_n$ y se evalúa la función Y para estos valores. El proceso se repite de forma iterativa tantas veces como sea necesario para conseguir la convergencia de la distribución de probabilidad. Conviene resaltar que la mayoría de las técnicas para generación de valores de distribución hacen uso de la función de distribución acumulada, $F(r) = P[x < r]$. Por definición la función acumulada para cualquier variable continua es distribuida uniformemente en el intervalo $[0, 1]$.

Consecuentemente, si el valor aleatorio $R_u (0, 1)$ es generado, el valor de $x = r$ que satisface $F(r) = R_u (0, 1)$ será un valor aleatorio de la función de distribución de probabilidad $f(x)$ dentro de $F(r)$. En la figura 1 se muestra el proceso de conversión de un número aleatorio en un valor de la función por medio de una distribución de probabilidades.

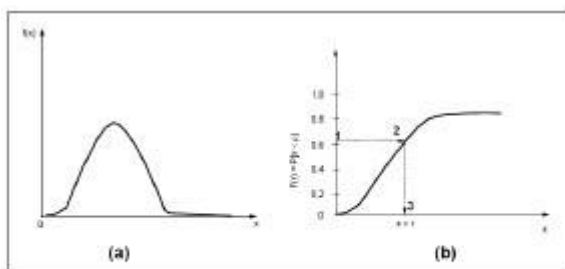


Figura 1. Procedimiento para la obtención de números aleatorios a través de una distribución

Fuente: (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011)

La principal aplicación de la técnica de Monte Carlo está en la aproximación de la función de probabilidad para una o más variables aleatorias. La simulación de Monte Carlo

⁵ (Hidalgo & Pacheco de Asis, 2011)

requiere una capacidad alta en los cálculos para la generación de una amplia gama de números.

Para este proceso son necesarias varias tentativas, que conducen al éxito dentro de un nivel específico de confianza. Cada tentativa es el resultado de un experimento en el cual la probabilidad de éxito R y la probabilidad de fracaso $1 - R$, son todas las tentativas independientes. Por consiguiente, las iteraciones generan una distribución binomial. Para N tentativas, donde N es amplio, puede ser usada la aproximación normal para la distribución binomial con valor esperado NR y desviación estándar $NR(1R)$.

El método de Monte Carlo puede ser presentado como un método exacto, pues a partir del conocimiento de las distribuciones estadísticas de las variables independientes, valores de estas variables podrían ser obtenidos por medio de un generador de números aleatorios y valores de la variable independiente calculados a partir de estos. Se puede decir que cuando este proceso sea repetido N veces, la distribución de probabilidad (forma y magnitud) de la variable dependiente sería obtenida, para $(1-\alpha)\%$ de confianza. A partir de esta distribución pueden ser calculados sus parámetros estadísticos tales como media, varianza, coeficiente de variación, probabilidades acumuladas, etc.

Como parte del alcance del presente trabajo se plantea realizar una aproximación de los valores de reducción de resistencia aplicables en Colombia a partir de la práctica normal de los diseños geotécnicos. Para tal fin se realizó el procesamiento de una base de datos con 95 200 registros compuestos por ensayos de laboratorio y campo, sin embargo, dada la naturaleza académica del proyecto se reserva la información sobre el lugar o proyecto para el cual fueron realizadas estas investigaciones. El análisis y procesamiento de esta información se presenta en el siguiente capítulo.

Como se indicó en el numeral 7.2 del presente informe, las variables estadísticas que dependen del modelo estructural se tomarán a partir de los valores establecidos en las normas de diseño o en la bibliografía especializada sobre el tema. Por lo tanto la calibración se centró en la estimación del Coeficiente de Variación de la resistencia (COV_R) y del Sesgo de la Resistencia (λ_R), efectuando simulaciones de Monte Carlo mediante el Software Crystal Ball de Oracle debido a su facilidad de integración con MS Excel.

8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOTÉCNICOS

Para lograr la implementación adecuada en los diseños geotécnicos de modelos basados en la confiabilidad es necesario realizar un estudio estadístico amplio y detallado de los procedimientos que se utilizan en Colombia para realizar los trabajos de campo, los ensayos de laboratorio y las consideraciones que se tienen en la elaboración de los diseños, contrastadas con los resultados reales de las obras construidas, es decir, niveles de deformación alcanzadas, capacidad portante real en cimientos superficiales y profundos por medio de instrumentación y pruebas de carga estáticas y dinámicas. Este por supuesto, no es el alcance del presente trabajo. Sin embargo, a partir de la información que fue posible recopilar durante el tiempo en que se realizó el presente trabajo de profundización se plantea una aproximación a los valores esperados para los factores de reducción de resistencia de acuerdo con nuestra práctica local. Como ya se mencionó, los resultados de ensayos del campo y de laboratorio fueron amablemente facilitados por INGETEC S.A., Ya se había dicho, en la Tabla 8-1 se consolida la cantidad disponible de ensayos, clasificados por tipo, encontrando a disposición 95.200 ensayos de campo o laboratorio, realizados en 1.240 sitios diferentes, para un total de 21.066 muestras ensayadas.

Tabla 8-1 Ensayos geotécnicos de laboratorio y de campo

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Ensayos de penetración estándar - SPT	8205
Ensayo de corte con veleta – VST	23
Penetrómetro (CAMPO)	466
Penetrómetro (LABORATORIO)	129
Contenido de materia orgánica - (M O)	1026
Humedad natural – (w)	10634
Gravedad específica – (Gs)	749
Peso unitario seco - (γ_{SECA})	1883
Peso unitario húmedo – (γ_{HUMEDA})	5867
Porcentaje de grava – (G)	9291
Porcentaje de arena – (A)	9309
Porcentaje de finos – (F)	9583
Límite líquido – (LL)	7382
Límite plástico – (LP)	7383
Índice de plasticidad – (IP)	7483

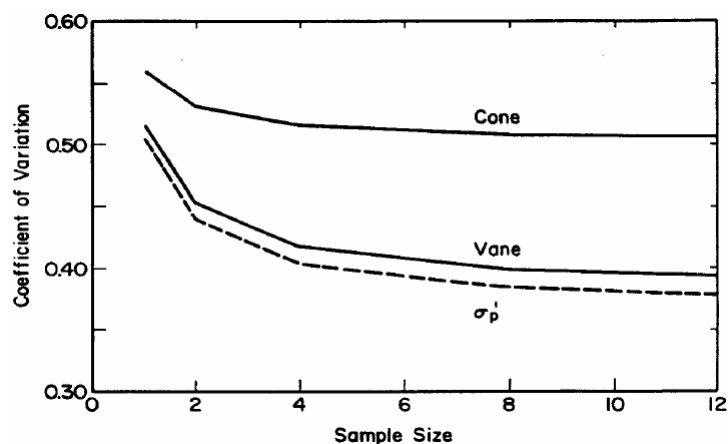
TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Clasificación unificada de suelos – (USCS)	9225
Peso unitario a humedad natural - (γ_{Wnat}) Compresión inconfiada y corte directo	918
Resistencia a la compresión Inconfiada – (q_u), Compresión inconfiada y compresión simple	3449
Cohesión – (c'). Corte directo	396
Ángulo de fricción – (ϕ). Corte directo	395
Índice de consolidación primaria – (C_c)	48
Índice de consolidación secundaria – (C_s)	3
Índice de recompresión – (Cr)	46
Relación de vacíos – (e_o)	147
σ_o consolidación (kPa)	26
σ'_p consolidación (kpa)	69
Relación de sobre consolidación – (OCR)	32
Índice Colapso di(mm)	7
Índice Colapso df(mm)	7
Índice Colapso ho(mm)	7
Índice Colapso Ic(%)	7
Peso unitario – (γ_{Wnat}). Ensayo de expansión	13
Peso unitario seco – (γ_{Wseco}). Ensayo de expansión	13
Presión de expansión (kPa)	28
Expansibilidad	16
Permeabilidad (m/s)	4
Crumb Test	36
Is Carga Puntual (kPa)	66
qu Carga Puntual (MPa)	46
st Tensión Indirecta (Mpa)	16
CBR INALTERADO Wn(%)	91
CBR INALTERADO Sat(%)	91
CBR INALTERADO Expan(%)	255
CBR INALTERADO Densidad(kg/cm3)	89
CBR ALTERADO Wn(%)	95
CBR ALTERADO Sat(%)	95
CBR ALTERADO Expan(%)	94
CBR ALTERADO Densidad(kg/cm3)	28

El primer filtro que se realizó para las muestras disponibles fue clasificarlas de acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS), descartando la información incompleta. El total de muestras que finalmente quedó disponible para el estudio fue de 9.056.

A continuación se realizó un segundo filtro a la base de datos el cual consistió en descartar los tipos de suelos para los cuales se disponía de menos de 7 muestras, de acuerdo con los planteamientos de Teng y otros, 1992, según los cuales el coeficiente de

variación tiende a estabilizarse para muestras mayores a 8 especímenes (Ver Figura 8-1). Aunque esta referencia aplica solamente para el ensayo que indican los autores, se tomará como válida para todo tipo de ensayo geotécnico a falta de mejor información.

Figura 8-1 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de resistencia al corte no drenado (Teng y otros, 1992)



En la Tabla 8-2, se presenta el total de muestras por tipo de suelo que finalmente se usó en el análisis.

Tabla 8-2 Ensayos geotécnicos clasificados por tipo de material

CLASIFICACIÓN USCS	CANTIDAD DE DATOS
CH	1767
CL	2623
CL-ML	115
GC	162
GC-GM	17
GM	77
GM-GP	23
GM-GW	11
GP	41
GP-GC	29
GP-GM	30
GW	10
MH	301
ML	355
SC	1312
SC-SM	192
SM	1463
SM-SC	9

CLASIFICACIÓN USCS	CANTIDAD DE DATOS
SM-SP	116
SM-SW	16
SP	98
SP-SM	130
SW	10
SW-SM	108
Total Muestras	9015

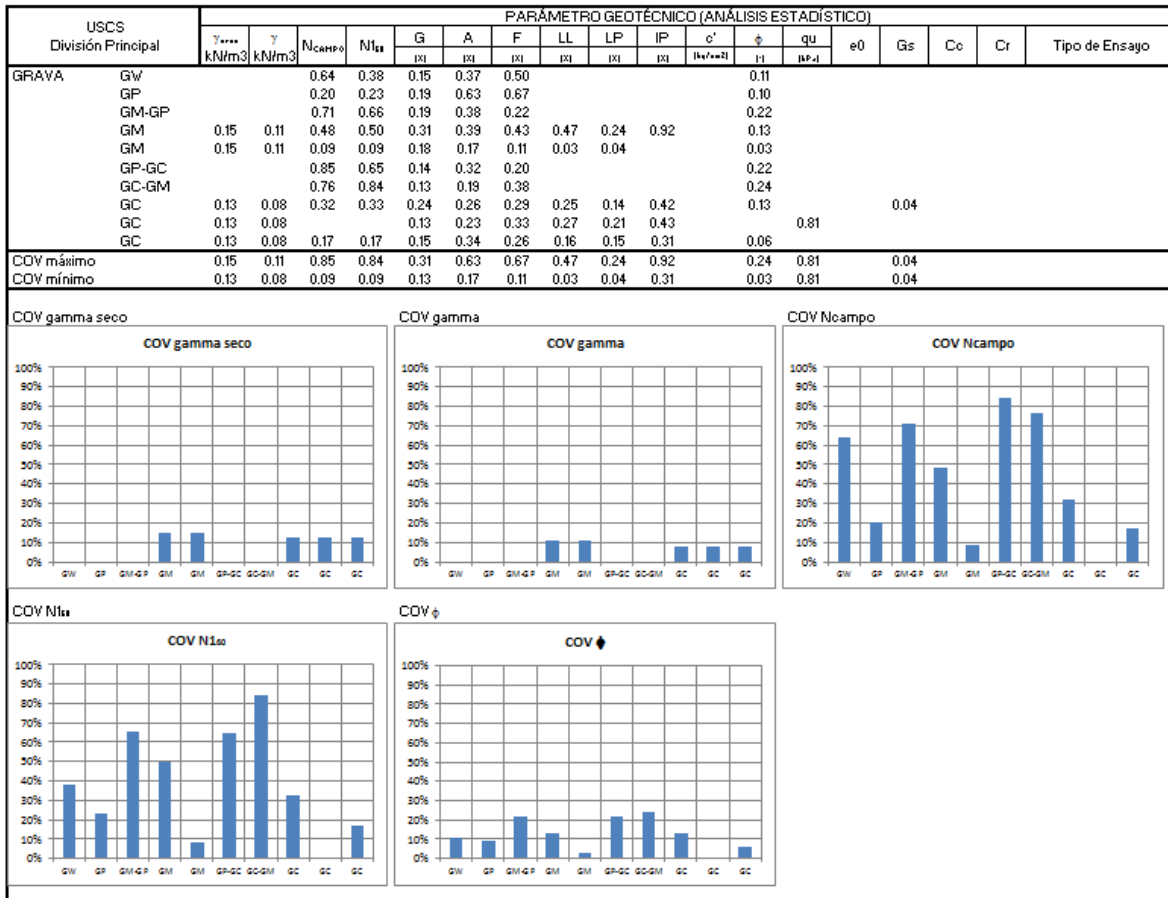
A partir de la información de ensayos de laboratorio y campo se pudo establecer el coeficiente de variación para los siguientes parámetros del suelo, clasificándolos en materiales granulares, arenosos, limos y arcillas siguiendo la clasificación unificada de suelos (Ver Tabla 8-3):

- Peso unitario
- Ensayo SPT
- Ángulo de fricción
- Cohesión
- Compresión Inconfinada
- Relación de vacíos
- Gravedad específica
- Índice de compresión e índice de recompresión

Para materiales granulares se encontró que el COV del peso específico es de menos del 15%, el valor del ensayo del SPT presenta variaciones entre el 9 % y el 85 % y el ángulo de fricción presenta COV entre el 3 % y el 24 %, siendo un valor estable a pesar que el ensayo a partir del cual se obtuvo el resultado presenta variaciones grandes.

En la Figura 8-2 se presentan de manera detallada los resultados con el presente análisis.

Figura 8-2 Coeficiente de Variación (Gravas)



En materiales granulares abarcando desde arenas limpias hasta arcillosas, se encontró que el peso específico tiene COV entre el 7 % y el 10 %, el ensayo del SPT tiene variaciones entre el 9 % y el 56 %, para la cohesión se encontró un COV del 68 % a partir de cortes directos sobre arenas limosas y arenas arcillosas, para el ángulo de fricción se encontraron valores entre el 13 % y el 15 % a partir de cortes directos y entre el 5 % y el 16 % a partir de SPT y para la compresión inconfiada sobre muestras arcillosas se encontró una variación entre el 18 % y el 74 %.

Otros resultados importantes son: relación de vacíos 38 %, gravedad específica entre el 4 % y el 24 %, índice de compresión (C_c) 12 % al 14 % e índice de recompresión (C_r) 16 % al 33 %.

Los resultados detallados se pueden observar en la Figura 8-3.

Figura 8-3 Coeficiente de Variación (Arenas)

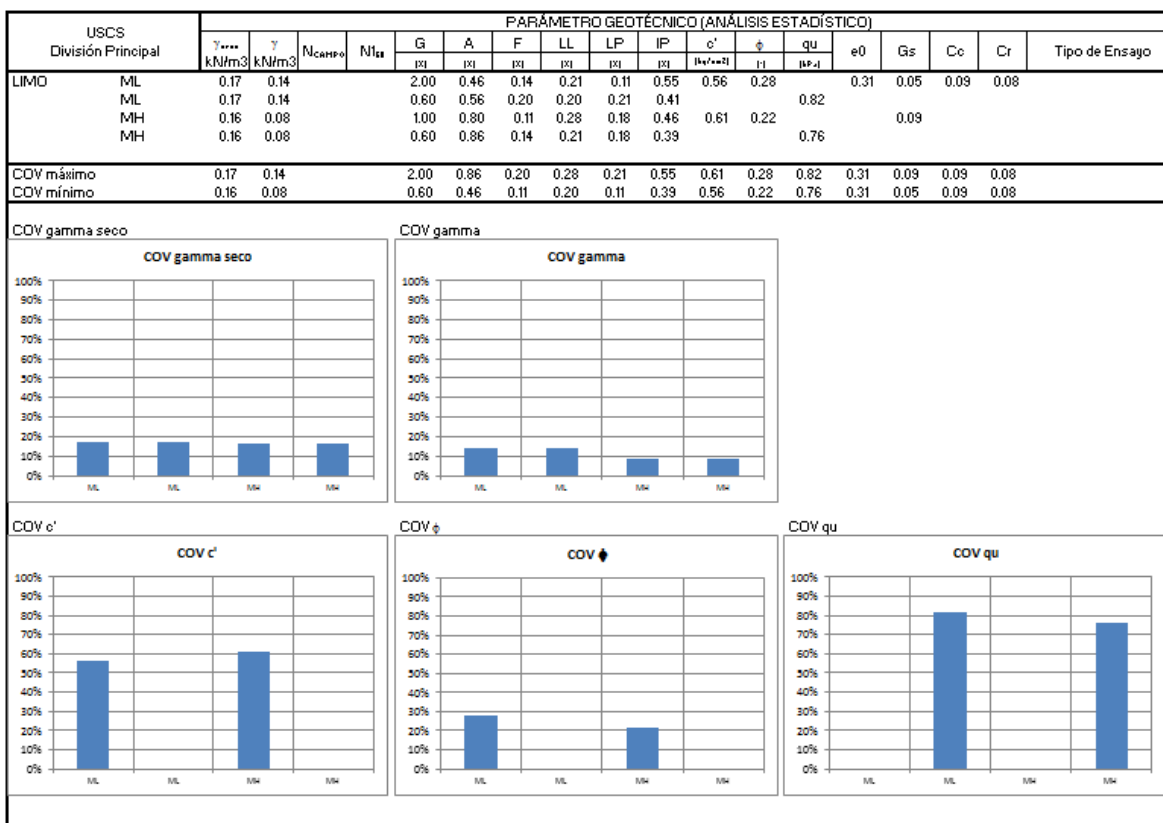


Los resultados encontrados en materiales finos tipo limo, correspondieron a variaciones para el peso específico seco entre el 16 % y el 17 %, peso específico entre el 8 % y el 14 %, cohesión entre el 56 % y el 61 % (A partir de cortes directos), ángulo de fricción 22 % al 28 %, compresión Inconfinada 76 % al 82 %.

En parámetros como la relación de vacíos se encontró un valor de 31 %, gravedad específica 5 % a 9 %, índice de compresión 9 % e índice de recompresión 8 %.

En la Figura 8-4 se pueden observar los resultados detallados.

Figura 8-4 Coeficiente de Variación (Limos)

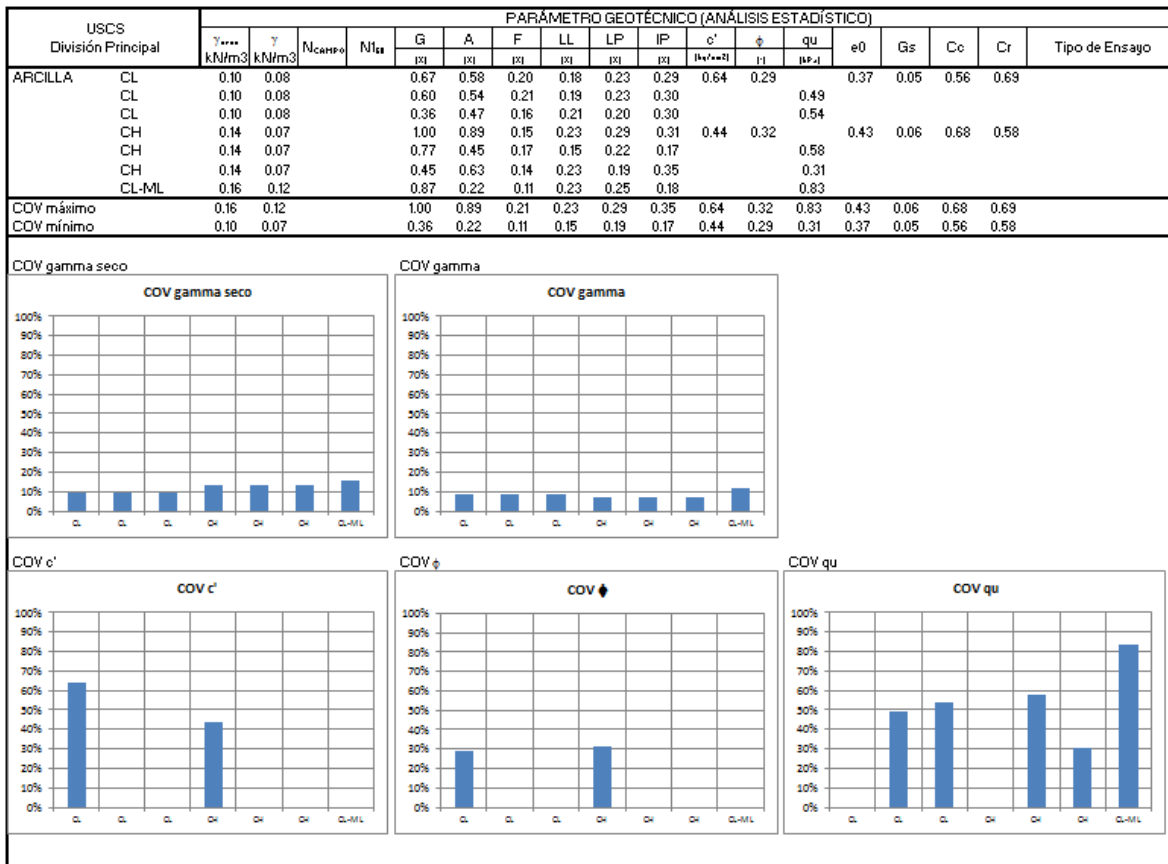


Para materiales finos tipo arcillas se encontraron valores para el Coeficiente de Variación (Cov) con los siguientes rangos: Peso específico 7 % a 16 %, Cohesión 44 % al 64 %, Ángulo de Fricción 29 % al 32 % y Compresión Inconfinada 31 % al 83 %.

Para otros parámetros se encontraron valores como: Relación de vacíos 37 % al 43 %, Gravedad Específica 5 % al 6 %, Coeficiente de Compresión 56 % al 68 % y Coeficiente de Recompresión 58 % al 69 %

En la Figura 8-5 se presenta de manera detallada los resultados obtenidos.

Figura 8-5 Coeficiente de Variación (Arcillas)



En la Tabla 8-3 se puede observar la comparación de la variación encontrada en los parámetros analizados por tipo de material.

Tabla 8-3 Coeficientes de variación clasificados por parámetro y tipo de suelo.

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO	COV	
		Mínimo	Máximo
Peso unitario seco	Grava	0.13	0.15
	Arena	0.07	0.10
	Limo	0.16	0.17
	Arcilla	0.10	0.16
Peso unitario	Grava	0.08	0.11
	Arena	0.07	0.08
	Limo	0.08	0.14
	Arcilla	0.07	0.12
Valor del SPT de campo	Grava	0.09	0.85
	Arena	0.09	0.56
	Limo		
	Arcilla		
Valor del SPT ajustado al 60% de eficiencia – N160	Grava	0.09	0.84

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO	COV	
		Mínimo	Máximo
	Arena	0.11	0.53
	Limo		
	Arcilla		
Ángulo de Fricción	Grava	0.03	0.24
	Arena	0.05	0.16
	Limo	0.22	0.28
	Arcilla	0.29	0.32
Cohesión	Grava		
	Arena	0.68	0.69
	Limo	0.56	0.61
	Arcilla	0.44	0.64
Compresión Inconfinada	Grava	0.81	0.81
	Arena	0.18	0.74
	Limo	0.76	0.82
	Arcilla	0.31	0.83
Relación de vacíos e_0	Grava		
	Arena	0.38	0.38
	Limo	0.31	0.31
	Arcilla	0.37	0.43
Gravedad específica - G_s	Grava	0.04	0.04
	Arena	0.04	0.03
	Limo	0.05	0.09
	Arcilla	0.05	0.06
Índice de Compresión (C_c)	Grava		
	Arena	0.12	0.14
	Limo	0.09	0.09
	Arcilla	0.56	0.68
Índice de Recompresión (C_r)	Grava		
	Arena	0.16	0.33
	Limo	0.08	0.08
	Arcilla	0.58	0.69

El análisis estadístico completo se puede observar en el Anexo 5

La confiabilidad que posee el valor del coeficiente de variación, COV depende de la cantidad de muestras que se tengan a disposición para realizar el análisis, autores como Teng y Otros (1992), han relacionado la cantidad de muestras contra la variación del COV, encontrando que para tamaños de muestras superiores a 10 datos la variación tiende a estabilizarse.

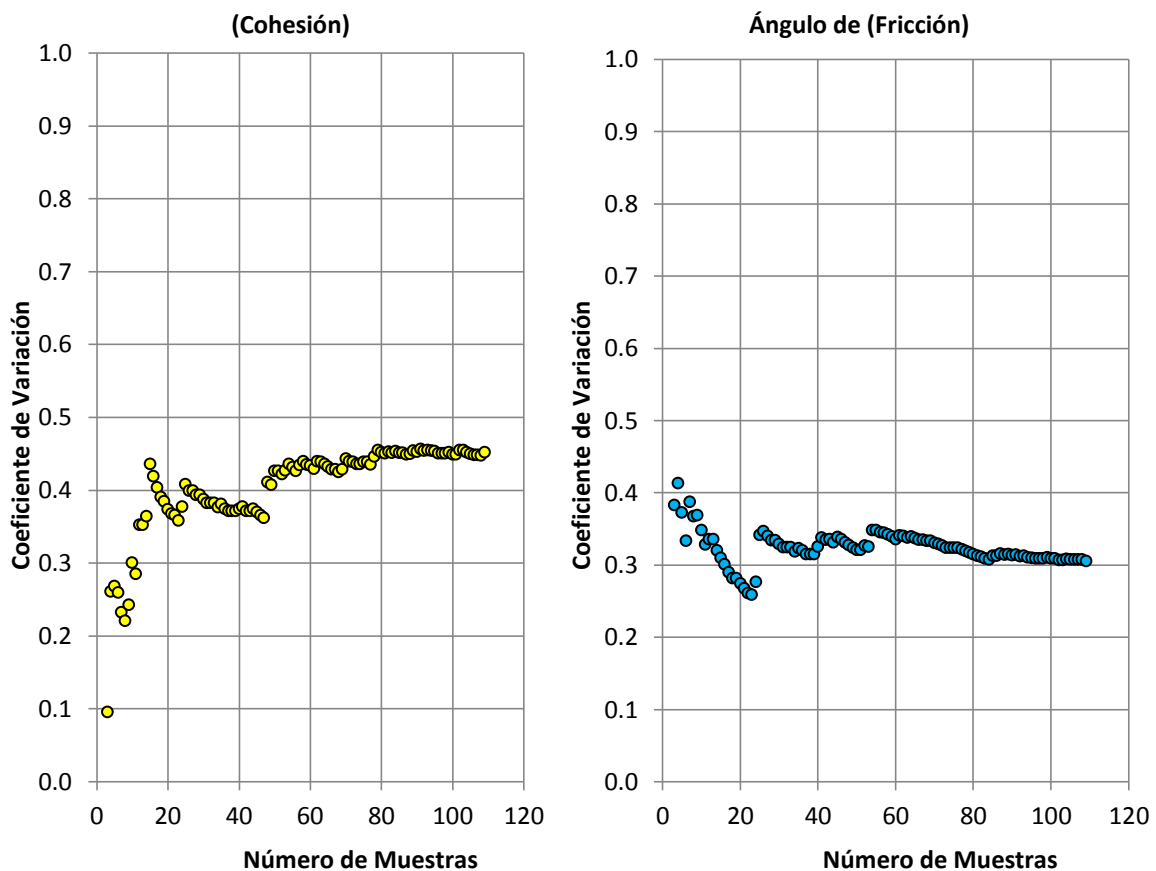
De la Figura 8-6 a la Figura 8-11, se puede observar la variación de COV con el tamaño de muestra para diferentes materiales y tipos de ensayos, encontrando que se requieren más de 10 muestras para lograr que el coeficiente de variación se establezca.

En ensayos de Corte Directo se encontró que el COV en arcillas de alta plasticidad se estabiliza por encima de 25 resultados, mientras que para arcillas de baja a media plasticidad se requirieron 45 ensayos para la cohesión y sólo 10 ensayos para la fricción.

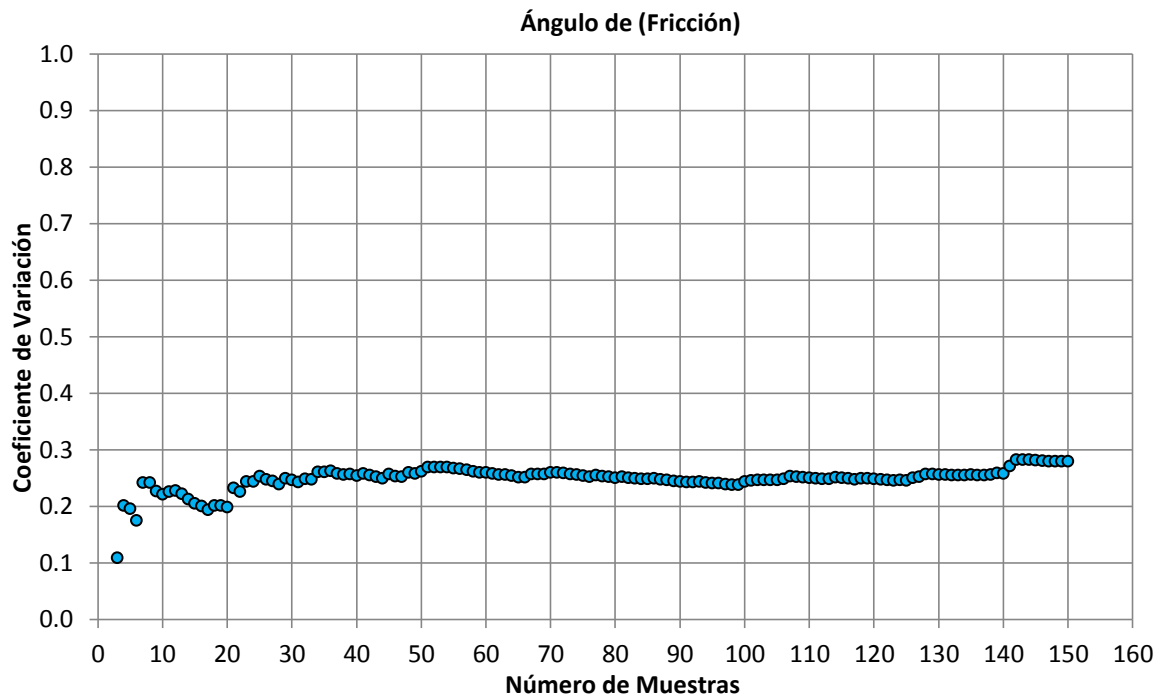
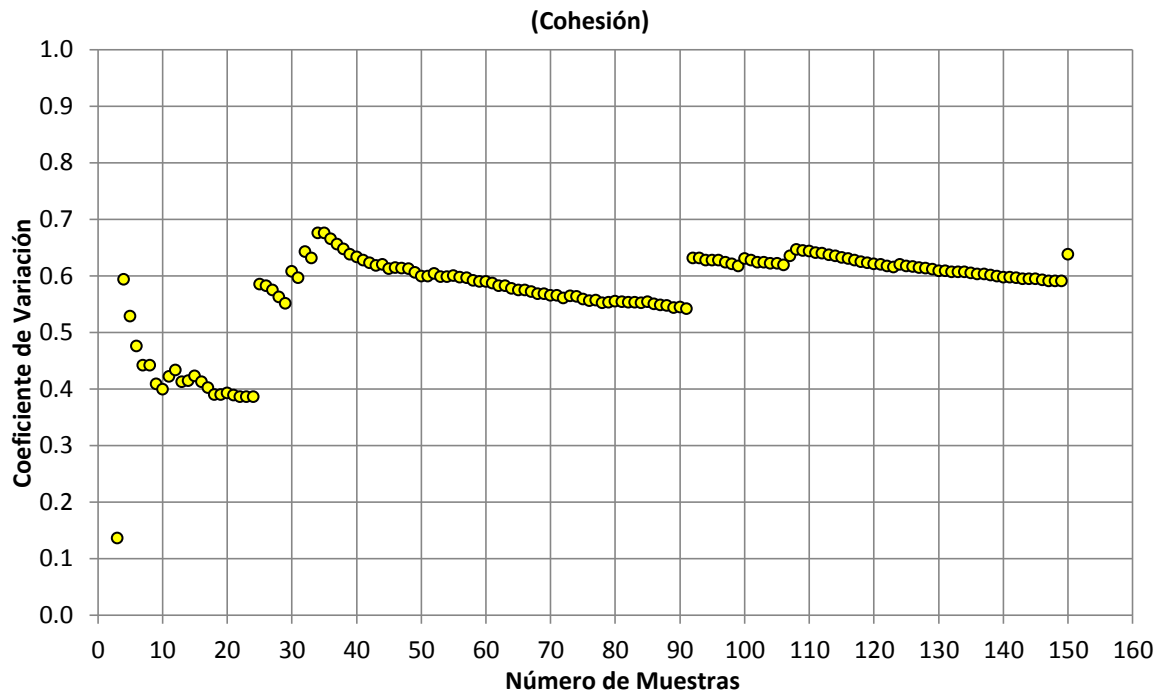
En arenas se encontró que el coeficiente de variación se estabilizó con los resultados de 10 ensayos, tanto para arenas arcillosas como para arenas limosas.

El coeficiente de variación de la compresión Inconfinada presenta valores altos (0.50 a 0.80); solamente se estabilizó para muestras con más de 80 datos o inclusive se requirieron más de 140 ensayos para el caso de las arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

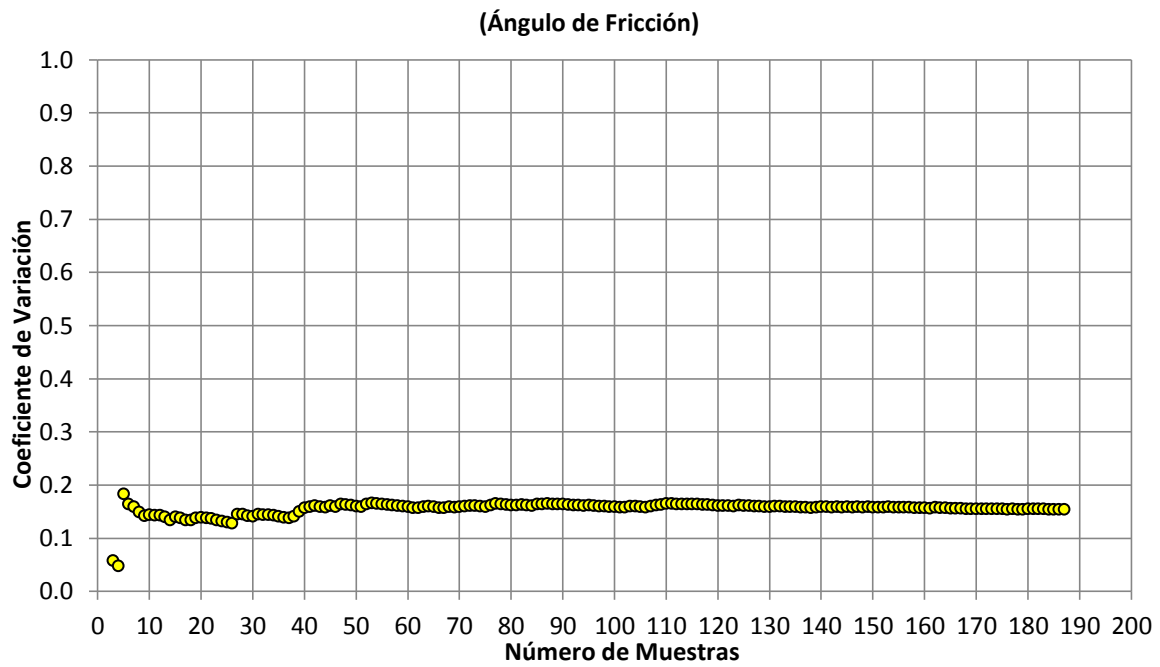
**Figura 8-6 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de corte directo.
(Arcillas CH. Inorgánicas de Alta Plasticidad)**



**Figura 8-7 Variación de COV con el tamaño de la muestra para ensayos de corte directo.
(Arcillas CL. Inorgánicas de Baja a Media Plasticidad)**



**Figura 8-8 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Ángulo de Fricción a partir de SPT
(Arenas SC, Arcillosas mezcla de arena y arcilla)**



**Figura 8-9 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Ángulo de Fricción a partir de SPT
(Arenas SM, Limosas mezcla de arena y limo)**

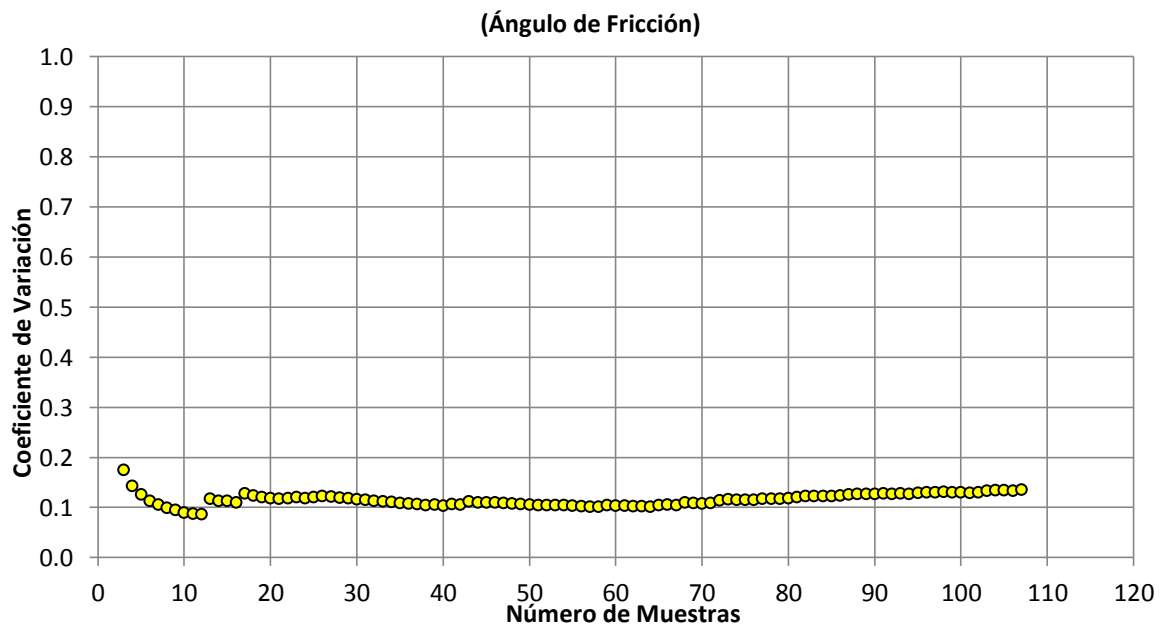


Figura 8-10 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Compresión Inconfinada (Arcillas CH. Inorgánicas de Alta Plasticidad)

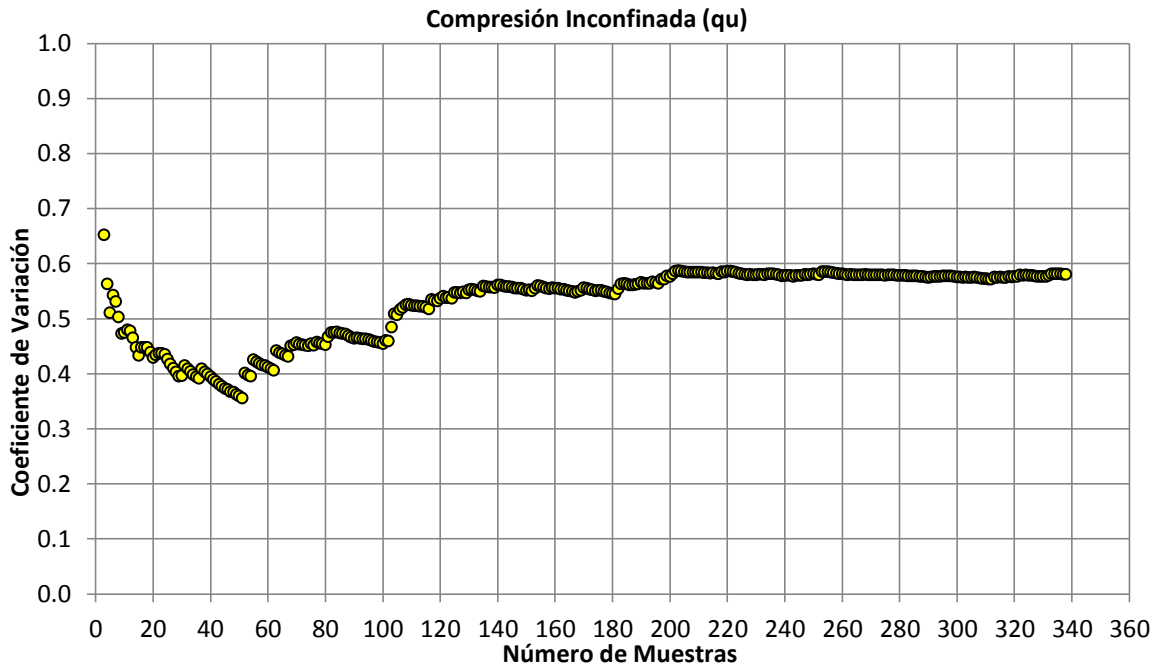
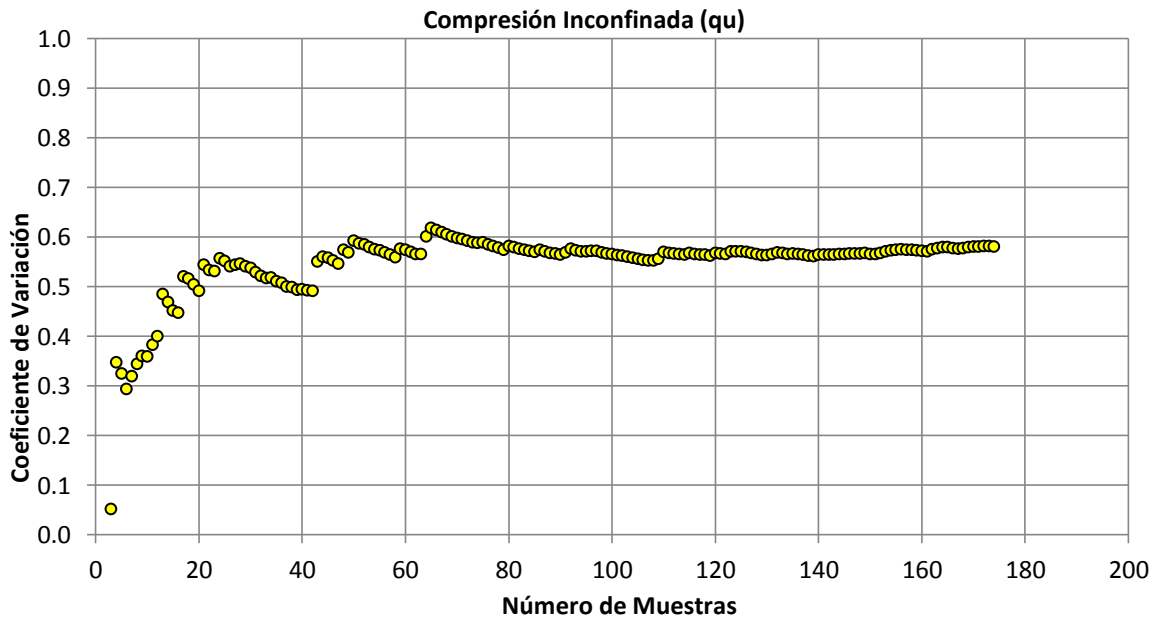
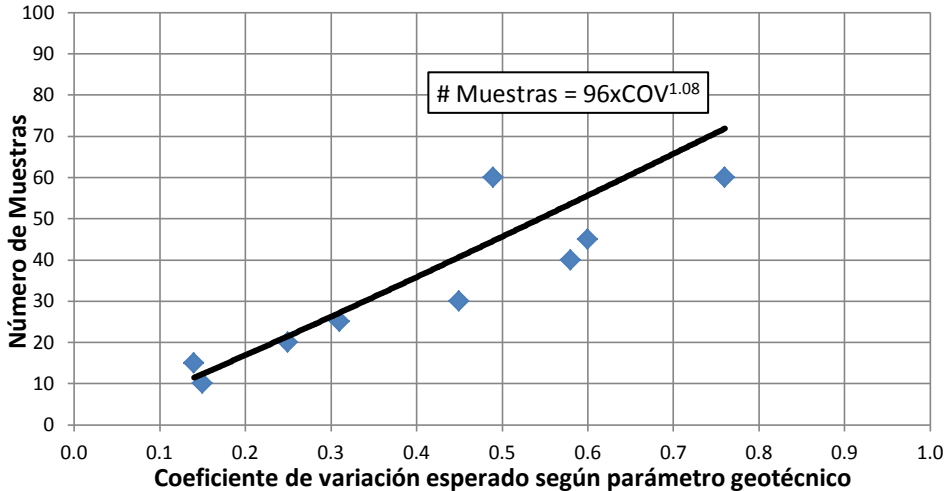


Figura 8-11 Variación de COV con el tamaño de la muestra. Compresión Inconfinada (Arenas SC, Arcillosas mezcla de arena y arcilla)



De acuerdo con estos resultados se puede establecer que en el futuro los diseños geotécnicos que se realicen aplicando la teoría de la confiabilidad deben establecer el número de ensayos en función del coeficiente de variación esperado para cada parámetro geotécnico. En la Figura 8-12 se presenta una relación para establecer el número de ensayos requeridos en función del Coeficiente de Variación esperado en los parámetros geotécnicos.

Figura 8-12 Número de ensayos según COV esperado



9 FACTORES DE RESISTENCIA (PRIMERA APROXIMACIÓN)

Como se ha podido analizar en los capítulos anteriores, establecer los factores de reducción de resistencia es una tarea muy compleja que requiere de gran cantidad de información de las etapas de exploración de campo, ensayos de laboratorio, diseños geotécnicos, control de obra, pruebas de carga y análisis de resultados.

El alcance establecido para el presente trabajo no permite determinar con suficiencia los factores de reducción de resistencia que se deberían utilizar en los diseños geotécnicos en Colombia, debido a que se cuenta con información limitada y solamente de las etapas de diseño, pero no se conoce con claridad qué tan distantes son los pronósticos del diseño con la realidad de las obras. Son muy pocas las obras que cuentan con información de monitoreo y/o pruebas de carga que estén al alcance del público para realizar un trabajo como el aquí desarrollado.

Sin embargo, es necesario dentro de este ejercicio académico establecer el rango esperado para los factores de resistencia a la luz de los resultados estadísticos encontrados en las etapas de exploración de campo y laboratorio que se analizaron en el Capítulo 8.

Como se mencionó en el Capítulo 7, existen diferentes metodologías para la determinación de los factores de resistencia, las cuales deben estar dentro de un marco racional que permita la implementación consistente del método. Dentro del desarrollo del presente trabajo se utilizaron procedimientos como la calibración a partir del ASD, análisis de confiabilidad simple y simulaciones de Montecarlo. Otras metodologías como análisis de primer orden y segundo momento y estimaciones puntuales de Ronsenblueth no se utilizaron debido a la gran cantidad de datos disponibles para lo cual se consideró más adecuado utilizar software para manejo estadístico de información y simulaciones de Montecarlo.

El marco racional utilizado corresponde con el propuesto por Ellingwood y otros (1980), para la determinación de factores de resistencia en estructuras, lo cual supone en principio un error ya que no es un método puramente geotécnico, pero de acuerdo con la literatura consultada es aplicable a los procesos geotécnicos. Este procedimiento consta

de las siguientes etapas (Foye, Jaoude, & Salgado, Diseño de Fundaciones Profundas por Estados Límites, 2004):

1. Identificar las ecuaciones utilizadas para calcular la resistencia de la fundación
2. Identificar las variables que componen las ecuaciones de resistencia
3. Identificar las cantidades mensurables (Ensayos geotécnicos) asociadas con cada una de las variables utilizadas como datos de partida
4. Identificar todas las incertidumbres que componen cada variables, incluyendo las transformaciones
5. Evaluar las incertidumbres compuestas usando los análisis estadísticos disponibles (Literatura, ensayos/análisis, investigación actual)
6. Utilizar las incertidumbres para seleccionar funciones de densidad de probabilidad (PDF) para el análisis de confiabilidad
7. Seleccionar las variables de diseño representativas (Dimensiones, resistencias, cargas)
8. Ejecutar el análisis de confiabilidad para obtener factores de resistencia (Para este caso se realizaron simulaciones de Montecarlo para determinar las propiedades de la función de densidad de probabilidad de la resistencia y luego mediante análisis de confiabilidad simple se calculó el factor de resistencia).
9. Ajustar los factores de resistencia para los factores de carga determinantes.
10. Repetir el análisis de confiabilidad para abarcar un rango de condiciones de diseño representativas.

Como se indica en el numeral 9, se deben ajustar los factores de resistencia para los factores de carga determinantes, es decir, los factores de mayoración de la carga. Como se aclaró con anterioridad los factores relacionados con temas estructurales se consideran ciertos y se toman como referencia los indicados en las normas de diseño, es este caso se utilizó la AASHTO, NSR-10 y el CCDSP-95.

A continuación se presenta de manera resumida los resultados encontrados con el análisis, los cuales tratan de reflejar el desarrollo normal de los diseños geotécnicos en Colombia. Por lo tanto, no se abarcan temas como CPT o pilotes hincados, ya que no son actualmente de uso generalizado en los diseños geotécnicos.

Un aspecto que es necesario definir y que no es abordado por el método propuesto por Ellingwood y otros (1980), hace referencia a la relación entre cargas muertas y vivas (Permanentes y Transitorias). Al respecto y de acuerdo con lo indicado en la Figura 7-11, se analizó un rango entre 1,0 y 6,0 para la relación entre carga muerta y carga viva.

A partir de simulaciones de Montecarlo se determinaron valores para los coeficientes de variación para la ecuación de capacidad portante en cimientos superficiales, utilizando como dato de entrada la función de densidad de probabilidad establecida en el análisis estadístico realizado en el Capítulo 8.

En la Tabla 9-1 se presentan los valores calculados para el COV de la capacidad portante en cimientos superficiales. (En el Anexo 7 se presentan las memorias de cálculo detalladas)

Tabla 9-1 Coeficientes de variación para cimientos superficiales según tipo de suelo.

No	USCS	Ensayo	COV	Método	Parámetro
1	GW	SPT	0.321	Teórico	ϕ
2	GP	SPT	0.334	Teórico	ϕ
3	GM-GP	SPT	0.767	Teórico	ϕ
4	GM	SPT	0.605	Teórico	ϕ
5	GP-GC	SPT	0.766	Teórico	ϕ
6	GC-GM				
7	GC	SPT	0.769	Teórico	ϕ
8	GC	CI	0.579	Teórico	Su
9	SW	SPT	0.128	Teórico	ϕ
10	SP	SPT	0.385	Teórico	ϕ
11	SM-SP	SPT	0.393	Teórico	ϕ
12	SW-SM	SPT	0.319	Teórico	ϕ
13	SM	CD	0.376	Teórico	c', ϕ
14	SM	SPT	0.514	Teórico	ϕ
15	SM	CI	0.605	Teórico	Su
16	SC-SM	SPT	0.780	Teórico	ϕ
17	SC-SM	CI	0.571	Teórico	Su
18	SC	CD	0.381	Teórico	c', ϕ
19	SC	SPT	0.637	Teórico	ϕ
20	SC	CI	0.700	Teórico	Su
21	ML	CD	0.521	Teórico	c', ϕ
22	ML	CI	0.589	Teórico	Su
23	CL-ML	SU	0.611	Teórico	Su
24	CL	CD	0.545	Teórico	c', ϕ
25	CL	CI	0.764	Teórico	Su
26	MH	CD	0.456	Teórico	c', ϕ
27	MH	CI	0.571	Teórico	Su
28	CH	CD	0.394	Teórico	c', ϕ
29	CH	SU	0.723	Teórico	Su

El COV para el cálculo de la capacidad en cimientos profundos se estableció de manera directa a partir del análisis estadístico realizado para los ensayos de campo y laboratorio, teniendo en cuenta que los procedimientos de cálculo dependen directamente del parámetro y no existen transformaciones adicionales o factores de ajuste que influyan en la capacidad calculada.

Teniendo en cuenta la práctica habitual en Colombia, se considera que existen cinco tipos de análisis realizados al momento de ejecutar los diseños geotécnicos.

Para cimientos superficiales se realizan tres tipos de análisis así: El primero es para condiciones drenadas en función del ángulo de fricción, el cual es determinado en forma general a partir del ensayo de penetración estándar SPT. El segundo análisis corresponde a condiciones NO drenadas, para el cual, en forma general, se calcula la resistencia NO drenada a partir de Compresiones Inconfinadas y ensayos de veleta de Campo VST. El tercer tipo de análisis corresponde a condiciones drenadas con parámetros obtenidos a partir de ensayos como Corte Directo y Triaxiales.

En cimientos profundos se aplican básicamente el método Alfa para condiciones NO Drenadas y el Método Beta para condiciones Drenadas. Los parámetros empleados son la resistencia al Corte No Drenada (S_u) y el número de golpes ajustado del ensayo SPT (N_{160}).

En la Tabla 9-2, se presentan los valores calculados para el coeficiente de variación de la resistencia en cada una de las cinco condiciones de análisis anteriormente mencionadas. Tal como lo indica el análisis por confiabilidad, a cada coeficiente de variación le corresponde un valor del sesgo (λ) para la resistencia, en este caso no se cuenta con buena información para estimar la desviación o sesgo entre la capacidad calculada y la realmente medida, por lo tanto se acudió a valores de literatura según los cuales al ensayo de SPT le corresponde un valor de 1,3 y a los demás ensayos se les puede asignar un valor de 1,0.

Tabla 9-2 Coeficientes de variación para cimientos superficiales y Profundos

TIPO DE CIMIENTO	Parámetro	COV
SUPERFICIAL	ϕ	0.52
	S_u	0.63
	c', ϕ	0.45
PROFUNDO	S_u	0.53
	N_{160}	0.47

A partir de los coeficientes de variación y sesgo para la resistencia se calcularon los factores de resistencia para cada una de las normas tomadas como marco de referencia. En la Tabla 9-3, se presentan los valores del factor de resistencia calculado.

Tabla 9-3 Factores de Resistencia Calculados en el Presente Estudio.

TIPO DE CIMIENTO	Parámetro	COV	CON FACTORES DE CARGA DE			AASHTO
			AASHTO	NSR-10	CCDSP-95	
			ϕ			ϕ
SUPERFICIAL	ϕ	0.52	0.42	0.39	0.51	0.45
	S_u	0.63	0.25	0.23	0.30	0.45
	c', ϕ	0.45	0.38	0.36	0.47	0.45
PROFUNDO	S_u	0.53	0.31	0.29	0.38	0.45
	N_{160}	0.47	0.47	0.44	0.57	0.45

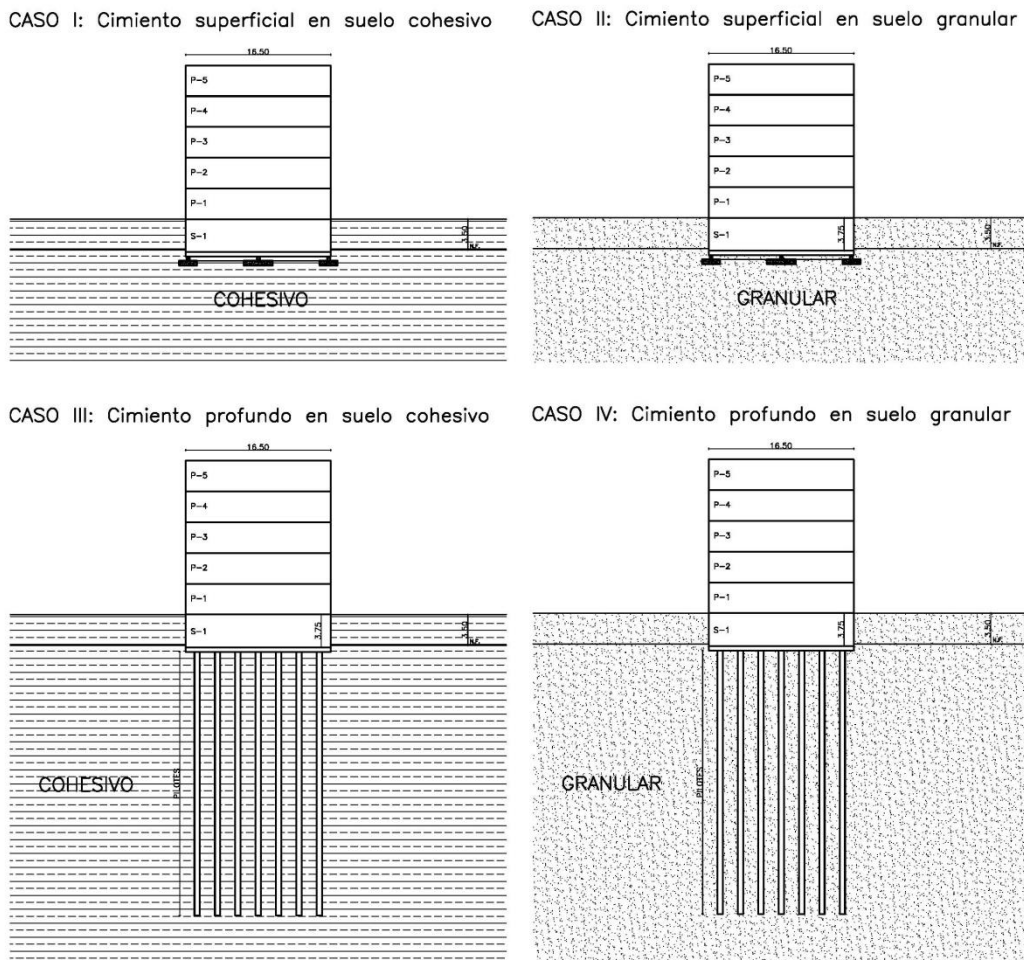
Al realizar la comparación entre los factores de resistencia que plantea la AASHTO con los calculados en este estudio, se encuentra que en forma general son un 20% más bajo, con excepción de los factores de resistencia para suelos cohesivos en donde la disminución es de hasta un 44%, esta disminución puede obedecer a factores como:

1. Los ensayos de campo y laboratorio utilizados para este estudio corresponden a muestras muy dispersas que no reflejan el comportamiento real estadístico de los materiales, por lo tanto se estimaron coeficientes de variación superiores a los reales.
2. Durante el proceso de calibración se recurrió a mucha información de literatura, lo que genera una desviación natural en el análisis.
3. Los materiales analizados presentan gran heterogeneidad por lo tanto es válido pensar que los coeficientes de variación sean mayores a los utilizados por la AASHTO en su proceso de calibración.
4. Los factores de carga influyen como es lógico en el cálculo de los factores de resistencia, lo cual se puede observar en los factores calculados para la NSR-10 y el CCDSP-95. En este análisis se partió del supuesto que la amplificación de la carga muerta y la viva que se debe realizar es la que indican estas normas y el factor de resistencia calculado para equilibrar el modelo resultó, en promedio, más grande con el código de puentes Colombiano que en la NSR-10.

10 COMPARACIÓN ENTRE FACTORES DE SEGURIDAD Y FACTORES DE RESISTENCIA (EJEMPLOS DE APLICACIÓN)

En este capítulo se presenta el cálculo de la capacidad portante y deformaciones cimientos superficiales y capacidad de carga para cimientos profundos siguiendo las metodologías planteadas por la NSR-10, el CCDSP-95 y la AASHTO-2012, en suelos con comportamiento cohesivo y granular. Para esto se plantean los cuatro casos de estudio de la Figura 10-1.

Figura 10-1 Esquema de análisis. Comparación NSR-10, CCDSP-95 y AASHTO

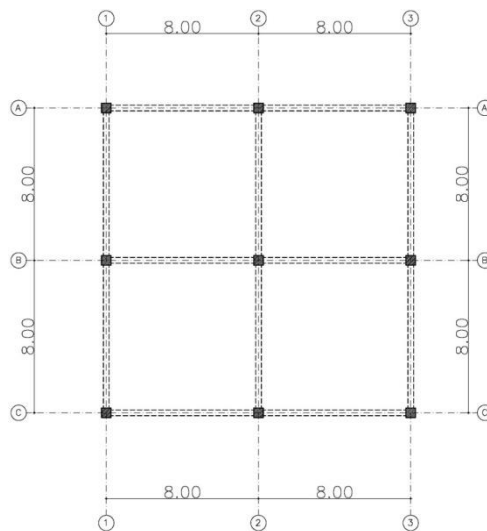


El objetivo de este ejercicio simplificado es mostrar las diferencias de las dimensiones de los cimientos que se obtienen siguiendo cada una de las metodologías de las normas citadas.

La estructura estudiada consiste en un edificio de 5 pisos y 1 sótano, ubicado sobre material cohesivo o granular y con cimentación superficial o profunda. No se pretende analizar cuál es la cimentación óptima, sino comparar los resultados entre los procedimientos planteados.

En la Figura 10-2, se muestra la distribución en planta de la estructura analizada. La distribución regular de los ejes y cargas uniformes se realizó para evitar excentricidades e irregularidades adicionales que dificultaran la comparación de resultados

Figura 10-2 Distribución en planta de la estructura analizada. Comparación NSR-10, CCDSP-95 y AASHTO



También es importante anotar que la NSR-10 se diseñó pensando en edificaciones, mientras que el CCDSP-95 y la AASHTO están pensados para puentes. Esta condición tiene implicaciones en la incertidumbre de las cargas, lo cual está cubierto para temas estructurales con los factores de mayoración y en temas geotécnicos debería quedar cubierto con el enfoque diferente que se le da al factor de seguridad. Lo que se esperaría es que, al margen del tipo de estructura que se diseñe, la norma aplicada permita obtener resultados similares.

Los parámetros geotécnicos que se utilizarán para el análisis son los presentados en la Tabla 10-1.y corresponder al caso de suelos cohesivos con arcillas blandas a medias, típicas de la zona lacustre en Bogotá. Para materiales granulares se tomó un material similar a arena o arena con grava medianamente denso, típico de la zona de piedemonte en Bogotá o de un Depósito Coluvial o Aluvial de los que normalmente se encuentran en las zonas de ponteadero.

Tabla 10-1 Parámetros geotécnicos utilizados en los análisis de capacidad portante y asentamientos para la comparación entre factor de seguridad global y LRFD

MATERIAL	Espesor	Dw	γ	c'	ϕ	Su	Eu	E	Cc	Cr	e_o	OCR	σ'_p	ν
	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[kN/m ²]	[MPa]	[MPa]					[kN/m ²]	
ARCILLA	40	3.5	15	-	-	75	30		2.42	0.22	3.88	1.6	184	0.4
ARENA	40	3.5	20	-	35	-		16	-	-	-	-	-	0.3

Para el cálculo de la capacidad portante y las deformaciones no se tienen grandes diferencias entre las tres normas analizadas, En cada caso se utilizan teorías reconocidas en los diseños geotécnicos y la diferencia está en la aplicación del factor de seguridad o el factor de reducción de resistencia para el caso de LRFD.

Se estimaron las cargas de trabajo a partir de valores típicos, tomando 1,0 t/m² por piso, 1,30 t/m² para el sótano y 0.30 t/m² para la cubierta. Adicionalmente se tomó una relación de 5:1 entre la carga muerta y la viva a partir de valores de referencia. En la Tabla 10-2 se presentan las cargas de trabajo por metro cuadrado a nivel de cimentación.

Tabla 10-2 Cargas de trabajo aplicadas a nivel de cimentación

CARGAS APLICADAS		
		Carga [kN/m ²]
Cubierta	1	3
Número de Pisos	5	10
Sótanos	1	0
Carga m ²		53

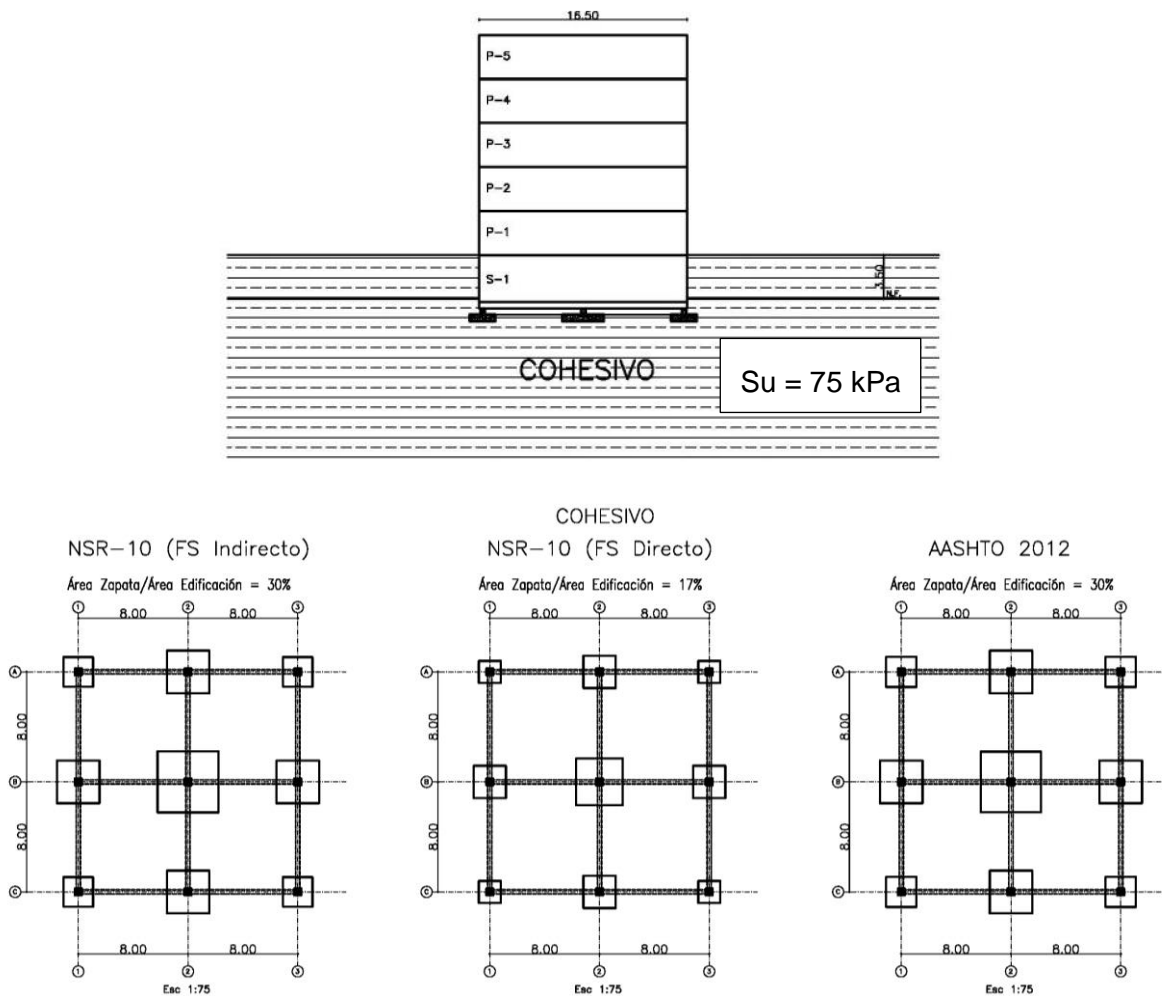
Para obtener las cargas de diseño para el estado límite de resistencia se deben amplificar las cargas por los factores de mayoración de la combinación de Resistencia I, los cuales son 1,25 para carga muerta y 1,75 para carga viva.

10.1 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

10.1.1 Caso I: Cimiento superficial sobre suelo cohesivo

Para esta condición de análisis se pudo determinar que desde el punto de vista de capacidad portante el diseño está controlado por el factor de seguridad indirecto planteado por la NSR-10 ya que se requiere un 30% del área total de la estructura destinada a las zapatas, frente a un 17% que se obtiene aplicando el factor de seguridad directo. Con los procedimientos de la AASHTO también se llegó a una relación del 30% entre el área de las zapatas y el área de la edificación. En la Figura 10-3 se puede observar la comparación de los resultados..

Figura 10-3 Caso I. Cimiento superficial sobre suelo cohesivo



Adicionalmente se pudo verificar que las deformaciones obtenidas con la cimentación diseñada mediante la aplicación del factor de seguridad indirecto de la NSR-10 son menores que con las otras metodologías, obteniéndose distorsiones angulares cercanas a las máximas aceptables de norma. Sin embargo, los cimientos planteados mediante la AASHTO permiten deformaciones más uniformes, con δ/l cercanas para todos los elementos estructurales.

Tabla 10-3 Asentamientos y δ/l para cimientos superficiales sobre suelo cohesivo

EJE	EJE CERCA NO	LUZ	NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)				NSR-10 - F.S. Directo				AASHTO - Factor de Resistencia			
			δ/l PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS		δ/l PARA ASENTAMIENTOS TOTALES		δ/l PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS		δ/l PARA ASENTAMIENTOS TOTALES		δ/l PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS		δ/l PARA ASENTAMIENTOS TOTALES	
			DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN
			[m]	[1:]	[m]	[1:]	[m]	[1:]	[m]	[1:]	[m]	[1:]	[m]	[1:]
A1	A2	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
A1	B1	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
A2	A3	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
A2	B2	8.0	0.005	1480	0.015	528	0.009	939	0.028	291	0.005	1759	0.016	499
A3	B3	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
B1	B2	8.0	0.005	1480	0.015	528	0.009	939	0.028	291	0.005	1759	0.016	499
B1	C1	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
B2	B3	8.0	0.005	1480	0.015	528	0.009	939	0.028	291	0.005	1759	0.016	499
B2	C2	8.0	0.005	1480	0.015	528	0.009	939	0.028	291	0.005	1759	0.016	499
B3	C3	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
C1	C2	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
C2	C3	8.0	0.004	2085	0.015	532	0.006	1426	0.025	320	0.003	2369	0.017	478
A1	B2	11.3	0.009	1224	0.030	375	0.014	801	0.053	215	0.008	1428	0.033	345

No se puede establecer cuál cimentación es la más adecuada, ya que para ambos casos se requiere de la participación del diseñador estructural quien debe validar que los diferenciales estimados en el diseño geotécnico no afecten, significativamente el diseño estructural. Se puede concluir que desde el punto de vista geotécnico los dos planteamientos son válidos y es obvio que desde el punto de vista económico la cimentación diseñada por la AASHTO pudiera ser más económica, por lo tanto sería la recomendada.

[Página en blanco] – Memorias de cálculo para cimientos superficiales en Cohesivos –

CIMENTACIÓN EN ZAPATAS

SUELO DE FUNDACIÓN COHESIVO																																	
		NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)											NSR-10 - F.S. Directo										AASHTO - Factor de Resistencia										
EJE	ÁREA AFERENTE [m²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES			CAPACIDAD PORTANTE				Verificación	DIMENSIONES			CAPACIDAD PORTANTE				Verificación	DIMENSIONES		CAPACIDAD PORTANTE			Verificación							
		CM [kN]	CV [kN]	CT [kN]	B [m]	L [m]	A [m]	F _S Indirecto	Q _{ult} [kPa]	Q _{adm} [kPa]	Q _{act} [kPa]		B [m]	L [m]	A [m²]	F _S Directo	Q _{ult} [kPa]	Q _{adm} [kPa]	Q _{act} [kPa]		B [m]	L [m]	A [m²]	φ	Q _R Ult [kN]		Q _R Dis [kN]	Q _{act} [kN]					
A1	16.0	707	141	848	2.15	2.15	4.62	3.00	561.32	187.11	183.45	ok	1.60	1.60	2.56	1.80	334.87	331.25	ok	2.20	2.20	4.84	0.50	2302	1151	1131	ok						
A2	32.0	1413	283	1696	3.10	3.10	9.61	3.00	535.05	178.35	176.48	ok	2.35	2.35	5.52	1.80	314.46	307.11	ok	3.10	3.10	9.61	0.50	4571	2285	2261	ok						
A3	16.0	707	141	848	2.15	2.15	4.62	3.00					1.60	1.60	2.56	1.80				2.20	2.20	4.84	0.50										
B1	32.0	1413	283	1696	3.10	3.10	9.61	3.00					2.35	2.35	5.52	1.80				3.10	3.10	9.61	0.50										
B2	64.0	2827	565	3392	4.45	4.45	19.80	3.00	517.02	172.34	171.29	ok	3.40	3.40	11.56	1.80	301.01	293.43	ok	4.40	4.40	19.36	0.50	9208	4604	4523	ok						
B3	32.0	1413	283	1696	3.10	3.10	9.61	3.00					2.35	2.35	5.52	1.80				3.10	3.10	9.61	0.50										
C1	16.0	707	141	848	2.15	2.15	4.62	3.00					1.60	1.60	2.56	1.80				2.20	2.20	4.84	0.50										
C2	32.0	1413	283	1696	3.10	3.10	9.61	3.00					2.35	2.35	5.52	1.80				3.10	3.10	9.61	0.50										
C3	16.0	707	141	848	2.15	2.15	4.62	3.00					1.60	1.60	2.56	1.80				2.20	2.20	4.84	0.50										
Total		256.0	11307	2261	13568	76.7						43.9						77.2															
Relación Área Edificio vrs Área Zapatas					30%							17%			30%																		
CARGAS APLICADAS [kN/m²]					ASENTAMIENTO NSR-10 FS Indirecto							ASENTAMIENTO NSR-10 FS Directo																					
					EJE	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}					EJE	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}																	
Cubierta		1	3				A1	0.010	0.088	0.098					A1	0.018	0.114	0.132															
Número de Pisos		5	10				A2	0.014	0.099	0.113					A2	0.024	0.133	0.157															
Sotanos		1	0				A3	0.010	0.088	0.098					A3	0.018	0.114	0.132															
Carga m²		53						B1	0.014	0.099	0.113					B1	0.024	0.133	0.157														
CM/CV		5						B2	0.019	0.109	0.128					B2	0.032	0.152	0.185														
CV		17%	CM	83%				B3	0.014	0.099	0.113					B3	0.024	0.133	0.157														
COMBINACIÓN PARA ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA								C1	0.010	0.088	0.098					C1	0.018	0.114	0.132														
AASHTO								C2	0.014	0.099	0.113					C2	0.024	0.133	0.157														
CM		1.25						C3	0.010	0.088	0.098					C3	0.018	0.114	0.132														
CV		1.75						NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)											NSR-10 - F.S. Directo										AASHTO - Factor de Resistencia				
				δ/I PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS					δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES					δ/I PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS					δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES					δ/I PARA ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS					δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES				
EJE	EJE CERCANO	LUZ	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN			
A1	A2	8.0	0.010	0.014	0.004	2085	0.098	0.113	0.015	532	0.018	0.024	0.006	1426	0.132	0.157	0.025	320	0.007	0.010	0.003	2369	0.093	0.109	0.017	478							
A1	B1	8.0	0.010	0.014	0.004	2085	0.098	0.113	0.015	532	0.018	0.024	0.006	1426	0.132	0.157	0.025	320	0.007	0.010	0.003	2369	0.093	0.109	0.017	478							
A2	A3	8.0	0.014	0.010	0.004	2085	0.113	0.098	0.015	532	0.024	0.018	0.006	1426	0.157	0.132	0.025	320	0.010	0.007	0.003	2369	0.109	0.093	0.017	478							
A2	B2	8.0	0.014	0.019	0.005	1480	0.113	0.128	0.015	528	0.024	0.032	0.009	939	0.157	0.185	0.028	291	0.010	0.015	0.005	1759	0.109	0.125	0.016	499							
A3	B3	8.0	0.010	0.014	0.004	2085	0.098	0.113	0.015	532	0.018	0.024	0.006	1426	0.132	0.157	0.025	320	0.007	0.010	0.003	2369	0.093	0.109	0.017	478							
B1	B2	8.0	0.014	0.019	0.005	1480	0.113	0.128	0.015	528	0.024	0.032	0.009	939	0.157	0.185	0.028	291	0.010	0.015	0.005	1759	0.109	0.125	0.016	499							
B1	C1	8.0	0.014	0.010	0.004	2085	0.113	0.098	0.015	532	0.024	0.018	0.006	1426	0.157	0.132	0.025	320	0.010	0.007	0.003	2369	0.109	0.093	0.017	478							
B2	B3	8.0	0.019	0.014	0.005	1480	0.128	0.113	0.015	528	0.032	0.024	0.009	939	0.185	0.157	0.028	291	0.015	0.010	0.005	1759	0.125	0.109	0.016	499							
B2	C2	8.0	0.019	0.014	0.005	1480	0.128	0.113	0.015	528	0.032	0.024	0.009	939	0.185	0.157	0.028	291	0.015	0.010	0.005	1759	0.125	0.109	0.016	499							
B3	C3	8.0	0.014	0.010	0.004	2085	0.113	0.098	0.015	532	0.024	0.018	0.006	1426	0.157	0.132	0.025	320	0.010	0.007	0.003	2369	0.109	0.093	0.017	478							
C1	C2	8.0	0.010	0.014	0.004	2085	0.098	0.113	0.015	532	0.018	0.024	0.006	1426	0.132	0.157	0.025	320	0.007	0.010	0.003	2369	0.093	0.109	0.017	478							
C2	C3	8.0	0.014	0.010	0.004	2085	0.113	0.098	0.015	532	0.024	0.018	0.006	1426	0.157	0.132	0.025	320	0.010	0.007	0.003	2369	0.109	0.093	0.017	478							
A1	B2	11.3	0.010	0.019	0.009	1224	0.098	0.128	0.030	375	0.018	0.032	0.014	801	0.132	0.185	0.053	215	0.007	0.015	0.008	1428	0.093	0.125	0.033	345							

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A1

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					2.15	B [m]					1.60
L [m]					2.15	L [m]					1.60
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.47	Df/B					0.63
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.44	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.56
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.19	1.00	546.3	5.14	1.19	1.25	1.00	319.9		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		

q _{ult} [kPa]	561.3	q _{ult} [kPa]	334.9
------------------------	-------	------------------------	-------

q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	3.00	q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO	1.80
--	------	--	------

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto 187.1 kPa DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo 334.9 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	2.20	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	2.20	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wy}
460.6	15.0	0.0
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
6.14	1.00	0.00
N _c	N _q	N _{γ}
5.14	1.00	0.00
s _c	s _q	s _{γ}
1.19	1.00	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.00	
	C _{wq}	C _{wy}
	1.00	0.88

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{wy}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{wy} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wy}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

Métodos teóricos en Arcillas 0.50 237.8 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					3.10	B [m]					2.35
L [m]					3.10	L [m]					2.35
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.32	Df/B					0.43
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.31	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.40
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.13	1.00	520.1	5.14	1.19	1.17	1.00	299.5		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		

q _{ult} [kPa]	535.1	q _{ult} [kPa]	314.5
------------------------	-------	------------------------	-------

q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO
DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto	DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo
3.00	1.80
178.4 kPa	314.5 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	3.10	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	3.10	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wγ}
460.6	15.0	0.0
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
6.14	1.00	0.00
N _c	N _q	N _{γ}
5.14	1.00	0.00
s _c	s _q	s _{γ}
1.19	1.00	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.00	
	C _{wq}	C _{wγ}
	1.00	0.77

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{w\gamma}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_r = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_r > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{w γ} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wγ}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

Q _{ult} [kPa]	4570.7
q _{R Ult} [kPa]	= 475.6

q_{adm} [kPa] AASHTO - 2012

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

237.8 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE B-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					4.45	B [m]					3.40
L [m]					4.45	L [m]					3.40
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.22	Df/B					0.29
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.22	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.29
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.09	1.00	502.0	5.14	1.19	1.12	1.00	286.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		
q_{ult} [kPa] 517.0					q_{ult} [kPa] 301.0						

q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO
DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto 3.00	DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo 1.80
172.3 kPa	301.0 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	4.40	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	4.40	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wy}
460.6	15.0	0.0
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
6.14	1.00	0.00
N _c	N _q	N _{γ}
5.14	1.00	0.00
s _c	s _q	s _{γ}
1.19	1.00	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.00	
	C _{wq}	C _{wy}
	1.00	0.69

Q_{ult} [kPa] = 9208.0
q_{R Ult} [kPa] = 475.6

q_{adm} [kPa] AASHTO - 2012

Métodos teóricos en Arcillas **0.50**
237.8 kPa

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{wy}$
(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

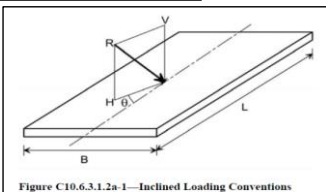


Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{wy} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wy}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s_γ

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _γ)
Shape Factors s _c , s _q , s _γ	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICOS Y POR CONSOLIDACIÓN

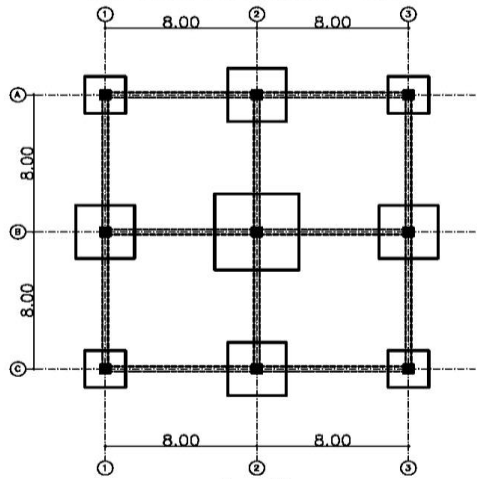
NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO																																	
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS													CONSOLIDACION																			
	q_0	α	B'	v	E_s	L/B	m'	n'	F_1	F_2	Df/B	I_r	I_s	S_{ELAS}	q_0	B	L	z	q_m	q_f	Δq	Cr	Cc	H	e_0	σ_v'	$\sigma_v' + \Delta q$	σ_p'	S_{CONSOL}	$S_{CONSOL.3D}$	ASENTAMIENTO NSR-10 FS Indirecto		
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m		m			m	m	S_{ELAS}	S_{CONSOL}	S_{TOTAL}
A1	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
A2	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
A3	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
B1	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
B2	171.29	4	2.23	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.225	0.83	0.54	0.019	171.29	4.45	4.45	17.80	19.03	6.85	42.38	0.22	2.42	17.80	3.88	106.50	148.88	184.00	0.12	0.11	0.019	0.109	0.128
B3	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
C1	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
C2	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
C3	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098

NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO																																	
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS													CONSOLIDACION																			
	q_0	α	B'	v	E_s	L/B	m'	n'	F_1	F_2	Df/B	I_r	I_s	S_{ELAS}	q_0	B	L	z	q_m	q_f	Δq	Cr	Cc	H	e_0	σ_v'	$\sigma_v' + \Delta q$	σ_p'	S_{CONSOL}	$S_{CONSOL.3D}$	ASENTAMIENTO NSR-10 FS Directo		
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m		m			m	m	S_{ELAS}	S_{CONSOL}	S_{TOTAL}
A1	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
A2	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
A3	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
B1	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
B2	293.43	4	2.20	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.294	0.83	0.54	0.032	293.43	3.40	3.40	13.60	32.60	11.74	72.60	0.22	2.42	13.60	3.88	85.50	158.10	184.00	0.16	0.15	0.032	0.152	0.185
B3	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
C1	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
C2	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
C3	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132

AASHTO																																	
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS													CONSOLIDACION																			
	q_0	α	B'	v	E_s	L/B	m'	n'	F_1	F_2	Df/B	I_r	I_s	S_{ELAS}	q_0	B	L	z	q_m	q_f	Δq	Cr	Cc	H	e_0	σ_v'	$\sigma_v' + \Delta q$	σ_p'	S_{CONSOL}	$S_{CONSOL.3D}$	ASENTAMIENTO AASHTO		
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m		m			m	m	S_{ELAS}	S_{CONSOL}	S_{TOTAL}
A1	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
A2	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
A3	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
B1	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
B2	175.21	4	1.70	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.227	0.83	0.54	0.015	175.21	4.40	4.40	17.60	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	17.60	3.88	105.50	148.85	184.00	0.12	0.11	0.015	0.110	0.125
B3	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
C1	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
C2	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
C3	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093

NSR-10 (FS Indirecto)

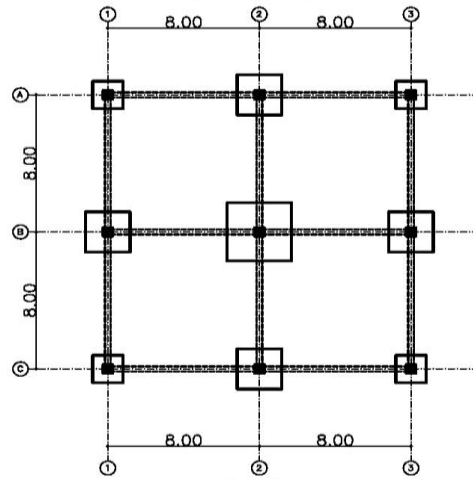
Área Zapata/Área Edificación = 30%



COHESIVO

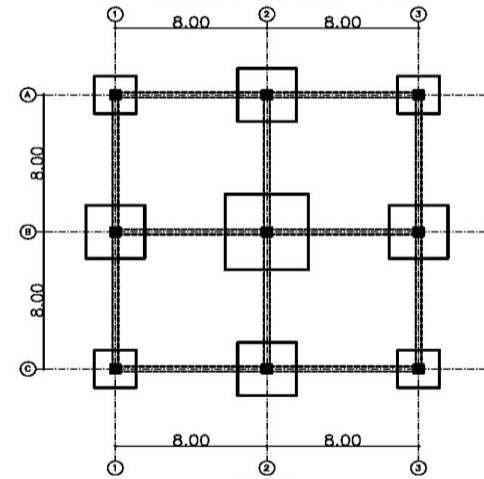
NSR-10 (FS Directo)

Área Zapata/Área Edificación = 17%



AASHTO 2012

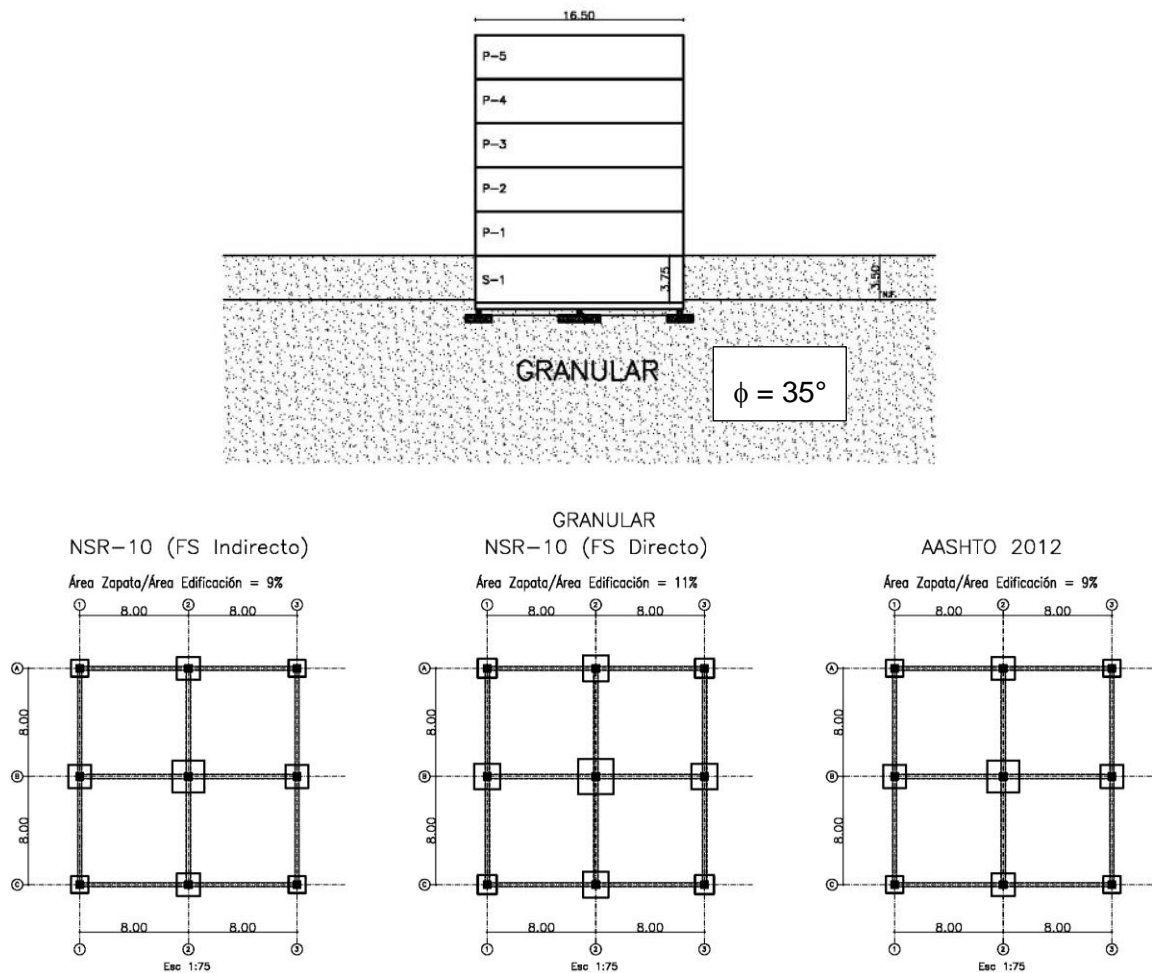
Área Zapata/Área Edificación = 30%



10.1.2 Caso II: Cimiento superficial sobre suelo granular

Para esta condición de análisis se estableció que para la capacidad portante el diseño está controlado por el factor de seguridad directo planteado por la NSR-10 ya que se requiere un 11% del área total de la estructura destinada a las zapatas, frente a un 9% que se obtiene con los procedimientos de la AASHTO y el factor indirecto de la NSR-10, como se muestra en la Figura 10-4.

Figura 10-4 Caso II. Cimiento superficial sobre suelo granular



Para este tipo de material los asentamientos que producen distorsiones angulares son muy bajos como puede observarse en la Tabla 10-4 y cumplen suficientemente las recomendaciones de norma.

Tabla 10-4 Asentamientos y distorsión angular para cimientos superficiales sobre suelo granular

EJE	EJE CERCANO	LUZ [m]	NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)		NSR-10 - F.S. Directo		AASHTO - Factor de Resistencia	
			δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES		δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES		δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES	
			DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN
			[m]	[1:]	[m]	[1:]	[m]	[1:]
A1	A2	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
A1	B1	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
A2	A3	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
A2	B2	8.0	0.023	354	0.019	415	0.024	327
A3	B3	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
B1	B2	8.0	0.023	354	0.019	415	0.024	327
B1	C1	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
B2	B3	8.0	0.023	354	0.019	415	0.024	327
B2	C2	8.0	0.023	354	0.019	415	0.024	327
B3	C3	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
C1	C2	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
C2	C3	8.0	0.016	494	0.013	612	0.018	444
A1	B2	11.3	0.039	292	0.032	350	0.042	267

De acuerdo con los resultados obtenidos para este ejemplo típico, desde el punto de vista geotécnico se puede concluir que para materiales granulares se puede aplicar cualquiera de los procedimientos ya que todos conducen a asentamientos bajos, con distorsiones angulares aceptables.

Desde el punto de vista económico es claro que aplicar el factor de seguridad indirecto o las recomendaciones de la AASHTO resulta más económico. Por lo tanto, sería la recomendación indicada. Sin embargo, la NSR-10 plantea de manera restrictiva que se deben evaluar las cimentaciones para los dos factores de seguridad (Indirecto y Directo), y diseñar para la condición más crítica, pero no se puede establecer claramente los beneficios que se obtienen en los diseños al seguir esta recomendación.

Sumados los resultados obtenidos para cimientos superficiales sobre suelos cohesivos y sobre suelos granulares se puede concluir que aplicar a los diseños geotécnicos las recomendaciones del diseño por confiabilidad tal como lo plantea la AASHTO conduciría a diseños más económicos.

No se puede perder de vista que el diseño por confiabilidad requiere de una calibración para la zona en donde se aplique y hasta la fecha no se conocen ejercicios académicos, privados o públicos en Colombia que busquen calibrar los factores de reducción de resistencia. Por lo tanto, una aplicación directa a cimentaciones superficiales del diseño por confiabilidad sin la respectiva calibración puede conducir a condiciones de diseño poco conservadoras.

[Página en blanco] – Memorias de cálculo para cimientos superficiales en Granulares –

CIMENTACIÓN EN ZAPATAS

SUELO DE FUNDACIÓN GRANULAR																												
NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)																												
EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES			CAPACIDAD PORTANTE				DIMENSIONES				CAPACIDAD PORTANTE				AASHTO - Factor de Resistencia								
		CM	CV	CT	B	L	A	FS _{Indirecto}	q _{ult}	q _{adm}	q _{act}	Verificación	B	L	A	FS _{Directo}	q _{ult}	q _{adm}	q _{act}	Verificación	B	L	A	φ	Q _R LIT	Q _R DIS	Q _R ACT	Verificación
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m ²]		[kPa]	[kPa]	[kPa]		[m]	[m]	[m ²]		[kPa]	[kPa]	[kPa]		[m]	[m]	[m ²]		[kN]	[kN]	[kN]	
A1	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00	1686.96	562.32	542.72	ok	1.40	1.40	1.96	1.50		465.67	432.65	ok	1.25	1.25	1.56	0.50	2693	1346	1131	ok
A2	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00	1775.40	591.80	586.85	ok	1.90	1.90	3.61	1.50		485.18	469.81	ok	1.70	1.70	2.89	0.50	5269	2634	2261	ok
A3	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
B1	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
B2	64.0	2827	565	3392	2.35	2.35	5.52	3.00	1925.41	641.80	614.21	ok	2.60	2.60	6.76	1.50		519.58	501.78	ok	2.35	2.35	5.52	0.50	10439	5220	4523	ok
B3	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
C1	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
C2	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
C3	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
Total		256.0	11307	2261	13568	23.3 9%							29.0 11%							23.3 9%								
Relación Área Edificio vrs Área Zapatas																												
CARGAS APLICADAS [kN/m ²]		ASENTAMIENTO NSR-10-13 Indirecto							ASENTAMIENTO NSR-10-13 Directo							ASENTAMIENTO AASHTO [m]												
		EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}	EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}	EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}															
Cubierta	1	3	0.034		0.034	A1	0.027		0.027	A1	0.039		0.039															
Número de Pisos	5	10	0.051		0.051	A2	0.040		0.040	A2	0.057		0.057															
Sotanos	1	0	0.034		0.034	A3	0.027		0.027	A3	0.039		0.039															
Carga m ²		53	0.051		0.051	B1	0.040		0.040	B1	0.057		0.057															
CM/CV		5	0.073		0.073	B2	0.060		0.060	B2	0.081		0.081															
CV	17%	CM	0.051		0.051	B3	0.040		0.040	B3	0.057		0.057															
COMBINACIÓN PARA ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA		C1	0.034		0.034	C1	0.027		0.027	C1	0.039		0.039															
AASHTO		C2	0.051		0.051	C2	0.040		0.040	C2	0.057		0.057															
CM	1.25	C3	0.034		0.034	C3	0.027		0.027	C3	0.039		0.039															
CV	1.75																											
NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)																												
NSR-10 - F.S. Directo																												
AASHTO - Factor de Resistencia																												
δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES																												
EJE	EJE CERCANO	LUZ [m]	EJE [m]	EJE CERCANO [m]	DIFERENCIAL [m]	DEFLEXIÓN [i:]				EJE [m]	EJE CERCANO [m]	DIFERENCIAL [m]	DEFLEXIÓN [i:]				EJE [m]	EJE CERCANO [m]	DIFERENCIAL [m]	DEFLEXIÓN [i:]								
A1	A2	8.0	0.034	0.051	0.016	494				0.027	0.040	0.013	612				0.039	0.057	0.018	444								
A1	B1	8.0	0.034	0.051	0.016	494				0.027	0.040	0.013	612				0.039	0.057	0.018	444								
A2	A3	8.0	0.051	0.034	0.016	494				0.040	0.027	0.013	612				0.057	0.039	0.018	444								
A2	B2	8.0	0.051	0.073	0.023	354				0.040	0.060	0.019	415				0.057	0.081	0.024	327								
A3	B3	8.0	0.034	0.051	0.016	494				0.027	0.040	0.013	612				0.039	0.057	0.018	444								
B1	B2	8.0	0.051	0.073	0.023	354				0.040	0.060	0.019	415				0.057	0.081	0.024	327								
B1	C1	8.0	0.051	0.034	0.016	494				0.040	0.027	0.013	612				0.057	0.039	0.018	444								
B2	B3	8.0	0.073	0.051	0.023	354				0.060	0.040	0.019	415				0.081	0.057	0.024	327								
B2	C2	8.0	0.073	0.051	0.023	354				0.060	0.040	0.019	415				0.081	0.057	0.024	327								
B3	C3	8.0	0.051	0.034	0.016	494				0.040	0.027	0.013	612				0.057	0.039	0.018	444								
C1	C2	8.0	0.034	0.051	0.016	494				0.027	0.040	0.013	612				0.039	0.057	0.018	444								
C2	C3	8.0	0.051	0.034	0.016	494				0.040	0.027	0.013	612				0.057	0.039	0.018	444								
A1	B2	11.3	0.034	0.073	0.039	292				0.027	0.060	0.032	350				0.039	0.081	0.042	267								

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A1

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada				
Df [m]	1.00				Df [m]	1.00			
γ [kN/m ³]	20.0				γ [kN/m ³]	20.0			
B [m]	1.25				B [m]	1.40			
L [m]	1.25				L [m]	1.40			
β [°] Inclinación Carga	0.0				β [°] Inclinación Carga	0.0			
c' [kPa]	0.0				c' [kPa]	0.0			
ϕ [°]	35.0				ϕ * [°]	25.0			
Tan ϕ	0.700				Tan ϕ	0.467			
Df/B	0.80				Df/B	0.71			
Tan ⁻¹ (Df/B)	0.67				Tan ⁻¹ (Df/B)	0.62			
Nc	Fcs	Fcd	Fci	①	Nc	Fcs	Fcd	Fci	①
46.12	1.72	1.32	1.00	0.0	20.75	1.51	1.29	1.00	0.0
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	②	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	②
33.30	1.70	1.17	1.00	1326.7	10.69	1.47	1.19	1.00	374.0
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	③	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	③
48.03	0.60	1.00	1.00	360.2	10.91	0.60	1.00	1.00	91.7

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1687.0 q_{ult} [kPa] 465.7

q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO** q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO**

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - DRENADO - FS Directo

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	1.25	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	1.25	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

$$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma} \quad (10.6.3.1.2a-1)$$

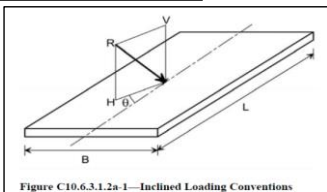
$$N_{cm} = N_c s_c i_c \quad (10.6.3.1.2a-2)$$

$$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q \quad (10.6.3.1.2a-3)$$

$$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (10.6.3.1.2a-4)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$



For $\phi_r = 0$:

$$i_c = 1 - mH / (cBLN_c) \quad (10.6.3.1.2a-5)$$

For $\phi_r > 0$:

$$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)] \quad (10.6.3.1.2a-6)$$

in which:

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n \quad (10.6.3.1.2a-7)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)} \quad (10.6.3.1.2a-8)$$

$$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta \quad (10.6.3.1.2a-9)$$

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and $C_{w\gamma}$ for Various Groundwater Depths

D_w	C_{wq}	$C_{w\gamma}$
0.0	0.5	0.5
D_f	1.0	0.5
$>1.5B + D_f$	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D_f/B	d_q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_γ, s_q

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s_c)	Unit Weight Term (s_γ)	Surcharge Term (s_q)
Shape Factors s_c, s_γ, s_q	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

Q_{ult} [kPa] 2692.6

$q_{R\ Ult}$ [kPa] = 1723.3

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

861.6 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					20.0	γ [kN/m ³]					20.0
B [m]					1.70	B [m]					1.90
L [m]					1.70	L [m]					1.90
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					0.0	c' [kPa]					0.0
ϕ [°]					35.0	ϕ * [°]					25.0
Tan ϕ					0.700	Tan ϕ					0.467
Df/B					0.59	Df/B					0.53
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.53	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.48
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
46.12	1.72	1.24	1.00	0.0	20.75	1.51	1.21	1.00	0.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
33.30	1.70	1.14	1.00	1285.5	10.69	1.47	1.15	1.00	360.8		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
48.03	0.60	1.00	1.00	489.9	10.91	0.60	1.00	1.00	124.4		

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1775.4 q_{ult} [kPa] 485.2

q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO** 3.00 591.8 kPa **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO** 1.50 485.2 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001

Ecuaación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	1.70	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	1.70	0.0
Dw [m]		
3.50		

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma}$

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{γm} C _{wγ}
0.0	1338.0	485.1
N _{cm}	N _{qm}	N _{γm}
79.42	66.90	28.82
N _c	N _q	N _{γ}
46.12	33.30	48.03
s _c	s _q	s _{γ}
1.72	1.70	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
d _q		
1.18		
C _{wq}		C _{wγ}
1.00		0.99

For $\phi_r = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_r > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{w γ} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wγ}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

Q_{ult} [kPa] 5268.7

$q_{R\ Ult}$ [kPa] = 1823.1

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

911.5 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE B-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					20.0	γ [kN/m ³]					20.0
B [m]					2.35	B [m]					2.60
L [m]					2.35	L [m]					2.60
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					0.0	c' [kPa]					0.0
ϕ [°]					35.0	ϕ [°]					25.0
Tan ϕ					0.700	Tan ϕ					0.467
Df/B					0.43	Df/B					0.38
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.40	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.37
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
46.12	1.72	1.17	1.00	0.0	20.75	1.51	1.15	1.00	0.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
33.30	1.70	1.10	1.00	1248.2	10.69	1.47	1.11	1.00	349.3		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
48.03	0.60	1.00	1.00	677.2	10.91	0.60	1.00	1.00	170.2		

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1925.4	q_{ult} [kPa] 519.6
--	---

q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO** 3.00 **641.8 kPa** **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO** 1.50 **519.6 kPa**

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001

Ecuaación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	2.35	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	2.35	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

$$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma} \quad (10.6.3.1.2a-1)$$

$N_{cm} = N_c s_c i_c \quad (10.6.3.1.2a-2)$

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q \quad (10.6.3.1.2a-3)$

$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (10.6.3.1.2a-4)$

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{γm} C _{wγ}
0.0	1311.5	578.7
N _{cm}	N _{qm}	N _{γm}
79.42	65.58	28.82
N _c	N _q	N _{γ}
46.12	33.30	48.03
s _c	s _q	s _{γ}
1.72	1.70	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.16	
	C _{wq}	C _{wγ}
	1.00	0.85

For $\phi_r = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c) \quad (10.6.3.1.2a-5)$

For $\phi_r > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)] \quad (10.6.3.1.2a-6)$

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n \quad (10.6.3.1.2a-7)$

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)} \quad (10.6.3.1.2a-8)$

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta \quad (10.6.3.1.2a-9)$

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{w γ} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wγ}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

Q_{ult} [kPa] **10439.1**

q_{Rult} [kPa] = **1890.3**

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas **0.50**

945.1 kPa

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO

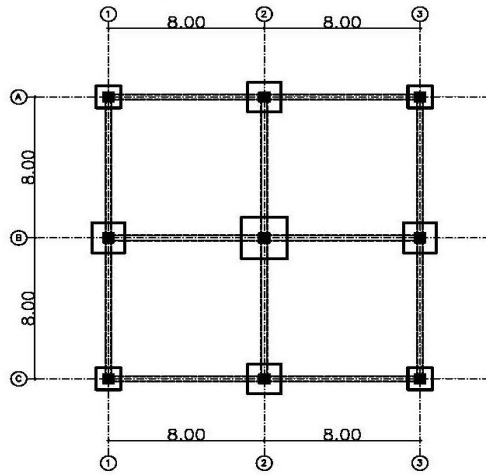
NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO																																		
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO NSR-10 FS Indirecto								
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}				
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m					m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}	
A1	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																		0.034	0.000	0.034
A2	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																	0.051	0.000	0.051	
A3	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																	0.034	0.000	0.034	
B1	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																	0.051	0.000	0.051	
B2	614.21	4	1.18	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.073																	0.073	0.000	0.073	
B3	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																	0.051	0.000	0.051	
C1	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																	0.034	0.000	0.034	
C2	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																	0.051	0.000	0.051	
C3	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																	0.034	0.000	0.034	

NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO																																	
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO NSR-10 FS Directo							
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}			
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m					m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}
A1	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																	0.027	0.000	0.027
A2	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																	0.040	0.000	0.040
A3	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																	0.027	0.000	0.027
B1	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																	0.040	0.000	0.040
B2	501.78	4	1.18	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.385	0.83	0.54	0.060																	0.060	0.000	0.060
B3	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																	0.040	0.000	0.040
C1	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																	0.027	0.000	0.027
C2	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																	0.040	0.000	0.040
C3	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																	0.027	0.000	0.027

AASHTO																																		
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO AASHTO								
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}				
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m					m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}	
A1	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																	0.039	0.000	0.039	
A2	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																		0.057	0.000	0.057
A3	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																		0.039	0.000	0.039
B1	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																		0.057	0.000	0.057
B2	614.21	4	1.30	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.081																		0.081	0.000	0.081
B3	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																		0.057	0.000	0.057
C1	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																		0.039	0.000	0.039
C2	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																		0.057	0.000	0.057
C3	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																		0.039	0.000	0.039

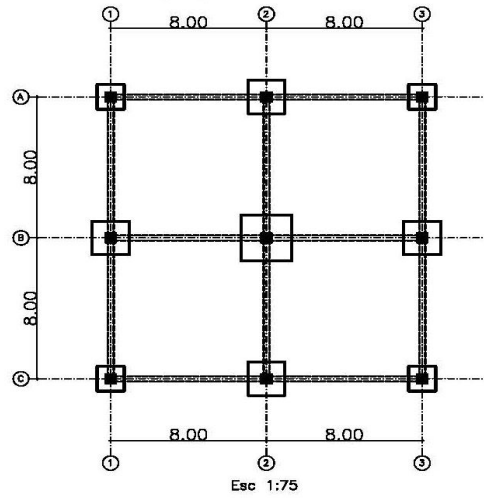
NSR-10 (FS Indirecto)

Área Zapata/Área Edificación = 9%



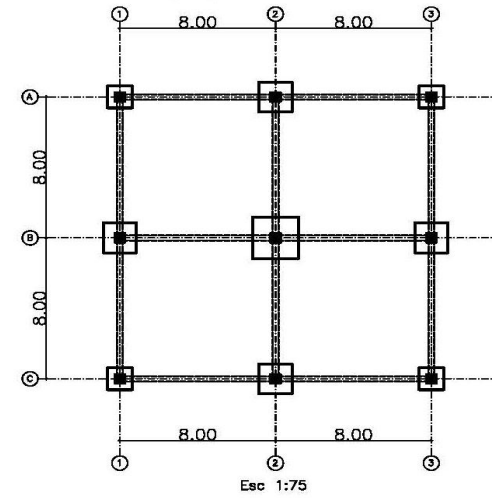
GRANULAR
NSR-10 (FS Directo)

Área Zapata/Área Edificación = 11%



AASHTO 2012

Área Zapata/Área Edificación = 9%



10.2 CIMENTACIÓN PROFUNDA

10.2.1 Caso III: Cimiento profundo sobre suelo cohesivo

Para esta condición de análisis se utilizaron métodos α , verificando las recomendaciones de las normas tomadas como referencia, así:

- NSR-10: $\tau_L = \alpha \tau_F = \alpha S_u$, en el cual $\alpha = 0.2 + 0.8 \exp[0.35 - (2 \cdot S_u / P_a)] \leq 1.0$, en donde
 - α = Factor de adhesión
 - S_u = Resistencia al corte no drenada
 - P_a = Presión atmosférica
 - FS = El factor de seguridad aplicable es el Directo (Tabla H.2.4-1)
- CCDSP-95: El valor de α , es igual a 0.55 excepto en los primeros 1,5 m y un diámetro por encima del fondo del pilote en donde toma el valor de cero. Esta recomendación es la indicada por Reese y O'Neill, 1988.
- AASHTO 2012: El valor de α es igual a 0,55 para relaciones de S_u/P_a menores a 1,5, disminuye desde 0,55 hasta 0,45 para relaciones de S_u/P_a entre 1,50 y 2,50 ($\alpha = 0.55 - 0.1(S_u/P_a - 1.50)$) y para valores de S_u mayores a 250 kPa el método no está definido, por lo tanto se deduce que el material debe ser tratado como intermedio (IGM⁶)

Aunque el CCDSP-95 y el AASHTO-2012 indican que el valor de α debe ser cercano a 0,55, esto es aplicable solamente para arcillas firmes a muy firmes, en este caso se realizó el análisis para arcillas blandas y de acuerdo con la experiencia Bogotana, el valor de α es cercano a 1,0 en este caso se utilizará un valor $\alpha = 0,90$ para el CCDSP-95 y para AASHTO-2012.

⁶ IGM: Material intermedio o de transición entre suelo y roca en términos de resistencia al corte y deformación. O'Neill y Reese (1999) los definieron como sigue:

- Cohesivos IGM – Arcillas y limos con S_u entre 5 y 50 ksf (250 kPa a 2500 kPa)
- Granulares IGM – Granulares con N_{160} superior a 50 golpes/pie

Los factores de seguridad aplicados a cada condición de diseño corresponden con los mostrados en la Tabla 10-5. Se puede observar que las normas más actuales realizan una distinción entre el mecanismo de falla de la punta y el fuste y por lo tanto aplican reducciones diferentes.

Para esta condición de análisis no se contemplaron las reducciones que se pueden aplicar si se realizan de ensayos de carga dinámicos o estáticos sobre los pilotes.

Tabla 10-5 Factores de seguridad y Factor de reducción de resistencia aplicables a cimientos profundos sobre suelos cohesivos de acuerdo con la NSR-10, el CCDSP-95 y la AASHTO 2012

NSR-10	F.S.	Fuste	1.80	Directo
		Punta	3.00	Indirecto
CCDSP-95	F.S.	Fuste	2.50	Global
		Punta	2.50	
AASHTO - 2012	F.R.	Fuste	0.45	(O'Neill and Reese, 1999)
		Punta	0.40	(O'Neill and Reese, 1999)

La NSR-10 plantea la aplicación de un factor directo para la resistencia en el fuste, es decir, considera que la falla es por cortante puro y para la punta plantea la aplicación de un factor indirecto igual al de capacidad portante para cimientos superficiales. En la aplicación de los factores de seguridad es importante verificar la transferencia de carga ya que para llegar a la falla en el fuste se requiere una deformación pequeña, la cual no logra desarrollar toda la capacidad en la punta. El código colombiano de diseño sísmico de puentes CCDSP-95, no diferencia entre el comportamiento del fuste y de la punta, aplicando un factor global a la capacidad desarrollada en el fuste y en la punta. Finalmente la AASHTO plantea factores de reducción de resistencia diferentes para el fuste y para la punta si se utiliza el método de diseño de O'Neill y Reese, 1999. Si algún diseñador utiliza un método de cálculo diferente para suelos cohesivos no se aclara si el factor de reducción sigue siendo el mismo o deba ser calibrado para el método. El esquema de análisis utilizado se muestra en la Figura 10-5, y en la Figura 10-6 se presenta la variación de la capacidad con la profundidad para la punta, el fuste y la capacidad total. Debido a que no se conoce con claridad la transferencia de carga se plantea la longitud de los pilotes únicamente en función de la fricción que se desarrolla en el fuste. A partir de la anterior consideración, la longitud estimada para los pilotes es la

mostrada en la Tabla 10-6 y se puede observar que para el método de la AASHTO los pilotes son 48% más largos que para la NSR-10.

Tabla 10-6 Longitud pilotes suelo cohesivo. Ejemplo Caso III

NSR-10	21,0
CCDSP-95	26,0
AASHTO-2012	31,0

A partir del diseño realizado se puede concluir que el diseño por la AASHTO para suelos cohesivos blandos es más conservador que el diseño basado en las normas colombianas.

Figura 10-5 Caso III. Cimiento profundo sobre suelo cohesivo.

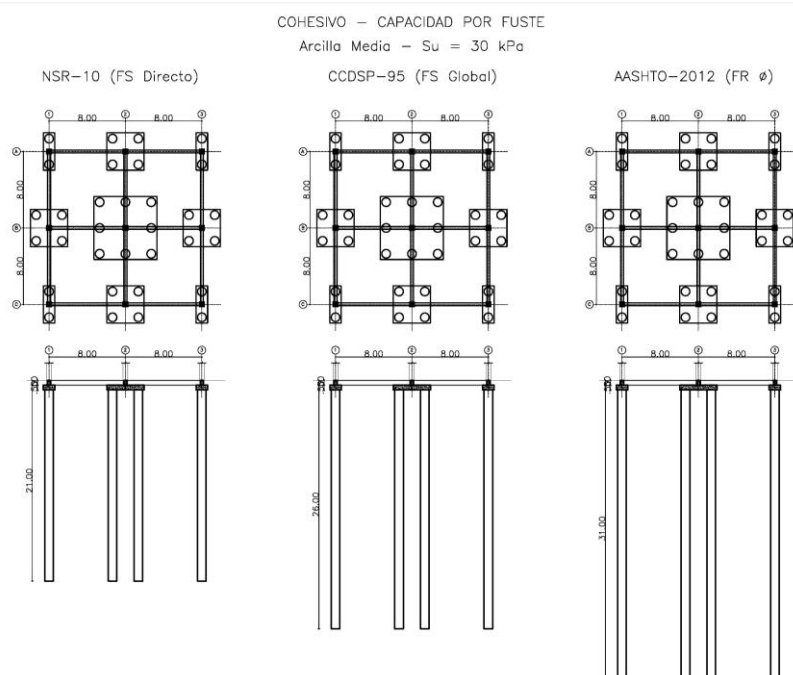
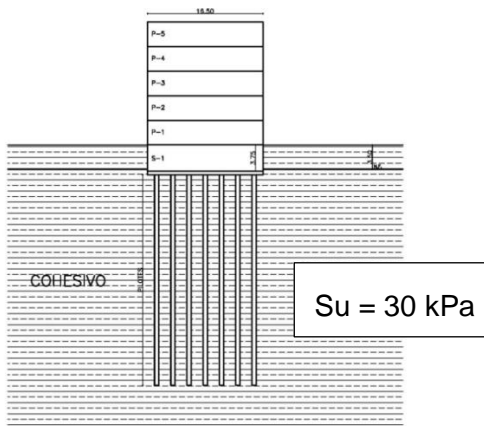
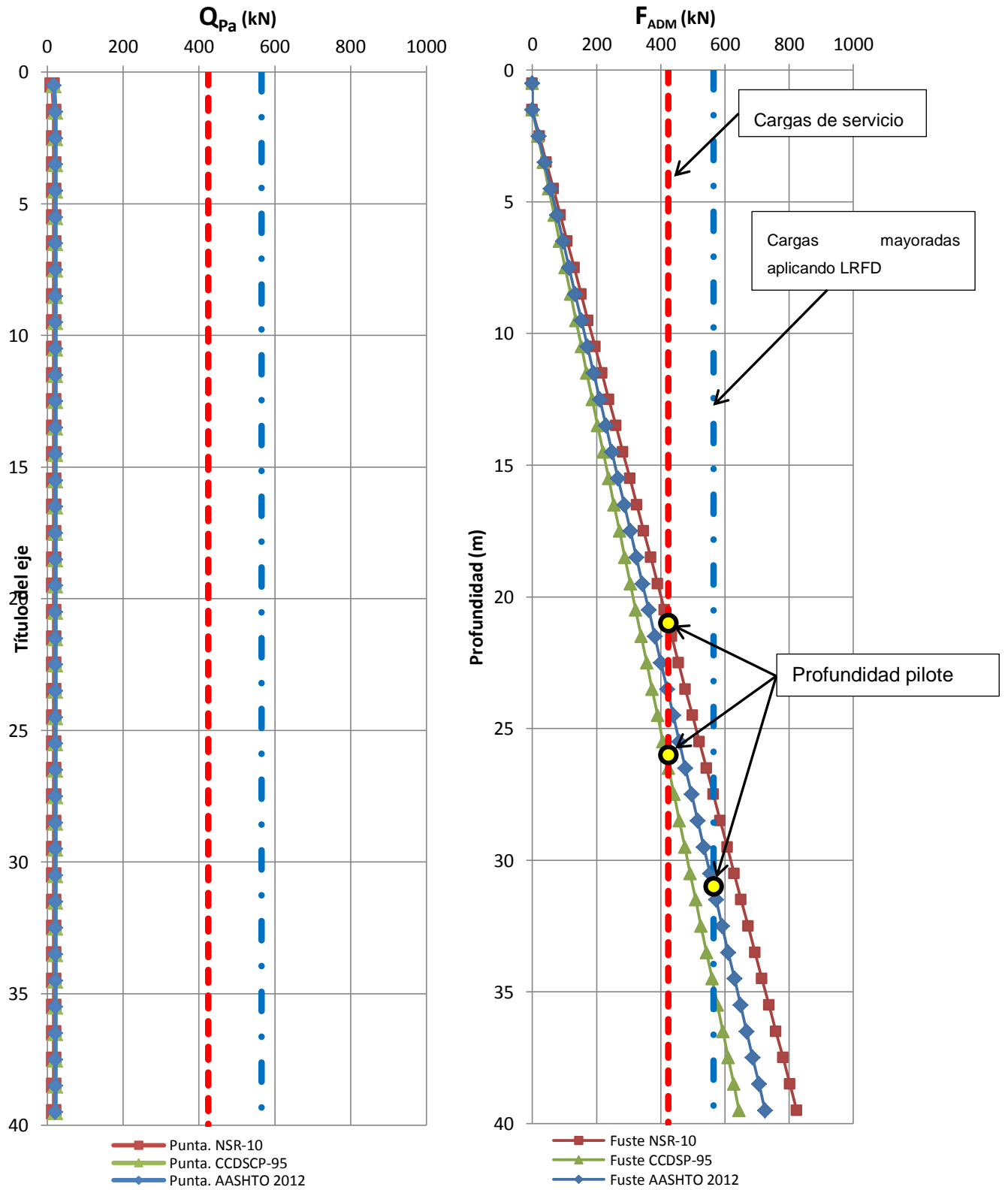


Figura 10-6 Capacidad de carga de pilotes de fricción en suelos cohesivos



En la Figura 10-6 también se puede observar que el aporte por la punta es muy bajo frente a la capacidad desarrollada por el fuste para cualquiera de las metodologías.

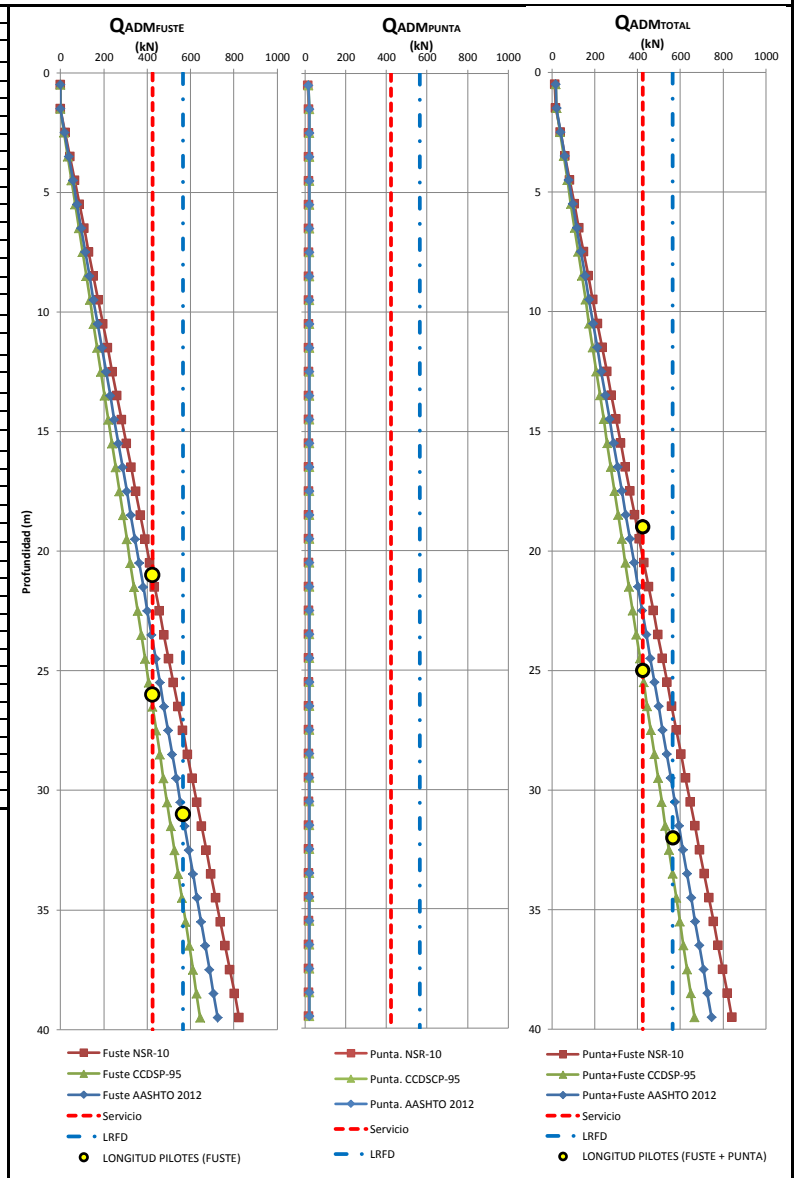
La capacidad calculada por la AASHTO es menor que el valor determinado con el CCDSP-95 en un 16%. Por lo tanto, en términos económicos resulta más atractivo realizar los diseños para puentes sobre suelos blandos siguiendo las indicaciones del código de puentes colombiano. Pero también es válida la reflexión respecto a la pertinencia del método de diseño por confiabilidad, si este método es el indicado y es superior al diseño con factor de seguridad global o el mismo factor indirecto de la NSR-10 es posible que las estructuras con cimentaciones profundas estén subdiseñadas y frente a eventos extremos o frente a los estados límite de servicio no se esté cumpliendo con los márgenes de seguridad planteados.

[Página en blanco] – Memorias de cálculo para cimientos profundos en Cohesivos –

CIMENTACIÓN PROFUNDA

SUELO DE FUNDACIÓN COHESIVO

EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES		CARGA POR PILOTE			NSR-10 - F.S. Directo			CCDSP-95			AASHTO - 2012						
		CM	CV	CT	Diam [m]	# Pilotes	Q _{serv} [kN]	Q _{RES} [kN]	RES LRFD	CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE						
										Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]	Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]	Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]				
A1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	0.5	0	14	14	0	17	17	0	17	17				
A2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	1.5	0	18	18	0	21	21	0	21	21				
A3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	2.5	22	18	39	17	21	38	19	21	40				
B1	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	3.5	43	18	61	34	21	55	38	21	59				
B2	64.0	2827	565	3392	0.50	8	424	565	4.5	65	18	83	51	21	72	57	21	78				
B3	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	5.5	87	18	104	68	21	89	76	21	98				
C1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	6.5	108	18	126	85	21	106	95	21	117				
C2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	7.5	130	18	148	102	21	123	115	21	136				
C3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	8.5	152	18	170	119	21	140	134	21	155				
Total	256.0	11307	2261	13568																		
CARGAS DE DISEÑO									9.5	174	18	191	136	21	157	153	21	174				
Servicio									10.5	195	18	213	153	21	174	172	21	193				
LRFD									11.5	217	18	235	170	21	191	191	21	212				
CARGAS APLICADAS [kN/m ²]									0	424	0	565.333	12.5	239	18	256	187	21	208			
Cubierta									40	424	40	565.333	12.5	239	18	256	187	21	208	210	21	231
Número de Pisos									LONGITUD PILOTES (FUSTE)		13.5	260	18	278	204	21	225	229	21	250		
Sotanos									Código	Q _{des}	L [m]	14.5	282	18	300	221	21	242	248	21	269	
Carga m ²									NSR-10	424	21.0	15.5	304	18	321	238	21	259	267	21	288	
CM/CV									CCDSP-95	424	26.0	16.5	325	18	343	254	21	276	286	21	307	
CV									AASHTO 2012	565.33	31.0	17.5	347	18	365	271	21	293	305	21	327	
COMBINACIÓN PARA ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA									LONGITUD PILOTES (FUSTE + PUNTA)		18.5	369	18	386	288	21	310	324	21	346		
AASHTO									Código	Q _{des}	L [m]	19.5	390	18	408	305	21	327	344	21	365	
CM									NSR-10	424	19.0	20.5	412	18	430	322	21	344	363	21	384	
CV									CCDSP-95	424	25.0	21.5	434	18	452	339	21	360	382	21	403	
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS									AASHTO 2012	565.33	32.0	22.5	456	18	473	356	21	377	401	21	422	
Su [kPa]									23.5	477	18	495	373	21	394	420	21	441				
γ [kN/m ³]									24.5	499	18	517	390	21	411	439	21	460				
En el presente abaco de diseño no se tienen en cuenta efectos de grupo, cargas laterales o el desarrollo de cargas negativas debido a estratos colgados.									25.5	521	18	538	407	21	428	458	21	479				
Dentro del alcance académico del presente trabajo solamente se compararon los resultados de capacidad de carga para un pilote individual.									26.5	542	18	560	424	21	445	477	21	498				
									27.5	564	18	582	441	21	462	496	21	517				
									28.5	586	18	603	458	21	479	515	21	537				
									29.5	607	18	625	475	21	496	534	21	556				
									30.5	629	18	647	492	21	513	553	21	575				
									31.5	651	18	668	509	21	530	573	21	594				
									32.5	672	18	690	526	21	547	592	21	613				
									33.5	694	18	712	543	21	564	611	21	632				
									34.5	716	18	734	560	21	581	630	21	651				
									35.5	738	18	755	577	21	598	649	21	670				
									36.5	759	18	777	594	21	615	668	21	689				
									37.5	781	18	799	611	21	632	687	21	708				
									38.5	803	18	820	628	21	649	706	21	727				
									39.5	824	18	842	645	21	666	725	21	746				



Su	[kPa]	30.0	NSR-10	
γ	[kN/m ³]	15.0	F.S. Directo	F.S. Indirecto
Diámetro	[m]	0.5	F.S. Fuste	1.80
Inicio Fricción	[m]	2.00	F.S. Punta	3.00
N.F.	[m]	3.50	CCDSP-95	
Pa	[ksf]	2.12	F.S. Fuste	2.50
Pa	[kPa]	101.51	F.S. Punta	2.50

AASHTO-2012		
F.R.	Fuste	0.45 (O'Neill and Reese, 1999)
	Punta	0.40 (O'Neill and Reese, 1999)

F _{SBM}	F _{SBUM}	F _{SIcP}
1.50	1.80	
1.50	1.80	3.00

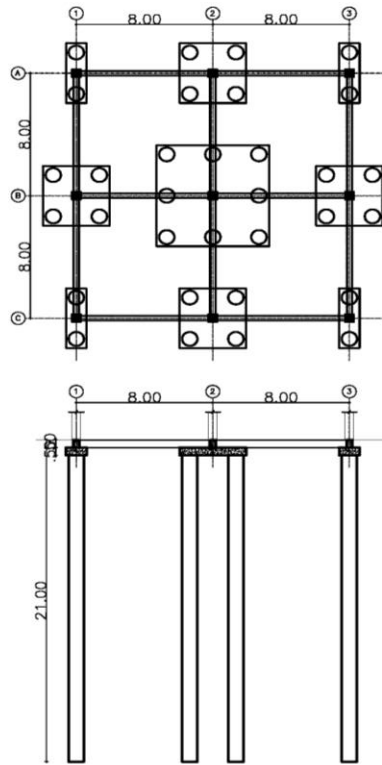
									PILOTES PRE-EXCAVADOS. AASHTO 2012												
									Prof Media	Suelos Cohesivos. Método α											
										Fuste					Punta						
Prof Inicial	Prof Final	Prof Media	γ	N.F.	σ	u	σ'	Su		Su/Pa	α_{AASHTO}	qs	Qs	Q _{SADM}	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	Q _{PADM}	Q _{ADM}
[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kPa]	[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.00	1.00	0.50	15.0	-	7.5	-	7.5	30	0.50	0.296	0.00	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	17.0	17.0
1.00	2.00	1.50	15.0	-	22.5	-	22.5	30	1.50	0.296	0.00	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	21.2	21.2
2.00	3.00	2.50	15.0	-	37.5	-	37.5	30	2.50	0.296	0.90	27.0	42.4	19.1	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	21.2	40.3
3.00	4.00	3.50	15.0	3.5	52.5	-	52.5	30	3.50	0.296	0.90	27.0	84.8	38.2	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	21.2	59.4
4.00	5.00	4.50	15.0	3.5	67.5	10.0	57.5	30	4.50	0.296	0.90	27.0	127.2	57.3	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	21.2	78.5
5.00	6.00	5.50	15.0	3.5	82.5	20.0	62.5	30	5.50	0.296	0.90	27.0	169.6	76.3	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	21.2	97.5
6.00	7.00	6.50	15.0	3.5	97.5	30.0	67.5	30	6.50	0.296	0.90	27.0	212.1	95.4	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	21.2	116.6
7.00	8.00	7.50	15.0	3.5	112.5	40.0	72.5	30	7.50	0.296	0.90	27.0	254.5	114.5	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	21.2	135.7
8.00	9.00	8.50	15.0	3.5	127.5	50.0	77.5	30	8.50	0.296	0.90	27.0	296.9	133.6	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	21.2	154.8
9.00	10.00	9.50	15.0	3.5	142.5	60.0	82.5	30	9.50	0.296	0.90	27.0	339.3	152.7	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	21.2	173.9
10.00	11.00	10.50	15.0	3.5	157.5	70.0	87.5	30	10.50	0.296	0.90	27.0	381.7	171.8	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	21.2	193.0
11.00	12.00	11.50	15.0	3.5	172.5	80.0	92.5	30	11.50	0.296	0.90	27.0	424.1	190.9	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	21.2	212.1
12.00	13.00	12.50	15.0	3.5	187.5	90.0	97.5	30	12.50	0.296	0.90	27.0	466.5	209.9	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	21.2	231.1
13.00	14.00	13.50	15.0	3.5	202.5	100.0	102.5	30	13.50	0.296	0.90	27.0	508.9	229.0	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	21.2	250.2
14.00	15.00	14.50	15.0	3.5	217.5	110.0	107.5	30	14.50	0.296	0.90	27.0	551.3	248.1	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	21.2	269.3
15.00	16.00	15.50	15.0	3.5	232.5	120.0	112.5	30	15.50	0.296	0.90	27.0	593.8	267.2	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	21.2	288.4
16.00	17.00	16.50	15.0	3.5	247.5	130.0	117.5	30	16.50	0.296	0.90	27.0	636.2	286.3	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	21.2	307.5
17.00	18.00	17.50	15.0	3.5	262.5	140.0	122.5	30	17.50	0.296	0.90	27.0	678.6	305.4	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	21.2	326.6
18.00	19.00	18.50	15.0	3.5	277.5	150.0	127.5	30	18.50	0.296	0.90	27.0	721.0	324.4	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	21.2	345.7
19.00	20.00	19.50	15.0	3.5	292.5	160.0	132.5	30	19.50	0.296	0.90	27.0	763.4	343.5	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	21.2	364.7
20.00	21.00	20.50	15.0	3.5	307.5	170.0	137.5	30	20.50	0.296	0.90	27.0	805.8	362.6	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	21.2	383.8
21.00	22.00	21.50	15.0	3.5	322.5	180.0	142.5	30	21.50	0.296	0.90	27.0	848.2	381.7	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	21.2	402.9
22.00	23.00	22.50	15.0	3.5	337.5	190.0	147.5	30	22.50	0.296	0.90	27.0	890.6	400.8	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	21.2	422.0
23.00	24.00	23.50	15.0	3.5	352.5	200.0	152.5	30	23.50	0.296	0.90	27.0	933.1	419.9	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	21.2	441.1
24.00	25.00	24.50	15.0	3.5	367.5	210.0	157.5	30	24.50	0.296	0.90	27.0	975.5	439.0	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	21.2	460.2
25.00	26.00	25.50	15.0	3.5	382.5	220.0	162.5	30	25.50	0.296	0.90	27.0	1017.9	458.0	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	21.2	479.2
26.00	27.00	26.50	15.0	3.5	397.5	230.0	167.5	30	26.50	0.296	0.90	27.0	1060.3	477.1	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	21.2	498.3
27.00	28.00	27.50	15.0	3.5	412.5	240.0	172.5	30	27.50	0.296	0.90	27.0	1102.7	496.2	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	21.2	517.4
28.00	29.00	28.50	15.0	3.5	427.5	250.0	177.5	30	28.50	0.296	0.90	27.0	1145.1	515.3	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	21.2	536.5
29.00	30.00	29.50	15.0	3.5	442.5	260.0	182.5	30	29.50	0.296	0.90	27.0	1187.5	534.4	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	21.2	555.6
30.00	31.00	30.50	15.0	3.5	457.5	270.0	187.5	30	30.50	0.296	0.90	27.0	1229.9	553.5	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	21.2	574.7
31.00	32.00	31.50	15.0	3.5	472.5	280.0	192.5	30	31.50	0.296	0.90	27.0	1272.3	572.6	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	21.2	593.8
32.00	33.00	32.50	15.0	3.5	487.5	290.0	197.5	30	32.50	0.296	0.90	27.0	1314.8	591.6	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	21.2	612.8
33.00	34.00	33.50	15.0	3.5	502.5	300.0	202.5	30	33.50	0.296	0.90	27.0	1357.2	610.7	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	21.2	631.9
34.00	35.00	34.50	15.0	3.5	517.5	310.0	207.5	30	34.50	0.296	0.90	27.0	1399.6	629.8	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	21.2	651.0
35.00	36.00	35.50	15.0	3.5	532.5	320.0	212.5	30	35.50	0.296	0.90	27.0	1442.0	648.9	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	21.2	670.1
36.00	37.00	36.50	15.0	3.5	547.5	330.0	217.5	30	36.50	0.296	0.90	27.0	1484.4	668.0	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	21.2	689.2
37.00	38.00	37.50	15.0	3.5	562.5	340.0	222.5	30	37.50	0.296	0.90	27.0	1526.8	687.1	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	21.2	708.3
38.00	39.00	38.50	15.0	3.5	577.5	350.0	227.5	30	38.50	0.296	0.90	27.0	1569.2	706.2	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	21.2	727.4
39.00	40.00	39.50	15.0	3.5	592.5	360.0	232.5	30	39.50	0.296	0.90	27.0	1611.6	725.2	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	21.2	746.4

PILOTES PRE-EXCAVADOS. CCP-95											PILOTES PRE-EXCAVADOS. NSR-10											
Suelos Cohesivos. Método α											Suelos Cohesivos. Método α											
α_{CCP95}	Fuste			Punta							Su/Pa	α_{NSR-10}	Fuste			Punta						
	qs	Qs	QsADM	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	QpADM	QADM			qs	Qs	QsADM	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	QpADM	QADM
	[kPa]	[kN]	[kN]	[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]			[kPa]	[kN]	[kN]	[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	17.0	17.0	0.296	0.83	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	14.1	14.1
0.00	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	21.2	21.2	0.296	0.83	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	17.7	17.7
0.90	27.0	42.4	17.0	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	21.2	38.2	0.296	0.83	24.9	39.0	21.7	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	17.7	39.4
0.90	27.0	84.8	33.9	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	21.2	55.1	0.296	0.83	24.9	78.1	43.4	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	17.7	61.1
0.90	27.0	127.2	50.9	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	21.2	72.1	0.296	0.83	24.9	117.1	65.1	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	17.7	82.8
0.90	27.0	169.6	67.9	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	21.2	89.1	0.296	0.83	24.9	156.2	86.8	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	17.7	104.4
0.90	27.0	212.1	84.8	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	21.2	106.0	0.296	0.83	24.9	195.2	108.5	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	17.7	126.1
0.90	27.0	254.5	101.8	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	21.2	123.0	0.296	0.83	24.9	234.3	130.2	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	17.7	147.8
0.90	27.0	296.9	118.8	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	21.2	140.0	0.296	0.83	24.9	273.3	151.9	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	17.7	169.5
0.90	27.0	339.3	135.7	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	21.2	156.9	0.296	0.83	24.9	312.4	173.5	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	17.7	191.2
0.90	27.0	381.7	152.7	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	21.2	173.9	0.296	0.83	24.9	351.4	195.2	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	17.7	212.9
0.90	27.0	424.1	169.6	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	21.2	190.9	0.296	0.83	24.9	390.5	216.9	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	17.7	234.6
0.90	27.0	466.5	186.6	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	21.2	207.8	0.296	0.83	24.9	429.5	238.6	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	17.7	256.3
0.90	27.0	508.9	203.6	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	21.2	224.8	0.296	0.83	24.9	468.6	260.3	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	17.7	278.0
0.90	27.0	551.3	220.5	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	21.2	241.7	0.296	0.83	24.9	507.6	282.0	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	17.7	299.7
0.90	27.0	593.8	237.5	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	21.2	258.7	0.296	0.83	24.9	546.7	303.7	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	17.7	321.4
0.90	27.0	636.2	254.5	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	21.2	275.7	0.296	0.83	24.9	585.7	325.4	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	17.7	343.1
0.90	27.0	678.6	271.4	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	21.2	292.6	0.296	0.83	24.9	624.8	347.1	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	17.7	364.8
0.90	27.0	721.0	288.4	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	21.2	309.6	0.296	0.83	24.9	663.8	368.8	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	17.7	386.5
0.90	27.0	763.4	305.4	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	21.2	326.6	0.296	0.83	24.9	702.9	390.5	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	17.7	408.1
0.90	27.0	805.8	322.3	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	21.2	343.5	0.296	0.83	24.9	741.9	412.2	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	17.7	429.8
0.90	27.0	848.2	339.3	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	21.2	360.5	0.296	0.83	24.9	780.9	433.9	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	17.7	451.5
0.90	27.0	890.6	356.3	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	21.2	377.5	0.296	0.83	24.9	820.0	455.6	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	17.7	473.2
0.90	27.0	933.1	373.2	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	21.2	394.4	0.296	0.83	24.9	859.0	477.2	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	17.7	494.9
0.90	27.0	975.5	390.2	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	21.2	411.4	0.296	0.83	24.9	898.1	498.9	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	17.7	516.6
0.90	27.0	1017.9	407.2	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	21.2	428.4	0.296	0.83	24.9	937.1	520.6	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	17.7	538.3
0.90	27.0	1060.3	424.1	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	21.2	445.3	0.296	0.83	24.9	976.2	542.3	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	17.7	560.0
0.90	27.0	1102.7	441.1	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	21.2	462.3	0.296	0.83	24.9	1015.2	564.0	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	17.7	581.7
0.90	27.0	1145.1	458.0	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	21.2	479.2	0.296	0.83	24.9	1054.3	585.7	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	17.7	603.4
0.90	27.0	1187.5	475.0	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	21.2	496.2	0.296	0.83	24.9	1093.3	607.4	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	17.7	625.1
0.90	27.0	1229.9	492.0	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	21.2	513.2	0.296	0.83	24.9	1132.4	629.1	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	17.7	646.8
0.90	27.0	1272.3	508.9	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	21.2	530.1	0.296	0.83	24.9	1171.4	650.8	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	17.7	668.5
0.90	27.0	1314.8	525.9	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	21.2	547.1	0.296	0.83	24.9	1210.5	672.5	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	17.7	690.2
0.90	27.0	1357.2	542.9	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	21.2	564.1	0.296	0.83	24.9	1249.5	694.2	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	17.7	711.8
0.90	27.0	1399.6	559.8	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	21.2	581.0	0.296	0.83	24.9	1288.6	715.9	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	17.7	733.5
0.90	27.0	1442.0	576.8	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	21.2	598.0	0.296	0.83	24.9	1327.6	737.6	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	17.7	755.2
0.90	27.0	1484.4	593.8	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	21.2	615.0	0.296	0.83	24.9	1366.7	759.3	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	17.7	776.9
0.90	27.0	1526.8	610.7	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	21.2	631.9	0.296	0.83	24.9	1405.7	780.9	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	17.7	798.6
0.90	27.0	1569.2	627.7	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	21.2	648.9	0.296	0.83	24.9	1444.8	802.6	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	17.7	820.3
0.90	27.0	1611.6	644.7	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	21.2	665.9	0.296	0.83	24.9	1483.8	824.3	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	17.7	842.0

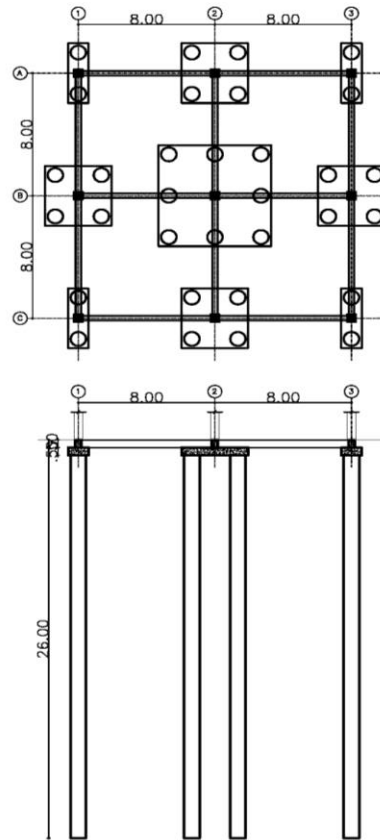
COHESIVO – CAPACIDAD POR FUSTE

Arcilla Media – $S_u = 30$ kPa

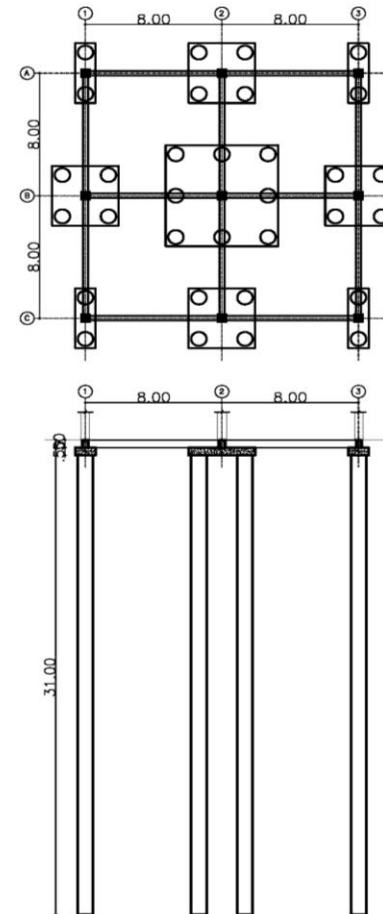
NSR-10 (FS Directo)



CCDSP-95 (FS Global)



AASHTO-2012 (FR ϕ)



10.2.2 Caso IV: Cimiento profundo sobre suelo granular

Para esta condición de análisis se utilizaron métodos β , con las restricciones indicadas en cada una de las normas. Para el cálculo de la resistencia a la fricción del fuste se aplicaron las siguientes expresiones:

- NSR-10: No plantea método, pero indica que $\tau_L = 2/3 \tau_F$, lo cual es equivalente a un factor de seguridad de 1,50. Para la resistencia por punta indica que se deben utilizar teorías convencionales de mecánica de suelos.
- CCDSP-95: El valor de β , es igual a $1,5 - 0,135 (z)^{0,5}$, con un valor límite de $19,6 \text{ t/m}^2$ (Aprox 196 kPa). (z en pies (ft))
- AASHTO 2012: El valor de β depende del valor de N_{160} así:
 - $\beta = 1,5 - 0,135 (z)^{0,5}$ para N_{160} mayor o igual a 15.
 - Para N_{160} menor que 15, $\beta = N_{160}/15(1,5 - 0,135 (z)^{0,5})$
 - Para arenas gravosas y gravas $\beta = 2,0 - 0,06 (z)^{0,75}$
 - Para todos los suelos el valor límite es 4,0 ksf (196 kPa)

Para el cálculo de la capacidad de carga de la punta se aplicaron las siguientes expresiones:

- NSR-10 y CCDSP-95: Para el cálculo de la capacidad portante en la punta se utilizó $Q_t = q_t \cdot A_t$, en donde $q_t = 58,6N \text{ [kN/m}^2\text{]}$ con un valor límite de 4375 kN/m^2 . El valor de N corresponde al SPT sin corregir.
- AASHTO 2012: La capacidad por punta se calculó utilizando la expresión $q_p = 1,2N_{60}$ en ksf, el valor límite recomendado por la AASHTO es 60 ksf para valores de N_{60} menores a 50. En este caso en particular se tomó un estrato con ángulo de fricción constante de 35° , por lo tanto al ser constante el valor de N_{60} , la capacidad en la punta resulta constante.

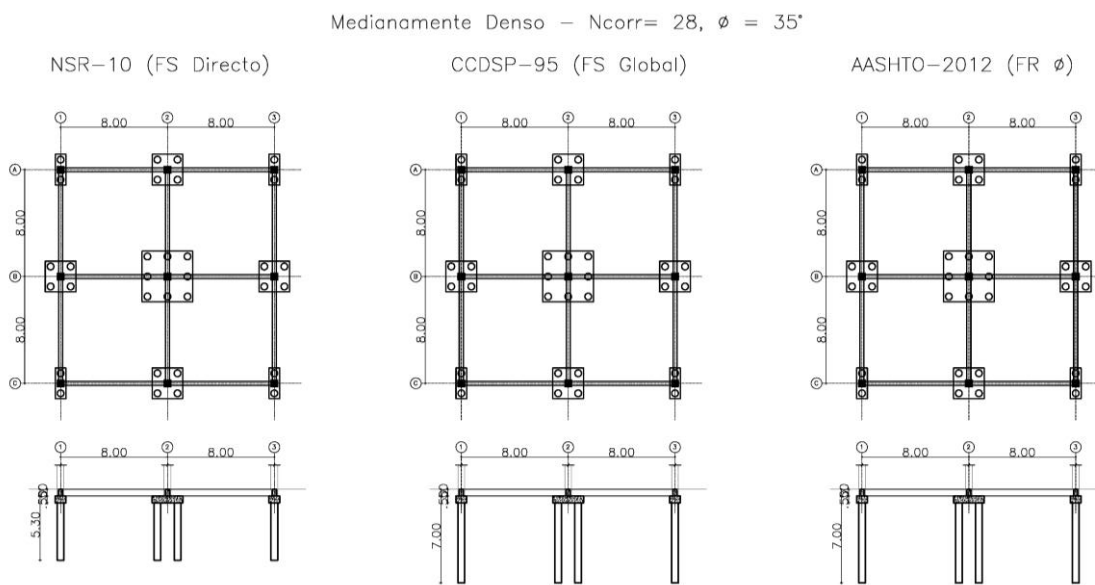
Los factores de seguridad aplicados a cada condición de diseño corresponden con los mostrados en la Tabla 10-7. En este caso tampoco se contemplaron las reducciones debido a la realización de ensayos de carga dinámicos o estáticos sobre los pilotes.

Tabla 10-7 Factores de seguridad y Factor de reducción de resistencia aplicables a cimientos profundos sobre suelos granulares de acuerdo con la NSR-10, el CCDSP-95 y la AASHTO 2012

NSR-10	F.S.	Fuste	1.50	Directo
		Punta	3.00	Indirecto
CCDSP-95	F.S.	Fuste	2.50	Global
		Punta	2.50	
AASHTO - 2012	F.R.	Fuste	0.55	(O'Neill and Reese, 1999)
		Punta	0.50	(O'Neill and Reese, 1999)

La NSR-10 plantea la aplicación de un factor directo para la resistencia en el fuste igual a 1,50 y para la punta un factor de 3,0 igual al de capacidad portante para cimientos superficiales. El código colombiano de diseño sísmico de puentes CCDSP-95, no diferencia entre el comportamiento del fuste y de la punta, aplicando un factor global a la capacidad desarrollada en el fuste y en la punta. Finalmente la AASHTO plantea factores de reducción de resistencia diferentes para el fuste y para la punta si se utiliza el método de diseño de O'Neill y Reese, 1999. Si algún diseñador utiliza un método de cálculo diferente para suelos granulares no se aclara si el factor de reducción sigue siendo el mismo o deba ser calibrado para el método. El resultado del análisis se muestra en la Figura 10-7.

Figura 10-7 Caso IV. Pilotes pre-excavado sobre suelo granular.

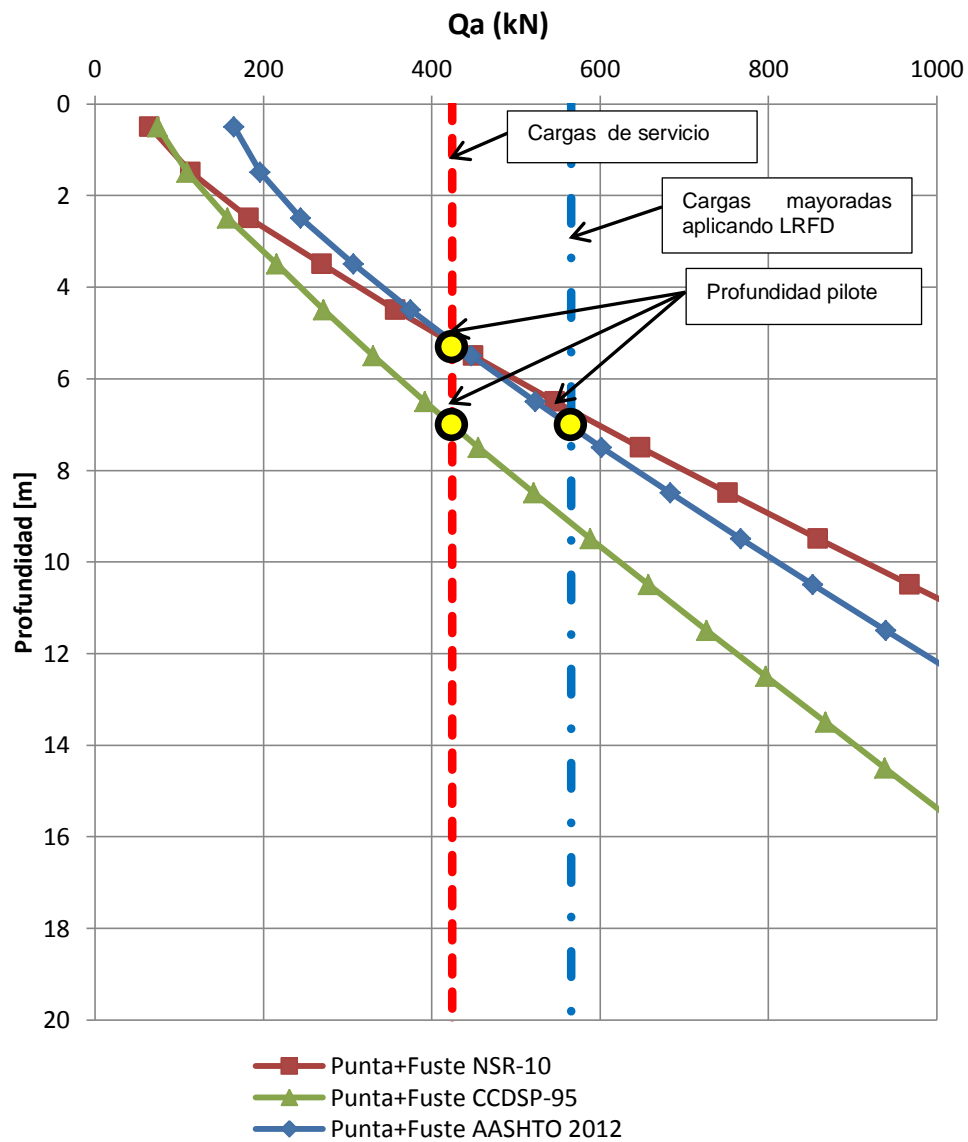


Se puede observar que la NSR-10 nuevamente arroja las menores dimensiones en el diseño y la diferencia respecto de los otros métodos es del 38%, en la Figura 10-8, se presenta la variación de la capacidad con la profundidad para la punta, el fuste y la capacidad total. La longitud estimada para los pilotes es la mostrada en la Tabla 10-8.

Tabla 10-8 Longitud pilotes suelo granular. Ejemplo Caso IV.

NSR-10	5,3
CCDSP-95	7,0
AASHTO-2012	7,0

Figura 10-8 Capacidad de carga de pilotes de fricción en suelos granulares



A partir del diseño realizado se puede concluir que el diseño por la AASHTO para suelos granulares arroja los mismos resultados que los obtenidos con el CCDSP-95 y que la NSR-10 nuevamente permite diseñar con dimensiones menores.

En la Figura 10-8 se puede observar que la capacidad calculada por la AASHTO es igual que el valor determinado con el CCDSP-95

Asumiendo que los procedimientos indicados en las normas son válidos y vigentes se puede concluir que para cimientos profundos en suelos cohesivos y granulares el diseño basado en la NSR-10 resulta más económico y se consideraría el más indicado de aplicar. Desafortunadamente las normas colombianas carecen de investigaciones profundas que sustenten su desarrollo y frente a este ejercicio académico vale la pena reflexionar sobre la pertinencia de su aplicación.

Por otro lado está la costumbre generalizada en Colombia de aplicar las normas y procedimientos que se desarrollan en Estados Unidos, México y Europa sin el debido estudio de sus implicaciones. Como ejemplo está el manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras publicado por el INVIAS en el 2012, en donde se da vía libre a la aplicación en el diseño de los procedimientos de la AASHTO, utilizando exactamente los mismos valores para reducción de resistencia en Colombia o por lo menos para los obras que reciba el INVIAS.

Este planteamiento desconoce la realidad de los estudios geotécnicos en Colombia, los procedimientos de campo, los equipos y laboratorios disponibles y la naturaleza misma de los suelos, ya que iguala condiciones de Estados Unidos con las colombianas. Como se mencionó anteriormente la aplicación del LRFD requiere de una calibración, la cual es posible que conduzca a factores de reducción de resistencia menores que los indicados por la AASHTO, con lo cual la vulnerabilidad de las estructuras con cimientos profundos sobre suelos cohesivos o granulares sea aún mayor.

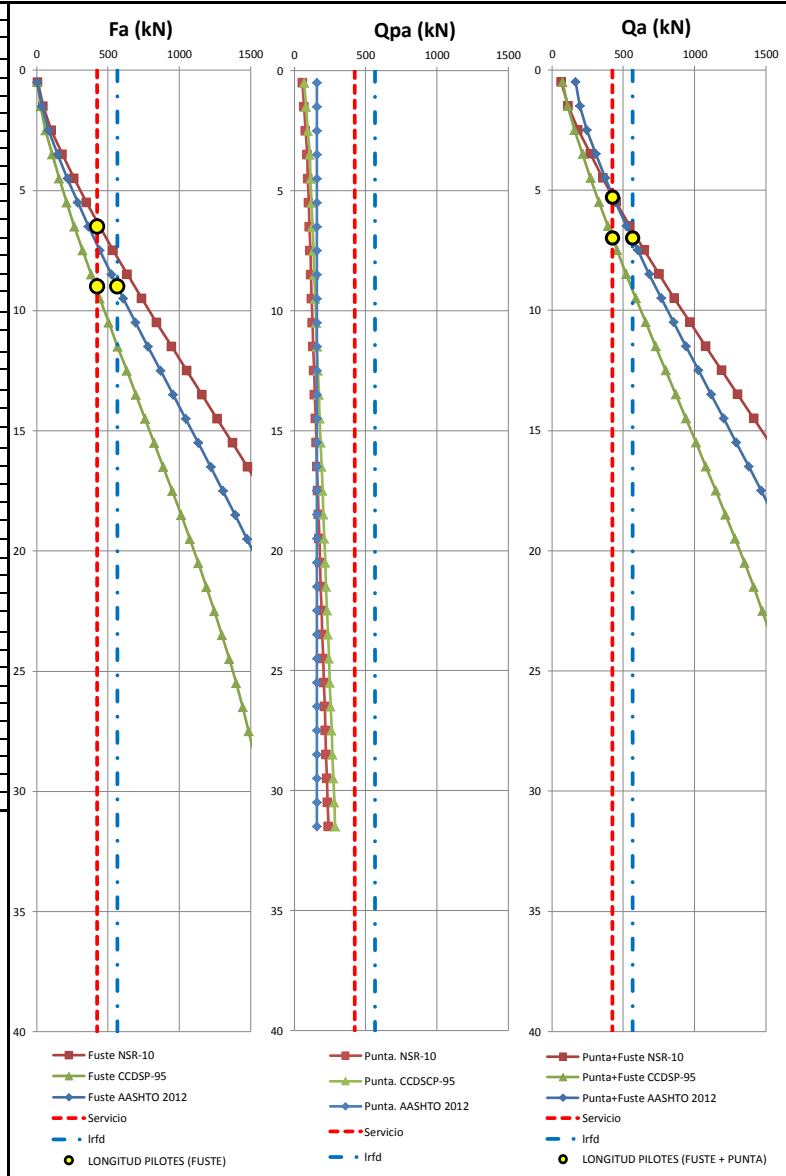
[Página en blanco] – Memorias de cálculo para cimientos profundos en Granulares –

CIMENTACIÓN CON PILOTOS PRE-EXCAVADOS

SUELO DE FUNDACIÓN COHESIVO

EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES		CARGA POR PILOTE		NSR-10 - F.S. Directo			CCDSP-95			AASHTO - 2012					
		CM	CV	CT	Diam	# Pilotes	q _{act}	q _{act}	CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE					
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	Prof	Fa	Qpa	Qa	Fa	Qpa	Qa	Fa	Qpa	Qa		
A1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	0.5	7	58	65	4	70	74	6	159	165		
A2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	1.5	45	69	114	27	83	110	37	159	196		
A3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	2.5	103	80	183	62	96	157	85	159	244		
B1	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	3.5	179	90	270	108	108	216	148	159	307		
B2	64.0	2827	565	3392	0.50	8	424	565	4.5	262	96	357	157	115	272	216	159	375		
B3	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	5.5	349	101	450	209	121	331	288	159	447		
C1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	6.5	441	106	547	264	128	392	364	159	523		
C2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	7.5	536	112	648	322	134	456	443	159	602		
C3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	8.5	635	117	752	381	140	522	524	159	684		
Total	256.0	11307	2261	13568			CARGAS DE DISEÑO		9.5	737	122	859	442	147	589	608	159	767		
						Servicio		Irfd	10.5	841	128	968	504	153	657	694	159	853		
						0		424	0	565.333	11.5	946	133	1079	568	159	727	781	159	940
						40		424	40	565.333	12.5	1053	138	1191	632	166	797	868	159	1028
						LONGITUD PILOTES (FUSTE)														
						Código		q _{act}	L [m]	14.5	1267	149	1416	760	179	939	1045	159	1205	
						NSR-10		424	6.5	15.5	1374	154	1528	824	185	1009	1133	159	1293	
						CCDSP-95		424	9.0	16.5	1480	159	1639	888	191	1079	1221	159	1380	
						AASHTO 2012		565.33	9.0	17.5	1585	165	1750	951	198	1149	1308	159	1467	
						LONGITUD PILOTES (FUSTE + PUNTA)														
						Código		q _{act}	L [m]	19.5	1789	175	1965	1074	210	1284	1476	159	1636	
						NSR-10		424	5.3	20.5	1888	181	2069	1133	217	1350	1558	159	1717	
						CCDSP-95		424	7.0	21.5	1984	186	2170	1191	223	1414	1637	159	1796	
						AASHTO 2012		565.33	7.0	22.5	2077	191	2268	1246	230	1476	1713	159	1873	
						PLACA APOYADA EN PILOTES														
						Código		q _{act}	L [m]	29.5	2603	229	2831	1562	274	1836	2147	159	2307	
						NSR-10		543	6.8	30.5	2656	234	2890	1594	281	1874	2191	159	2351	
						CCDSP-95		543	8.8	31.5	2703	239	2942	1622	287	1909	2230	159	2389	
						AASHTO 2012		724	9.5											

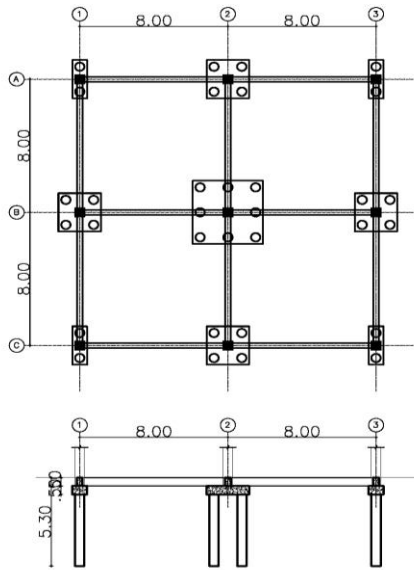
En el presente abaco de diseño no se tienen en cuenta efectos de grupo, cargas laterales o el desarrollo de cargas negativas debido a estratos colgados.
Dentro del alcance académico del presente trabajo solamente se compararon los resultados de capacidad de carga para un pilote individual.



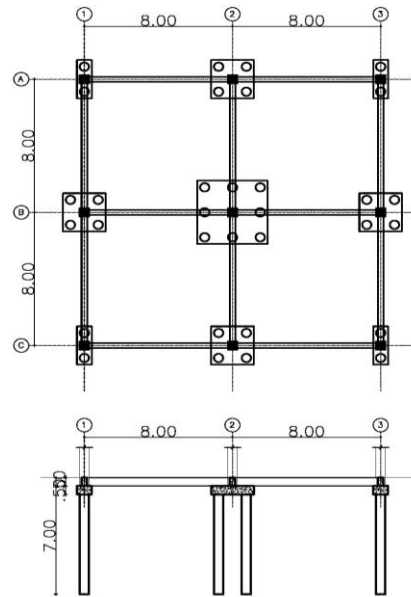
Prof Media	PILOTES PRE-EXCAVADOS. CCDSP-95										Prof Media	PILOTES PRE-EXCAVADOS. NSR-10									
	Suelos Granulares. Método β											Suelos Granulares. Método β									
	Fuste					Punta						Fuste					Punta				
	N60	β_{CCDSP}	qs	Qs	Qs _{ADM}	N	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}		N60	β_{NSR10}	qs	Qs	Qs _{ADM}	N	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}
[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.50	28	1.33	13.3	10.4	4.2	15	893	175	70	74	0.50	28	1.33	13.3	10.4	6.9	15	893	175	58	65
1.50	28	1.20	36.0	67.0	26.8	18	1056	207	83	110	1.50	28	1.20	36.0	67.0	44.7	18	1056	207	69	114
2.50	28	1.11	55.7	154.4	61.8	21	1218	239	96	157	2.50	28	1.11	55.7	154.4	103.0	21	1218	239	80	183
3.50	28	1.04	73.0	269.1	107.6	24	1381	271	108	216	3.50	28	1.04	73.0	269.1	179.4	24	1381	271	90	270
4.50	28	0.98	78.5	392.4	157.0	25	1462	287	115	272	4.50	28	0.98	78.5	392.4	261.6	25	1462	287	96	357
5.50	28	0.93	83.4	523.4	209.4	26	1543	303	121	331	5.50	28	0.93	83.4	523.4	348.9	26	1543	303	101	450
6.50	28	0.88	87.7	661.1	264.4	28	1624	319	128	392	6.50	28	0.88	87.7	661.1	440.7	28	1624	319	106	547
7.50	28	0.83	91.3	804.6	321.8	29	1705	335	134	456	7.50	28	0.83	91.3	804.6	536.4	29	1705	335	112	648
8.50	28	0.79	94.5	953.0	381.2	30	1787	351	140	522	8.50	28	0.79	94.5	953.0	635.3	30	1787	351	117	752
9.50	28	0.75	97.0	1105.4	442.2	32	1868	367	147	589	9.50	28	0.75	97.0	1105.4	736.9	32	1868	367	122	859
10.50	28	0.71	99.1	1261.0	504.4	33	1949	383	153	657	10.50	28	0.71	99.1	1261.0	840.7	33	1949	383	128	968
11.50	28	0.67	100.6	1419.1	567.6	35	2030	399	159	727	11.50	28	0.67	100.6	1419.1	946.1	35	2030	399	133	1079
12.50	28	0.64	101.7	1578.8	631.5	36	2111	415	166	797	12.50	28	0.64	101.7	1578.8	1052.6	36	2111	415	138	1191
13.50	28	0.60	102.3	1739.5	695.8	37	2193	431	172	868	13.50	28	0.60	102.3	1739.5	1159.7	37	2193	431	144	1303
14.50	28	0.57	102.4	1900.4	760.2	39	2274	446	179	939	14.50	28	0.57	102.4	1900.4	1266.9	39	2274	446	149	1416
15.50	28	0.54	102.1	2060.8	824.3	40	2355	462	185	1009	15.50	28	0.54	102.1	2060.8	1373.9	40	2355	462	154	1528
16.50	28	0.51	101.4	2220.0	888.0	42	2436	478	191	1079	16.50	28	0.51	101.4	2220.0	1480.0	42	2436	478	159	1639
17.50	28	0.48	100.2	2377.4	951.0	43	2517	494	198	1149	17.50	28	0.48	100.2	2377.4	1585.0	43	2517	494	165	1750
18.50	28	0.45	98.6	2532.4	1013.0	44	2599	510	204	1217	18.50	28	0.45	98.6	2532.4	1688.3	44	2599	510	170	1858
19.50	28	0.42	96.7	2684.2	1073.7	46	2680	526	210	1284	19.50	28	0.42	96.7	2684.2	1789.5	46	2680	526	175	1965
20.50	28	0.39	94.3	2832.4	1133.0	47	2761	542	217	1350	20.50	28	0.39	94.3	2832.4	1888.3	47	2761	542	181	2069
21.50	28	0.37	91.6	2976.3	1190.5	49	2842	558	223	1414	21.50	28	0.37	91.6	2976.3	1984.2	49	2842	558	186	2170
22.50	28	0.34	88.5	3115.2	1246.1	50	2923	574	230	1476	22.50	28	0.34	88.5	3115.2	2076.8	50	2923	574	191	2268
23.50	28	0.31	85.0	3248.7	1299.5	51	3005	590	236	1535	23.50	28	0.31	85.0	3248.7	2165.8	51	3005	590	197	2362
24.50	28	0.29	81.1	3376.2	1350.5	53	3086	606	242	1593	24.50	28	0.29	81.1	3376.2	2250.8	53	3086	606	202	2453
25.50	28	0.27	77.0	3497.1	1398.8	54	3167	622	249	1648	25.50	28	0.27	77.0	3497.1	2331.4	54	3167	622	207	2539
26.50	28	0.24	72.4	3610.8	1444.3	55	3248	638	255	1699	26.50	28	0.24	72.4	3610.8	2407.2	55	3248	638	213	2620
27.50	28	0.22	67.5	3716.9	1486.8	57	3330	654	261	1748	27.50	28	0.22	67.5	3716.9	2477.9	57	3330	654	218	2696
28.50	28	0.19	62.3	3814.8	1525.9	58	3411	670	268	1794	28.50	28	0.19	62.3	3814.8	2543.2	58	3411	670	223	2766
29.50	28	0.17	56.8	3904.0	1561.6	60	3492	686	274	1836	29.50	28	0.17	56.8	3904.0	2602.6	60	3492	686	229	2831
30.50	28	0.15	50.9	3983.9	1593.6	61	3573	702	281	1874	30.50	28	0.15	50.9	3983.9	2656.0	61	3573	702	234	2890
31.50	28	0.13	44.7	4054.2	1621.7	62	3654	718	287	1909	31.50	28	0.13	44.7	4054.2	2702.8	62	3654	718	239	2942

Medianamente Denso – Ncorr= 28, $\phi = 35^\circ$

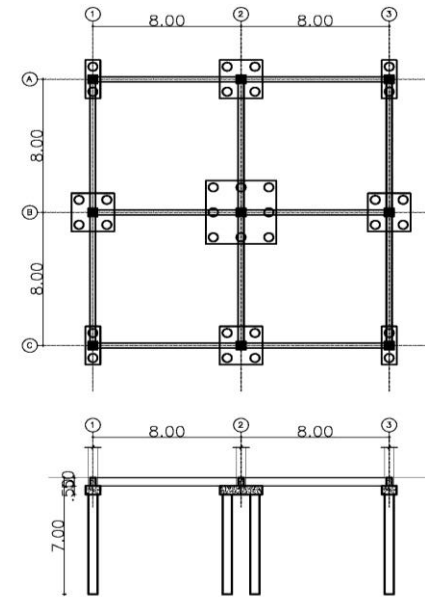
NSR-10 (FS Directo)



CCDSP-95 (FS Global)



AASHTO-2012 (FR ϕ)



11 APLICACIÓN DEL “LRFD” EN DISEÑOS GEOTÉCNICOS EN COLOMBIA. ¿CÓMO EMPEZAR?

Las ventajas que brinda la aplicación de LRFD están encaminadas a lograr edificaciones confiables y con una baja probabilidad de falla, de acuerdo con el estado límite que se requiera evaluar. Como se ha visto en el caso europeo y en el norteamericano, la aplicación de este procedimiento de diseño no es fácil y requiere de gran tiempo debido a la cantidad de información necesaria para la calibración de los factores de resistencia.

De acuerdo con lo anterior, para lograr la aplicación de esta metodología se deben adelantar esfuerzos en dos áreas principalmente:

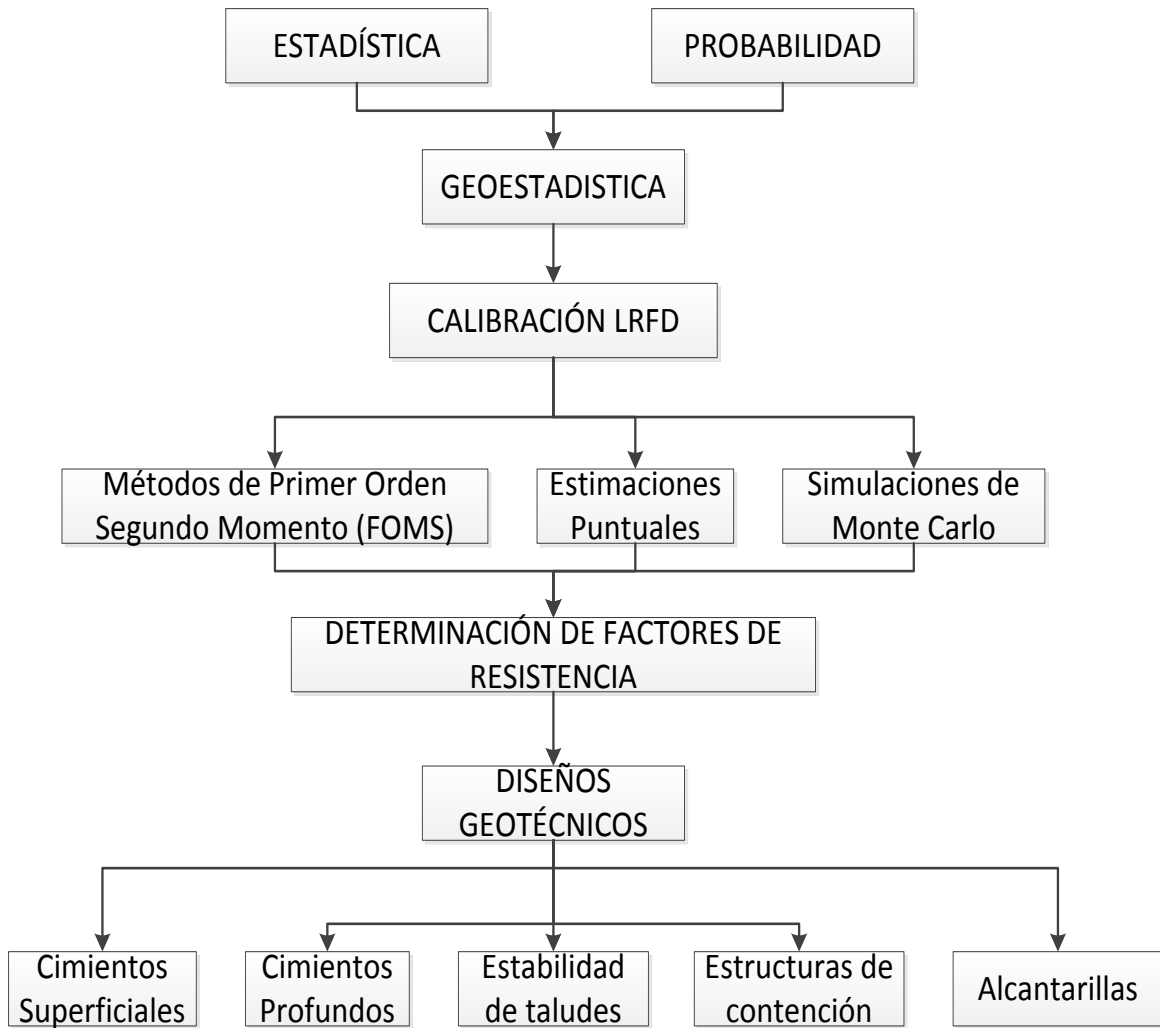
- Universidades
- Normatividad

11.1 UNIVERSIDADES FRENTE A LRFD

Teniendo en cuenta que en la filosofía del método está el garantizar confiabilidad en las obras y una probabilidad de falla acorde con el tipo de obra, es necesario que en las Universidades que dictan programas de especialización en Geotecnia, se implemente en su malla curricular asignaturas relacionadas con probabilidad y estadística aplicadas a geotecnia, ya que son las universidades las encargadas de aportar los conocimientos necesarios para que los profesionales realicen la transición entre los dos métodos, sin tener mayores complicaciones.

A partir de ese conocimiento se podrá analizar la manera en que se deben adelantar los trabajos geotécnicos y la forma correcta de establecer los factores de resistencia según el caso de análisis. En la Figura 11-1 se presenta la secuencia que se considera debe seguir el diseño geotécnico, cuando se quieren determinar los factores de resistencia por utilizar en diseño. Estas áreas corresponden con las que se deben reforzar en los programas de Maestría y Especialización geotécnica.

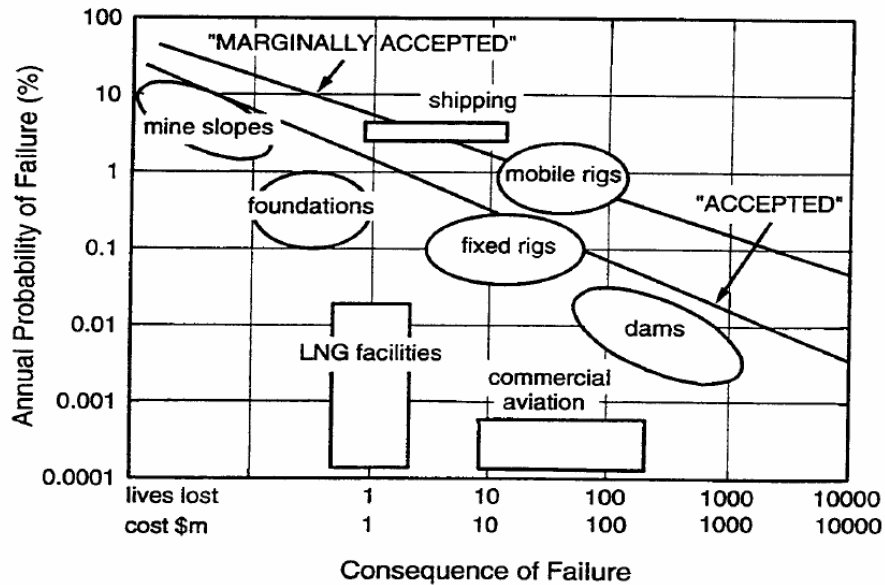
Figura 11-1 Secuencia típica en el desarrollo de un diseño geotécnico aplicando LRFD



Estos análisis están enfocados en lograr diseños con factores de seguridad más equilibrados y con probabilidades de falla de acuerdo con el tipo de obra que se esté diseñando. En la Figura 11-2 se presenta la recomendación que la FHWA⁷, hace para calcular las pérdidas económicas asociadas con la probabilidad de falla. Este planteamiento se realizó a partir de estimaciones empíricas, relacionando la pérdida económica con la probabilidad de falla esperada según la importancia y tipo de obra.

⁷ FHWA: Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation

**Figura 11-2 Pérdidas económicas debidas a fallas en obras civiles. Estimaciones empíricas
(Federal Highway Administration, 2001)**



**Empirical Rates of Failure for Civil Works Facilities
(Kulhawy, et al., 1995)**

Además de complementar los programas académicos las Universidades están en la obligación de impulsar programas de investigación, pues en la actualidad la mayoría de ellas enfoca los trabajos de grado de los programas de postgrado hacia temas de profundización, pero éstos no conducen a la generación de nuevos conocimientos.

11.2 NORMATIVIDAD FRENTE A LRFD

Como se explicó anteriormente las normas colombianas encargadas de regular los diseños geotécnicos (NSR-10, CCCP-95), van por caminos diferentes y, aunque es lógico pensar, que los tipos de obras no son comparables, no por ello se debe descartar un método que apunta hacia mejores resultados, por ejemplo el LRFD.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, por medio de los Comités AIS 100 (Diseño y Construcción Sismo Resistente de Edificaciones) y AIS 200 (Diseño y Construcción Sismo Resistente de Puentes) es la encargada de preparar las normas aplicables en Colombia en temas relacionados con diseños estructurales y geotécnicos de Edificaciones y Puentes, respectivamente, y es su deber lograr armonía entre las normas

para lograr que los factores de seguridad y las probabilidades de falla sean homogéneas, independientemente del tipo de estructura diseñada o de la norma aplicada. Por lo tanto se deben unificar los criterios aplicados en las normas vigentes.

Adicionalmente es necesario que exista un mayor control sobre la gestión realizada por las curadurías por parte del Gobierno y que exista capacitación permanente por parte de las universidades a los funcionarios encargados de aprobar las licencias de construcción.

Para lograr la implementación de LRFD se requiere gran cantidad de información geotécnica y estructural. Por lo tanto, es necesario que desde la normatividad se cree una entidad que regule aspectos como:

- Calidad de los estudios de suelos. Las empresas consultoras deberán reportar los estudios de suelos realizados ante esta entidad, garantizando la reserva necesaria para el cliente que haya contratado los servicios, pero aportando información necesaria para analizar estadísticamente los materiales encontrados. Al verificar la calidad se observarán aspectos como cantidad y profundidad de investigaciones geotécnicas, cantidad y calidad de muestras recuperadas, dispersión de los datos recopilados en campo y laboratorio.
- Instrumentación geotécnica. Es necesario que los proyectos, en general, cuenten con instrumentación geotécnica suficiente, la cual permitirá analizar aspectos como niveles de deformación que presente la estructura, cargas permanentes reales sobre el suelo de fundación, variación de las cargas transitorias, valores pico en eventos extremos, entre otros.

Con el manejo de esta información resultará más fácil ajustar los factores de carga y los factores de resistencia, por sectores y por tipo de suelo. Esta labor se puede realizar mediante la publicación anual de una cartilla en donde se registren los datos estadísticos de los diferentes estudios de suelos realizados y aprobados a nivel nacional.

Es necesario desarrollar un proyecto de investigación financiado por el Estado, que permita establecer de manera adecuada la confiabilidad real de los estudios de suelos en Colombia, es decir, que, con el objetivo de implementar en los diseños geotécnicos los conceptos de confiabilidad, es necesario generar una gran base de datos detallada de uso público que permita establecer la veracidad y calidad de los trabajos realizados, publicar valores típicos de los parámetros geotécnicos y definir desde el punto de vista estadístico

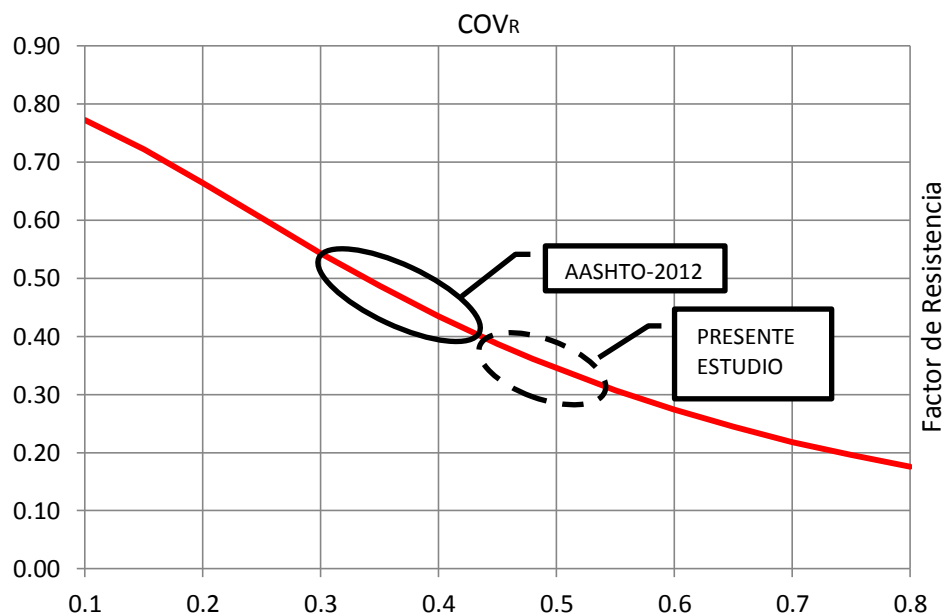
las funciones de densidad de probabilidad que de deban utilizar en la calibración de los factores de resistencia por regiones o zonas típicas en Colombia.(Microzonificación geoestadística para Colombia)

12 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO EN LA APLICACIÓN DE LRFD

La implementación del diseño por confiabilidad para diseños geotécnicos presenta además de los beneficios propios del método (Ver Tabla 2-1), la posibilidad de lograr ahorros económicos en los proyectos, lo cual se alcanzaría con una mayor inversión en las etapas de diseño y específicamente en las etapas de exploración de campo y ensayos de laboratorio así como de ensayos de carga.

Con un incremento en la exploración de campo y un aumento en la cantidad y la calidad de los ensayos de laboratorio se lograría precisar el Coeficiente de Variación de la resistencia (COV_R) al comprender de una manera más acertada el comportamiento estadístico de las variables geotécnicas. Como se puede observar en la Figura 12-1, en la actualidad la AASHTO 2012 maneja valores de factor de resistencia entre 0,40 y 0,55, lo que equivale a coeficientes de variación entre 0,30 y 0,45. Con el presente estudio se estimaron valores para el factor de resistencia entre 0,30 y 0,40 con coeficientes de variación entre 0,45 y 0,55.

Figura 12-1 Relación entre el COV_R y el Factor de Resistencia



Para lograr que la aplicación del método se traduzca en ahorros de tipo económico en el costo general de las cimentaciones se debe fijar como criterio geotécnico que los coeficientes de variación de las resistencias estén en rangos comprendidos entre 0,25 y 0,35, lo cual permitiría utilizar factores de resistencia entre 0,48 y 0,60. Este incremento en la resistencia disponible en el suelo representa una mejora entre el 8% y hasta el 30% de la capacidad.

Como se analizó en el Capítulo 8, el coeficiente de variación se estabiliza en función de la cantidad de ensayos o datos que se tengan a disposición. En la Figura 8-12 se observa que en función del Coeficiente de variación esperado para una variable geotécnica se puede estimar el número mínimo de ensayos requeridos ($\#Muestras = 96XCOV^{1.08}$). Esta expresión es una aproximación encontrada en el presente estudio, sin embargo, se requiere de una investigación profunda que se enfoque de una manera más específica en la variación de cada parámetro geotécnico requerido para diseño.

Para los coeficientes de variación esperados en los ensayos de laboratorio y en los ensayos de campo (Ver Tabla 8-3) se requieren los ensayos de campo y laboratorio presentados en la Tabla 12-1, en cada estrato encontrado en un diseño geotécnico particular o bien sobre el estrato que se utilice como suelo de fundación.

A manera de ejemplo, se presenta la exploración requerida de acuerdo con la NSR-10 para un Edificio de 7 pisos de altura y un sótano localizado en la Ciudad de Bogotá.

Para efectos de la comparación se considera que la profundidad es adecuada ya que analiza el efecto de las cargas y su disipación con la profundidad y solamente se requiere ajustar la cantidad de ensayos de campo y/o laboratorio.

Tabla 12-1 Número de datos requeridos por parámetro y tipo de suelo.

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO	COV		# DATOS	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Peso unitario seco (γ_d)	Grava	0.13	0.15	11	13
	Arena	0.07	0.1	6	8
	Limo	0.16	0.17	14	15
	Arcilla	0.1	0.16	8	14
Peso unitario (γ_t)	Grava	0.08	0.11	7	9
	Arena	0.07	0.08	6	7
	Limo	0.08	0.14	7	12
	Arcilla	0.07	0.12	6	10
SPT – N	Grava	0.09	0.85	8	81
	Arena	0.09	0.56	8	52
	Limo	/	/	/	/
	Arcilla	/	/	/	/
SPT – Ncorr	Grava	0.09	0.84	8	80
	Arena	0.11	0.53	9	49
	Limo	/	/	/	/
	Arcilla	/	/	/	/
Ángulo de Fricción. (ϕ')	Grava	0.03	0.24	3	21
	Arena	0.05	0.16	4	14
	Limo	0.22	0.28	19	25
	Arcilla	0.29	0.32	26	29
Cohesión. (c')	Grava	/	/	/	/
	Arena	0.68	0.69	64	65
	Limo	0.56	0.61	52	57
	Arcilla	0.44	0.64	40	60
Compresión Inconfinada. (q_u)	Grava	0.81	0.81	77	77
	Arena	0.18	0.74	16	70
	Limo	0.76	0.82	72	78
	Arcilla	0.31	0.83	28	79
Relación de vacíos. (e_0)	Grava	/	/	/	/
	Arena	0.38	0.38	34	34
	Limo	0.31	0.31	28	28
	Arcilla	0.37	0.43	33	39
Gravedad específica. (G_s)	Grava	0.04	0.04	3	3
	Arena	0.04	0.03	3	3
	Limo	0.05	0.09	4	8
	Arcilla	0.05	0.06	4	5
Índice de Compresión (C_c)	Grava	/	/	/	/
	Arena	0.12	0.14	10	12
	Limo	0.09	0.09	8	8
	Arcilla	0.56	0.68	52	64
Índice de Recompresión (C_r)	Grava	/	/	/	/
	Arena	0.16	0.33	14	29
	Limo	0.08	0.08	7	7
	Arcilla	0.58	0.69	54	65

[Página en blanco] – Memorias de cálculo planificación exploración del suelo NSR-10

PLANIFICACION EXPLORACION DEL SUELO DE ACUERDO CON LA NSR-10

PROYECTO DE 4 EDIFICIOS

NÚMERO DE EXPLORACIONES

Determinacion de la Categoría de la Edificación

Tabla H.3.1-1 NSR-10 Clasificación de las unidades de construcción por categorías		
Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Menores de 4.000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Menores de 8.000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8.000 kN

Niveles de construcción del Proyecto

8

Carga de servicio máxima por columna o zapata

5,760.00 kN

Cimentacion Corrida **NO**

Df 4.50 m

NF 5.00 m

Area Aferente. 64.00 m².

No Pisos 7

Sotanos 1

Carga Cubierta 0.60 t/m²Carga Pisos Intermedio 1.00 t/m²Carga Sotanos 1.40 t/m²Carga Total 9.00 t/m²

Carga Total 576.00 t

Categoría de la Edificación	Alta
-----------------------------	------

Según los niveles de construcción Media

Según cargas máximas de servicio Alta

Determinacion del número mínimo y profundidad mínima de sondeos

Tabla H.3.2-1 NSR-10 Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción		
Categoría de la unidad de construcción	Profundidad mínima de sondeos. (m)	Número mínimo de sondeos
Baja	6.00	3
Media	15.00	4
Alta	25.00	4
Especial	30.00	5

Categoría de la Edificación	Alta	Profundidad 25	No Sondeos 4
------------------------------------	------	----------------	--------------

Efecto de Repetición		Profundidad Mínima	No Total de Sondeos
Unidades de construccion	4	25	10

Profundidad de los Sondeos de Acuerdo con H.3.2.5

Cimentacion Corrida **NO**

Df 4.50 m

NF 5.00 m

B	L
m	m

PLANIFICACION EXPLORACION DEL SUELO DE ACUERDO CON LA NSR-10

PROYECTO DE 4 EDIFICIOS

Area Aferente.	600.00 m2.	20.00	30.00
No Pisos	7		
Sotanos	1		
Carga Cubierta	0.60 t/m2		
Carga Pisos Intermedio	1.00 t/m2		
Carga Sotanos	1.40 t/m2		
Carga Total	9.00 t/m2		
Carga Total	5,400.00 t		

		Df	Z	H
0.)	De acuerdo con la Tabla H.3.2-1	4.50	25.00	29.50
a.)	$\sigma_v = \sigma_{v_o} \times 0.10$	3	4.50	51.00

Zm	Df	Z'm	AREA		σ_v	%
			B	L		
m	m	m	m	m	tn/m2	
4.50	4.50	-	20.00	30.00	9.00	100%
7.50	4.50	3.00	23.00	33.00	7.11	79%
10.50	4.50	6.00	26.00	36.00	5.77	64%
13.50	4.50	9.00	29.00	39.00	4.77	53%
16.50	4.50	12.00	32.00	42.00	4.02	45%
19.50	4.50	15.00	35.00	45.00	3.43	38%
22.50	4.50	18.00	38.00	48.00	2.96	33%
25.50	4.50	21.00	41.00	51.00	2.58	29%
28.50	4.50	24.00	44.00	54.00	2.27	25%
31.50	4.50	27.00	47.00	57.00	2.02	22%
34.50	4.50	30.00	50.00	60.00	1.80	20%
37.50	4.50	33.00	53.00	63.00	1.62	18%
40.50	4.50	36.00	56.00	66.00	1.46	16%
43.50	4.50	39.00	59.00	69.00	1.33	15%
46.50	4.50	42.00	62.00	72.00	1.21	13%
49.50	4.50	45.00	65.00	75.00	1.11	12%
52.50	4.50	48.00	68.00	78.00	1.02	11%
55.50	4.50	51.00	71.00	81.00	0.94	10%

b.)	1.5 Veces el ancho de la losa corrida de cimentacion	4.50	30.00	34.50
c.)	2.5 Veces el ancho de la zapata de mayor dimensión	4.50	5.00	9.50
d.)	Longitud del pilote más largo, más 4 veces el diámetro, o 2	4.50	-	4.50
e.)	2.5 Veces el ancho del cabezal de mayor dimensión para grupos	4.50	-	4.50
f.)	Excavaciones en general. 1.5 veces la profundidad de la	4.50	6.75	11.25
ff.)	En suelos E y F. Dos (2) veces la profundidad de la excavación	4.50	-	4.50
g.)	Exploración en estratos rocosos	4.50	-	4.50
h.)	$\Delta\sigma'_v / \sigma_{v_{oi}} = 0.05$	1.25	4.50	21.25

γ_{SUELO}

tn/m3
1.40

PLANIFICACION EXPLORACION DEL SUELO DE ACUERDO CON LA NSR-10

PROYECTO DE 4 EDIFICIOS

Zm	Z'm	NF	U	AREA		$\Delta\sigma'_v$	$\sigma_{v_{oi}}$	$\Delta\sigma'_v / \sigma_{v_{oi}}$
				B	L			
m	m	m	tn/m2	m	m	tn/m2	tn/m2	tn/m2
4.50	-	-	-	20.00	30.00	2.70	6.30	42.9%
5.75	1.25	5.00	0.75	21.25	31.25	2.44	7.30	33.4%
7.00	2.50	5.00	2.00	22.50	32.50	2.22	7.80	28.4%
8.25	3.75	5.00	3.25	23.75	33.75	2.02	8.30	24.4%
9.50	5.00	5.00	4.50	25.00	35.00	1.85	8.80	21.0%
10.75	6.25	5.00	5.75	26.25	36.25	1.70	9.30	18.3%
12.00	7.50	5.00	7.00	27.50	37.50	1.57	9.80	16.0%
13.25	8.75	5.00	8.25	28.75	38.75	1.45	10.30	14.1%
14.50	10.00	5.00	9.50	30.00	40.00	1.35	10.80	12.5%
15.75	11.25	5.00	10.75	31.25	41.25	1.26	11.30	11.1%
17.00	12.50	5.00	12.00	32.50	42.50	1.17	11.80	9.9%
18.25	13.75	5.00	13.25	33.75	43.75	1.10	12.30	8.9%
19.50	15.00	5.00	14.50	35.00	45.00	1.03	12.80	8.0%
20.75	16.25	5.00	15.75	36.25	46.25	0.97	13.30	7.3%
22.00	17.50	5.00	17.00	37.50	47.50	0.91	13.80	6.6%
23.25	18.75	5.00	18.25	38.75	48.75	0.86	14.30	6.0%
24.50	20.00	5.00	19.50	40.00	50.00	0.81	14.80	5.5%
25.75	21.25	5.00	20.75	41.25	51.25	0.77	15.30	5.0%

RESUMEN EXPLORACIONES

Metodo	Descripción	Profundidad H (m)	50% Exploraciones	50% Exploraciones	No Exploraciones	Recuperacion de Muestra	REFERENCIA EXPLORACION
0.)	De acuerdo con la Tabla H.3.2-1	29.50	30%		3.00		S-2
a.)	Hasta donde se cumple que el esfuerzo generado sea el 10% del esfuerzo original	55.50	20%		2.00		S-1
b.)	1.5 Veces el ancho de la losa corrida de cimentacion	34.50	0%		-		
c.)	2.5 Veces el ancho de la zapata de mayor dimensión	9.50	0%		-		
d.)	Longitud del pilote más largo, más 4 veces el diámetro, o 2 veces el ancho	4.50	0%		-		
e.)	2.5 Veces el ancho del cabezal de mayor dimensión para grupos de pilotes	4.50	0%		-		
f.)	Excavaciones en general. 1.5 veces la profundidad de la excavación	11.25	0%		-	X	
ff.)	En suelos E y F. Dos (2) veces la profundidad de la excavación	4.50	0%		-		
g.)	Exploración en estratos rocosos	4.50	0%		-		
h.)	Hasta donde el esfuerzo vertical efectivo sea menor que el 5% del esfuerzo	25.75	0%	50%	5.00	X	S-3
		55.50	50%	50%	10.00		

PLANIFICACION EXPLORACION DEL SUELO DE ACUERDO CON LA NSR-10

PROYECTO DE 4 EDIFICIOS

REF	DESCRIPCION EXPLORACION	PROGRAMA PRELIMINAR DE ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
S-1	Perforación hasta 55.0 m de profundidad medidos desde el nivel actual del terreno. Exploración con recuperación de muestra tipo TS en cada cambio de material o cada 1.50m.	Para cada muestra realizar: Identificación y clasificación, Permeabilidad, Compresibilidad, Relaciones esfuerzo-deformación, Resistencia al corte	2.00
S-2	Perforación hasta 34.50m de profundidad medidos desde el nivel actual del terreno. Sondeo tipo SPT con recuperación de muestra.	Ensayos en campo.	3.00
S-3	Perforación hasta 20.0m de profundidad medidos desde el nivel actual del terreno. Sondeo tipo SPT y VST para cada cambio de materia o 1.50m sin recuperación de muestra.	Ensayos en campo.	5.00

Cantidad de Muestras	S-1	74
	S-2	69
	S-3	0
	Total	143

Como se pudo observar con la aplicación de las recomendaciones de la NSR-10 se deben recuperar 143 muestras para practicar ensayos de laboratorio, pero no se especifica cuántos ensayos se deben realizar.

Por otra parte, aplicando los conceptos de diseño por confiabilidad se requeriría recuperar 345 muestras (Ver Tabla 12-2) lo que representa un incremento del 140% en comparación con la NSR-10

Tabla 12-2 Número de datos requeridos (Ejemplo 4 Edificios).

	COV	# Datos
Peso Unitario	0.17	15
SPT	0.60	56
Cortes Directos	0.30	27
Compresión Inconfinada	0.60	56
Consolidaciones	0.20	17
Para un Edificio en Bogotá, se esperaría encontrar más de 3 estratos cohesivos diferentes, y se esperaría tener una buena cantidad de datos geotécnicos:		
	COV	# Datos
Peso Unitario	0.17	45
Cortes Directos	0.30	81
Compresión Inconfinada	0.70	168
Consolidaciones	0.30	51
Total Muestras aplicando Confiabilidad		345
El total de muestras aplicando la NSR-10 son		143
Asumiendo que de cada muestra se obtiene un dato, se produce un incremento del		140%

Utilizando valores del mercado actual en Bogotá tanto para los estudios de suelos como para la construcción de edificaciones se tendría en general un ahorro, ya que el incremento en los costos del estudio de suelos es rápidamente adsorbido por el ahorro que se lograría en el tamaño de la cimentación (Ver Tabla 12-3).

Este ejercicio no es concluyente pero si es un indicador de las ventajas adicionales que se obtendrían en la aplicación del diseño por confiabilidad a los estudios geotécnicos.

Tabla 12-3 Costo / Beneficio en la aplicación del diseño por Confiabilidad

(Ejemplo 4 Edificios)

COSTOS NSR-10				
	%	VR/ML	CANTIDAD	VR/TOTAL
Costo por ml de exploración		\$ 250,000	354	\$ 88,375,000
Ensayos de Laboratorio	30%			\$ 26,512,500
				\$ 114,887,500

COSTOS CONFIABILIDAD				
	%	VR/ML	CANTIDAD	VR/TOTAL
Costo por ml de exploración		\$ 250,000	354	\$88,375,000
Ensayos de Laboratorio				\$37,451,224
				\$125,826,224

Incremento en el valor del Estudio de Suelos	10%	\$10,938,724
Disminución esperada en la Cimentación	8% - 30%	

Área Planta	600	m2
Número de Pisos	7	
Sótano	1	
Área Construcción	4800	m2
Costo m2	\$2,500,000	
Costo Proyecto	\$ 12,000,000,000	
% Estudio de Suelos NSR-10 (Campo)	0.96%	
% Estudio de Suelos LRFD (Campo)	1.05%	
Cimentación	15%	\$ 1,800,000,000
Ahorro en Cimentación	8%	\$ 144,000,000
	30%	\$ 540,000,000

13 PLANTEAMIENTO DE FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y/O PROFUNDIZACIÓN

Dentro del desarrollo del presente ejercicio académico se pudo evidenciar la necesidad de adelantar investigaciones y profundizaciones en los siguientes campos del conocimiento geotécnico:

1. Análisis de la variabilidad de los parámetros geotécnicos en los diferentes tipos de suelos en Colombia. Este tema es el soporte principal desde el punto de vista geotécnico para realizar diseños basados en confiabilidad.
2. Recopilación, procesamiento y análisis de instrumentación geotécnica en temas como: Deformaciones, Pruebas de Carga (Estáticas y Dinámicas), en diferentes obras civiles.
3. Desarrollo de investigaciones conjuntas entre Ingenieros Estructurales y Geotécnicos para la determinación de los valores de amplificación de carga y reducción de la resistencia.
4. Desarrollo de tesis de investigación y/o profundización en la utilización de equipos de investigación geotécnica como CPT, PMT y CPTu. Con el objetivo de calibrar adecuadamente los equipos y plantear factores de ajuste y correlaciones adecuadas a nuestro medio.
5. Implementación en los programas académicos de Especialización y Maestría en áreas del conocimiento relacionadas con Probabilidad y Estadística aplicada a la geotécnica (Geo estadística)

14 CONCLUSIONES

El ejercicio de la profesión de Ingeniero de Fundaciones, está lleno de incertidumbre, la cual está asociada principalmente con la génesis de los materiales sobre los cuales se deben cimentar las obras civiles. El desarrollo de un estudio geotécnico está limitado por aspectos como el dinero disponible para los trabajos de campo, la cantidad de ensayos de laboratorio que se pueden ejecutar, el tiempo disponible para realizar el trabajo y la cantidad de información disponible para plantear las soluciones.

Estas incertidumbres se han resuelto a partir de dos aspectos básicamente: el primero es el buen juicio de los profesionales encargados de realizar los diseños geotécnicos y el segundo es mediante la aplicación de factores de seguridad globales.

La combinación de estos dos aspectos, ha conducido a obtener resultados aceptables desde el punto de vista del colapso de las estructuras, ya que no es usual que ocurran casos como el del edificio Space de la ciudad de Medellín. Sin embargo, los resultados no han sido tan afortunados cuando se analiza la situación desde el punto de vista del servicio o funcionamiento de las estructuras o los puentes vehiculares en donde es habitual una falla de servicio en la zona de transición entre la estructura flexible y la rígida.

Teniendo en cuenta que, bajo la norma NSR-98, se han presentado numerosas quejas por parte de los usuarios de edificaciones nuevas y que la NSR-10 posee la misma filosofía de diseño para aspectos geotécnicos, es de esperar que se mantengan las quejas o, peor, que estas se incrementen debido al crecimiento económico proyectado para Colombia, el cual debe generar un crecimiento en el sector de la construcción de vivienda, hoteles, hospitales, entre otros. Por lo tanto, existe la posibilidad de que se sigan presentando fallas de servicio, las cuales implican pérdidas económicas importantes para los propietarios de los inmuebles.

Lo anterior indica que, se hace necesario utilizar métodos más robustos que permitan combinar de una manera más adecuada el modelo estructural con el modelo geotécnico, logrando resultados más equilibrados. Este método puede ser el LRFD, pero su aplicación no es conveniente de manera inmediata como lo plantea el nuevo código de puentes que está próximo a quedar vigente para Colombia o el manual presentado por el INVIAS para

el diseño de estructuras viales ya que se requiere que los profesionales especializados en estas áreas reciban capacitación adecuada, se calibren los factores de carga y resistencia de manera unificada y no que unos respondan al planteamiento de los otros.

Además, se hace necesario que las normas en Colombia incluyan estos métodos de diseño basados en la confiabilidad ya que tienen un sustento matemático más profundo que el simple concepto de factor de seguridad global que hoy día se utiliza.

Igualmente, las Universidades deben actualizar sus programas académicos para que incluyan análisis y diseños basados en la teoría de la confiabilidad, independientemente de que en Colombia aún no se aplique este tipo de métodos. En la búsqueda de profesionales mejor preparados y buscando darles una proyección internacional, es necesario que se incluyan estos contenidos académicos.

Las universidades buscan profesionales mejor preparados y con una proyección internacional, pero para tal fin es necesario que los programas curriculares abarquen temáticas que sean de punta en la práctica normal de otras latitudes, las analicen y enfoquen a la realidad colombiana.

Dentro del desarrollo del presente trabajo de profundización se presentaron grandes dificultades en abarcar la temática ya que no estamos acostumbrados a este tipo de análisis en estructuras y en forma general existe desconocimiento de la manera en que se debe abarcar el tema, esta situación generó un sesgo en los análisis y probablemente los factores obtenidos son más conservadores de lo que podrían ser utilizados.

En forma general las empresas o los profesionales consultados para adelantar el presente trabajo se mostraron celosos con la información o los procedimientos utilizados para diseño. Debido a esto no fue posible consultar información de buena calidad en aspectos como instrumentación, pruebas de carga o controles de asentamientos. Estos aspectos son vitales para poder implementar análisis basados en la confiabilidad ya que es una tarea casi imposible pensar que un solo proyecto invierta todo el dinero requerido para calibrar de manera adecuada los factores de resistencia

Como se pudo observar en el capítulo dedicado a la calibración de los factores de resistencia existen procedimientos robustos y de fácil aplicación, pero que requieren de una gran cantidad de datos para su implementación. De acuerdo con lo anterior, se considera inadecuado que cualquier norma colombiana aplique o permita diseños

basados en la confiabilidad como los indicados por la AASHTO, sin antes realizar una calibración rigurosa de los factores de carga y resistencia.

Aplicar LRFD tal como lo indica AASHTO implica suponer que los procedimientos de diseño, construcción, control de calidad, calidad de los material, ensayos de laboratorio, y todo lo relacionado con las obras civiles en Colombia poseen igual o mejor calidad que la utilizada en la calibración de los factores que se realizó para la AASHTO. La validación de esta hipótesis requiere investigación, la cual debe ser liderada por el Estado apoyado en las universidades.

Actualmente la aplicación del LRFD en Estados Unidos o el EUROCÓDIGO en Europa no se realiza de manera generalizada, existen inclusive estados en donde aún están analizando la aplicabilidad de estos procedimientos. En la presentación misma de las normas se indica que los factores presentados son de referencia, pero que es necesario que se realice la calibración de los factores de acuerdo con la práctica local. Estas indicaciones, sumadas al hecho que los procedimientos de diseño y construcción obedecen a condiciones diferentes en cada región, implican que para la aplicación adecuada de estos métodos es necesario profundizar en análisis estadísticos específicos.

15 REFERENCIAS

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. (Octubre de 2010). UNE-EN 1997-1. *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico, parte 1, reglas generales*. Madrid, España: AENOR.

American Association of Transportation Officials. (2012). AASHTO LRFD BRIDGE. *Design Specifications*. Estados Unidos.

Epidat 4.0 . (Junio de 2012). Distribuciones de probabilidad. Ayuda Epidat 4.0. *Análisis Epidemiológico de Datos*. Galicia, España: Consejería de Sanidad. Galicia.

Federal Highway Administration. (2001). *Load and resistance factor design (LRFD) for highway bridge substructures*. Publication No FHWA HI-98-032.

Felizia, E. (1996). Centrales Nucleares, La Evaluación Probabilística de su Seguridad. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la asociación "Ciencia Hoy"*. Volumen 5, No 35.

Foye, K., Jaoude, G. A., & Salgado, R. (2004). *Diseño de Fundaciones Profundas por Estados Límites*. West Lafayette, Indiana: Universidad de Purdue.

Foye, K., Jaoude, G., & Salgado, R. (2004). *Diseño de Fundaciones Profundas por Estados Límites*. West Lafayette, Indiana: Universidad de Purdue.

Gaceta Oficial del distrito Federal. (6 de Octubre de 2004). Normas Técnicas. *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones*. Mexico D.F., Mexico: Gaceta Oficial del distrito Federal.

Gonzalez, A. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. X *Jornadas geotécnicas de la ingeniería Colombiana - SCI-SCG-1999*, (pág. 12). Bogotá.

Hidalgo, C., & Pacheco de Asis, A. (2011). *Herramientas para análisis por confiabilidad en geotécnia*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242011000100008&script=sci_arttext#t1: <http://www.scielo.org.co>

<http://concepto.de/probabilidad/>. (s.f.). Obtenido de Portal Educativo. Concepto.de: www.concepto.de

<http://diarioadn.co/bogot%C3%A1/mi-ciudad/fallas-en-la-construcci%C3%B3n-de-vivienda-1.82698>. (Octubre de 2013). Obtenido de [www.http://diarioadn.co](http://diarioadn.co).

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_154_179_106_1463.pdf. (s.f.). Obtenido de <http://www.biblioteca.udep.edu.pe/>.

<http://www.cdoconstructora.com/proyectos-construidos/>. (Mayo de 2014). Obtenido de <http://www.cdoconstructora.com/>.

<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo117257-multas-210-constructoras-bogota-fallas-edificaciones>. (Febrero de 2009). Obtenido de <http://www.elespectador.com/>.

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13929475>. (Mayo de 2014). Obtenido de <http://www.eltiempo.com/>.

<http://www.importancia.org/probabilidad.php>. (s.f.). Obtenido de www.importancia.org.

Instituto Nacional de Vías. (2012). Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras. *Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras*. Bogotá, Colombia.

Meyerhof, G. (1994). Evolution of safety factors and geotechnical limit state design. *The Second Spencer J. Buchanan Lecture*. Texas. Estados Unidos: Texas A&M University, U.S.A.

Muñoz, E. y. (2004). Evaluación del estado de los puentes de acero de la red vial de Colombia. *Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 4(2) 125, 16.

NSR-010. Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. *Título H. Estudios geotécnicos*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

NSR-98. *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. (1998). Bogotá: AIS. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. Caracas: Ed. Panapo.

Spiegel, M. R. (1975). *Probabilidad y Estadística*. Mexico: McGraw-Hill de Mexico S.A. de C.V.

U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. (2001). *Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Substructures. Reference Manual and Participant Workbook*. Estados Unidos: FHWA.

Withiam, J. L. (2003). *Implementation of the AASHTO LRFD Bridge Design Specifications for Substructure Design*.

ANEXOS

Anexo 1 Evolución histórica del factor de seguridad

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES APLICANDO FACTORES DE
CARGA Y RESISTENCIA. (LRFD).**

ANEXO 1 – EVOLUCIÓN FACTOR DE SEGURIDAD

EVOLUTION OF SAFETY FACTORS AND GEOTECHNICAL LIMIT
STATE DESIGN

Dr. G. Geoffrey Meyerhof

November 4, 1994

1 ANEXO 1: PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

Dr. G. Geoffrey Meyerhof

November 4, 1994

EVOLUTION OF SAFETY FACTORS AND GEOTECHNICAL LIMIT STATE DESIGN

DESARROLLO HISTÓRICO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Algunos problemas de estados límite notables en mecánica de suelos ya fueron tratados en los siglos XVIII y XIX (Skempton, 1979) cuando se analizaron las teorías de la presión de la tierra y la capacidad de carga, la estabilidad de taludes, problemas de filtración y problemas de elasticidad en sólidos.

Sin embargo, el enfoque de los estados límite clásicos geotécnicos se desarrolló sólo en la primera mitad de este siglo, cuando Terzaghi (1925), creó la mecánica moderna del suelo. En 1943, llamó la atención sobre los dos grupos principales de los problemas en este tema, concretamente, problemas de estabilidad y problemas de elasticidad. Indicó que los problemas de estabilidad (estados límite últimos) se refieren a las condiciones inmediatamente antes del fallo final por el flujo plástico sin consideración de los efectos de deformación. Por otro lado, los problemas de elasticidad (estados límite de servicio) tienen que ver con las deformaciones del suelo por su propio peso o fuerzas externas sin considerar las condiciones de estrés para la falla.

Estimaciones de los estados límites últimos se basan en métodos de plasticidad para la estabilidad de movimientos de tierra, estructuras de retención de tierra, fundaciones y otros problemas de la construcción de la resistencia final. Bajo las condiciones de servicio de estas estructuras se aplica un factor de seguridad en la resistencia final. El concepto de factor de seguridad en las estimaciones de estabilidad fue introducida en el siglo XVIII por Belidor (1729) y Coulomb (1773), quienes sugieren un valor de 1,25 en el ancho de los muros de contención determinado a partir de la teoría de la presión de la tierra. Es de interés señalar que este factor de seguridad corresponde a un valor de 1,5 contra el vuelco de las paredes, que todavía se usa ampliamente en la práctica de hoy. Después, Krey (1926) utiliza un factor de seguridad de alrededor de 1,5 para la estabilidad de las pendientes y muros de contención, y recomienda un rango de 2 a 3 en la capacidad de

carga última de las fundaciones. Factores globales o totales similares de seguridad se usó habitualmente para el diseño geotécnico en Europa, América del Norte y en otros lugares durante la primera mitad de este siglo.

El factor total de seguridad puede definirse como la relación entre la resistencia última de la estructura de la tierra o la fundación de las cargas aplicadas o efectos de carga para asegurar la ausencia de peligro, pérdida, tratamiento o riesgos inaceptables. Los rangos habituales de los factores totales de seguridad (Terzaghi y Peck 1948) se presentan en la Tabla 1

Los valores superiores de estos factores se aplican a cargas normales y las condiciones de servicio, mientras que los valores más bajos se utilizan para cargas máximas y las peores condiciones ambientales. Los valores más bajos también se han utilizado en conjunción con las observaciones de rendimiento, pruebas de campo grandes, análisis de fallas de estructuras similares, al final de la vida útil, y para trabajos temporales.

Por otra parte, Taylor (1948) introdujo factores separados de los componentes de seguridad para la cohesión y la fricción, c y $\tan \phi$, respectivamente, aplicados a los parámetros de resistencia al corte de los suelos en los análisis de estabilidad de taludes. Este enfoque se generalizó por Brinch Hansen (1953 y 1956) cuando propuso coeficientes parciales de seguridad para los diferentes tipos de cargas, los parámetros de resistencia al corte de los suelos y la capacidad de las pilas para el diseño de estado límite último de estructuras de retención de tierra y fundaciones. Los principales valores numéricos de estos factores parciales se resumen en las tres primeras columnas de la Tabla 2.

Los factores parciales fueron escogidos para dar aproximadamente las mismas estimaciones de diseño como factores totales convencionales de seguridad. Este enfoque de diseño geotécnico se ha utilizado en Dinamarca desde entonces, y fue emitido en el primer código de prácticas de 1965 (Tabla 2). Estos factores se han perfeccionado posteriormente por métodos semi-probabilísticos sobre la base de las variabilidades de las cargas, los parámetros de resistencia del suelo y otros datos de diseño en la práctica. Tales métodos se han utilizado previamente para el análisis de fallos de las estructuras (Pugsley 1955, Freudenthal 1956, Borges y Castanheta 1968).

Las estimaciones de los estados límite de servicios de deformaciones elásticas y asentamientos inmediatos de tierra y fundaciones se basan en la teoría elástica clásica,

mientras que los movimientos a largo plazo se prevén a partir de la teoría de consolidación (Terzaghi 1943) utilizando los valores medios, conservador de las propiedades del suelo. Deformaciones no lineales pueden estimarse a partir de los métodos de elementos finitos recientes que permiten la interacción suelo-estructura. Estas estimaciones se comparan con las tolerancias observadas a la circulación de los diferentes tipos de estructuras a las que se puso de relieve por primera vez por Terzaghi (1935). A raíz de las observaciones de asentamiento de los edificios, sugirió total y diferencial de asentamientos seguros para las fundaciones (Terzaghi y Peck 1948). Límites de distorsión de seguros de pisos se habían dado desde hace algún tiempo en los códigos de construcción para evitar el agrietamiento de los acabados. Estos se extendieron para incluir elementos estructurales de los análisis de las pruebas de laboratorio a escala real y las tensiones de asentamiento en los edificios (Meyerhof 1953), así como el uso de los resultados de extensas observaciones de campo en los edificios (Skempton y MacDonald 1956, Bjerrum 1963). Para el cálculo del estado límite de servicio, Brinch Hansen (1956) sugirió un factor parcial de la unidad en las cargas y propiedades de deformación de los suelos, y este valor ha sido generalmente aceptado en la práctica.

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS Y FACTORES DE SEGURIDAD

Las magnitudes de los factores totales y parciales de seguridad utilizados en el diseño de estado límite último se rigen por la fiabilidad de la información, principalmente cargas y efectos de carga muerta, carga viva (ocupación, tráfico) y cargas ambientales (tales como el viento, la nieve y sismos), resistencia del suelo (método de prueba, parámetros de corte de fuerza, presión intersticial, insuficiencia progresiva y otros factores), análisis (método, precisión, mecanismo de fallo supuesto, perfil simplificado del suelo), la construcción (geometría, la calidad y el control de los materiales y mano de obra), la economía y mantenimiento, y la probabilidad y consecuencias de la falta de estabilidad durante la vida útil.

Los coeficientes parciales de seguridad se aplican generalmente amplificando los efectos de la carga, incluyendo las incertidumbres de los análisis, la evaluación conservadora de los parámetros del suelo y las incertidumbres de la construcción. Estos factores se han obtenido principalmente por calibración con diseño geotécnico convencional y el análisis

utilizando factores totales de seguridad para garantizar el mismo margen de seguridad que la proporcionada por las buenas prácticas y la experiencia actual.

Los valores de los factores parciales se presenta en las últimas cuatro columnas de la Tabla 2, para el Eurocódigo (1993) y tres documentos Norteamericanos de diseño (CFEM 1992, NBCC 1995 y ANSI 1980). En esta tabla los factores parciales de cargas entre paréntesis se aplican cuando su efecto es beneficioso, tales como cargas que resisten la inestabilidad por deslizamiento, vuelco y levantamiento.

Es interesante observar, como se muestra en la Tabla 2, que corresponde factores parciales de cargas y capacidades pila finales en estos códigos son muy similares y en muy buen acuerdo con los factores originales de Brinch Hanses de hace unos 40 años, con excepción de cargas muertas. En las especificaciones norteamericanas los factores parciales para cargas de acuerdos, como para otras cargas, fueron elegidos para ser común a todos los materiales de construcción, incluyendo el suelo y el agua. En consecuencia, estos factores de carga muerta, siendo idónea en diseño estructural y comparable con el valor de 1,35 propuesto por ella en el Eurocódigo (1993), son excesivos cuando se aplica a diseño geotécnico, y así se podrían reducir a alrededor de la unidad en este caso. También los factores parciales para los parámetros de resistencia al corte en dos de estos documentos (Eurocódigo 1993, CFEM 1992) apoyan los factores originales de Brinch Hansen.

Cabe señalar que los códigos de diseño de estado límite en Europa (incluidos los países del Este) se basan principalmente en factores parciales para ambas cargas y propiedades de resistencia de materiales, incluidos los suelos, mientras que corresponde el desarrollo de código en América del Norte, con algunas excepciones (como CFEM 1992, CSA 1992) favorece a los factores de carga en combinación con factores de resistencia. En estos códigos se utilizan coeficientes parciales sobre las cargas y factores de resistencia en el último calculado a partir de las resistencias de los materiales, incluyendo los suelos. Estos factores de resistencia total se obtuvieron mediante la calibración con el total de factores convencionales de seguridad o por estudios semi-probabilísticos de la resistencia. Este enfoque es intermedio entre los métodos de diseño utilizando factores total o parcial. Las principales ventajas de la utilización de factores de resistencia en el diseño son que pueden, al menos en parte, incorporar no sólo las variabilidades en las propiedades del suelo, sino también en los métodos de investigación del sitio, así como dimensiones e

incertidumbres constituidas por el tipo de fallo y métodos de análisis. Como resultado, se espera que los factores de resistencia total a ser algo mayor que los factores parciales sobre los parámetros de resistencia al cizallamiento.

Los métodos de diseño que utilizan factores de carga y resistencia son representados por el nuevo Código Nacional de Construcción de Canadá (NBCC 1995) y por el American National Standard Building (ANSI 1980), para el que se dan los factores parciales sobre las cargas y factores de resistencia en la resistencia última en las dos últimas columnas de la Tabla 2, se encontró que los factores correspondientes en estos documentos son similares y apoyan los factores en los códigos basados en los factores de carga y resistencia parciales. Además, dado que se han encontrado factores parciales sobre los parámetros de resistencia de cizallamiento y los factores de resistencia total para tener el mismo rango de 1,25 a 2,0, que hacen la misma asignación no sólo para las variabilidades en las propiedades de resistencia, sino también para las incertidumbres tales como la geometría, el tipo de falla y métodos de análisis. Del mismo modo, los Códigos recientes de América del Norte para puentes en Carreteras (AASHTO 1992, OHBDC 1992) se basan en factores de carga y resistencia. Estos factores son similares a las previstas en las dos últimas columnas del cuadro 2, ya que también se obtuvieron mediante la calibración con el total de factores convencionales de seguridad y estudios semi-probabilísticos de la resistencia.

Dado que los factores de carga parcial en los códigos europeos y norteamericanos son muy similares y se han obtenido principalmente mediante la calibración con esencialmente los mismos factores totales de seguridad, se puede esperar que los diseños basados en los dos enfoques sean similares. En consecuencia, la elección entre estos dos métodos de diseño geotécnico en la práctica depende principalmente de la familiaridad y la comodidad que se tenga para usarlos y dependen de la determinación de la resistencia del suelo in situ que sigue siendo el problema más importante.

Puesto que incluso los factores parciales más recientes se obtuvieron por comparación con diseños basados en factores totales de seguridad (por ejemplo, Meyerhof, 1984), es de interés para comparar los factores parciales en el Eurocódigo (1993) con los derivados de la teoría de probabilidad utilizando un 90 por ciento de confiabilidad en el rango observado de coeficientes de variación de las cargas (Allen 1975, Borges y Castanheta

1968, ANSI 1980, Maes 1986) y de las propiedades del suelo (Lumb 1966, Schultze 1982).

Los resultados de este análisis probabilístico se presenta en la Tabla 3, que indica que los factores parciales dados en el Eurocódigo (1993) se apoyan en las presentes estimaciones comparativas. Cabe señalar que los factores de códigos propuestos se van a utilizar en peores cargas especificadas o característicos y propiedades características del suelo en base a estimaciones prudentes de los valores medios. Por otra parte, las variabilidades de las propiedades del suelo se obtuvieron principalmente de prueba de laboratorio en muestras pequeñas de diferentes sitios. Los rangos inferiores de los coeficientes de variación son propensos a gobernar la resistencia de las propiedades in situ de grandes masas de suelo que afectan a la estabilidad de las estructuras de tierra y fundaciones en cualquiera de los sitios en la práctica. Lo mismo se ha encontrado previamente (Meyerhof 1982, Schultze 1982) en los análisis probabilistas de otros datos geotécnicos y su aplicación en algunos problemas de Estados Límite.

Dado que los códigos anteriores se aplican principalmente a las obras de ingeniería realizadas en tierra, se hará una breve mención del margen de seguridad para obras mar adentro. Como en el caso del diseño de bases en tierra, mar adentro bases fueron diseñados originalmente en la base de factores totales de seguridad. Este enfoque se caracteriza por la American correspondiente (API 1991) y británica (BS 1982) códigos para las plataformas costa afuera, que especifican para el diseño de un total de los factores de seguridad mínimo de 2.0 en condiciones de trabajo o de funcionamiento normal y un total de factores de 1,5 bajo ambientales extremas condiciones o bajo cargas temporales. Estos factores de seguridad son los mismos que los utilizados con frecuencia para el diseño geotécnico de las estructuras de retención de tierras (Tabla 1)

La nueva e importante “Practica Americana Recomendada” para las plataformas en mar adentro (API 1993) está basado en factores parciales sobre las cargar y factores de resistencia en la resistencia ultima utilizando las fuerzas sin ponderar de los materiales. Estos factores se encuentran en la Tabla 4 y se observa que son similares a los factores correspondientes de las fundaciones terrestres (Tabla 2), como es de esperar de su calibración con factores totales de seguridad.

Por otro lado, los códigos Canadienses (CSA 1992) y Noruegos (DNV 1986, NPD 1992) para las plataformas en mar adentro están basados en factores parciales sobre las cargas y parámetros de resistencia al corte, que también son obtenidos mediante los estudios de calibración con los factores totales de seguridad.

Los coeficientes de los factores parciales de varios de los códigos están dados en la Tabla 4, estos muestran que los valores correspondientes a las fuerzas y a los parámetros de resistencia al corte son similares. Estos factores parciales también se compran con un análisis probabilístico donde se utiliza una fiabilidad del 90% en los rangos inferiores observado de los coeficientes de variación de las cargas y los parámetros de resistencia al corte dados en la Tabla 3 (última columna de la Tabla 4). Además, en general, los factores de las estructuras de mar adentro son similares a los de las estructuras terrestres (Tabla 2), como sería esperado del método de calibración usado.

PROBABILIDAD DE FALLA DE ESTABILIDAD

Con el fin de obtener una indicación de la aproximación nominal de los riesgos o de la probabilidad de falla de estabilidad asociada al diseño geotécnico basado en los factores de seguridad convencionales, análisis de seguridad que fueron hechos a partir de los movimientos terrestres, estructuras de contención y fundaciones en tierra (Meyerhof 1970) y posteriormente para fundaciones a mar abierto (Meyerhof 1976). Los análisis de seguridad correspondientes están basados en factores parciales que han dado resultados similares, como sería de esperar de la usual calibración de ambos tipos de factores.

Los resultados se muestran en la Fig. 1. Se ha encontrado que el orden de magnitud de las probabilidades de fallo por estabilidad en el tiempo de vida de la estructura es de 10^{-2} para fundaciones de mar abierto, cerca de 10^{-3} para movimientos terrestres y estructuras de contención y 10^{-4} para fundaciones en tierra. Estos valores están en el rango de variación de las cargas globales y de la resistencia del suelo aproximadamente 0.15 para movimientos terrestres y 0.25 para las bases en tierra y fundaciones en mar abierto en base a la media entre las distribuciones lognormal y normales. Estos coeficientes están por debajo del rango de los dados en la Tabla 3 para cargas y parámetros de resistencia al corte de los suelos.

Los datos mostrados por fallos de estabilidad en movimientos terrestres y fundaciones a mar abierto fueron obtenidos a partir de los resultados de las observaciones de campo,

los cuales habían sido confirmados por recientes registros de fallos (Schnitter 1979, Whitman 1984, Young et al. 1984, Maes 1986). Por otro lado, los rangos obtenidos de las estructuras de contención y las fundaciones en tierra fueron estimados de manera semi-probabilística. Las estimaciones para estas fundaciones son el valor máximo de lo aproximado para el tiempo de probabilidad de falla de acerca 10^{-4} para concreto y estructuras de acero (Freudenthal 1956, Allen 1975), y esta probabilidad nominal es también se considera un riesgo aceptable para la pérdida de vidas humanas en el tiempo de vida de la estructura (Ciria 1977). Las tasas anuales de probabilidad de fallo por estabilidad estarían en el rango de 1% a 2% de los valores de tiempo de vida de la estructura (vida de servicio de 50 a 100 años) para movimientos terrestres, estructuras de contención y fundaciones en tierra y cerca de 3% (vida de servicio de 30 años) para fundaciones en mar abierto como se muestran en la Fig 1.

Esta figura también indica probabilísticos valores de los correspondientes tiempos de vida útil seguros o el índice de fiabilidad β . Este índice varía de 2.5 para fundaciones en mar abierto, cerca de 3.0 para movimientos terrestres y estructuras de contención, 3.5 para fundaciones en tierra, mientras que se estima un 4.0 para concreto y estructuras de acero. El valor más bajo de β en fundaciones en mar abierto representa el índice medio de fiabilidad (CSA 1992). Esto parece ser aceptable como un riesgo calculado en práctica debido al uso especial y restringido y a la relativamente económica y corta vida de las plataformas a mar abierto. Es también de interés tener en cuenta que la probabilidad de fallo en el tiempo de vida útil es cerca de 10^{-3} ha sido estimado para buques (Wheatcroft 1978).

El rango de probabilidades de los fallos por estabilidad es un poco más pequeño que el rango de probabilidad de pérdida de vidas humanas en el tiempo de vida útil en similares experiencias, estos son mostrados en la parte derecha de la Fig 1. Los tiempos de vida útil con pérdidas humanas tienen una probabilidad de 10^{-1} (alto riesgo) para minería y desastres naturales, 10^{-2} (riesgo medio) para accidentes en vehículos, barcos e incendios, cerca de 10^{-4} (riesgo bajo) para trenes y aviones, los cuales son considerados riesgos aceptables (CIRIA, 1997). El riesgo de mortalidad estimada por persona es más o menos 5×10^{-5} por gasoductos y reactores nucleares (Collins and Hudson 1981) podrían representar un bajo riesgo también. Una vez más, las probabilidades de riesgos humanos

anuales serían tal vez 1% a 2% de los valores mostrados en el tiempo de vida útil de la estructura.

ESTADOS LIMITES DE SERVICIO

Movimientos permitidos de fundaciones y estructuras, incluyendo estructuras en tierra, dependen de interacción suelo-estructura, capacidad de servicio deseada, agrietamiento perjudicial, vibraciones y distorsión de la restricción de seguridad o uso de la estructura.

Criterios empíricos sobre los daños están generalmente relacionados a la rotación relativa o a la distorsión angular, relación de desviación o inclinación de la estructura y a otras limitaciones estructurales u operacionales. Para súper-estructuras, estos criterios defieren para edificios de estructura (abierta o rellena), muros de carga (sagging o hogging) y los otros tipos de estructura, dependiendo de las relaciones relativas de solución después del final de la construcción. Los movimientos permitidos y deformaciones de la estructura solo se pueden determinar en cada caso en particular. Esto es especialmente para grandes estructuras, pues por lo general están diseñadas para incluir anticipadamente los efectos de los movimientos de cimentación. Para los tipos comunes de edificios, sin embargo, y para otros tipos de estructuras de ingeniería, pueden sugerirse límites de seguridad provisionales de rotación relativa. Las sugerencias anteriores (Skempton and MacDonald 1956, Bjerrum 1963, Burland et al. 1977) se han resumido (Meyerhof 1982) en la Tabla 5.

En general, el diseño de fundaciones y estructuras deberían incluir disposiciones para reducir o acomodar los movimientos sin daños, y adecuadas precauciones en la construcción deberían ser tomadas para prevenir la excesiva producción de movimiento de la tierra. Una adecuada durabilidad de las estructuras y de las fundaciones debe ser garantizada durante su tiempo de vida útil.

Los estados límite de servicio se comprueban mediante el uso de un factor parcial de unidad en todas las cargas de servicio y las cargas de efecto. De manera parecida, el factor parcial en los valores característicos de deformación y las propiedades de compresibilidad del suelo usan medidas conservadoras que son frecuentemente tomadas como unidades de los estados límites de servicio (Tabla 2 y 4). Lo mismo aplica cuando las estimaciones están basadas en resultados de test de cargas. Este enfoque proporciona una fiabilidad nominal de al rededor del 80% y un índice β de estimación

fiable correspondiente al tiempo de vida de servicio, debe ser adecuado para el diseño de estado límite de servicio en la práctica.

CONCLUSIONES

El desarrollo histórico de los factores de seguridad y los límites de diseño en la ingeniería geotécnica se ha revisado desde la clasificación de los dos grupos de problemas hecha por Terzaghi, más exactamente, los problemas de estabilidad y elasticidad, que hacen referencia a los factores últimos y del estado límite de servicio, respectivamente. Después de las propuestas anteriores de los factores de seguridad de factores totales para el diseño de estructuras de tierra y fundaciones, Brinch Hansen en 1953 y 1956 introdujo el principio de cargas parciales de los factores y de los parámetros de resistencia al corte de suelos para el estado límite último, y un factor parcial de la unidad para el estado límite de servicio.

Los factores parciales fueron elegidos para dar aproximadamente las mismas estimaciones de diseño que los factores totales convencionales de seguridad, se han mantenido prácticamente sin cambios en sus correspondientes códigos de construcción durante los últimos 40 años, incluyendo el Eurocódigo de 1993. Los factores parciales también se han introducido en algunas normas de diseño para estructuras en mar abierto. Los valores de los factores parciales están respaldados por estimaciones probabilísticas comparativas con una fiabilidad del 90% utilizando el rango mínimo de coeficientes observados de variación de carga y los parámetros enfocados a la resistencia al corte, códigos norteamericanos favorecen el enfoque de resistencia factorizada. Ambos métodos conducen a diseños geotécnicos similares en la práctica debido a los procedimientos de calibración utilizados.

Las observaciones de campo de fallas de estabilidad de los movimientos de tierra y fundaciones en mar abierto muestran las probabilidades de fracaso de alrededor de 10^{-3} y 10^{-2} , respectivamente, mientras que las estimaciones semi-probabilísticas para las estructuras de contención y fundaciones en tierras dan valores de alrededor de 10^{-3} y 10^{-4} , respectivamente. Los análisis de seguridad basados en el total de los factores convencionales de seguridad indican para estas probabilidades un rango de coeficientes de variación de la resistencia del suelo a la carga entre aproximadamente 0,15 y 0,25, que son consistentes con el rango más bajo observado de los valores de cargas y parámetros

de resistencia al corte de los suelos. El rango de estas probabilidades de fallos de estabilidad es un poco más pequeño que el rango de las probabilidades de los riesgos de mortalidad en experiencias comunes.

Los estados límite de servicio dependen principalmente de la interacción suelo-estructura, agrietamiento perjudicial y distorsión. Criterios basados en daños empíricos relacionados con la rotación relativa o distorsión angular se han utilizado para sugerir tentativos límites seguros máximos para tipos comunes de edificios y algunos otros tipos de estructuras de ingeniería. Movimientos permitidos de estructuras de tierra y fundaciones por lo general pueden estimarse a partir de los coeficientes parciales de unidad en las características de las cargas y efectos de las mismas, en la deformación y compresibilidad de los suelos. Este enfoque daría una correspondiente fiabilidad estimada de alrededor de 80%.

Se espera que las observaciones de rendimiento en diferentes estructuras y fundaciones se continúe activamente para obtener información cuantitativa sobre su seguridad real y la fiabilidad de la comparación con los análisis seguridad, y de ese modo mejorar la ingeniería y la experiencia en el uso de los estados límites geotécnicos en el diseño práctico.

AGRADECIMIENTOS

El documento fue elaborado con el apoyo financiero del concejo nacional de investigación de ciencia y la ingeniería. Las útiles discusiones con el Dr. L.D. Baikie también son reconocidos.

Tabla 1 Valores de factor de seguridad total

Tipo de Falla	Análisis	Factor de Seguridad
Cortante	Movimientos de tierra	1.3 – 1.5
	Estructuras de contención, excavaciones y fundaciones offshore	1.5 – 2.0
	Fundaciones en tierra	2.0 – 3.0
Filtraciones	Uplift, heave	1.5 – 2.0
	Exit gradient, piping	2.0 – 3.0
Carga última en pilotes	Pruebas de carga	1.5 – 2.0
	Formulas dinámicas	3.0

Tabla 2 Factores parciales

Ítem	Brinch Hansen		Denmark DS 415	Eurocode 7	Canada CFEM	Canada NBCC	U.S.A. ANSI A58
	(1953)	(1956)	(1965)	(1993)	(1992)	(1995)	(1980)
Cargas							
Carga Muerta, peso del suelo	1.00	1.00	1.00	1.10 (0.90)	1.25 (0.80)	1.25 (0.85)	1.20 – 1.40 (0.90)
Carga Viva	1.50	1.50	1.50	1.50 (0)	1.50 (0)	1.50 (0)	0.50 – 1.60 (0)
Cargas Ambientales	1.50	1.50	1.50	1.50 (0)	1.50 (0)	1.50 (0)	1.30 – 1.60 (0)
Presión del Agua	1.00	1.00	1.00	1.00 (1.0)	1.25 (0.80)	1.25 (0)	
Cargas Accidentales		1.00	1.00	1.00 (0)			
Resistencia al Corte							
Fricción (Tan □)	1.25	1.20	1.25	1.25	1.25	Factor de resistencia de 1.25 a 2.0 en la resistencia final utilizando cargas mayoradas	Factor de resistencia de 1.25 a 1.50 en la resistencia final utilizando cargas mayoradas
Cohesión (c) (Taludes presión de tierra)	1.50	1.50	1.50	1.40 – 1.60	1.50		
Cohesión (c) (Spread foundations) (Piles)		1.70 2.00	1.75 2.00	1.40 – 1.60 1.40 – 1.60	2.0 2.0		
Resistencia última en pilotes							
Pruebas de carga		1.60	1.60	1.70 – 2.40	1.60 – 2.00	1.60	
Formulas dinámicas		2.00	2.00		2.00	2.00	
Ensayos de penetración					2.00 – 3.00	2.50	
Deformaciones		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

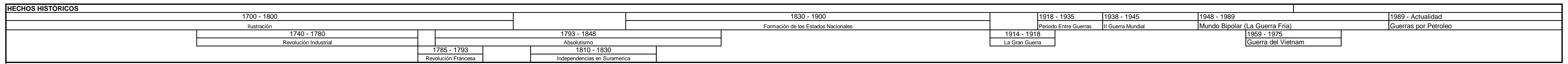
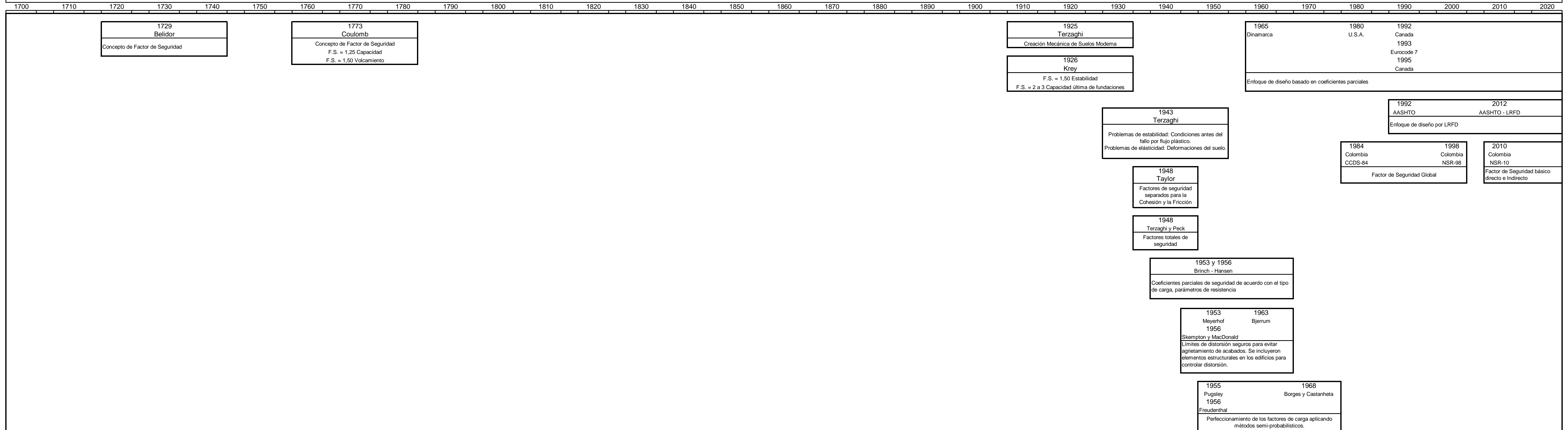
Tabla 3 Coeficientes de variación y Factores Parciales

Ítem	Coeficiente de Variación	Factores Parciales	
		Análisis (90% de confiabilidad)	Euro código 7 (1992)
Cargas			
Carga Muerta – Peso del suelo	0.05 – 0.15	1.05 – 1.20	1.10
Carga Viva	0.20 – 0.60	1.30 – 1.80	1.50
Cargas Ambientales	0.30 – 0.50	1.40 – 1.60	1.50
Resistencia al Corte			
Fricción (Tan ϕ)	0.05 – 0.15	1.10 – 1.25	1.25
Cohesión (Su, c')	0.20 – 0.50	1.40 – (3)	1.40 – 1.60
Deformación			
Módulo de elasticidad (Es)	0.20 – 0.50	1.4 – (3)	1.0
Módulo de Compresibilidad (Ev)	0.20 – 0.40	1.4 – (2)	1.0
Módulo de consolidación (Cc)	0.25 – 0.40	1.5 – (2)	1.0
Ensayos In – Situ			
Resistencia a la penetración (N, qc)	0.30 – 0.50	1.40 – 1.60	1.50

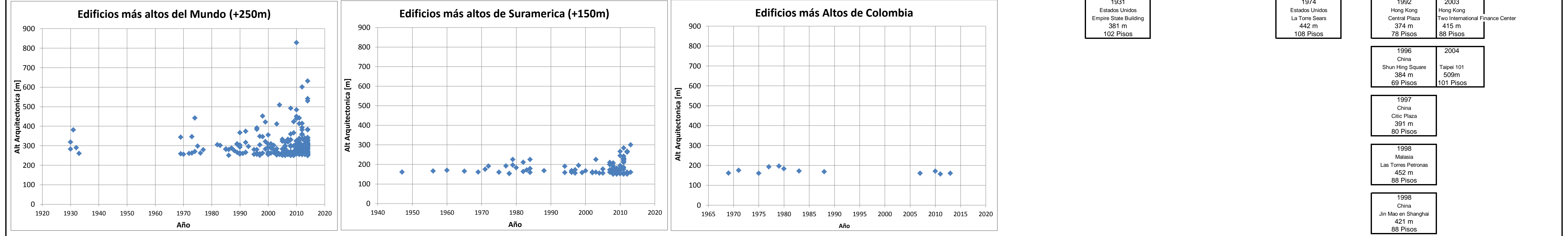
Tabla 4 Factores parciales para estructuras Offshore

Ítem	U.S.A. API (1993) RP2A-LRFD	Canadá CSA (1992) S471, S472	Noruega DNV (1989) NPD (1992)	Análisis (90% de confiabilidad)
Cargas				
Muerta	1.30 (0.90)	1.25 (0.90)	1.3 (1.0)	1.05 – 1.20
Peso del suelo	1.30 (0.90)	1.25 (0.90)	1.0	1.05 – 1.20
Viva	1.50 (0.80)	1.25 (0)	1.3 (0)	1.30 – 1.80
Ambientales	1.35 (0)	1.35 (0)	1.3 (0)	1.40 – 1.60
Presión del agua	1.30 (0.90)	1.20 (0.90)	1.0 (1.0)	1.0
Accidentales	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0
Resistencia al corte				
Fricción (tan ϕ) (Taludes)	Factores de resistencia entre 1.25 – 1.50 para resistencia última, usando cargas mayoradas	1.50	1.20	1.10 – 1.25
(Pasivo de tierras)		1.15 – 1.60	1.20	1.10 – 1.25
(Capacidad portante)		1.05 – 1.20	1.20	1.10 – 1.25
Cohesión (Su, c') (Taludes)		1.50	1.30	1.40 – (3)
(Pasivo de tierras)		1.50 – 2.00	1.30	1.40 – (3)
(Capacidad portante)		1.50 – 2.00	1.30	1.40 – (3)
Capacidad última de pilotes	1.25 – 1.40	1.20 – 1.50		1.40 – 1.60
Deformaciones	1.0	1.0	1.0	1.40 – (1.50)

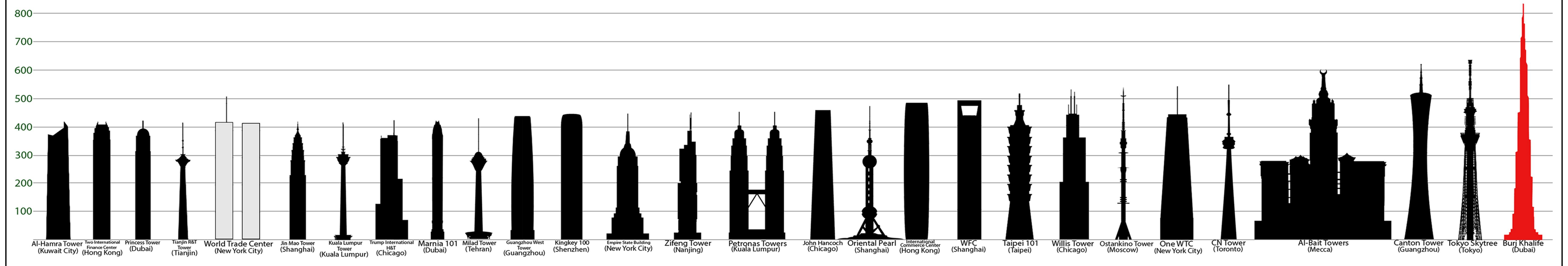
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD



EVOLUCIÓN EDIFICACIONES



1931 Estados Unidos Empire State Building 381 m 102 Pisos	1974 Estados Unidos La Torre Sears 442 m 108 Pisos	1992 Hong Kong Central Plaza 374 m 78 Pisos	2003 Hong Kong Two International Finance Center 415 m 88 Pisos
1996 China Shun Hing Square 384 m 69 Pisos	2004 Taipei 101 509m 101 Pisos	1997 China Citic Plaza 391 m 80 Pisos	1998 Malasia Las Torres Petronas 452 m 88 Pisos
1998 China Jin Mao en Shanghai 421 m 88 Pisos			



Anexo 2 Probabilidad y estadística

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES APLICANDO FACTORES DE
CARGA Y RESISTENCIA. (LRFD).**

ANEXO 2 – PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

1 ANEXO 2: PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

El concepto de probabilidad proviene del término latino *probabilitas*. En primera instancia se entiende por probabilidad como aquella posibilidad que hay entre diversas posibilidades de que un determinado hecho suceda. Es decir que es aquello que puede suceder o pasar. (<http://concepto.de/probabilidad/>).

Existen dos procedimientos importantes por medio de los cuales se puede obtener estimativos para la probabilidad de un suceso (Spiegel, 1975).

Enfoque clásico o a priori. Si un suceso puede ocurrir en h maneras diferentes de un número total de n maneras posibles, todos igualmente factibles, entonces la probabilidad del suceso es h/n .

Enfoque como frecuencia relativa o a posteriori: Si después de n repeticiones de un experimento, donde n es muy grande, un suceso ocurre h veces, entonces la probabilidad del suceso es h/n . Esto también se llama la probabilidad empírica del suceso.

La importancia que existe hoy día en la aplicación de métodos de cálculo basados en la probabilidad, radica en la capacidad que tiene esta, para predecir o estimar resultados. (<http://www.importancia.org/probabilidad.php>).

1.1.1 Tipos de Variables

Por variable se entiende, "Cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores". (Sabino, 1992) .En general existen los tipos de variables (Ver Figura 1-1):

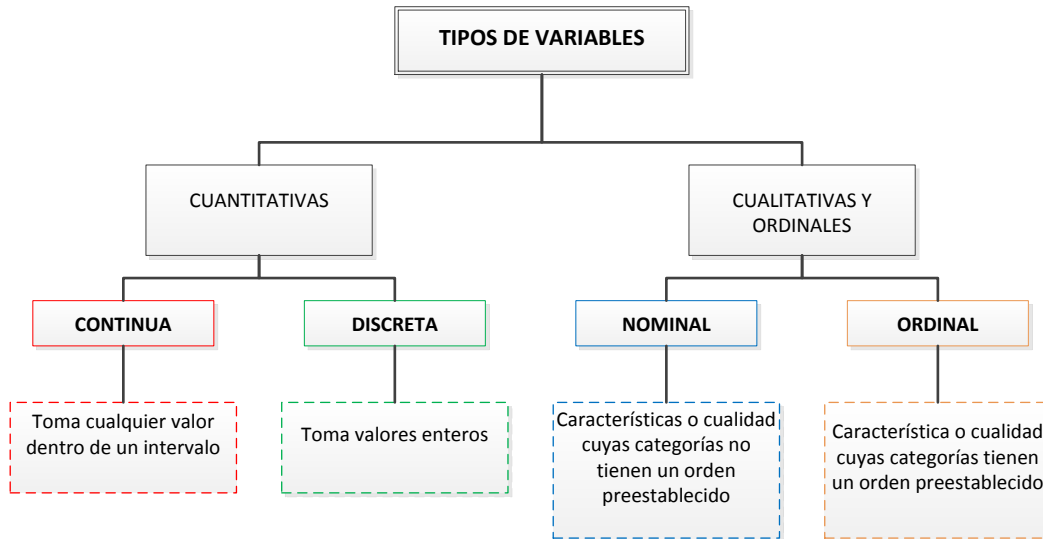
Variable Cualitativa: Son variables que expresan distintas cualidades, características o modalidades, no presentan un valor numérico.

Variable Cuantitativa: Son variables que se expresan mediante cantidades numéricas. Esta variable puede ser *discreta* cuando asumen solo ciertos valores y *continua* cuando puede tomar cualquier valor.

Variable Independiente: Son las que el investigador escoge para establecer agrupaciones en el estudio, clasificando intrínsecamente a los casos del mismo.

Variable Dependiente: Son variables de respuesta que se observan en el estudio y que podrían estar influenciadas por los valores de las variables independientes.

Figura 1-1 Tipos de variables.



1.1.2 Distribuciones de Probabilidad

Las distribuciones de probabilidad buscan representar los comportamientos de datos aleatorios bajo un modelo que permita su interpretación y aproximación al dato real. A continuación se presentan los conceptos generales del cálculo de probabilidades extractados de la ayuda del Software Epidat 4.0, utilizado para algunos análisis realizados en el presente trabajo.

1.1.2.1 Conceptos generales (Epidat 4.0, 2012)

“Uno de los objetivos de la estadística es el conocimiento cuantitativo de una determinada parcela de la realidad. Para ello, es necesario construir un modelo de esta realidad particular objeto de estudio, partiendo de la premisa de que lo real es siempre más complejo y multiforme que cualquier modelo que se pueda construir. De todas formas, la formulación de modelos aceptados por las instituciones responsables y por los usuarios, permite obviar la existencia del error o distancia entre la realidad y el modelo.

Los modelos teóricos a los que se hace referencia se reducen en muchos casos a (o incluyen en su formulación) funciones de probabilidad. La teoría de la probabilidad tiene su origen en el estudio de los juegos de azar, que impulsaron los primeros estudios sobre cálculo de probabilidades en el siglo XVI, aunque no es hasta el siglo XVIII cuando se aborda la probabilidad desde una perspectiva matemática con la demostración de la “ley débil de los grandes números” según la cual, al aumentar el número de pruebas, la frecuencia de un suceso tiende a aproximarse a un número fijo denominado probabilidad. Este enfoque, denominado enfoque frecuentista, se modela matemáticamente en el siglo XX cuando el matemático ruso Andrei Nikolaevich Kolmogorov (1903-1987) formula la teoría axiomática de la probabilidad [1]. Dicha teoría define la probabilidad como una función que asigna a cada posible resultado de un experimento aleatorio un valor no negativo, de forma que se cumpla la propiedad aditiva. La definición axiomática establece las reglas que deben cumplir las probabilidades, aunque no asigna valores concretos.

Uno de los conceptos más importantes de la teoría de probabilidades es el de variable aleatoria que, intuitivamente, puede definirse como cualquier característica medible que toma diferentes valores con probabilidades determinadas. Toda variable aleatoria posee una distribución de probabilidad que describe su comportamiento. Si la variable es discreta, es decir, si toma valores aislados dentro de un intervalo, su distribución de probabilidad especifica todos los valores posibles de la variable junto con la probabilidad de que cada uno ocurra. En el caso continuo, es decir, cuando la variable puede tomar cualquier valor de un intervalo, la distribución de probabilidad permite determinar las probabilidades correspondientes a subintervalos de valores. Una forma usual de describir la distribución de probabilidad de una variable aleatoria es mediante la denominada función de densidad en el caso de variables continuas y función de masa de probabilidad en el caso de variables discretas, en tanto que lo que se conoce como función de distribución representa las probabilidades acumuladas

Una de las preocupaciones de los científicos ha sido construir modelos de distribuciones de probabilidad que pudieran representar el comportamiento teórico de diferentes fenómenos aleatorios que aparecían en el mundo real. La pretensión de modelar lo observable ha constituido siempre una necesidad básica para el científico empírico, dado que a través de esas construcciones teóricas, los modelos, podía experimentar sobre aquello que la realidad no le permitía. Por otra parte, un modelo resulta extremadamente

útil, siempre que se corresponda con la realidad que pretende representar o predecir, de manera que ponga de relieve las propiedades más importantes del mundo que nos rodea, aunque sea a costa de la simplificación que implica todo modelo”.

1.1.2.2 Distribuciones discretas

Las distribuciones discretas toman valores enteros. En la Tabla 1-1 se presentan las principales características de las distribuciones discretas.

Tabla 1-1 Distribuciones de probabilidad discretas

Distribución	Valores	Parámetros	Definición de la variable	Observaciones
Uniforme discreta	a, a+1, a+2, ..., b	a: mínimo b: máximo	Variable que puede tomar n valores distintos con la misma probabilidad cada uno de ellos	
Binomial	0,1,2, ..., n	n: número de pruebas p: probabilidad de éxito	Número de éxitos en n pruebas independientes de un experimento con probabilidad de éxito constante	Esta distribución se aplica a poblaciones finitas cuando los elementos se toman al azar y con reemplazo, y a poblaciones conceptualmente infinitas cuando el proceso es estable
Multinomial	$X_i: 0,1,2,\dots$ ($i=1,\dots,m$)	n: número de pruebas m: n° de resultados posibles p _i : probabilidad del suceso i	Número de veces que ocurren m sucesos disjuntos en n pruebas independientes	Se aplica cuando se tiene un proceso estable y sin memoria
Hipergeométrica	de max {0,n-(N-R)} a min {R,n}	N: tamaño de la población R: número de éxitos n: número de pruebas	Número de éxitos en una muestra de tamaño n, extraída sin reemplazo de una población de tamaño N que contiene R éxitos	Es equivalente a la distribución binomial cuando el muestreo se hace sin reemplazo. Si el tamaño de la población es grande ambas distribuciones se pueden considerar prácticamente iguales
Geométrica	0,1,2,...	p: probabilidad de éxito	Número de fracasos antes de obtener un éxito por primera vez	Se utiliza en la distribución de tiempos de espera y tiene la propiedad de “falta de memoria”
Binomial negativa	0,1,2,...	r: número de éxitos p: probabilidad de éxito	Número de fracasos antes de obtener el r-ésimo éxito	Cuando r=1 se obtiene la distribución geométrica
Pascal	r, r+1, r+2, ...	r: número de éxitos p: probabilidad de éxito	Número de pruebas necesarias para obtener r éxitos	Se relaciona con la binomial negativa de la siguiente manera: $Pascal(r,p)=BN(r,p)+r$
Poissons	0,1,2,...	λ : tasa de ocurrencia	Número de ocurrencias de un evento "raro" o poco frecuente en un intervalo o espacio continuo de tiempo	El proceso que genera una distribución de Poisson es estable y no tiene memoria. La distribución binomial se aproxima por la Poisson si n es grande y p pequeña, siendo $\lambda=np$

1.1.2.3 Distribuciones Continuas

Las distribuciones continuas toman cualquier valor dentro del intervalo definido. En la Tabla 1-2 se presentan las distribuciones de probabilidad continuas.

Tabla 1-2 Distribuciones de probabilidad continuas

Distribución	Campo de variación	Parámetros	Observaciones
Uniforme	(a, b)	a: mínimo	Distribución clave en la generación de distribuciones
		b: máximo	
Normal	(- inf, inf)	μ : media	Si $\mu=0$ y $\sigma=1$ se denomina distribución normal estándar De ella derivan las distribuciones ji-cuadrado, t de Student y F de Snedecor
		σ : desviación estandar	
Normal bivalente	$X_1e(-inf, inf)$ $X_2e(-inf, inf)$	$\mu=(\mu_1, \mu_2)$: media	
		$\sigma=(\sigma_1, \sigma_2)$: desviación estándar	
		r= coeficiente de correlación	
Lognormal	(0, inf)	μ : escala	Si X sigue una distribución lognormal entonces su logaritmo neperiano sigue una distribución normal
		σ : forma	
Logística	(- inf, inf)	a: situación	Si U sigue una distribución uniforme en el intervalo (0,1) entonces $X(\ln(U/(1+U)))$ sigue una distribución logística
		b: escala	
Beta	(0,1)	p: forma	Es adecuada para modelar proporciones Si $p=q=1$ se obtiene la distribución uniforme en (0,1)
		q: forma	
Gamma	(0, inf)	a: escala	Es adecuada para modelar tiempos de vida. Si p en un n° entero se denomina distribución de Erlang
		p: forma	
Exponencial	(0, inf)	λ : tasa	Equivalente continuo de la distribución geométrica, también posee la propiedad de "falta de memoria"
Ji-cuadrado	(0, inf)	n: grados de libertad	Distribuciones importantes en la contrastación de hipótesis estadísticas
t de Student	(-inf, inf)	n: grados de libertad	
F de Snedecor	(0, inf)	n: grados de libertad m: grados de libertad	
Cauchy	(-inf, inf)	μ =escala	Si $\mu=1$ y $\theta=0$ se denomina distribución de Cauchy estándar
		θ =situación	
Weibull	(0, inf)	a: forma	Si a=1 se tiene la distribución exponencial. Otro caso particular es la distribución de Rayleigh
		b: escala	
Laplace	(-inf, inf)	a: situación	
		b: escala	
Pareto	[Xo, inf)	α : forma	
		Xo: situación	
Triangular	[a, b]	a: mínimo	Se emplea cuando hay poca información disponible de la variable
		c: moda	
		b: máximo	

2 LISTA DE REFERENCIAS

Epidat 4.0 . (Junio de 2012). Distribuciones de probabilidad. Ayuda Epidat 4.0. *Análisis Epidemiológico de Datos*. Galicia, España: Consejería de Sanidad. Galicia.

<http://concepto.de/probabilidad/>. (s.f.). Obtenido de Portal Educativo. Concepto.de:
www.concepto.de

<http://www.importancia.org/probabilidad.php>. (s.f.). Obtenido de www.importancia.org.

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. Caracas: Ed. Panapo.

Spiegel, M. R. (1975). *Probabilidad y Estadística*. Mexico: McGraw-Hill de Mexico S.A. de C.V.

Anexo 3 Etapas en el diseño geotécnico

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES APLICANDO FACTORES DE
CARGA Y RESISTENCIA. (LRFD).**

ANEXO 3 – ETAPAS EN EL DISEÑO GEOTÉCNICO

1 ANEXO 3: ETAPAS EN EL DISEÑO GEOTÉCNICO

En el desarrollo de un diseño geotécnico se busca establecer la capacidad portante y los niveles de deformación esperados en cimientos superficiales y/o profundos y se deben tener en cuenta entre otros los siguientes aspectos que afectan o modifican el trabajo realizado, por el ingeniero geotecnista

1.1.1 Cantidad y tipo de investigación geotécnica

Las normas colombianas (NSR-2010, CCDP-95, RAS 2000, NS-010 EAAB), reúnen una serie de recomendaciones que buscan sintetizar las buenas prácticas, que se deben seguir en el desarrollo de estudios geotécnicos y plantean la cantidad y profundidad de investigaciones geotécnicas a realizar, los tipos de ensayos de laboratorio que se deben ejecutar y la frecuencia del muestreo.

Estas recomendaciones, no eximen al ingeniero responsable de las consecuencias desfavorables que puedan ocurrir al construir o aplicar las recomendaciones por él emitidas. Por lo tanto, es necesario evaluar ¿Qué tan acertadas son las recomendaciones geotécnicas planteadas en los códigos?, ¿La cantidad de investigaciones geotécnicas requeridas por los códigos, obedecen a lineamientos de tipo económico o a estudios serios, que buscan cubrir de la mejor manera la variabilidad de las propiedades de los suelos?, ¿Las empresas Colombianas dedicadas a la consultoría geotécnica, cumplen cabalmente con estas disposiciones? ó ¿En su afán de obtener contratos, pasan por alto los lineamientos planteados por la normatividad vigente?, ¿El mercado colombiano paga valores justos por investigaciones geotécnicas correctamente ejecutadas?

1.1.2 Trabajos de campo

Una vez definida la campaña de exploración geotécnica, se debe lidiar con la calidad en los trabajos de campo. En Colombia, al igual que en muchos otros países de la región, existe la tendencia generalizada a sobrevalorar los resultados obtenidos con el ensayo de

penetración estándar SPT¹, pretendiendo obtener todos los parámetros geotécnicos requeridos para el diseño, apoyados en las correlaciones que diferentes autores han planteado para este ensayo. Usualmente, el ensayo no se ejecuta conforme a la norma que lo regula y los datos de peso del martillo, longitud y diámetro de varillaje no se registran en campo y las correcciones que se deben realizar, al valor del número de golpes de campo (N), no se efectúan correctamente.²

Paralelamente a lo anterior, es oportuno precisar que para Colombia, solamente existen datos medidos de la eficiencia del ensayo de penetración estándar, a partir de las pruebas realizadas por Villafañe y otros en 1997. En forma general se ha establecido que debe tomarse una eficiencia del 45% de manera conservadora. (Gonzalez, 1999)

Adicionalmente, debido a los bajos precios pagados para la ejecución del ensayo de SPT, las compañías dedicadas a estos trabajos, lo realizan a gran velocidad para que sea rentable. Esta práctica, influye directamente en la calidad de las muestras recuperadas, encontrándose casos en los cuales a partir de muestras de cuchara partida, se realizan ensayos de compresión inconfiada y quizás hasta ensayos triaxiales, sin tener en cuenta el nivel de alteración que posee la muestra.

Con relación a la extracción de muestras, en la conferencia Arthur Casagrande de abril 10 de 2003, los profesores Charles C. Ladd y Don J. DeGroot presentaron la lectura, "Práctica recomendada para la caracterización de sitios en terreno blando", presentando el nivel de alteración que sufren las muestras al momento de realizar su extracción, en la Figura 1-1, se presenta la trayectoria de esfuerzos hipotética que sufre un espécimen desde el momento en que es extraído, hasta cuando se realizan los ensayos de laboratorio. Es claro, que la alteración que sufre el espécimen influye directamente en los

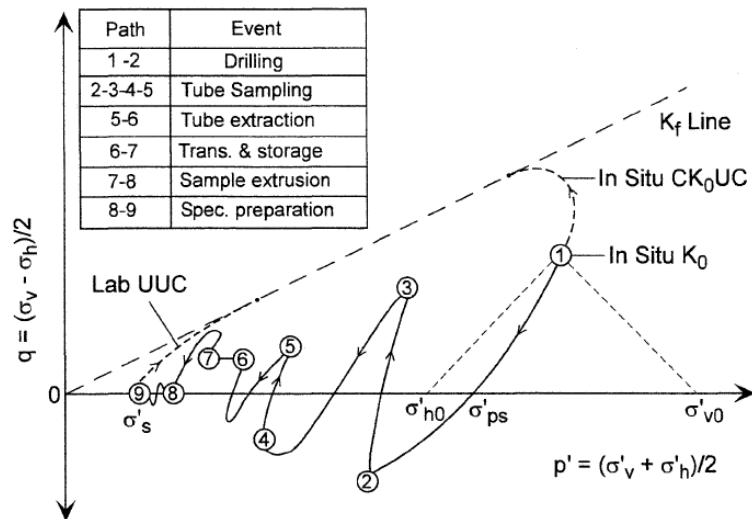
¹ SPT: Este método ha sido estandarizado desde 1958, con varias revisiones (ASTM D-1586) y consiste en hincar un toma muestras partido de 18" (» 45cm) de largo colocado al extremo de una varilla AW, por medio de un peso (martillo) de 140lb (» 63.5kg) que se deja caer "libremente" desde una altura de 30" (» 76cm), anotando los golpes necesarios para penetrar cada 6" (» 15cm). (Gonzalez, 1999)

² De acuerdo con al AASHTO 2012, el ensayo de penetración estándar se debe ajustar por los siguientes factores:

$N_{160} = C_N N_{60}$, en donde: C_N es la corrección por confinamiento y esta definida como $C_N = [0.77 \log_{10}(40/\sigma_v)]$, con un valor máximo de 2.0. σ_v = Esfuerzo efectivo vertical. N_{60} , corresponde al número de golpes ajustados al 60% de energía, $N_{60} = (ER/60\%)N$. ER, es la eficiencia obtenida de la prueba y N la cantidad de golpes necesarios para movilizar el sistema (6", 6" y 6"), el N de campo corresponderá a la suma de golpes de la tanda 2 y 3.

resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, dejando abierta la posibilidad que los parámetros geotécnicos utilizados en el diseño, sean menores a los que realmente poseen los materiales en su estado natural, esta situación afecta la calidad y veracidad de las recomendaciones emitidas por el ingeniero diseñador.

Figura 1-1 Ruta de esfuerzo hipotética durante la extracción de la muestra y su preparación para ensayo. (Después de Ladd y Lambe 1963, Baligh et al. 1987)



1.1.2.1 Exploración directa (Durán Gutiérrez, 2008)

Comprenden las actividades o procedimientos de excavación, perforación, penetración y toma de muestras, con los que se obtiene una información directa de la estratigrafía y de las condiciones del suelo. Incluyen:

- Excavaciones abiertas o subterráneas: Apiques, pozos, trincheras y galerías exploratorias
- Perforaciones: con barreno manual, con equipo motorizado de percusión y lavado, o con equipo motorizado de rotación
- Muestreos:
 - Recuperación de muestras alteradas: (tipo costal, bolsa, frasco o Split Spoon, SS)
 - Recuperación de muestras "inalteradas": tipo Shelby (TS), Pistón (PS), Denison (DS), Pitcher (PtS) y Bishop (BS), entre otros.

- Ensayos de campo (in-situ) y sondeos: Comprenden ensayos de resistencia, esfuerzo-deformación y permeabilidad, realizados sobre la superficie del terreno o dentro de una perforación, o por medio de la penetración de un dispositivo (como es el caso de los sondeos propiamente dichos).

1.1.2.2 Exploración indirecta

Estos métodos consisten en obtener información por medio de la medición de algunos parámetros característicos del suelo, como son: la velocidad de propagación de ondas de compresión, V_p , o de ondas de corte, V_s , o de su resistividad eléctrica, y así, en forma indirecta, conocer el tipo y condición de los diferentes estratos que forman el perfil de un sitio.

En la mayoría de estos casos las mediciones se hacen sin necesidad de excavar o de perforar el terreno, y sin necesidad de tomar muestras. Estos métodos indirectos complementan una exploración directa y permiten la interpolación de la información arrojada por ésta y cubrir grandes extensiones de terreno a bajo costo y en poco tiempo. Usualmente se procede a una calibración de los resultados obtenidos por los métodos indirectos, comparándolos con los resultados de la exploración directa.

Los principales métodos indirectos empleados en geotecnia son:

- Prospección geofísica: Basada en el estudio de la propagación de ondas de cuerpo (primarias y secundarias) y de ondas superficiales en masas de suelo. En este grupo se encuentra la refracción sísmica, la reflexión sísmica y los métodos de up-hole, down-hole y cross-hole.
- Prospección geoelectrica: Basada en el estudio de la conductividad eléctrica de las masas de suelo y roca. En este grupo se encuentran los sondeos eléctricos verticales, SEV, y la geoelectrica de barrido continuo.

1.1.3 **Caracterización geotécnica**

La caracterización geotécnica consiste en establecer los parámetros de resistencia al corte y deformación, que serán utilizados en los diseños geotécnicos.

Este procedimiento se realiza utilizando la información de campo, los ensayos de laboratorio, el conocimiento geológico de la zona y las correlaciones geotécnicas que

sean aplicables a los materiales encontrados en la zona. (Las correlaciones geotécnicas son siempre bien recibidas, poco analizadas e inagotables).

1.1.3.1 Pruebas de Campo

En este grupo de actividades se encuentran:

- Ensayo de penetración estándar (SPT)
- Ensayo de torsión con veleta de campo (Suv)
- Ensayo de penetración estática de cono (CPT) (sondeo)
- Ensayo de penetración dinámica de cono (DCPT) (sondeo)
- Ensayo de presurómetro de Menard (PMT)
- Ensayo de Dilatómetro de Marchetti (DMT)
- Ensayo de placa directa (DPLT)
- Ensayo de carga de pilotes (PLT)
- Ensayo de permeabilidad de campo (Kf)

1.1.3.2 Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio que se realizan dependen de la cantidad y calidad de muestras obtenidas en campo y como se mencionó anteriormente, puede que estas no sean de la calidad necesaria para arrojar resultados confiables.

Debido a que, el tiempo disponible para realizar un diseño es reducido, es usual que se realicen rápidamente ensayos de identificación y clasificación, que permiten aplicar correlaciones geotécnicas y estimar parámetros de diseño.

A continuación se realizan algunos ensayos especiales como por ejemplo: Compresión inconfiada, triaxial UU, triaxial CD, cortes directos en suelo o roca, consolidaciones, pruebas de expansión, crum test, pin hole, a partir de los cuales se pueden ajustar los parámetros de diseño que inicialmente se estimaron con las correlaciones.

Por último y dependiendo de la complejidad del proyecto se pueden realizar otro tipo de ensayos como: bender element, triaxial cíclico, columna resonante, etc., los cuales permiten, determinar con mayor precisión el comportamiento de los materiales frente a cargas permanentes, transitorias o cíclicas.

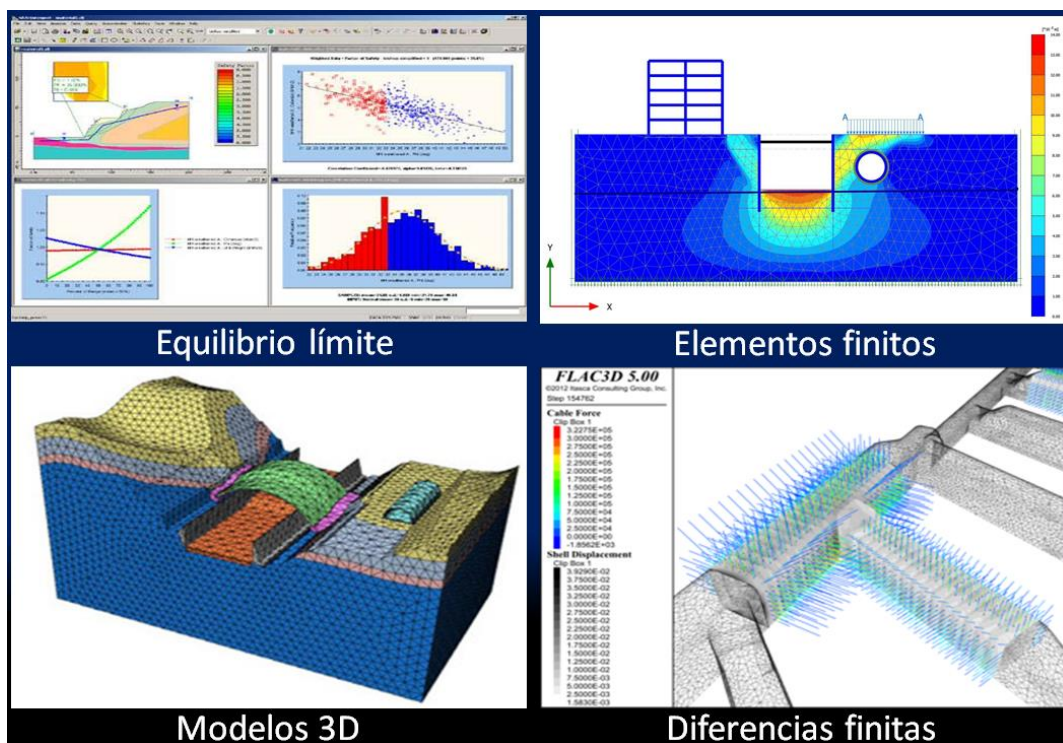
1.1.4 Diseños geotécnicos

Finalmente, los procedimientos anteriormente descritos, permiten realizar los diseños geotécnicos, los cuales consisten básicamente en, calcular: Capacidad portante, asentamientos esperados a corto y largo plazo, empujes de tierras sobre estructuras, etc.

Para lograr este objetivo, se utilizan procedimientos de tipo empírico, semi empírico, racional y computacional (Elementos finitos, Diferencias finitas). Estos procedimientos han sido desarrolladas durante los últimos 100 años (o menos).

Es vital en este punto, observar que la experiencia del ingeniero diseñador, es muy importante al momento de analizar la calidad de los resultados obtenidos en los análisis realizados, hoy día es común encontrar que los ingenieros dependen de la geotecnia de colores (Resultados de Slide, Plaxis, Phase2, Abaqus), la cual genera una sensación falsa de seguridad o inseguridad, por lo que se requiere mucho más análisis del que actualmente se realiza. En la Figura 1-2 se presenta la salida gráfica típica en un diseño geotécnico actualmente.

Figura 1-2 Salidas gráficas típicas en un diseño geotécnico.



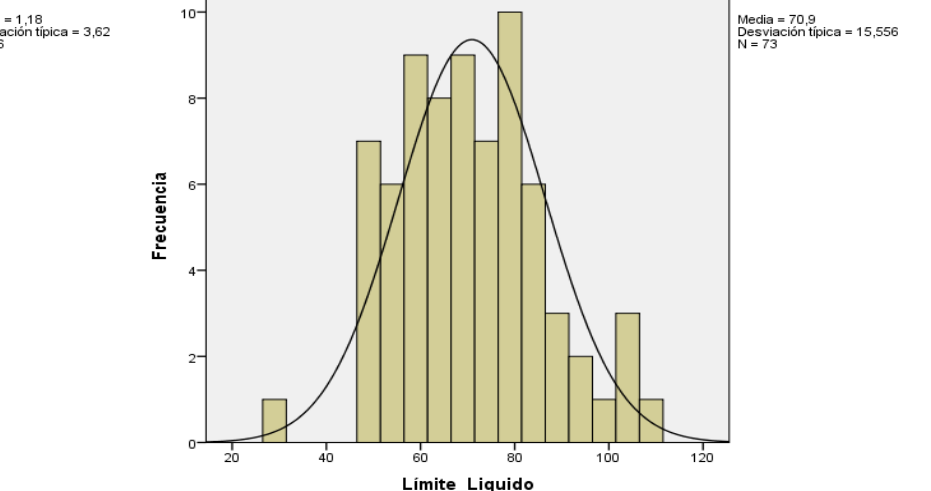
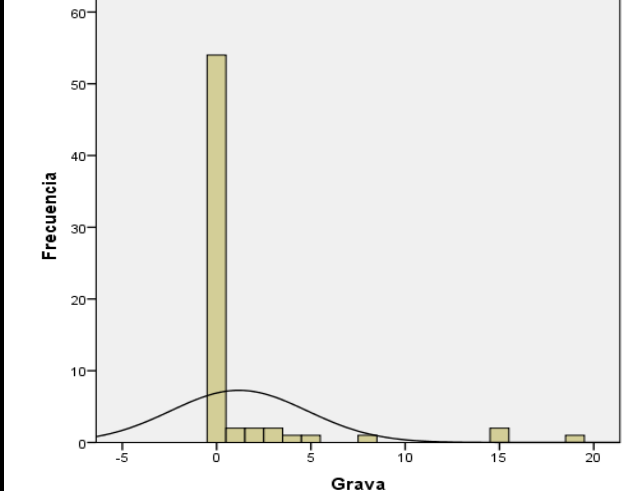
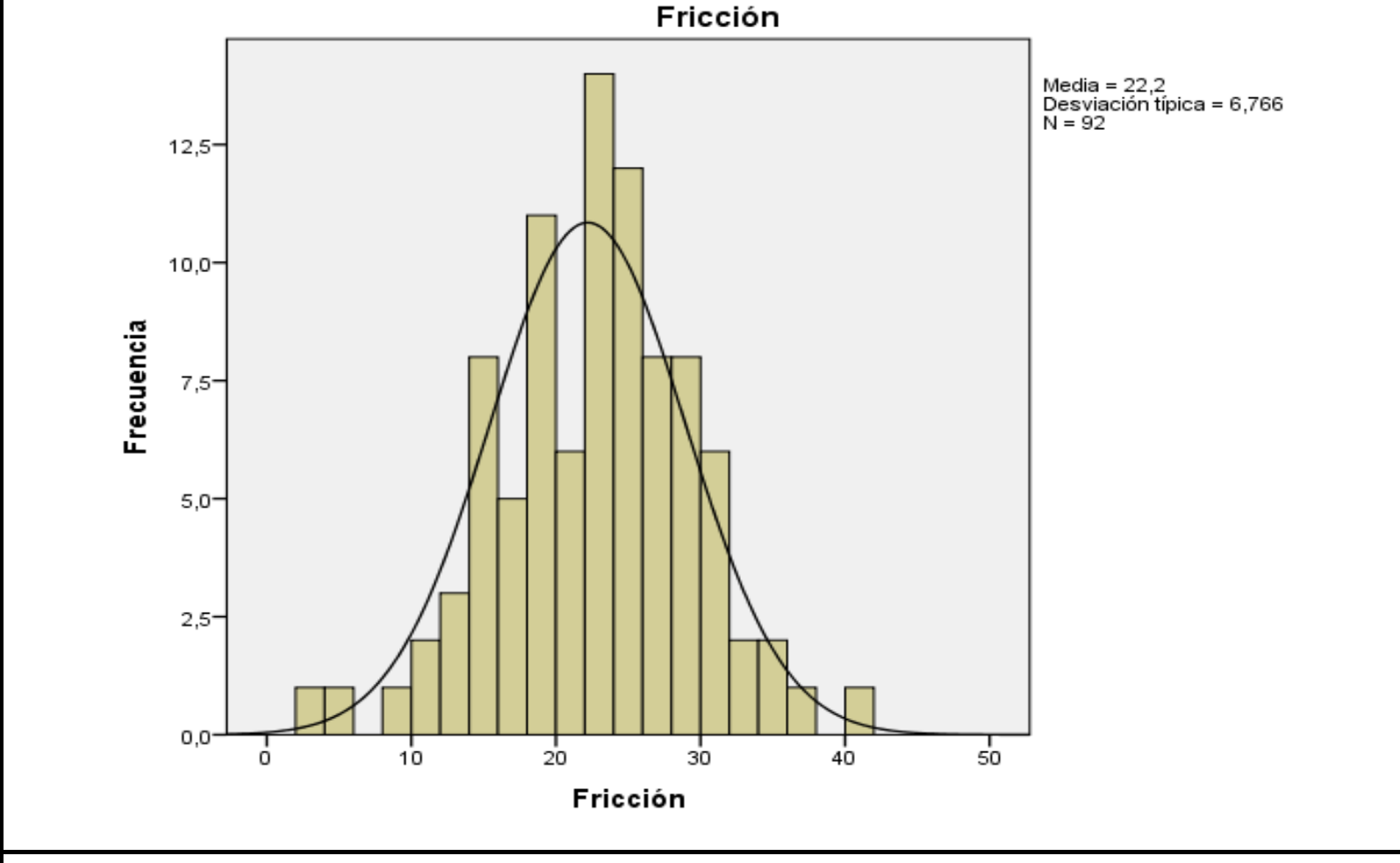
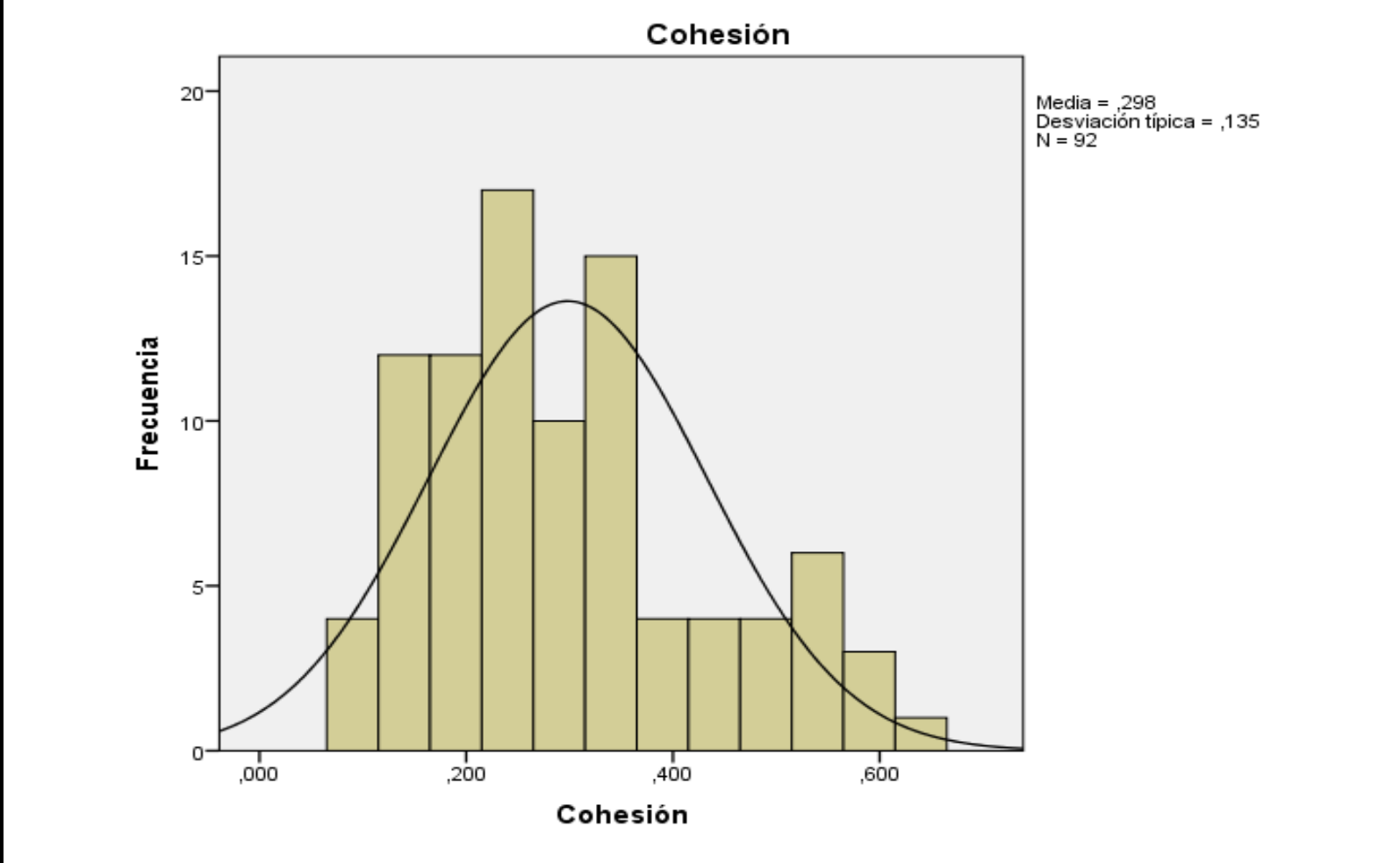
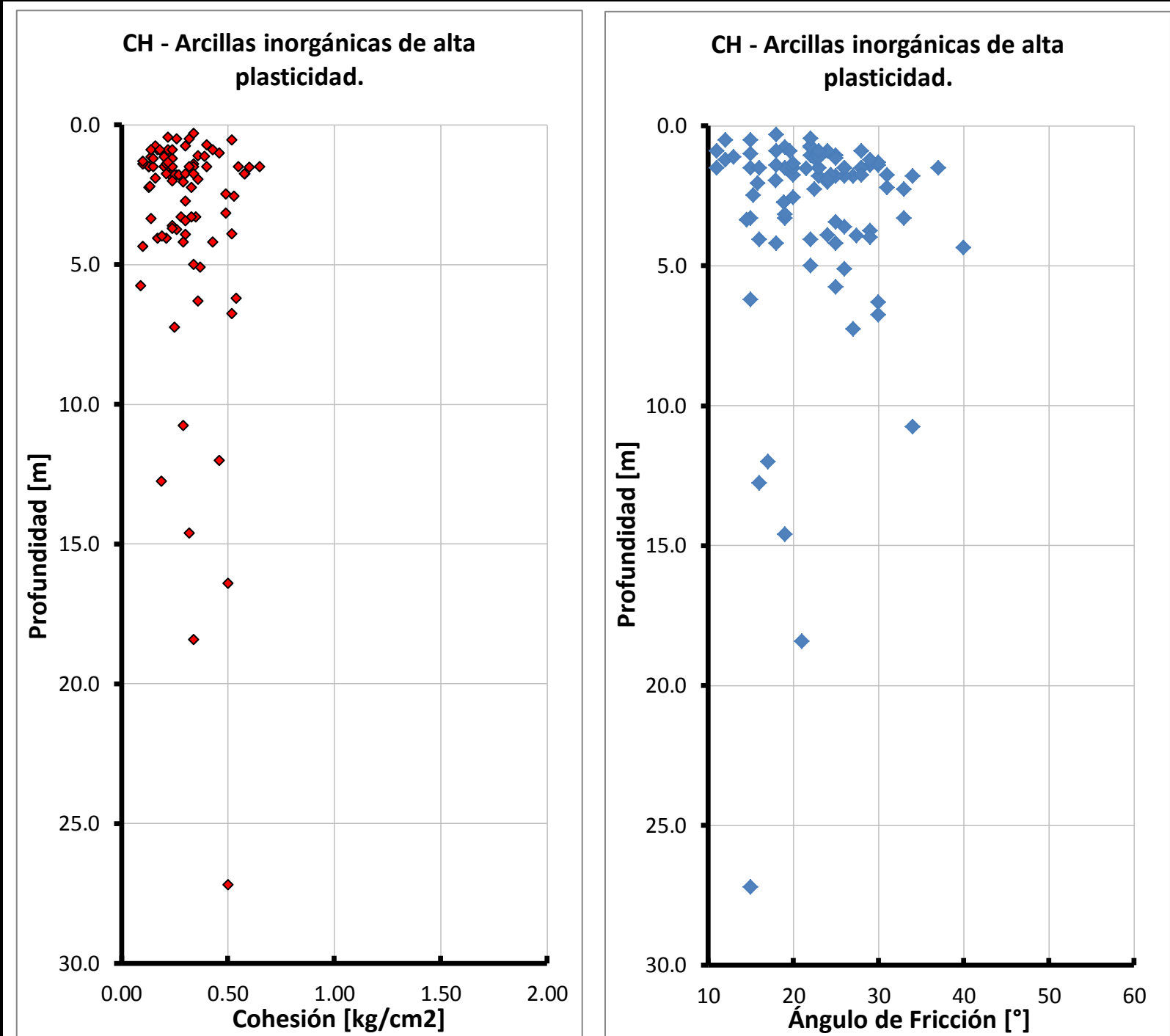
2 LISTA DE REFERENCIAS

- Durán Gutiérrez, J. E. (2008). *Apuntes sobre investigación del suelo*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Gonzalez, A. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. X *Jornadas geotécnicas de la ingeniería Colombiana - SCI-SCG-1999*, (pág. 12). Bogotá.
- NSR-010. Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. *Titulo H. Estudios geotécnicos*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Anexo 5 Análisis estadístico

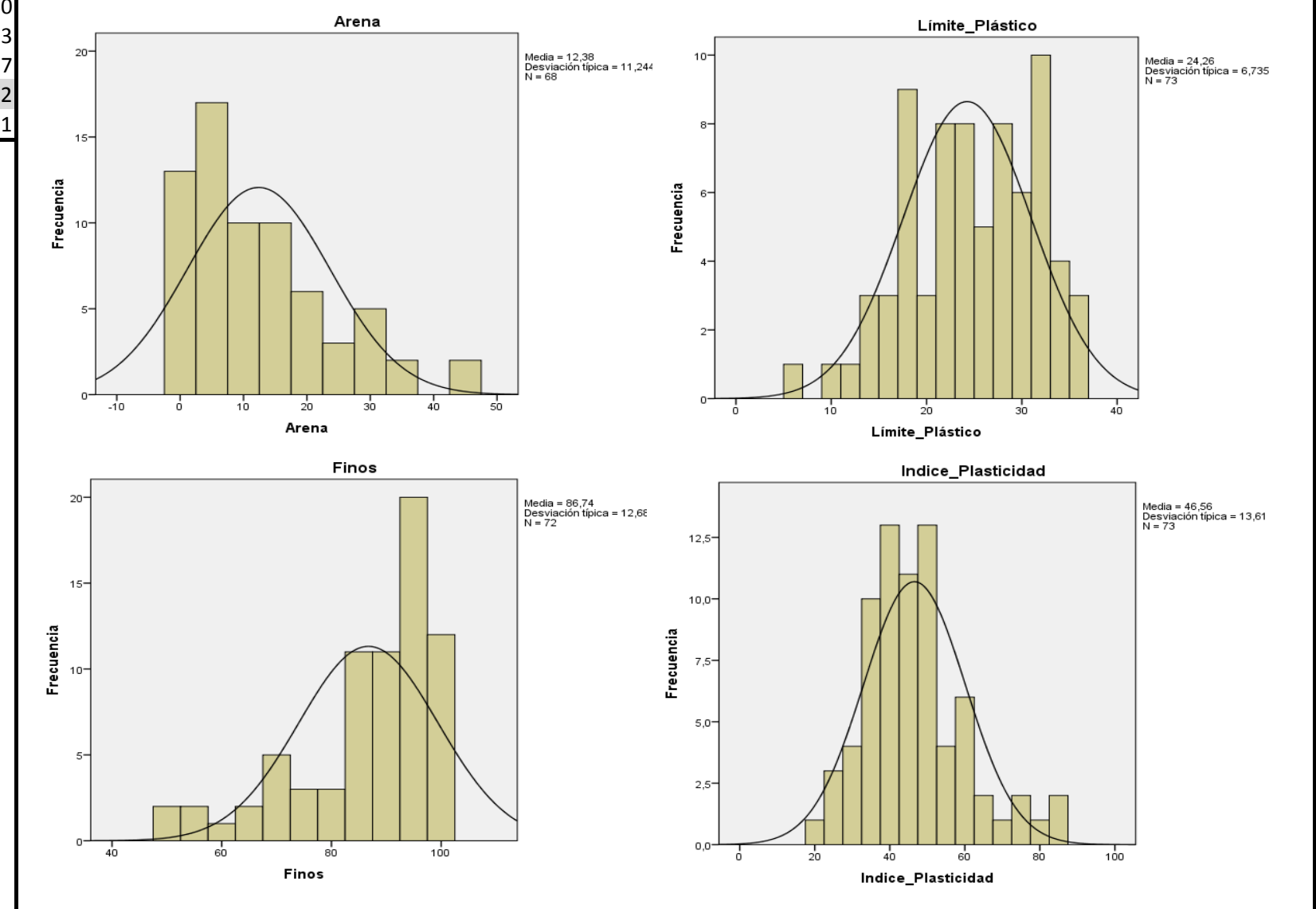
CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas													
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ _{SECA} (kN/m ³)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' C. Directo (kg/cm ²)	φ C. Directo (°)	
5	1.80	CH											
38	1.80	CH	13.7	18.22	3	13	84	85	36	49	0.25	34	
131	4.05	CH	13.7	18.58	0	12	88	77	31	46	0.21	22	
202	4.35	CH	12.4	17.93	0	15	85	76	29	47	0.10	40	
247	5.75	CH	14.2	18.75	0	16	84	67	24	43	0.09	25	
255	3.60	CH	11.9	17.43	0	2	98	85	32	53	0.24	26	
514	4.05	CH	12.7	17.98	0	10	90	75	27	48	0.17	16	
1301	2.25	CH	14.4	19.03	15	29	56	52	27	25	0.13	33	
1349	3.30	CH	11.2	16.57	0	13	87	69	29	40	0.28	19	
1362	6.30	CH	12.7	17.7	2	21	77	89	35	54	0.36	30	
1416	1.80	CH	11.1	16.54	1	11	88	92	34	58	0.23	27	
1430	4.20	CH	13.0	17.96	0	24	76	80	28	52	0.43	18	
1460	3.30	CH											
1522	5.10	CH	12.6	17.5	0	9	91	81	29	52	0.37	26	
1559	6.75	CH			4	8	88	86	6	75	0.52	30	
1594	1.80	CH	13.5	18.245	19	29	52	74	24	50	0.26	23	
1776	1.80	CH	11.5	16.67	0	13	87	90	31	59	0.25	26	
1806	3.75	CH	10.4	16.495	0	6	94	92	31	61	0.26	29	
1915	3.30	CH	12.6	17.65	0	12	88	73	34	39	0.35	33	
2082	1.80	CH	14.9	18.83	0	35	65	51	22	29	0.27	25	
2623	1.40	CH		19.9								0.34	29
2804	0.90	CH	15.7	18.97	0	3	97	60	18	42	0.17	28	
3134	1.05	CH		17.83								0.21	22
3603	1.00	CH		19.55	0	47	53	63	17	46	0.46	15	
3718	0.55	CH		19.86	2	37	61	61	14	47	0.52	4	
3721	0.50	CH		19.22	0	29	71	67	18	49	0.26	15	
3735	0.75	CH		19.22	3	47	50	50	12	38	0.16	22	
4377	5.00	CH		18.4	0	5	95	75	24	51	0.34	22	
4380	6.90	CH											
4527	1.50	CH		18.89								0.22	28
4622	1.50	CH	17.0	20.33								0.34	28
4734	1.50	CH											
4747	1.50	CH											
4787	2.00	CH	16.0	19.66	0	7	93	65	25	40	0.24	24	
4858	1.50	CH	14.0	18.31	0	6	94	83	25	58	0.13	15	
4881	1.75	CH	15.6	19.57	0	6	94	70	21	49	0.30	20	
4909	1.50	CH		17.6	0	3	97	56	20	36	0.20	26	
4918	1.50	CH											
4939	1.85	CH											
4992	1.50	CH	15.8	18.31	0	18	82	52	27	25	0.13	37	
4993	1.50	CH		19.71	0	9	91	61	14	47	0.13	11	
5026	1.50	CH		18.84	0	4	96	57	18	39	0.24	19	
5051	1.50	CH		15.99	0	2	98	77	19	58	0.15	16	
5091	1.50	CH		20.23	0	5	95	51	20	31	0.40	23	
5290	1.20	CH	15.5	19.1	0	9	91	62	22	40	0.24	12	
5303	0.75	CH		18.36	0	15	85	78	26	52	0.30	19	
5312	1.05	CH	15.5	19.57	0	4	96	70	25	45	0.21	25	
5486	1.50	CH			0	22	78	29	9	20	0.65	26	
5532	1.50	CH		19.27	0	3	97	53	16	37	0.32	23	
5536	1.50	CH			0	2	98	51	18	33	0.55	20	
5679	0.75	CH											
7071	0.50	CH		18.19	0	0	100	79	27	52	0.32	12	
8061	12.00	CH		20.58	0	10	90	69	22	47	0.46	17	
10394	16.40	CH		19								0.50	3
13415	3.30	CH		18	0	28	72	76	21	55	0.33	15	
13468	3.43	CH		19.58								0.30	25
13565	27.20	CH		19.79	0	1	99	59	24	35	0.50	15	
13582	3.15	CH		20								0.49	19
13606	14.60	CH		18	0	3	97	63	22	41	0.32	19	
13729	0.73	CH		21.02								0.40	22
13781	10.75	CH		24								0.29	34
14670	6.20	CH		19.76	0	7	93	71	27	44	0.54	15	
14799	0.90	CH		19				101	18	83	0.43	20	
14811	1.10	CH		18.4				106	23	83	0.36	13	
14847	1.95	CH		16.2				100				0.36	18
14857	2.73	CH	10.1	17.7	0	6	94	102	21	81	0.30	19	
14869	3.00	CH											
15008	2.04	CH		20.5			87	104	33	71	0.29	16	
15022	2.48	CH		17								0.49	15
15051	1.53	CH		18.1								0.60	22
15057	3.93	CH		18.2				67	15	52	0.30	27	
15068	1.15	CH		17.1				108	34	74	0.20	23	
15397	1.13	CH		20				92				0.39	23
15767	2.48	CH											
15768	3.35	CH		19.2	0	11	89	60	22	39	0.14	15	
15779	2.70	CH											
15833	2.25	CH		17.9								0.33	23
15858	1.75	CH		17.9	0	0	93	81	17	63	0.58	24	
15911	1.75	CH		18.683				93	81	17	63	0.58	24
16716	18.43	CH	15.2	18.76	5	26	69	65	23	42	0.34	21	
17074	0.45	CH			0	15	85	56	23	33	0.22	22	
17522	1.15	CH	12.9	17.96	0	0	100	76	31	45	0.14	25	
17795	0.90	CH	19.64	22.93	0	3	97	78	31	47	0.22	24	
17866	0.90	CH	14.0	18.39	0	2	98	82	32	50	0.14	18	
17912	3.70	CH	14.6	18.46	15	22	63	65	32	33	0.24	9	
17934	1.80	CH											
17979	0.90	CH			8	22	70	66	29	37	0.24	11	
18025	1.90	CH	16.8	20.18	0	1	99	60	30	30	0.16	24	
18111	1.40	CH			0	7	93	70	31	39	0.10	30	
18113	1.40	CH			0	1	99	91	35	56	0.21	18	
18115	1.30	CH			0	1	99	59	24	35	0.10	30	
18140	1.35	CH	12.0	16.79	1	2	97	86	27	59	0.22	20	
18161	1.20	CH	18.7	21.27								0.15	29
18184	0.90	CH	13.0	17.22	0	1	99	79	30	49	0.18	23	
18402	12.75	CH										0.19	16
18584	0.30	CH			0	13	87	60	32	28	0.34	18	
19148	5.70	CH											
19164	0.90	CH											
19165	2.20	CH		19.5		23	77	54	14	40	0.14	31	
19166	4.20	CH		17.87		13	87	51	16	35	0.29	25	
19263	5.45	CH											
19309	2.55	CH		18.7	0	28	72	51	17	34	0.53	20	
19374	6.25	CH											
19410	1.75	CH										0.34	31
19413	7.25	CH										0.25	27
19415	1.75	CH		22.14	0	13	87	64	26	38	0.21	28	
19931	2.20	CH											
19935	3.98	CH			0	3	97					0.19	29
19980	3.90	CH			0	19	81	51	28	23	0.52	24	

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



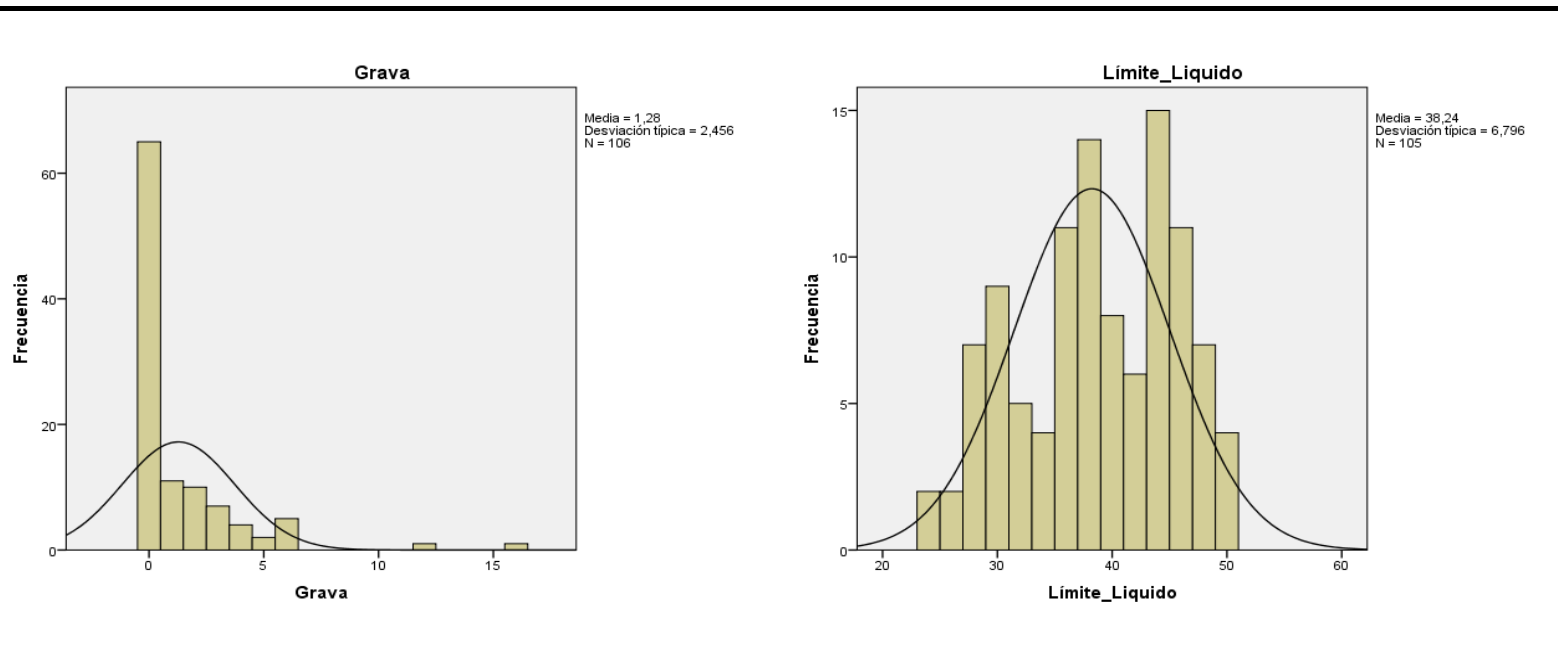
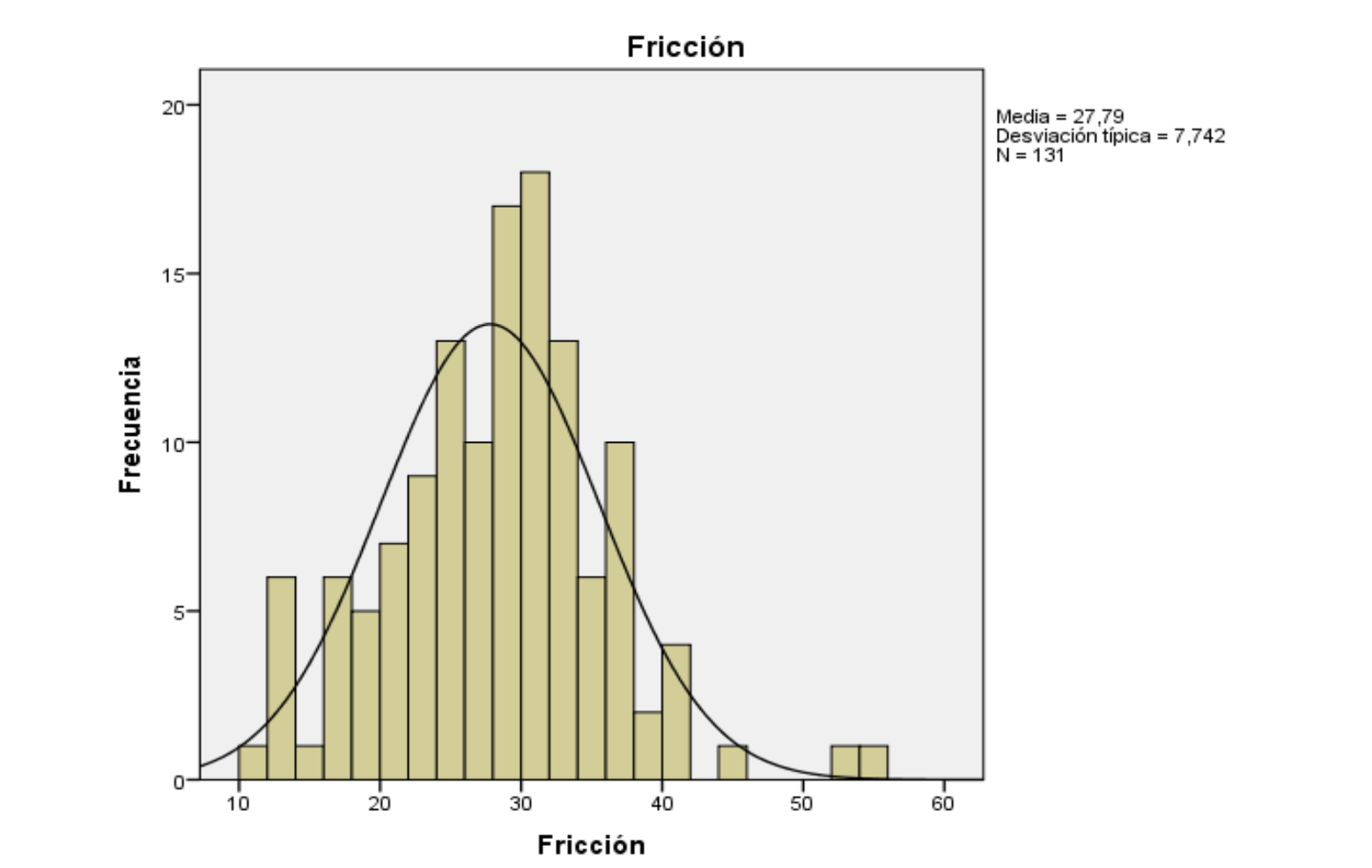
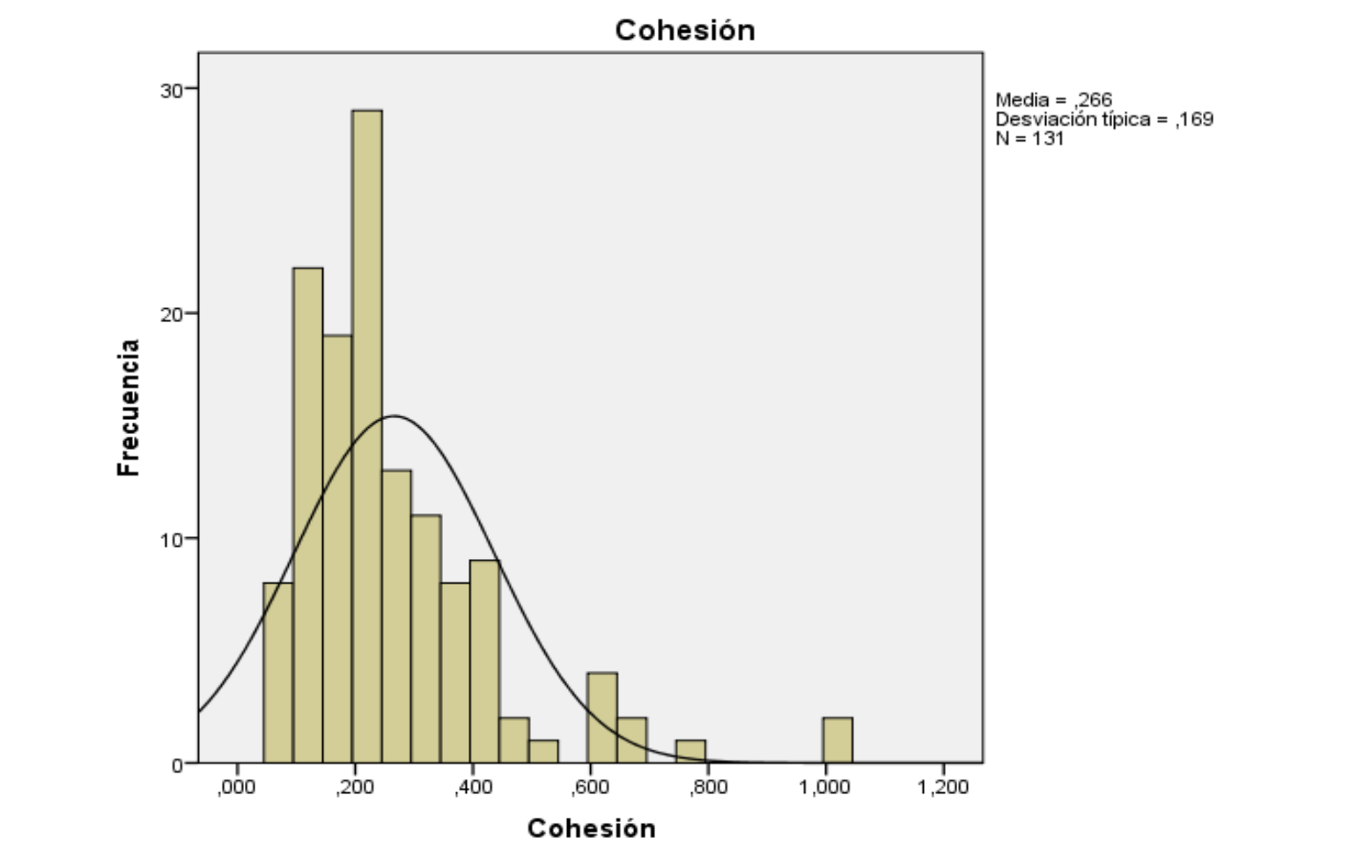
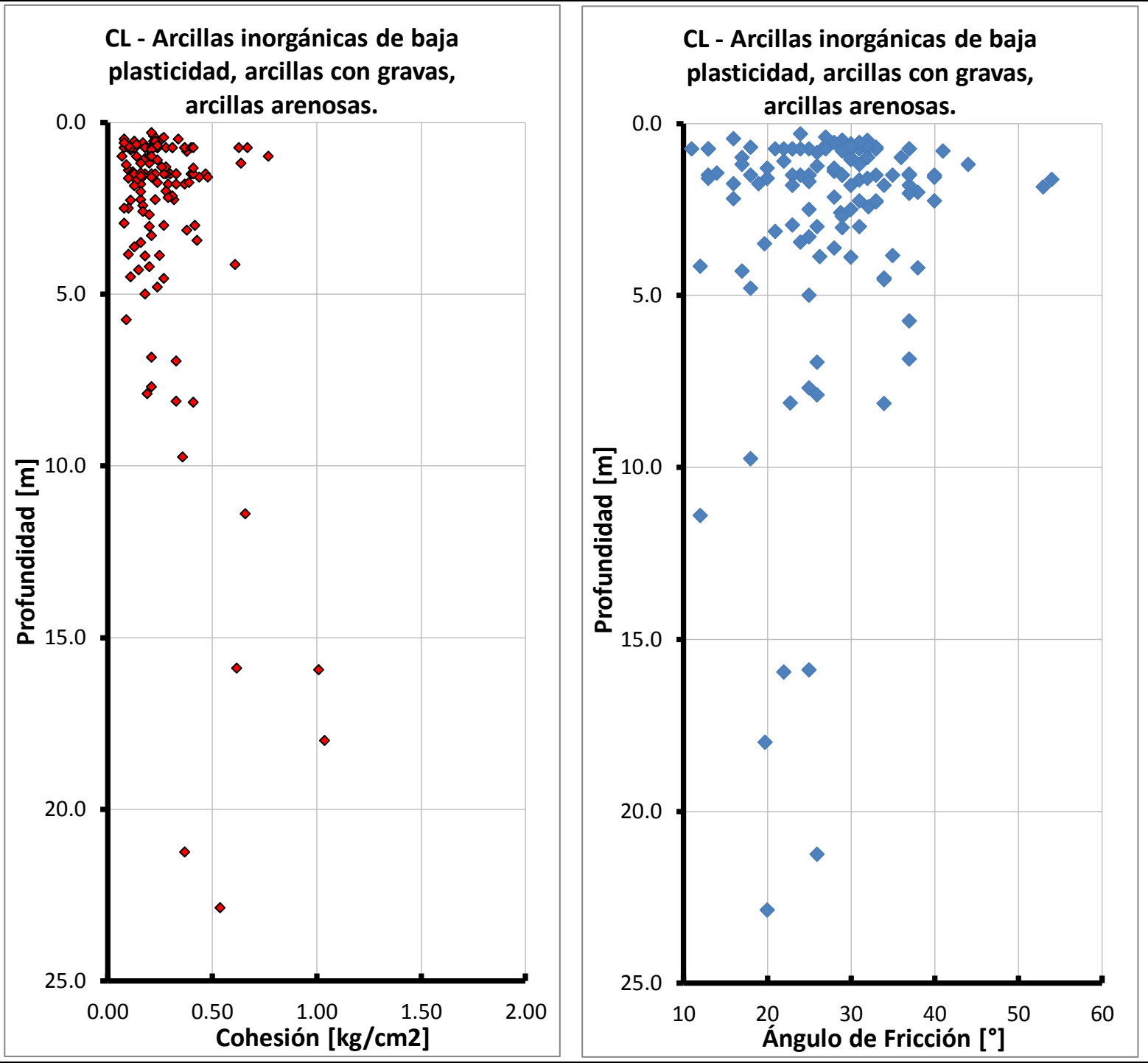
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas										
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' C. Directo (kg/cm2)	ϕ C. Directo (°)
	Vmax		19	47	100	108	36	83	0.65	40		
	Vmin		0	0	50	29	6	20	0.09	3		
	σ		4	11	13	16	7	14	0.13	7		
	Vest		4.0	12.4	86.7	70.9	24.3	45.6	0.30	22.2		
	COV		0.91	0.91	0.15	0.22	0.28	0.30	0.45	0.31		

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.												
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ _{SECA} (kN/m ³)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' c. Directo (kg/cm ²)	φ c. Directo (°)	
80	4.50	CL	15.49	19.37	6	32	62	36	20	16	0.11	34	
147	5.75	CL	15.51	19.58	2	14	84	43	22	21	0.09	37	
240	1.65	CL	13.54	18.43	0	23	77	48	27	21	0.16	31	
327	3.45	CL	15.87	20.47	16	32	52	40	21	19	0.43	24	
467	3.00	CL	12.53	17.37	6	37	57	47	26	21	0.27	26	
533	3.90	CL	16.55	20.31	0	47	53	28	18	10	0.18	30	
652	4.30	CL	10.55	17.26	0	1	99	49	24	25	0.15	17	
968	1.65	CL											
975	1.20	CL	14.48	18.49	6	38	56	38	20	18	0.20	31	
1328	1.80	CL	14.71	18.87	4	36	60	46	21	25	0.29	34	
1640	1.80	CL			5	44	51	39	20	19	0.37	37	
1964	2.95	CL	14.7	18.7	3	45	52	40	19	21	0.08	23	
1987	3.30	CL	16.79	20.27	0	34	66	38	18	20	0.21	25	
2107	1.80	CL	13.74	18.22	1	20	79	46	19	27	0.33	30	
2203	0.50	CL	15.94	19.43	1	16	83	34	19	15	0.08	29	
2207	0.70	CL	16.86	21.17	1	12	87	38	15	23	0.14	33	
2210	0.50	CL	16.66	20.26	3	21	76	38	17	21	0.26	29	
2264	0.75	CL	16.03	19.47	0	19	81	35	18	17	0.24	21	
2338	1.50	CL											
2347	1.50	CL	14.79	16.95	1	45	54	34	17	17	0.33	25	
2358	1.50	CL	14.24	16.50	2	14	84	29	16	13	0.30	13	
2385	3.63	CL		19.96	0	19	81				0.13	28	
2636	0.80	CL		19.83							0.11	41	
2645	0.45	CL											
2662	1.00	CL		20.3							0.77	17	
2690	0.85	CL		18.8	0	22	78	44	11	33	0.38	26	
2745	0.50	CL		18.7	2	16	82	44	12	32	0.34	32	
2758	0.55	CL		20.3	0	25	75	25	11	14	0.22	29	
2797	0.45	CL		16.5	0	22	78	48	11	37	0.27	16	
2819	0.75	CL	12.45	15.22	0	6	94	36	15	21	0.63	23	
2827	0.75	CL			0	21	79				0.28	30	
2854	1.20	CL	17.91	19.70	1	26	73	30	14	16	0.64	17	
2855	0.75	CL	18.94	21.48							0.31	33	
2865	0.75	CL	17.91	21.21				44	18	26	0.67	13	
2903	0.25	CL											
3031	0.70	CL		18.02	0	36	64	43	16	27	0.24	18	
3035	0.65	CL	16.54	19.77	0	46	54	27	15	12	0.22	27	
3129	1.10	CL		18.5	0	14	86	43	14	29	0.24	22	
3155	1.50	CL		19.86	0	42	58	25	14	11	0.33	35	
3195	1.50	CL		21.46	0	7	93	35	16	19	0.40	24	
3263	1.50	CL	17.19	19.14	3	39	58	38	20	18	0.18	37	
3545	0.60	CL		19.68	6	43	51	43	12	31	0.17	30	
3745	1.05	CL		19.93	1	41	58	24	15	9	0.18	30	
3799	1.50	CL		22.66	0	37	63	39.0	12	27	0.47	29	
3899	1.50	CL			4	36	60	44	15	29	0.28	40	
4553	1.40	CL		18.94							0.10	28	
4571	1.50	CL	15.91	19.00							0.13	33	
4662	1.45	CL		18.10							0.12	14	
4681	1.50	CL	16.39	19.69							0.27	23	
4690	1.75	CL		18.72							0.24	16	
4695	1.60	CL		19.38							0.44	13	
4708	1.60	CL	15.34	18.97							0.48	20	
4760	1.50	CL	15.96	19.62							0.21	18	
4766	1.50	CL											
4807	2.50	CL		18.66	0	5	95	47	19	28	0.10	25	
4812	1.75	CL		18.55	0	41	59	47	18	29	0.39	19	
4829	1.50	CL		18.85	0	46	54	41	19	22	0.12	29	
4923	1.50	CL	16.84	20.20	0	9	91	44	18	26	0.23	25	
4929	1.50	CL		19.45	0	9	91	46	19	27	0.41	29	
4945	3.25	CL											
4970	1.80	CL		18.37	0	25	75	33	17	16	0.16	23	
5322	0.40	CL		17.70	0	7	93	40	16	24	0.22	27	
5450	0.40	CL											
5689	0.75	CL	18.13	20.99	2	35	63	35	13	22	0.31	23	
5717	0.75	CL	17.03	20.47	0	8	92	32	17	15	0.37	25	
5781	1.30	CL											
5785	0.75	CL	16.08	19.53	0	12	88	41	16	25	0.37	13	
5796	0.75	CL	16.45	19.90	0	20	80	30	16	14	0.19	33	
5813	0.75	CL											
5843	0.75	CL			3	34	63	31	17	14	0.18	37	
5919	0.75	CL											
5991	0.75	CL	17.39	20.65	0	17	83	35	16	19	0.24	31	
5996	0.75	CL	15.64	19.18	0	6	94	36	20	16	0.08	29	
6009	0.75	CL			0	17	83	38	18	20	0.13	32	
6018	0.75	CL	15.57	18.52	1	10	89	42	22	20	0.24	24	
6048	0.75	CL	17.54	19.89	0	35	65	27	15	12	0.21	27	
6057	0.75	CL	12.93	16.65	0	26	74	39	24	15	0.10	37	
6073	0.75	CL	15.9	19.49	0	12	88	35	19	16	0.24	30	
6079	0.75	CL	16.09	19.58	0	21	79	37	16	21	0.11	30	
6087	2.50	CL			0	4	96	38	20	18	0.08	30	
6094	1.50	CL	16.7	19.21	0	46	54	31	14	17	0.13	37	
6750	0.55	CL		18.80	0	11	89	45	19	26	0.13	28	
6898	0.70	CL		19.76	0	7	93	38	15	23	0.10	31	
6903	0.65	CL		18.59	0	4	96	38	19	19	0.14	32	
7002	1.00	CL	14.68	18.12	0	11	89	29	18	11	0.07	32	
7004	1.00	CL			0	5	95	28	14	14	0.20	36	
7005	1.00	CL									0.14	30	
7075	1.70	CL		19.91	4	33	63	24	10	14	0.14	25	
7092	0.80	CL		19.88	1	18	81	29	11	18	0.21	29	
7095	0.60	CL		18.50	0	29	71	30	10	20	0.08	30	
7101	0.55	CL		19.34	3	22	75	36	12	24	0.23	31	
8195	18.00	CL		17.77	0	45.7	54.3	45	16	29	1.04	20	
8813	3.85	CL		20.00							0.10	35	
9114	3.03	CL		19.00							0.20	29	
10055	1.25	CL		18.80	0	44	56	32	15	17	0.09	26	
10435	13.88	CL											
10827	5.00	CL			0	24	76	36	16	20	0.18	25	
11399	0.30	CL		18.36	0	41	59	33	19	14	0.21	24	
12939	4.55	CL		20.24	0	28	72	42	15	27	0.27	34	
13257	4.15	CL		20.00	0	10	90	38	14	24	0.61	12	
13263	6.85	CL		20.30	0	38	62	37	16	21	0.21	37	
13280	4.80	CL		19.76	0	22	78	29	13	16	0.24	18	
13288	8.15	CL		20.01	5	12	83	50	17	33	0.41	34	
13307	3.15	CL		19.33							0.38	21	
13475	6.20	CL											
13515	2.00	CL		20.00							0.28	38	
13537	11.40	CL		20.32	0	23	77	47	15	32	0.66	12	
13547	15.90	CL		19.87	0	70	30				0.62	25	
13557	21.25	CL		19.10	0	3	97	44	19	25	0.37	26	

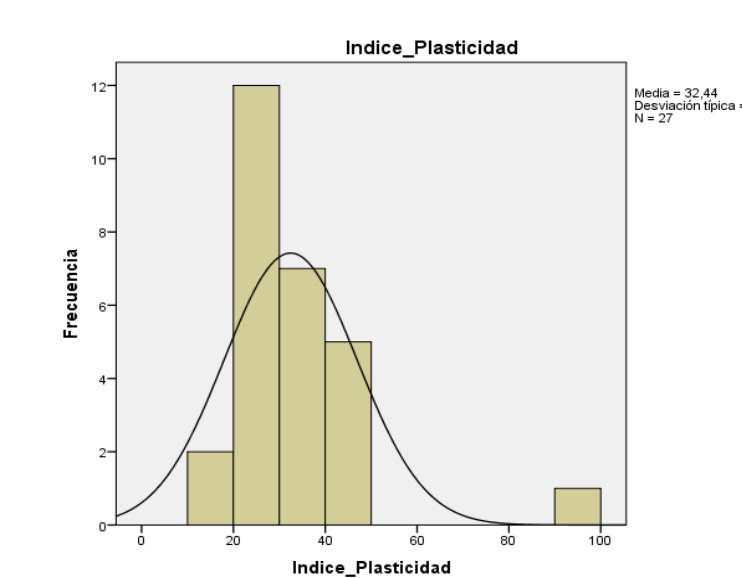
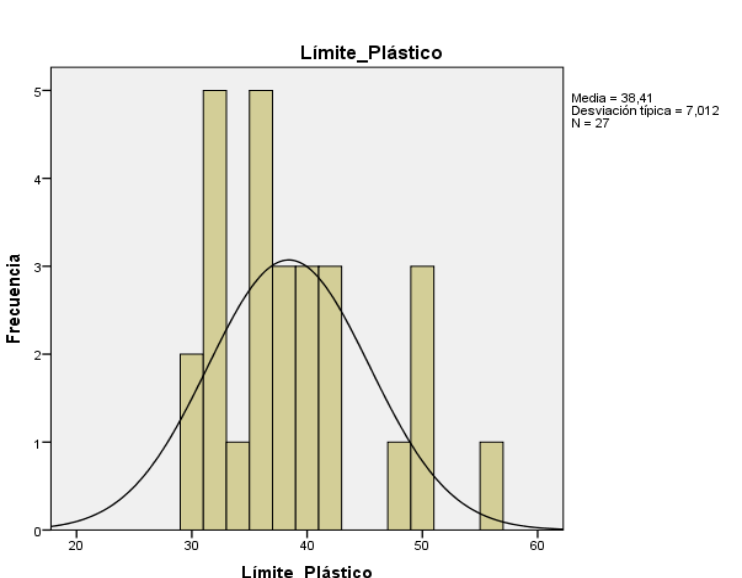
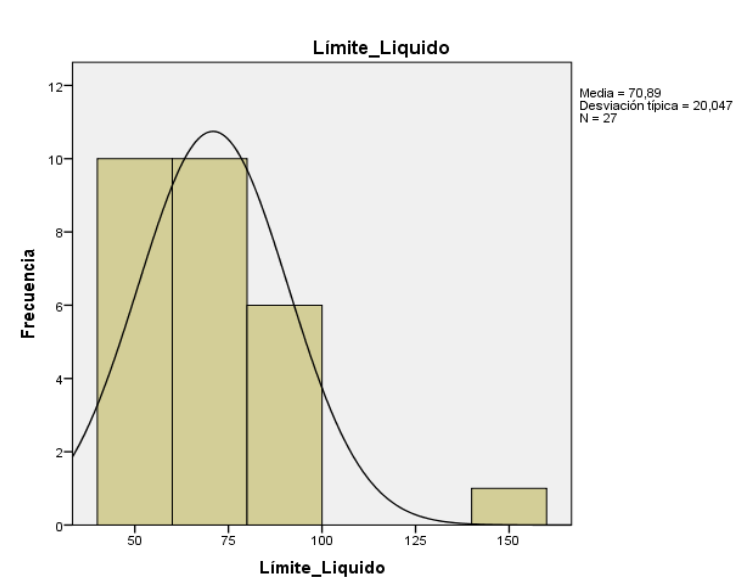
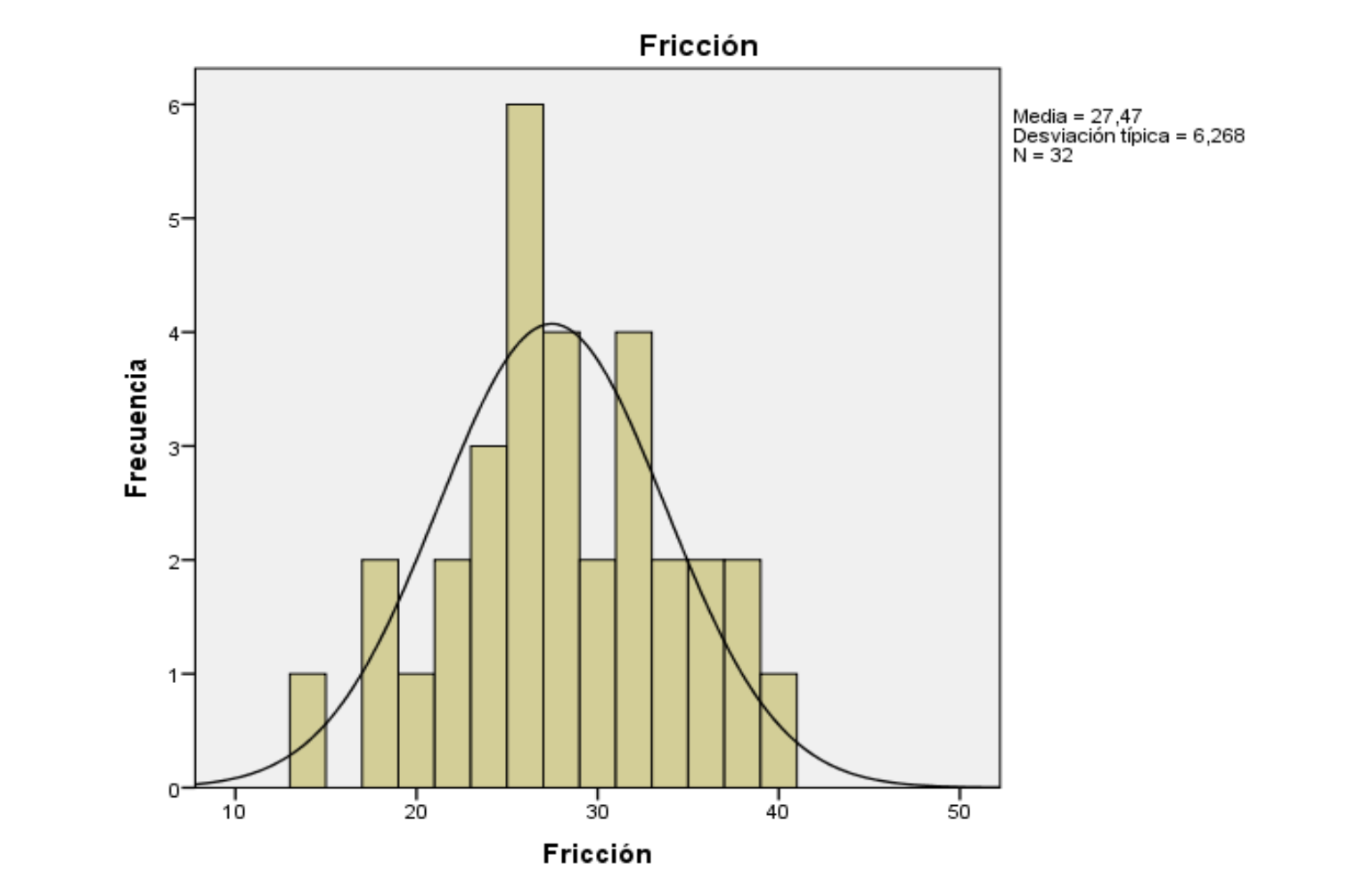
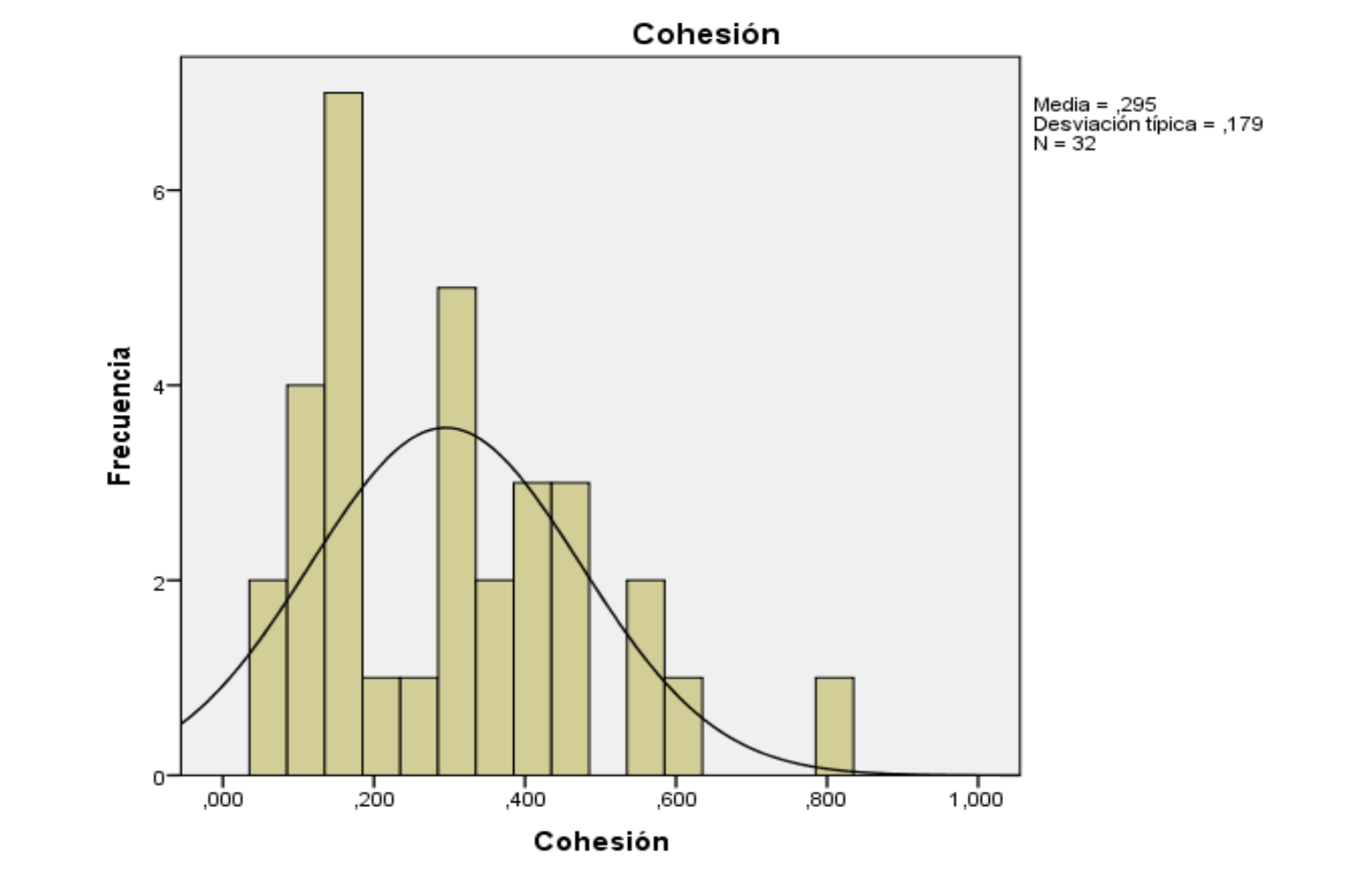
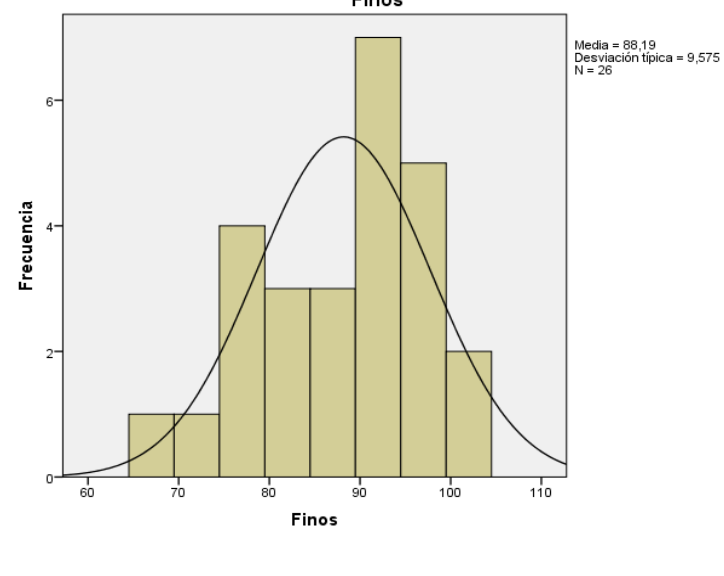
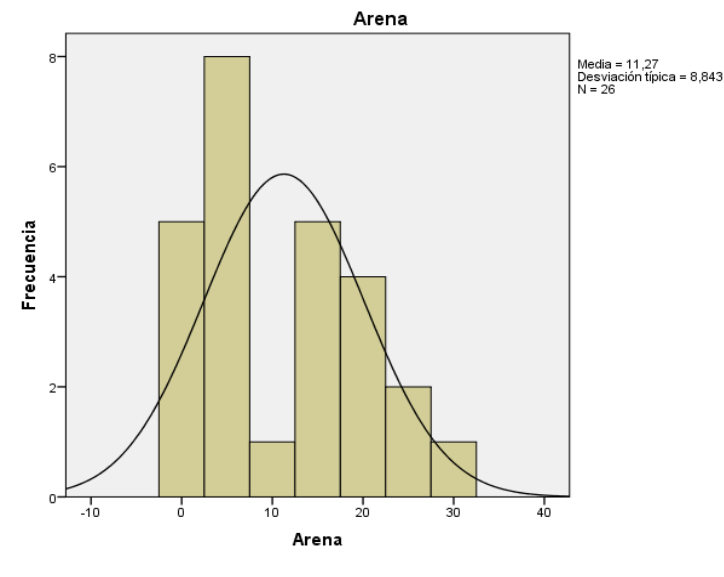
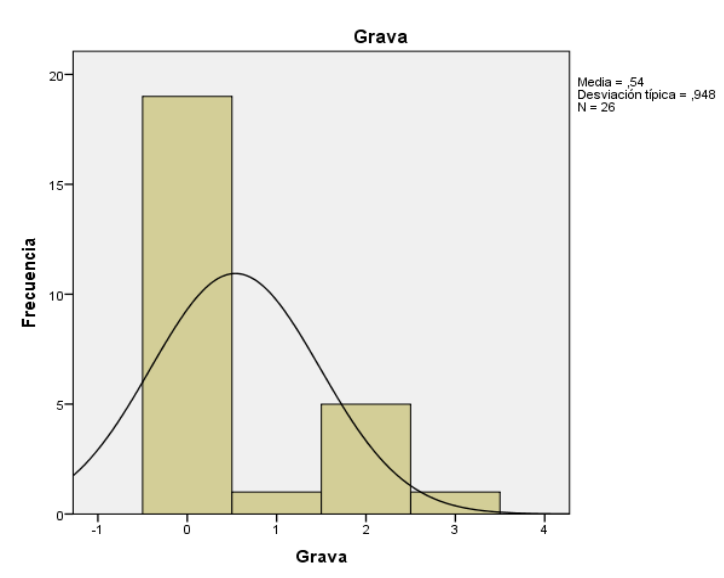
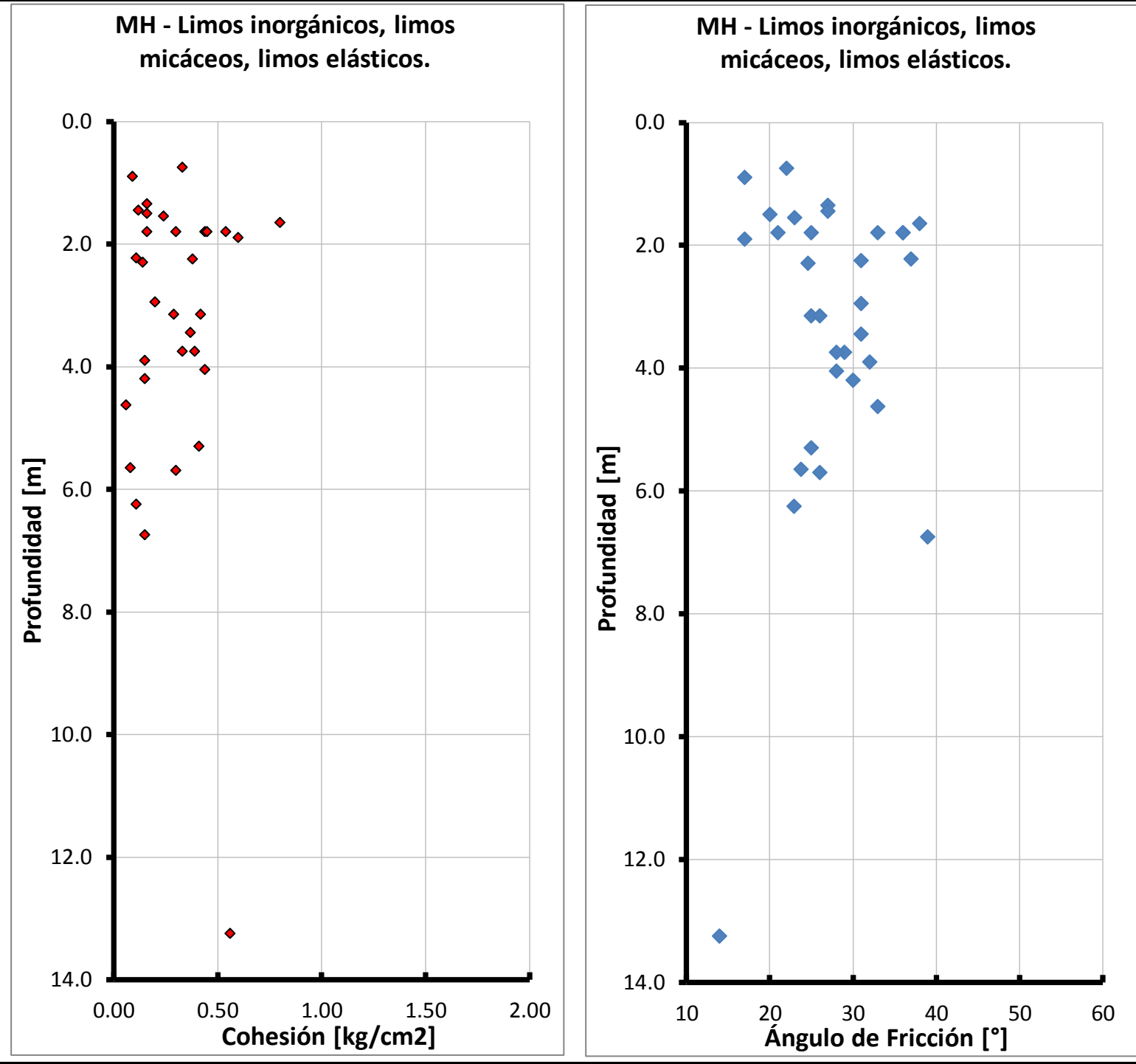
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



CL Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.														
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	YSECA (kN/m ³)	YHUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' C. Directo (kg/cm ²)	φ C. Directo (°)	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA	
13710	0.75	CL		21.00	0	33	67	28	13	15	0.40	22		
13751	2.25	CL		19.82	0	29	71	30	15	15	0.32	31		
13768	1.33	CL		19.00	6	22	72	46	16	30	0.41	28		
13955	3.50	CL		19.70	0	34	66	27	13	14	0.16	20		
14263	2.25	CL		19.85							0.16	40		
14279	2.15	CL		18.73	0	44	56	30	19	11	0.31	28		
14305	6.95	CL		20.29	3	32	65	28	14	14	0.33	26		
14671	7.90	CL		20.65	0	14	86	44	19	25	0.19	26		
14760	2.20	CL		20.60	0	23	77	47	16	31	0.29	16		
15155	2.43	CL		19.04	0	1	99	45	25	20	0.17	32		
15260	2.60	CL		19.00							0.17	29		
15350	2.28	CL		21.80	2	39	60	31	14	17	0.11	33		
15378	3.88	CL		21.50							0.25	26		
15626	8.13	CL		19.00							0.33	23		
16688	22.88	CL	16.67	17.92	0	24	76	39	16	23	0.54	20		
17594	0.68	CL	16.02	18.88	4	10	86	36	17	19	0.24	30		
17595	1.20	CL	16.78	19.25	2	5	93	44	19	25	0.16	44		
17622	2.03	CL	16.42	19.3	2	4	94	38	22	16	0.16	37		
17688	0.75	CL		18.65							0.41	11		
17701	1.30	CL			0	7	93	45	23	22	0.28	20		
17720	2.25	CL	18.03	22.59	1	6	93	43	23	20	0.23	33		
17767	1.18													
17831	2.70	CL	12.78	18.02	0	4	96	46	27	19	0.20	29		
18033	8.75	CL												
18224	0.70	CL												
18571	9.75	CL		17.19	2	21	77	43	25	18	0.36	18		
18647	1.00	CL	15.52	18.25							0.21	32		
18653		CL												
18664	1.48	CL		18.31	12	8	80				0.16	37		
18668	1.57	CL		16.59	2	4	94				0.16	40		
18669	1.60	CL	16.59	20.25	3	31	66				0.21	32		
18671	1.63	CL	18.92	22.36	1	43	56				0.10	54		
18675	1.85	CL	14.46	18.18	0	34	66	42	25	17	0.13	53		
18935	4.20	CL			0	22	78	44	26	18	0.20	38		
19156	3.10	CL												
19276	3.00	CL		19.1	2	43	55	37	21	16	0.42	31		
19290	1.30	CL		19.6	1	48	51	49	13	36	0.26	28		
19295	7.70	CL		17.3		16	84	45	16	29	0.21	25		
19453	5.30	CL												
19769	4.05	CL												
20946	15.95	CL		18.64							1.01	22		
	Vmax				16	70	99	50	27	37	1.04	54		
	Vmin				0	1	30	24	10	9	0.07	11		
	σ				2	14	15	7	4	6	0.17	8		
	Vest				3.0	24.1	74.9	38.2	17.4	20.8	0.27	27.8		
	COV				0.82	0.60	0.20	0.18	0.23	0.29	0.64	0.28		

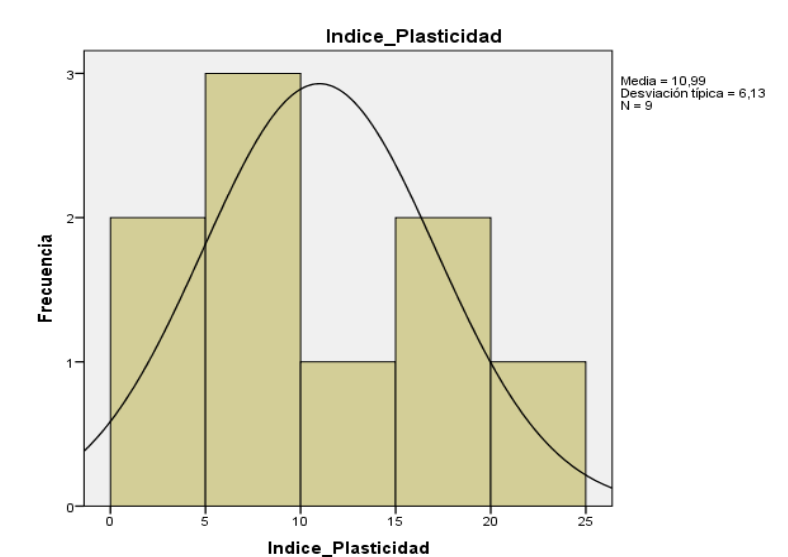
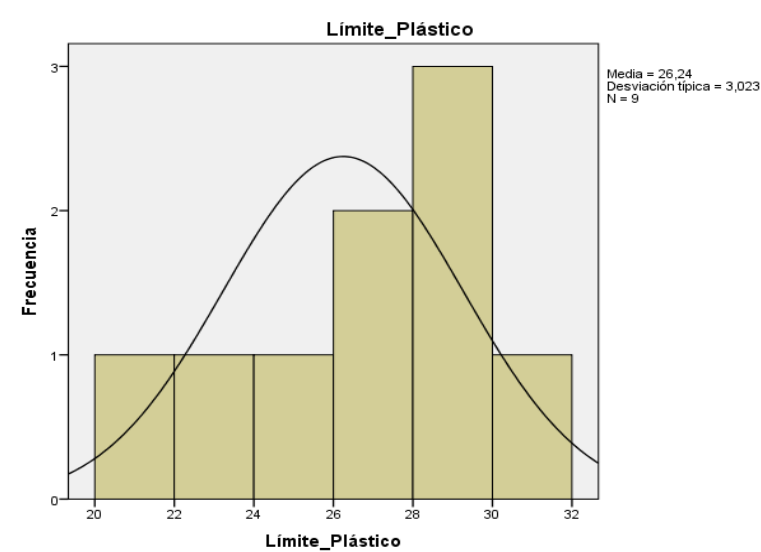
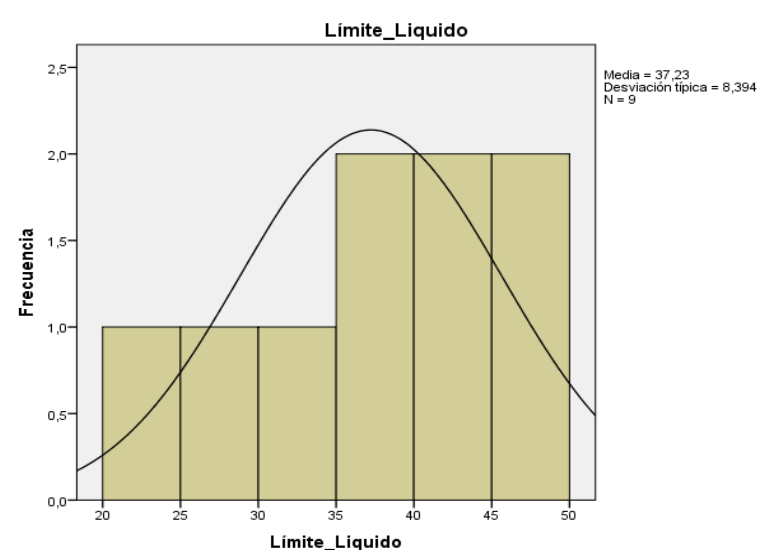
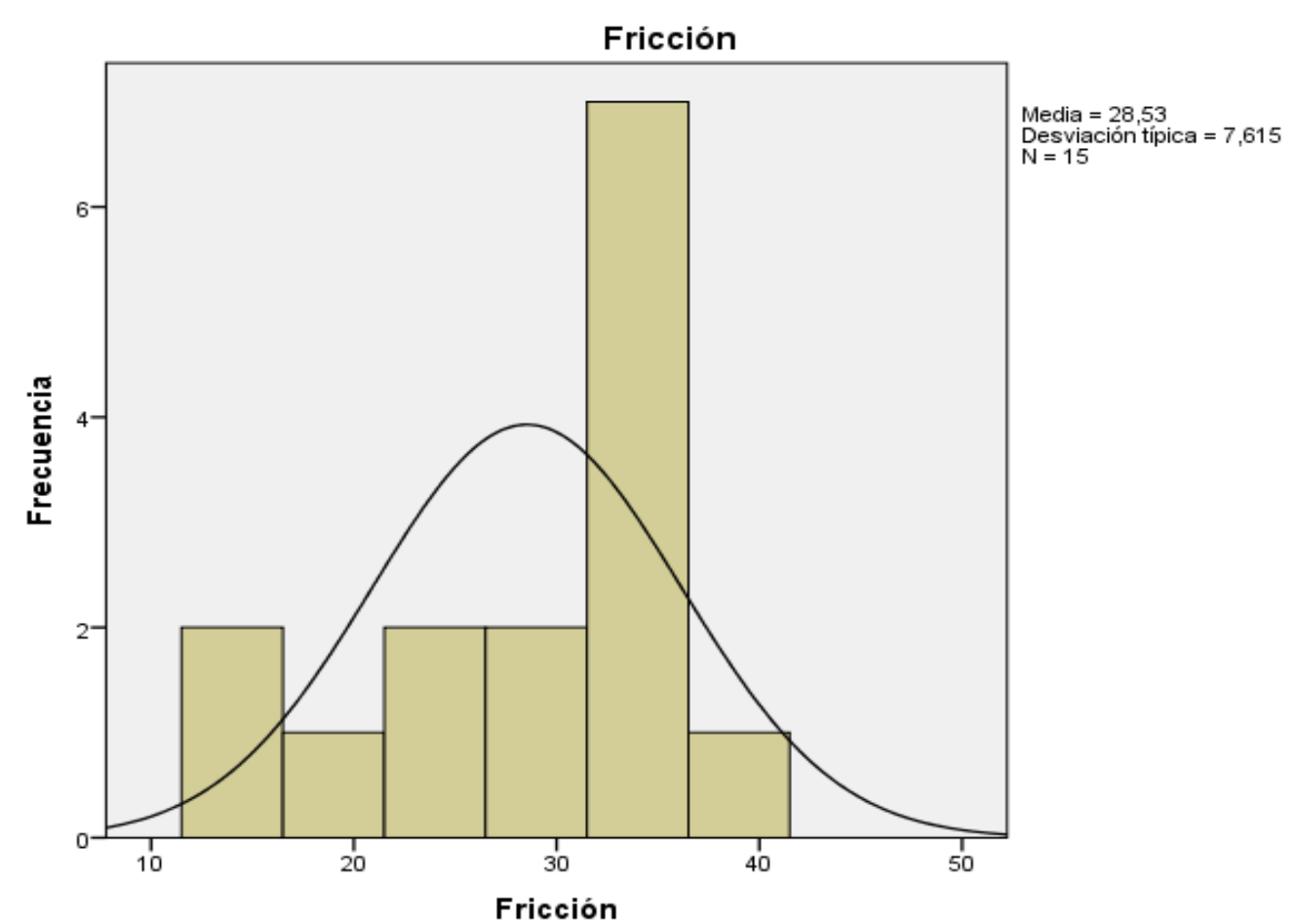
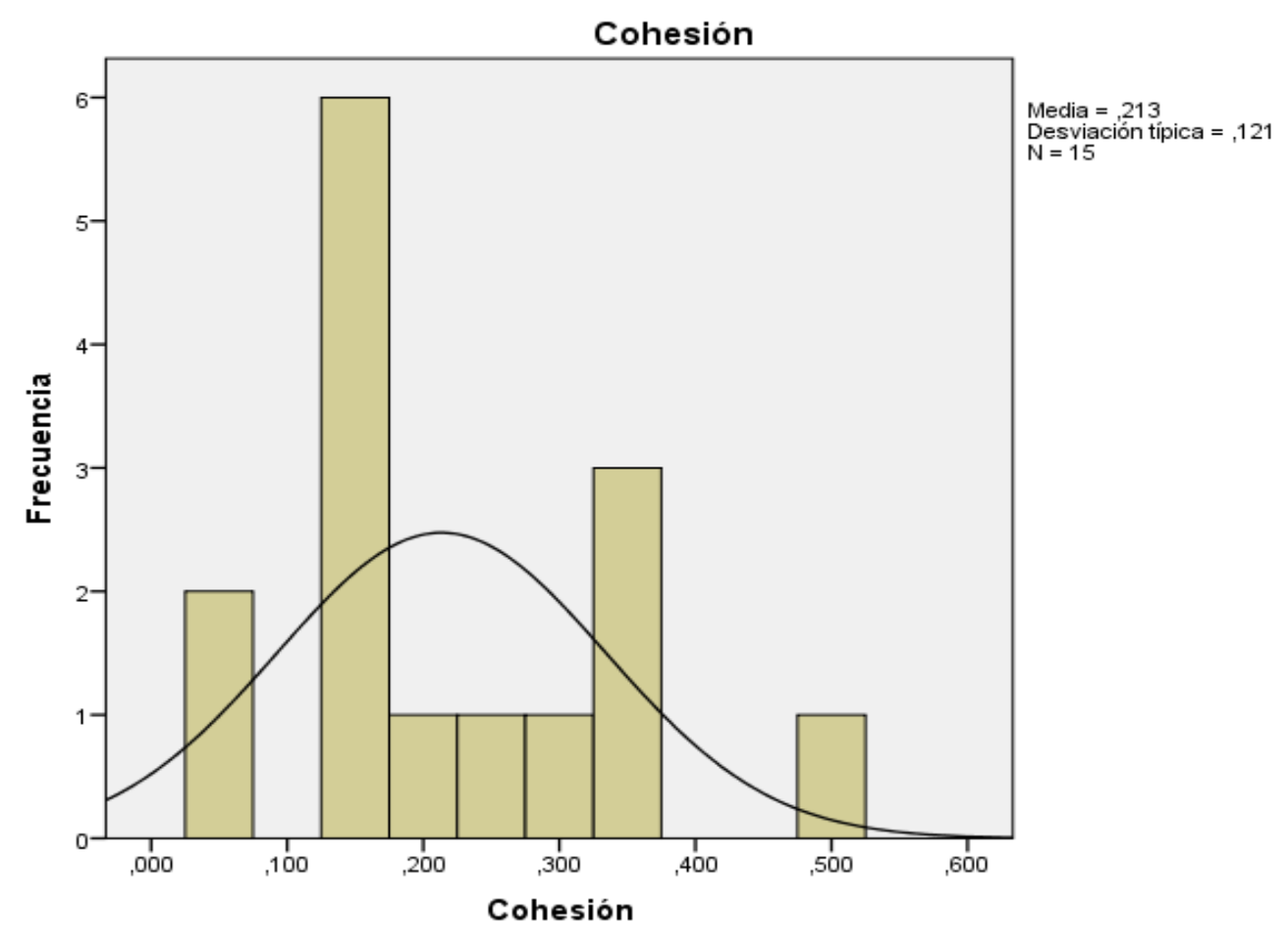
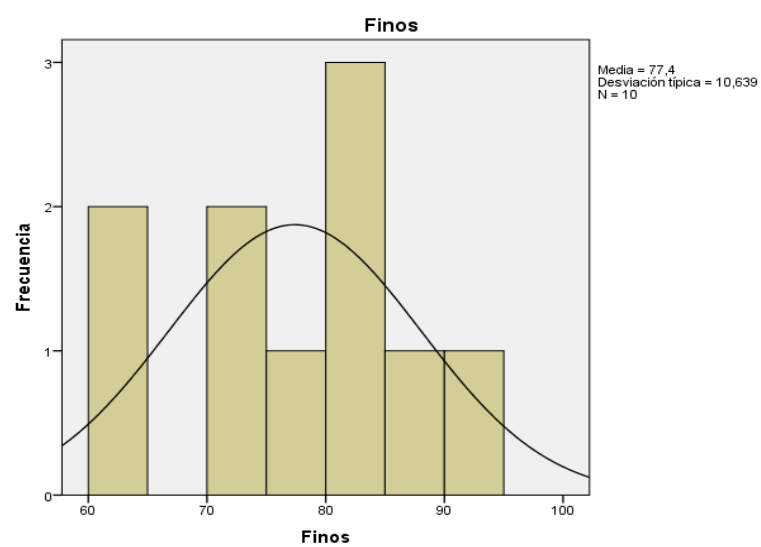
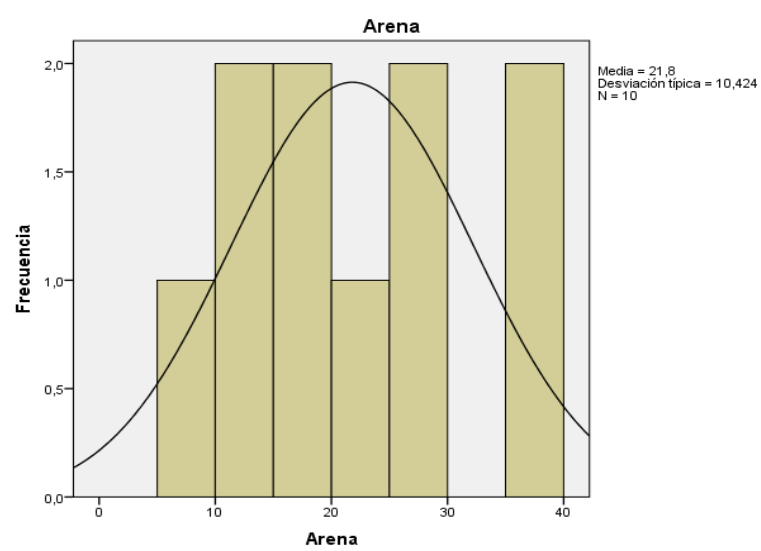
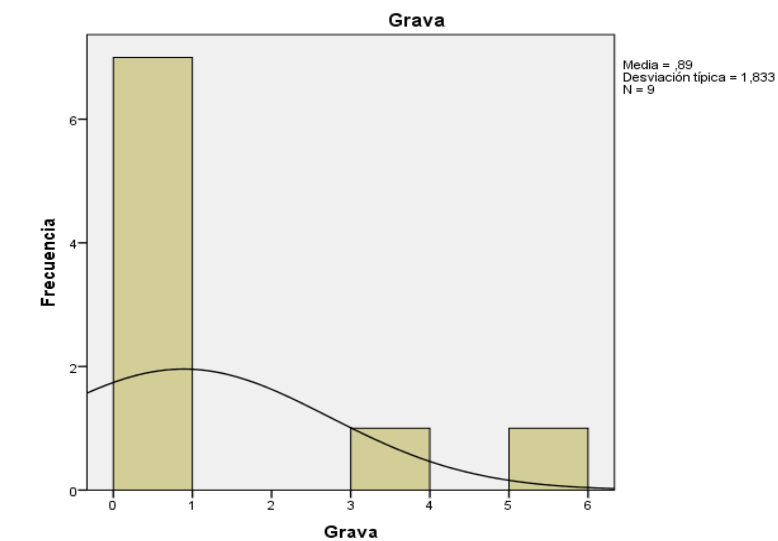
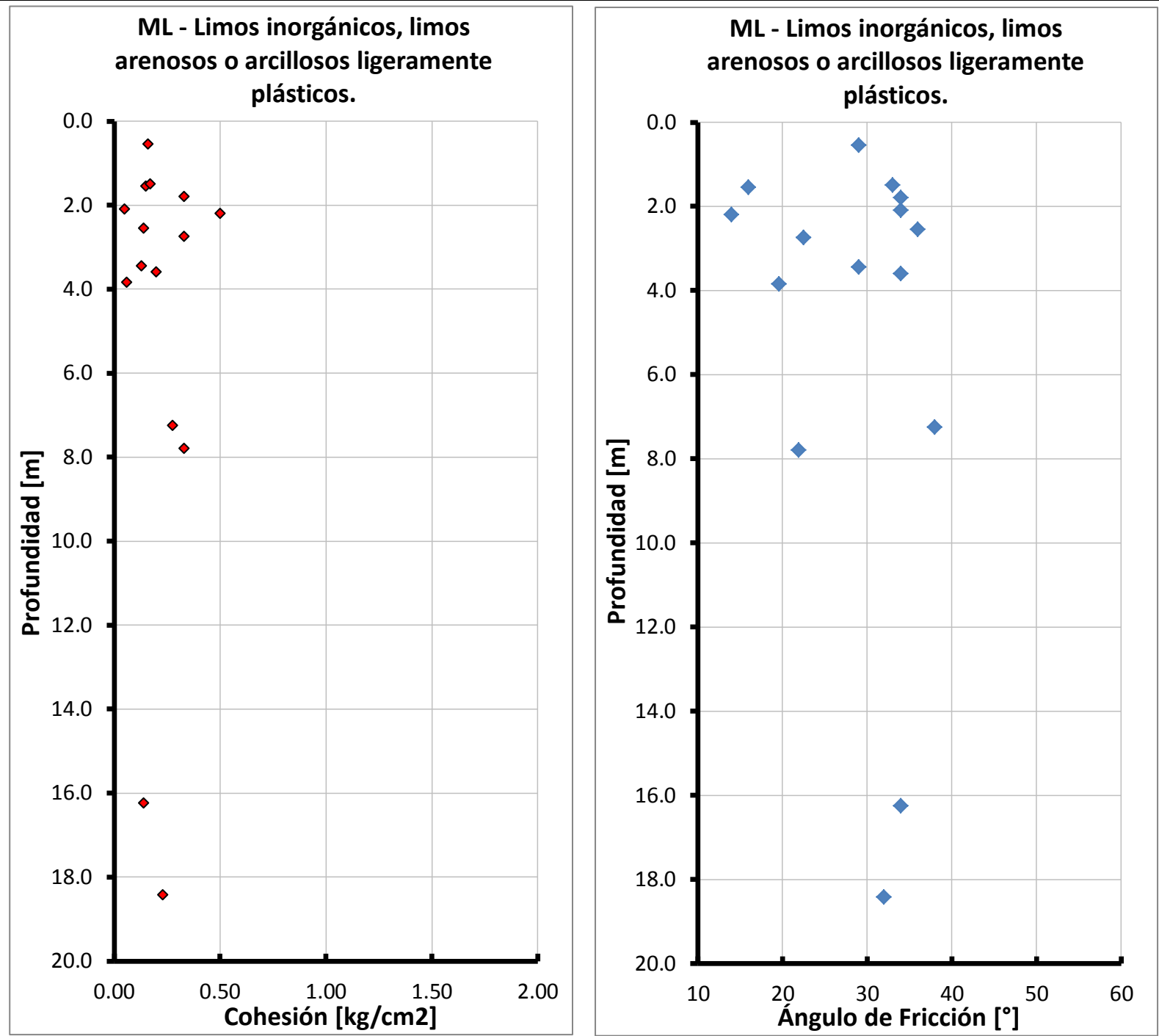
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	YSECA (kN/m ³)	YHUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	C _c Directo (kg/cm ²)	φ _c Directo (°)
97	3.90	MH	11.8	17.0	0	1	99	70	35	35	0.15	32
126	1.65	MH	15.3	19.7	2	31	67	54	31	23	0.80	38
135	6.75	MH	9.9	15.9	0	13	87	86	40	46	0.15	39
152	1.90	MH	10.2	15.5							0.60	17
1274	3.15	MH	11.2	17.6	0	7	93	81	50	31	0.42	25
1292	1.80	MH	11.2	17.3	2	23	75	74	36	38	0.44	21
1325	4.20	MH	12.6	17.6	1	17	82	64	32	32	0.15	30
1386	3.15	MH	11.1	16.5	0	19	81	70	37	33	0.29	26
1394	4.05	MH	11.4	17.4	0	2	98	64	37	27	0.44	28
1451	1.80	MH	13.0	18.4	0	3	97	70	42	28	0.45	25
1473	1.80	MH	14.8	19.1	2	22	76	72	35	37	0.54	36
1504	1.80	MH	14.1	18.2	3	26	71	56	30	26	0.16	36
1680	3.75	MH	11.9	17.4	0	6	94	91	48	43	0.39	29
1700	1.80	MH	12.6	18.1	0	6	94	59	35	24	0.30	33
1716	5.70	MH	12.2	17.1	0	6	94	57	42	15	0.30	26
1742	2.25	MH	12.8	18.2	0	8	92	69	42	27	0.38	31
1868	3.75	MH	11.1	17.1	0	7	93	97	49	48	0.33	28
10209	2.95	MH			0	7	93	63	35	28	0.20	31
10298	1.35	MH		16.4	0	22	78	56	31	25	0.16	27
15523	2.30	MH		15.8	0	0	100	92	50	41	0.14	25
15783	5.65	MH		17.7				59	37	22	0.08	24
15812	6.25	MH		15.3	0	0	100	146	56	90	0.11	23
17847	1.50	MH										
17885	0.90	MH	11.9	17.1	0	4	96	82	40	42	0.09	17
18275	4.63	MH		18.0							0.06	33
18851	1.55	MH			2	19	79	54	34	20	0.24	23
18863	0.75	MH									0.33	22
18889	1.50	MH	13.7	18.1	0	2	98	51	30	21	0.16	20
18899	1.45	MH	13.2	18.9	0	14	86	74	39	35	0.12	27
18954	3.45	MH	16.2	21.0	0	13	87	52	32	20	0.37	31
19076	5.30	MH	13.3	17.6	2	15	83	51	32	19	0.41	25
19394	13.25	MH									0.56	14
19613	2.23	MH									0.11	37
Vmax			3.0	31.0	99.6	146.0	56.0	90.0	0.8	39.0		
Vmin			0.0	0.4	67.0	51.0	30.0	15.0	0.1	14.0		
σ			1	9	10	20	7	15	0.18	6		
Vest			1.0	11.3	88.2	70.9	38.4	32.4	0.30	27.5		
COV			0.95	0.78	0.11	0.28	0.18	0.45	0.61	0.23		

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

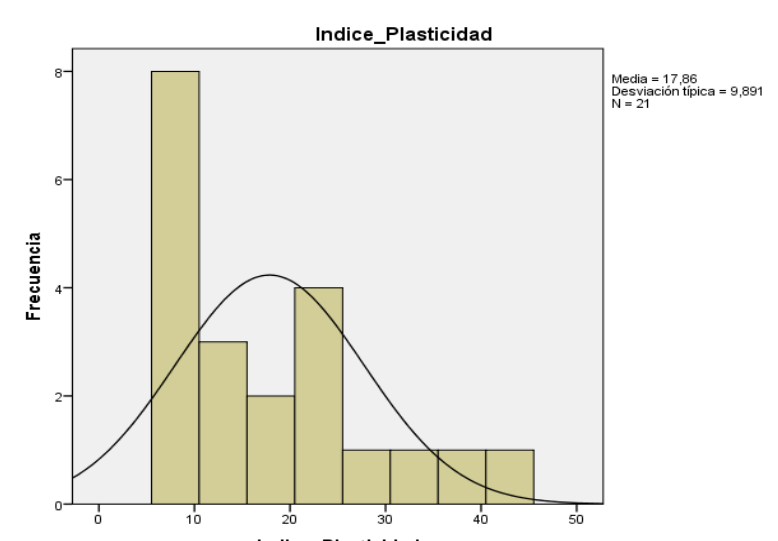
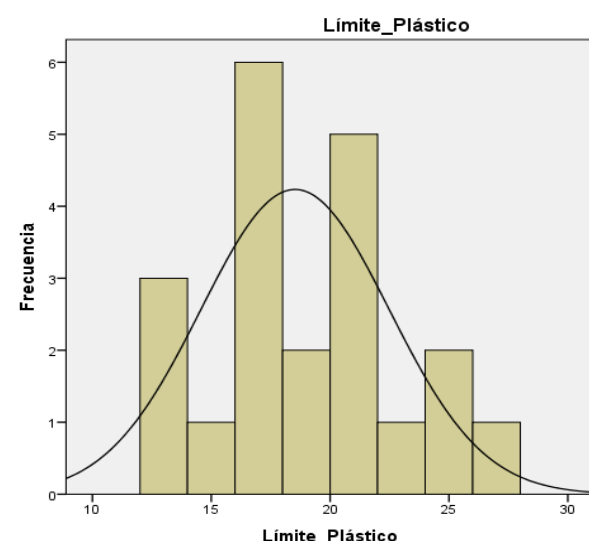
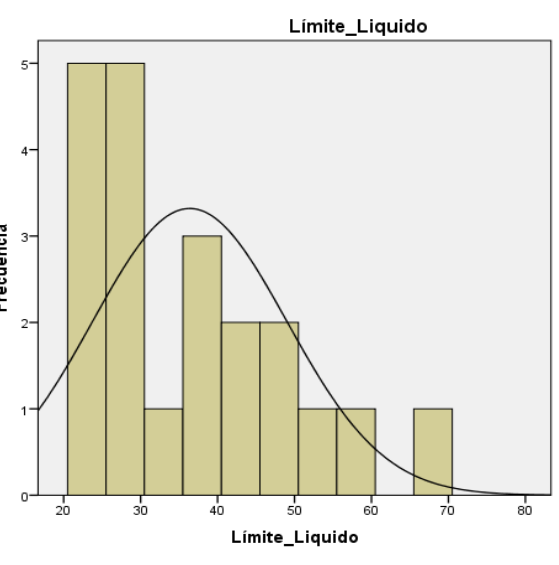
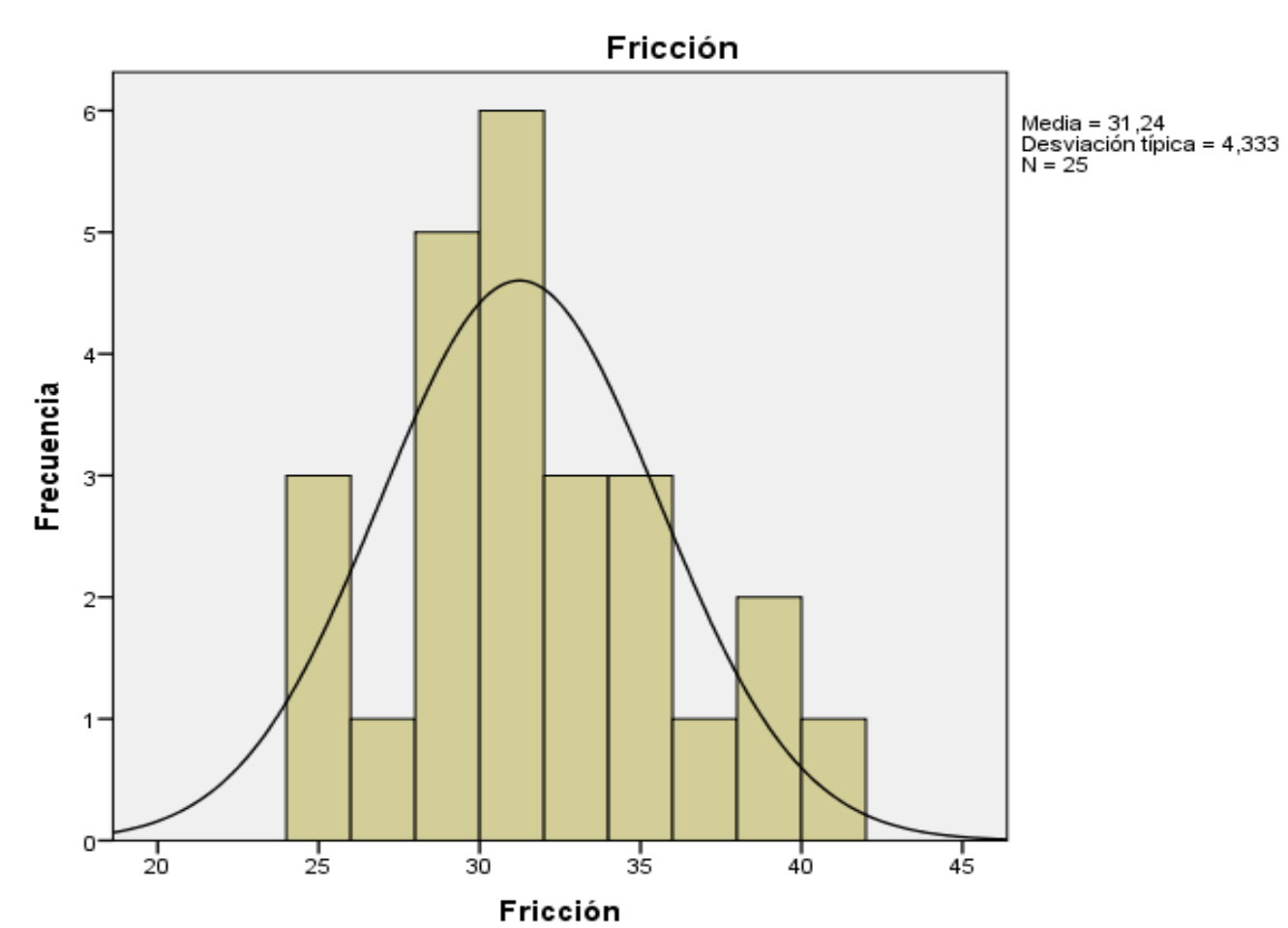
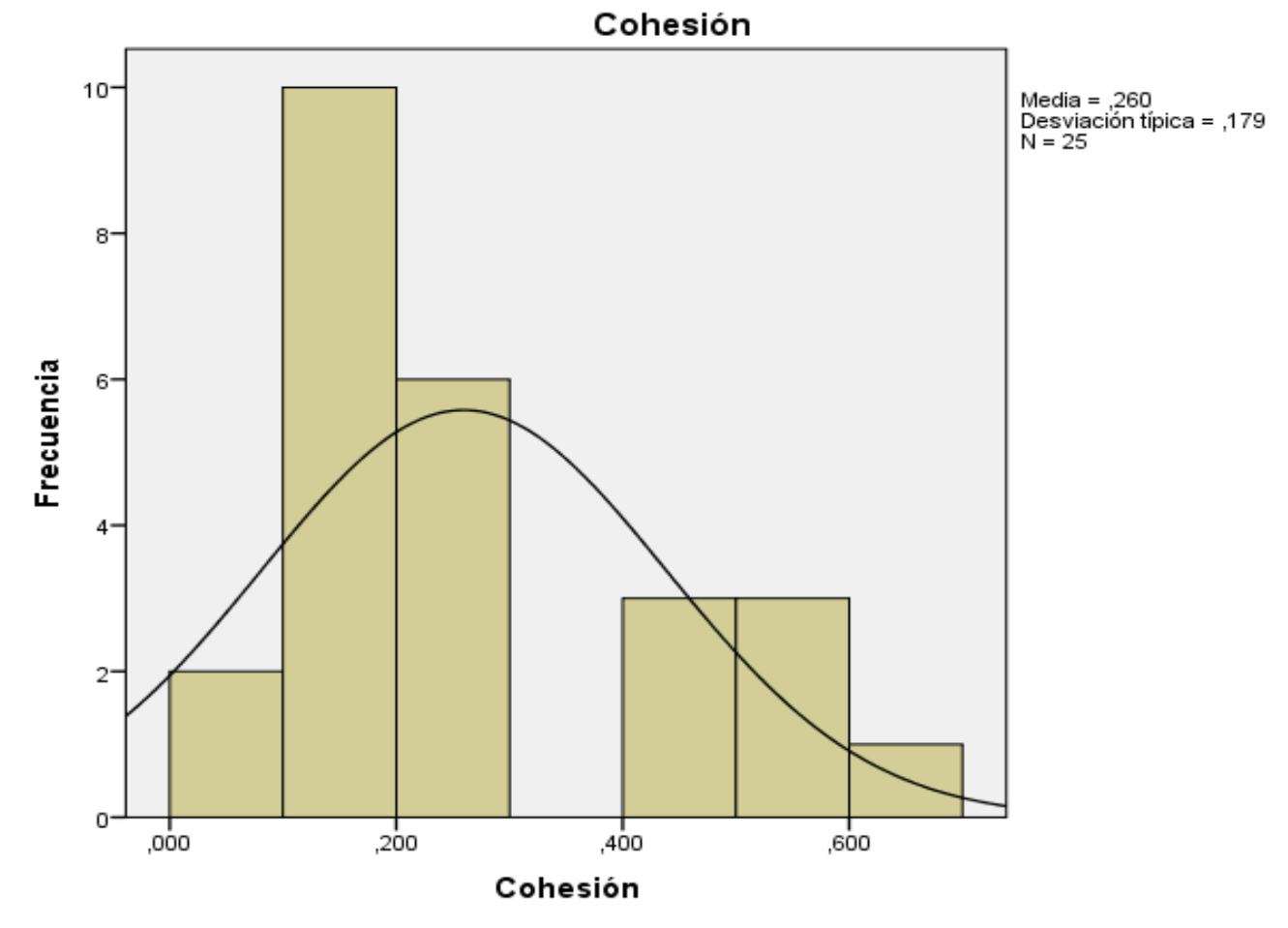
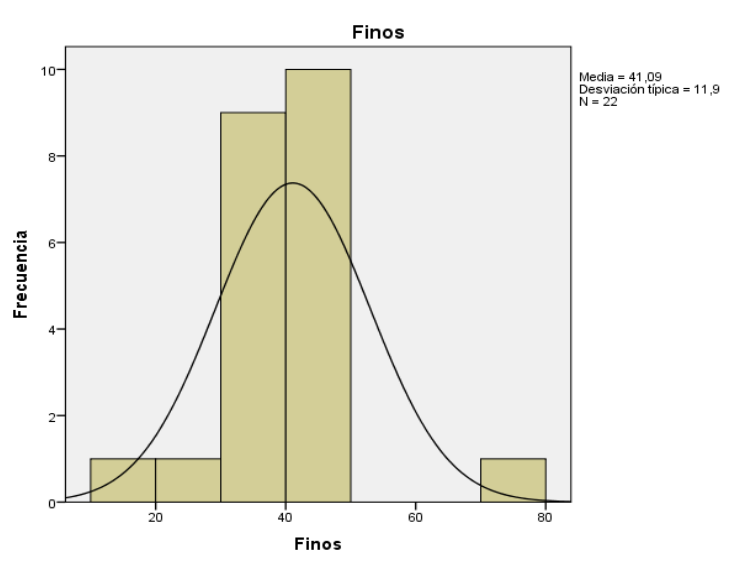
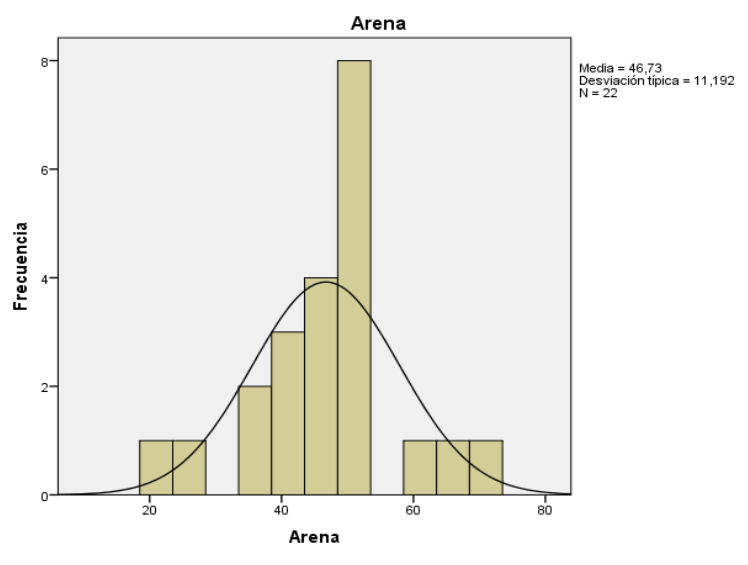
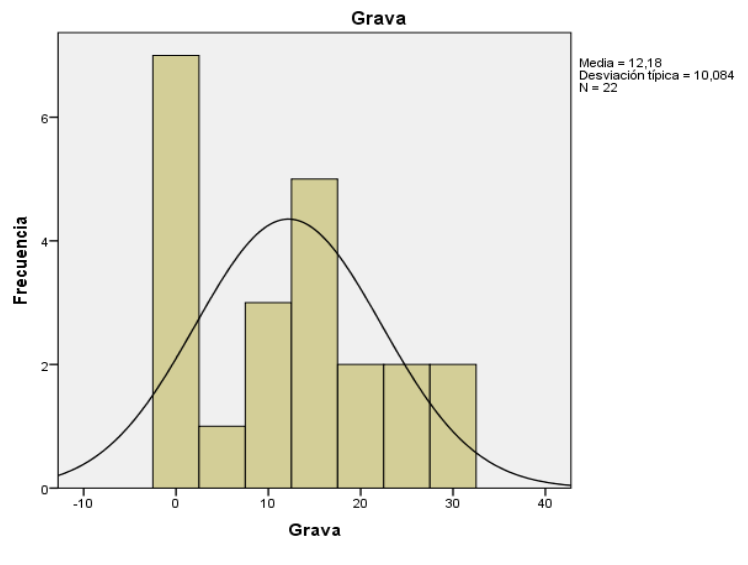
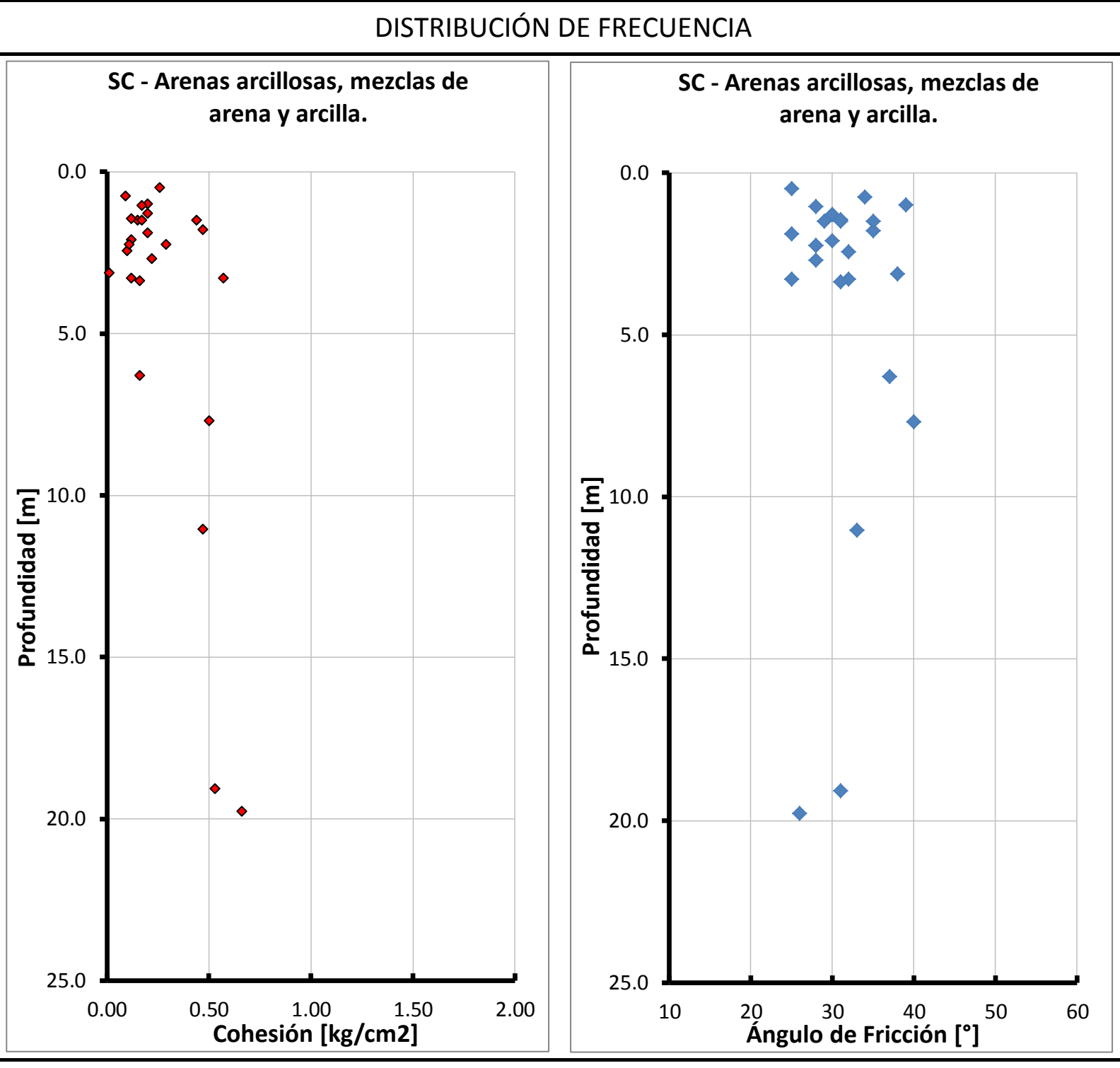


ML Limos inorgánicos, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos												
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ _{SECA} (kN/m ³)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	C _c Directo (kg/cm ²)	φ _c Directo (°)
76	2.55	ML	16.08	19.38	3	37	60	28	24	4	0.14	36
85	1.65	ML										
144	3.60	ML	15.18	19.42	5	14	81	44	27	17	0.20	34
506	3.45	ML	15.88	18.84							0.13	29
606	2.10	ML	12.54	17.45							0.05	34
1546	7.25	ML			0	28	72	41	28	13	0.28	38
1825	1.80	ML	11.9	16.7	0	16	84	49	28	21	0.33	34
3049	0.55	ML		19.56	0	16	84	31	23	8	0.16	29
3683	2.20	ML		19.15							0.50	14
4609	1.55	ML	15.1	19.12							0.15	16
5016	1.50	ML		16.66	0	37	63	24	21	3	0.17	33
15781	3.85	ML		14.90	0.00	6.10	93.90	45.00	29.00	16.00	0.06	20
15785	7.80	ML		18.00	0.00	26.70	73.30				0.33	22
15806	2.75	ML		18.70	0.00	13.20	86.80	38.10	30.20	7.90	0.33	23
16458	18.43	ML	13.56	18.37	-	24	76	35	26	9	0.23	32
17574	4.70	ML										
17986	4.25	ML										
19396	16.25	ML									0.14	34
Vmax					5.0	37.0	93.9	49.0	30.2	21.0	0.5	38.0
Vmin					0.0	6.1	60.0	24.0	21.0	3.0	0.1	14.0
σ					2	10	11	8	3	6	0.12	8
Vest					1.0	21.8	77.4	37.3	26.2	11.0	0.21	28.5
COV					1.75	0.48	0.14	0.23	0.12	0.56	0.57	0.27

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

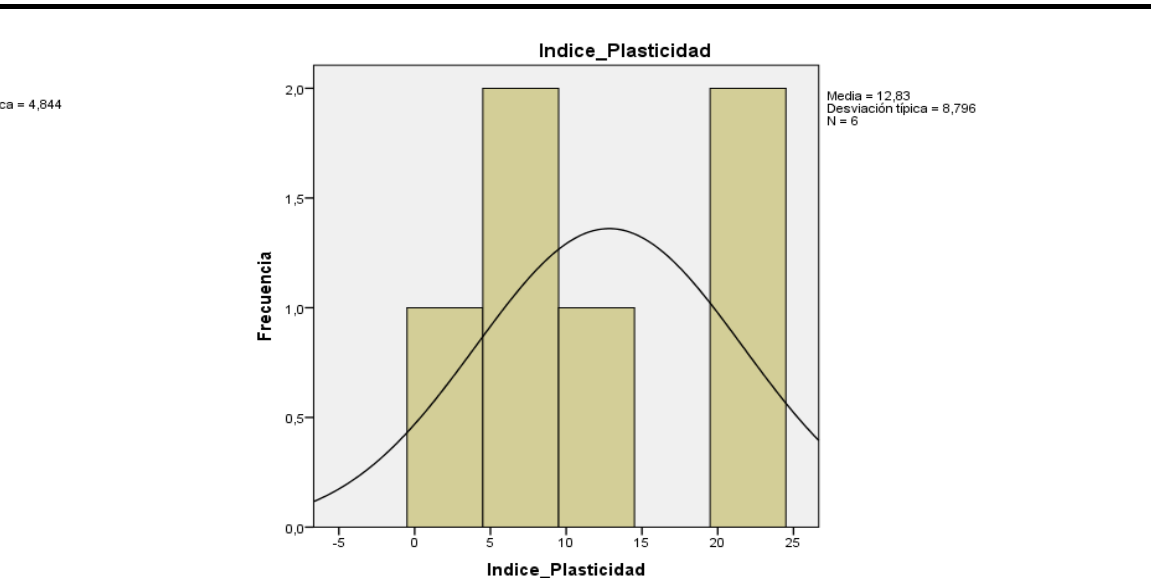
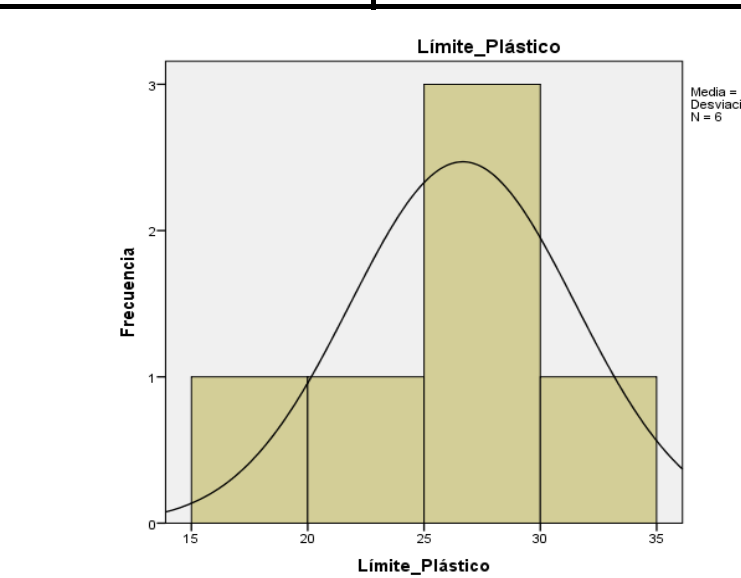
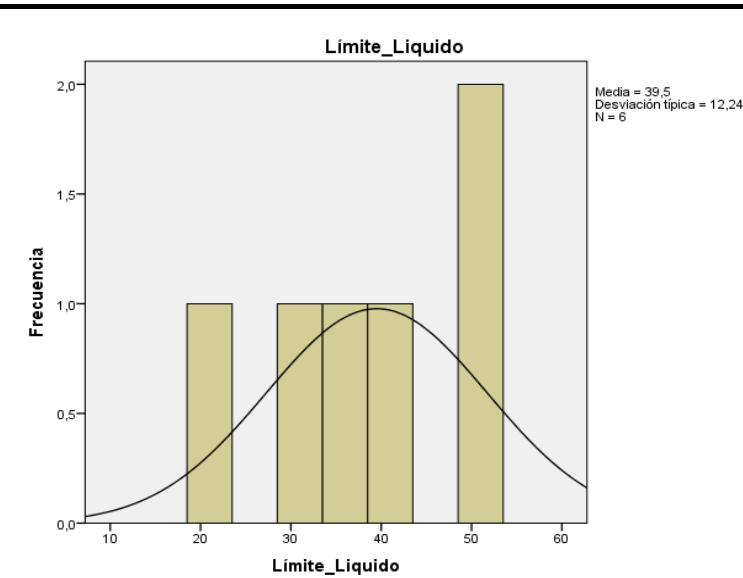
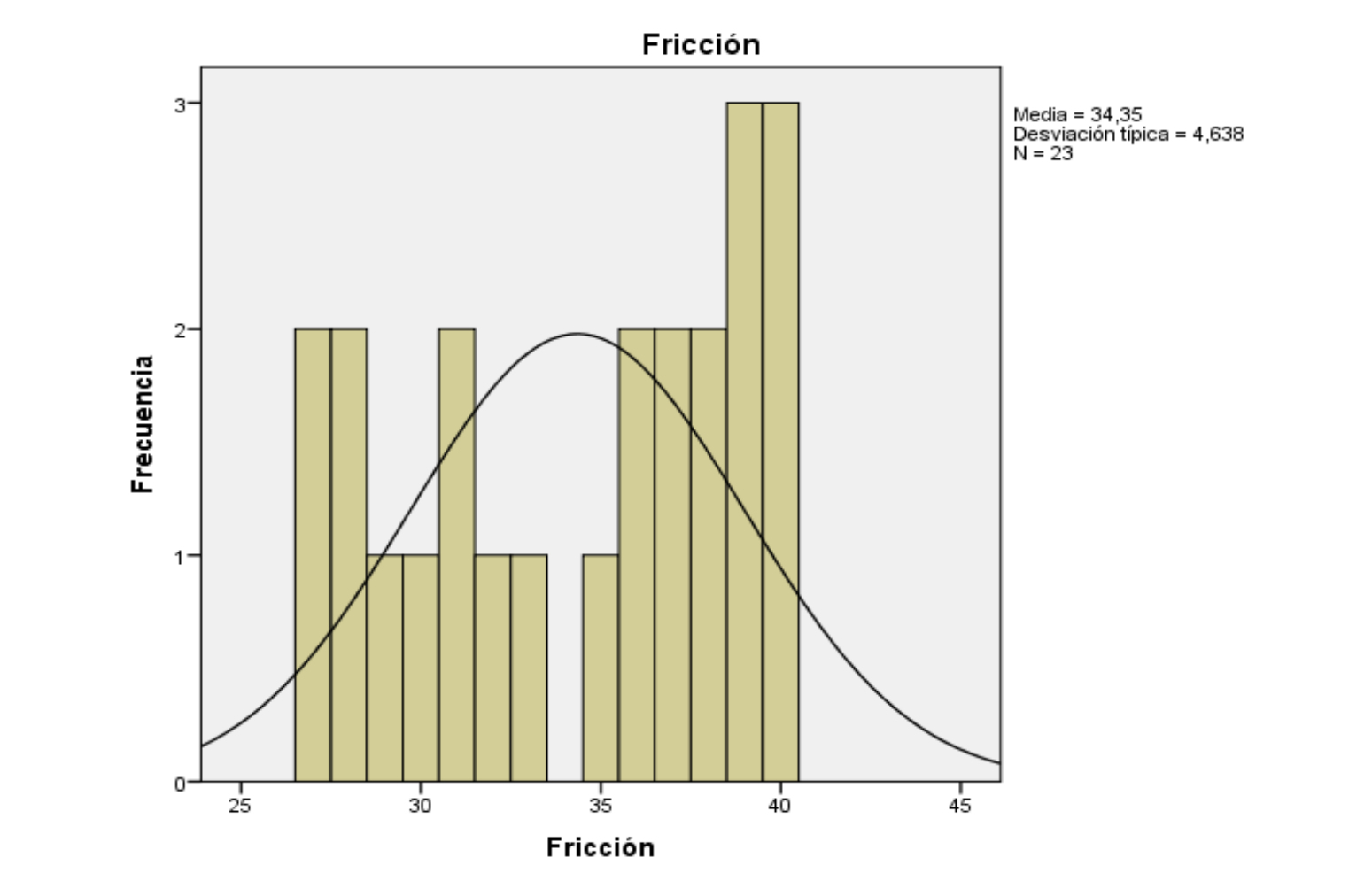
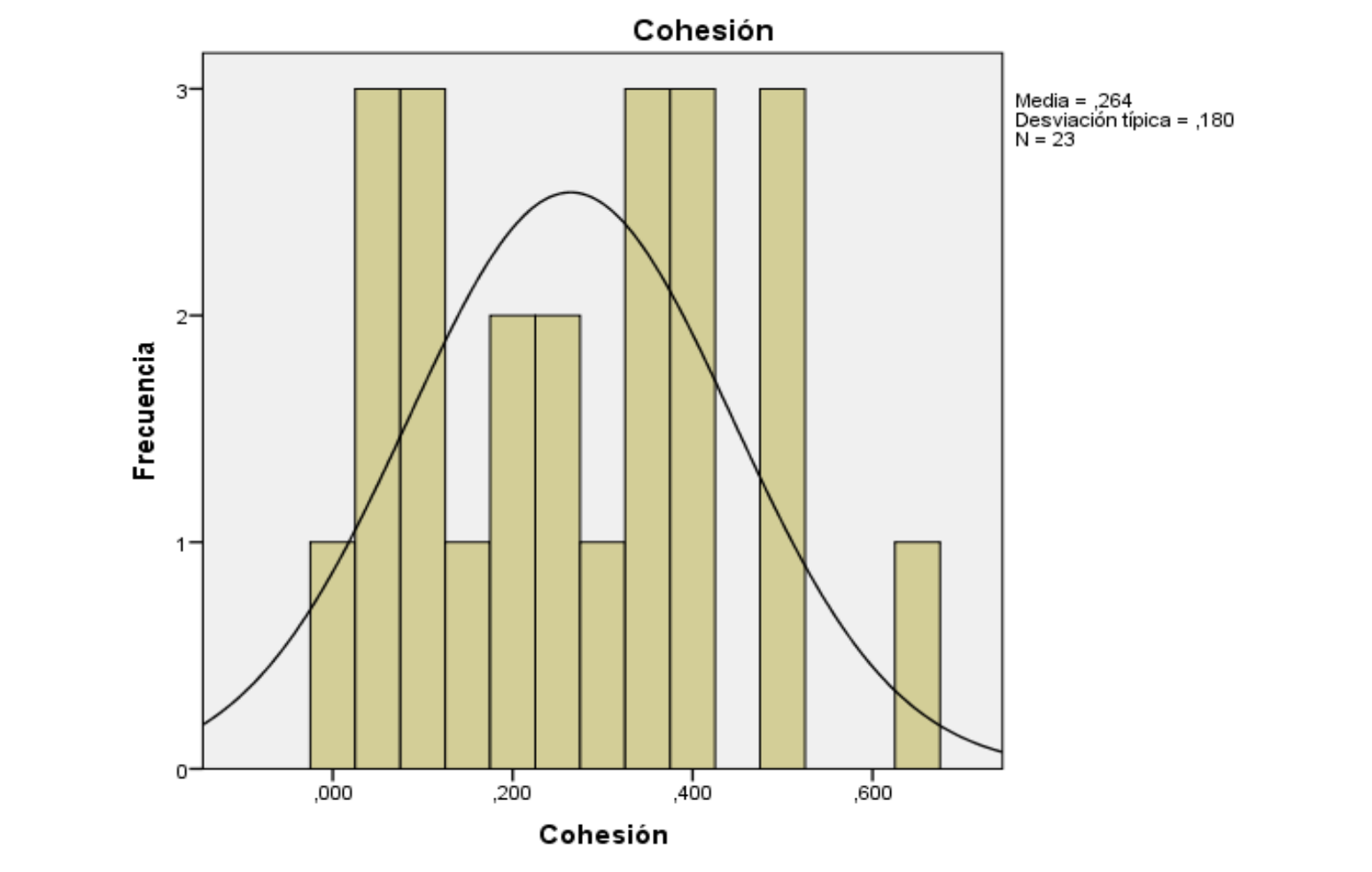
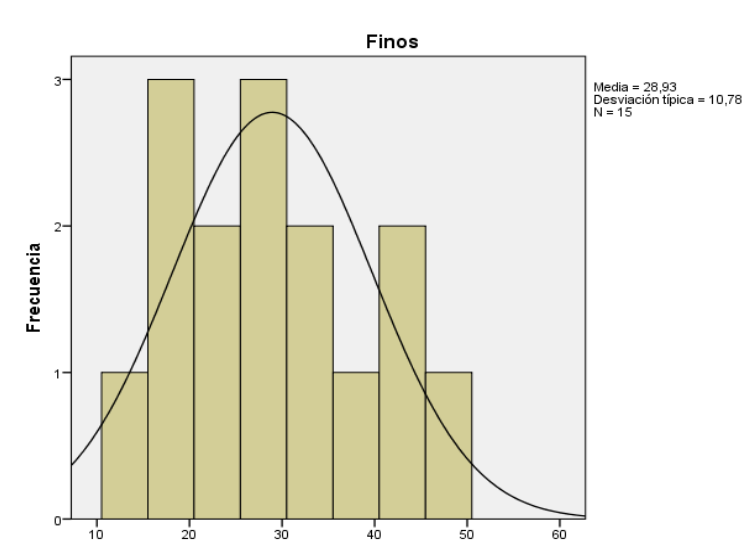
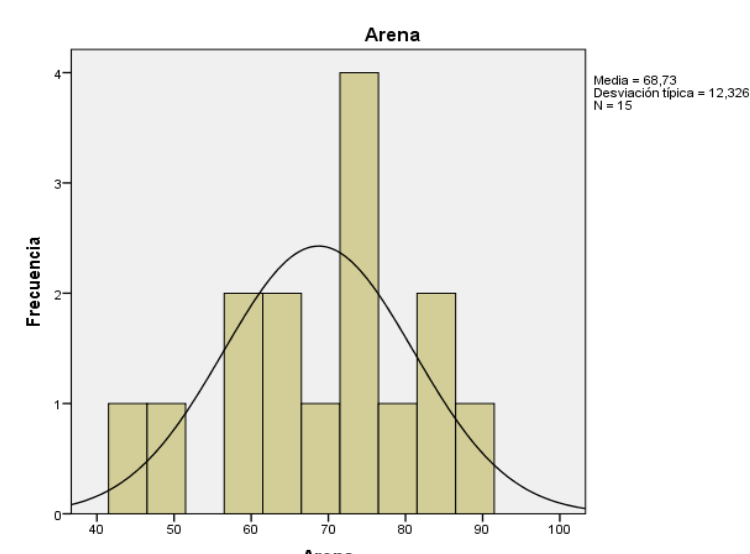
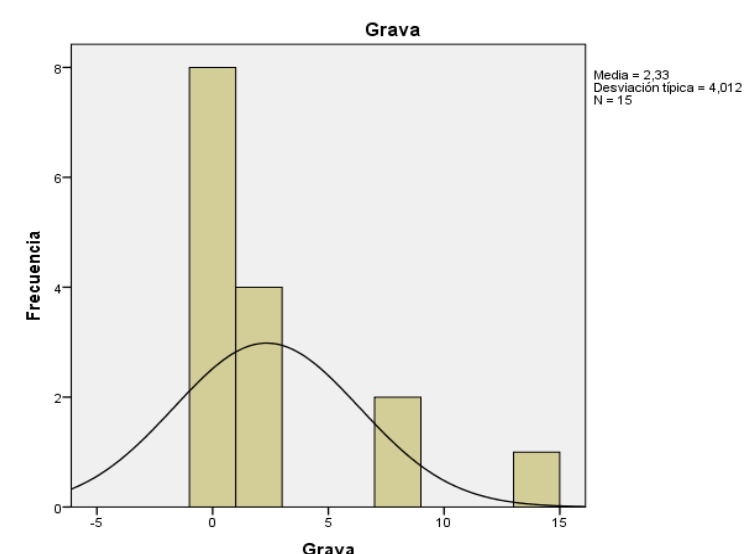
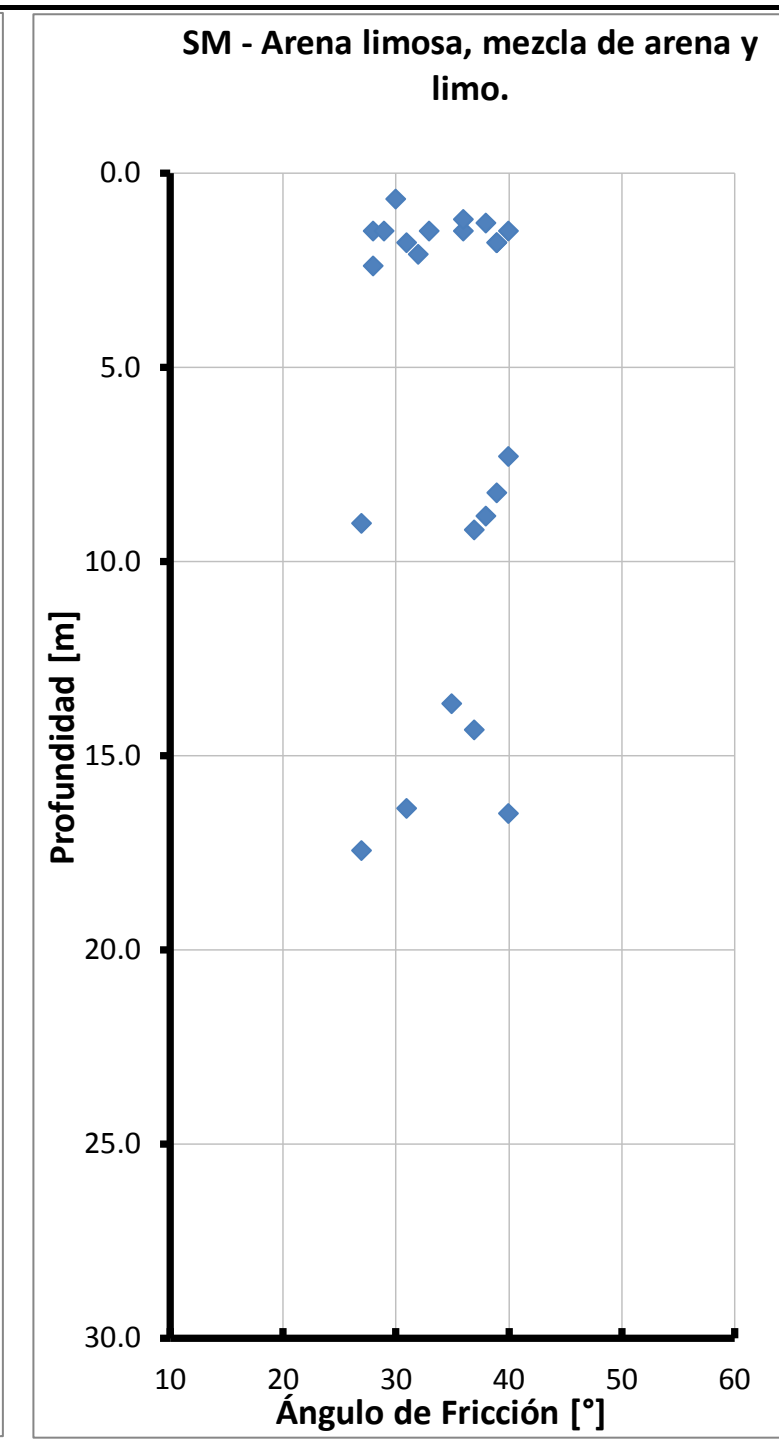
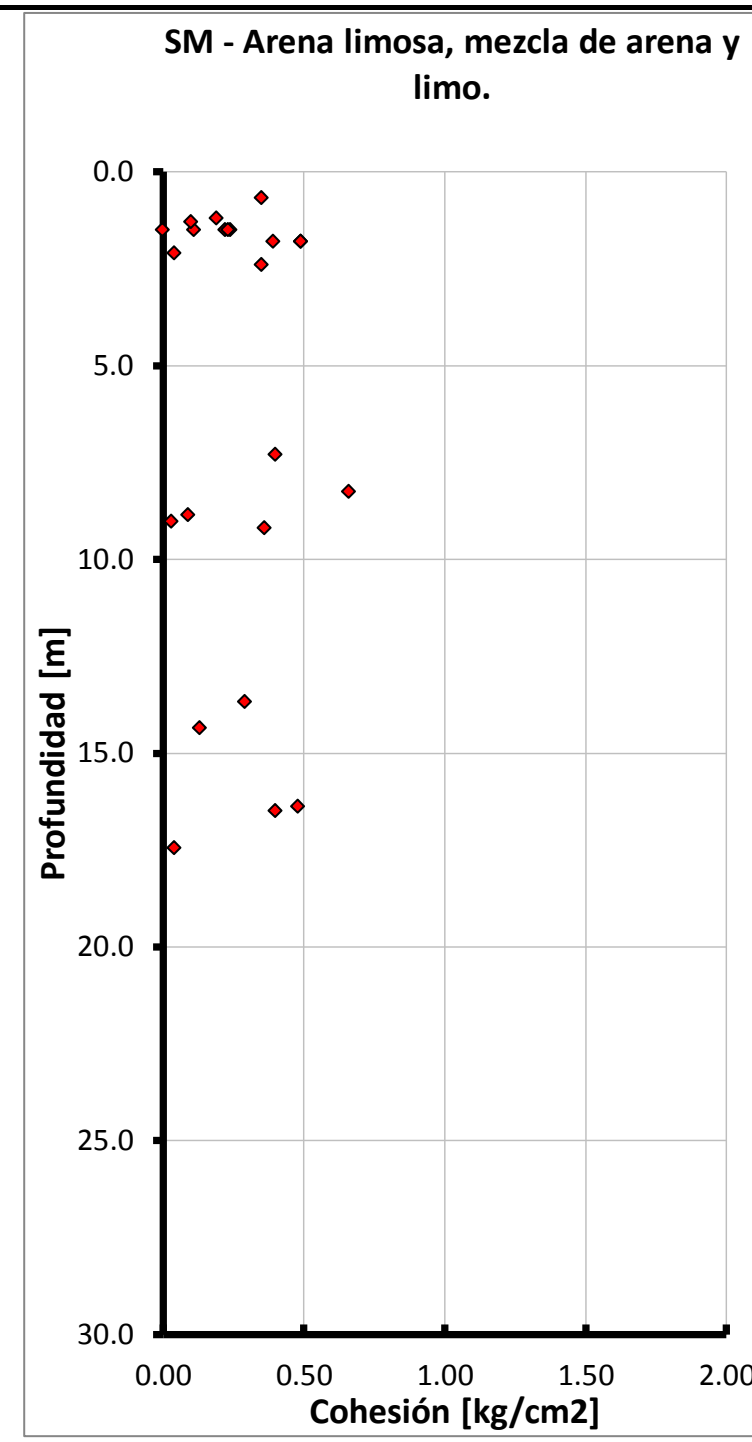


SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla												
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' C. Directo (kg/cm ²)	ϕ C. Directo (°)
490	5.90	SC										
840	2.45	SC	15.29	19.56	12	39	49	47	25	22	0.10	32
1585	2.25	SC	16.87	19.99	14	44	42	44	20	24	0.29	28
1630	3.30	SC	16.34	20.21	14	38	48	57	24	33	0.57	25
1753	3.30	SC	14.00	18.95	16	39	45	68	27	41	0.12	32
1994	1.80	SC	16.84	19.95	25	27	48	36	22	14	0.47	35
2140	2.10	SC	17.90	21.28	14	39	47	46	20	26	0.12	30
2683	3.13	SC		20.00							0.01	38
3037	1.00	SC	18.11	20.83	5	52	43	29	13	16	0.20	39
3244	1.50	SC		20.69	0	69	31	23	13	10	0.44	29
3564	1.60	SC										
3696	1.30	SC		20.01	11	51	38	37	14	23	0.20	30
3938	1.50	SC			18	46	36	24	16	8	0.15	31
4676	1.50	SC	17.36	20.72							0.17	35
5703	0.75	SC	17.71	20.44	12	49	39	54	18	36	0.09	34
6764	0.50	SC		19.15	1	52	47	31	16	15	0.26	25
10053	0.75	SC										
13253	2.70	SC		20.12	0	53	47	25	17	8	0.22	28
13916	3.38	SC		19.70	29	53	18	25	13	12	0.16	31
14244	2.25	SC		19.09	0	51	49	27	19	8	0.11	28
16556	19.78	SC	15.14	18.62	2	60	38	25	17	8	0.66	26
16579	19.08	SC	16.15	17.77	16	51	33	26	16	10	0.53	31
16600	10.50	SC										
17059	1.25	SC										
17060	1.90	SC			0	21	79				0.20	25
17062	1.40	SC										
17063	2.35	SC										
17068	1.05	SC			27	36	37	43	21	22	0.17	28
17075	1.45	SC			21	47	32	40	21	19	0.12	31
19334	6.30	SC		19.57	1	65	34	30	20	10	0.16	37
19900	11.05	SC									0.47	33
20958	7.70	SC		22.58	30	46	24	27	17	10	0.50	40
Vmax					30.0	69.0	79.0	68.0	27.0	41.0	0.7	40.0
Vmin					0.0	21.0	18.0	23.0	13.0	8.0	0.0	25.0
σ					10	11	12	13	4	10	0.18	4
Vest					12.6	46.7	41.1	36.4	18.6	18.0	0.26	31.2
COV					0.80	0.24	0.29	0.35	0.21	0.55	0.69	0.14



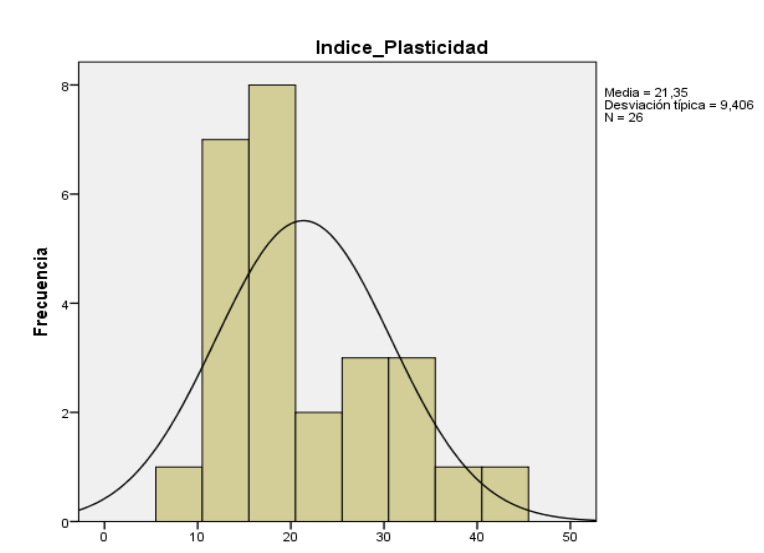
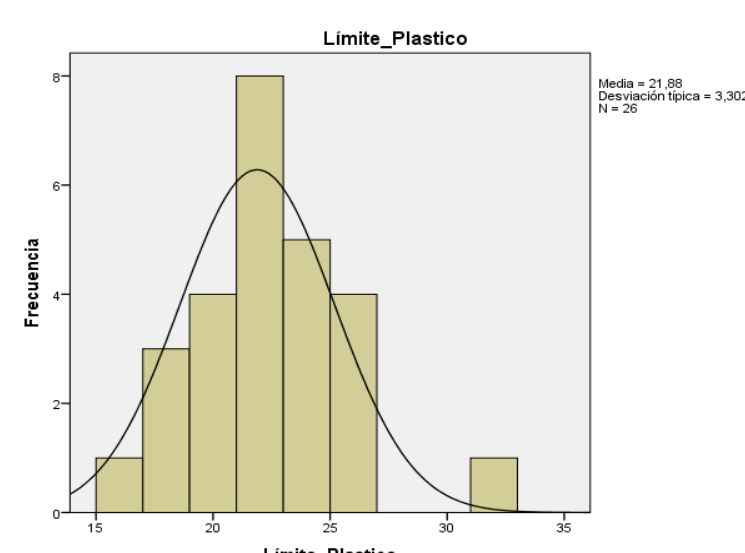
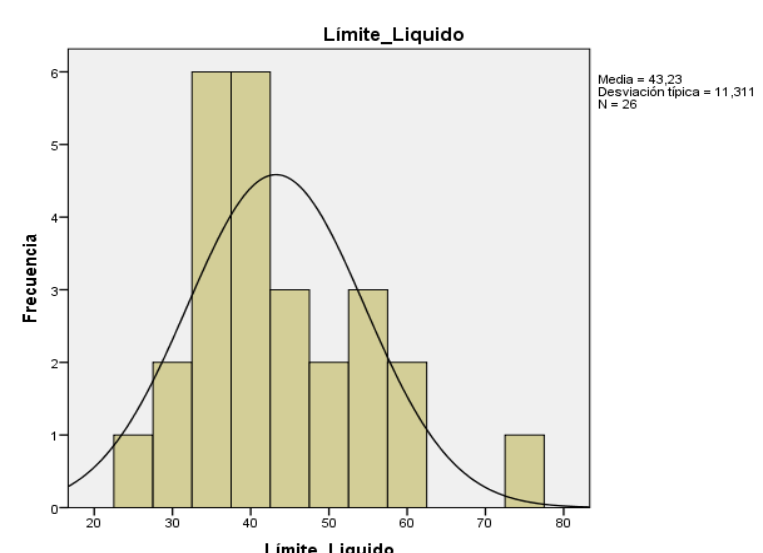
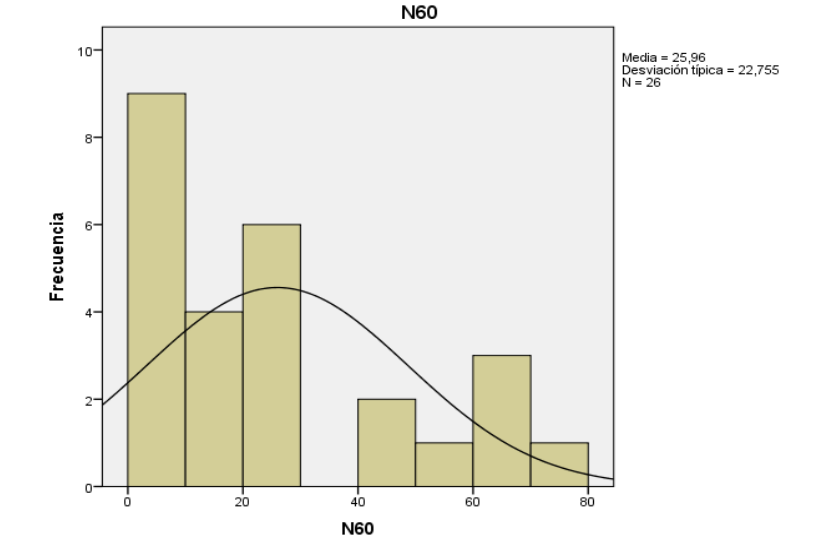
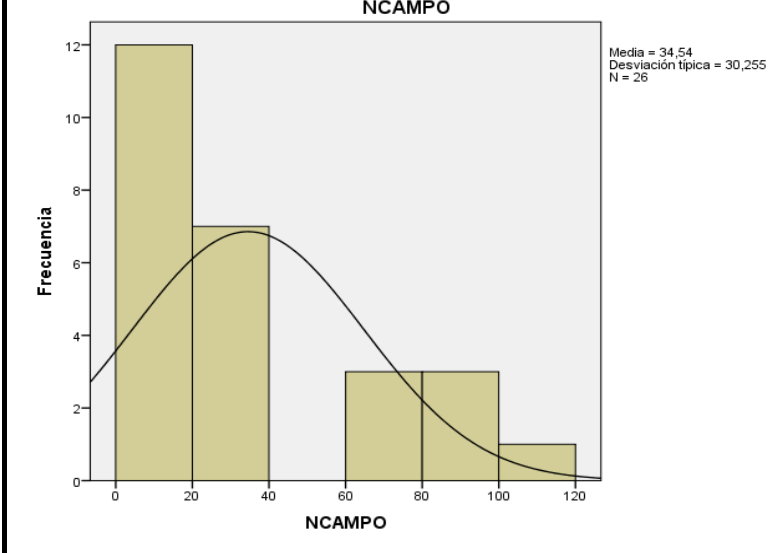
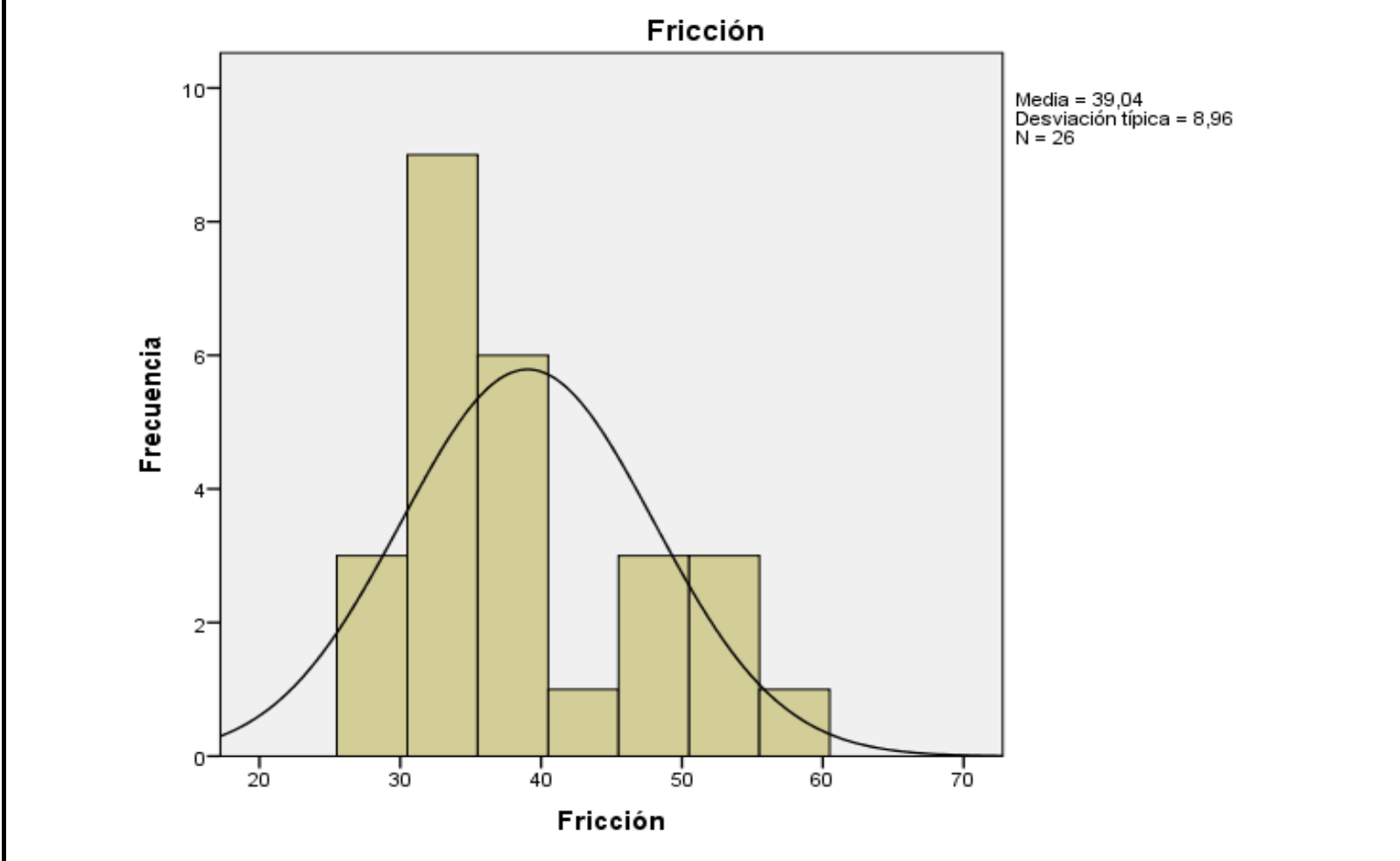
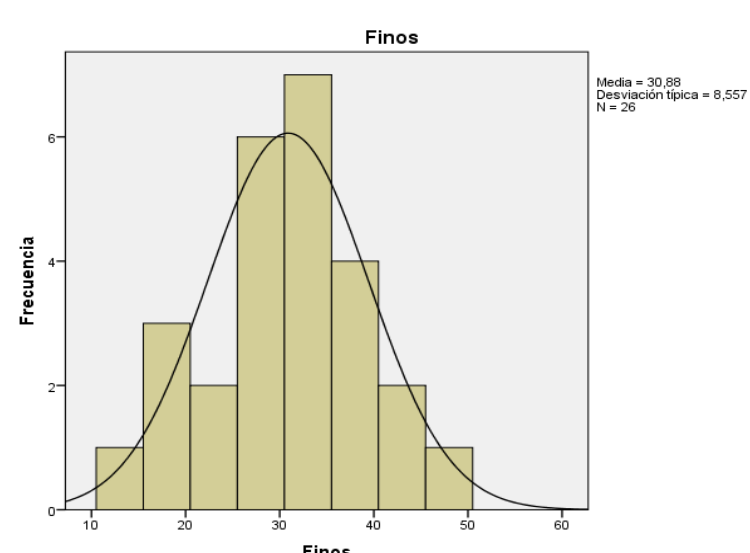
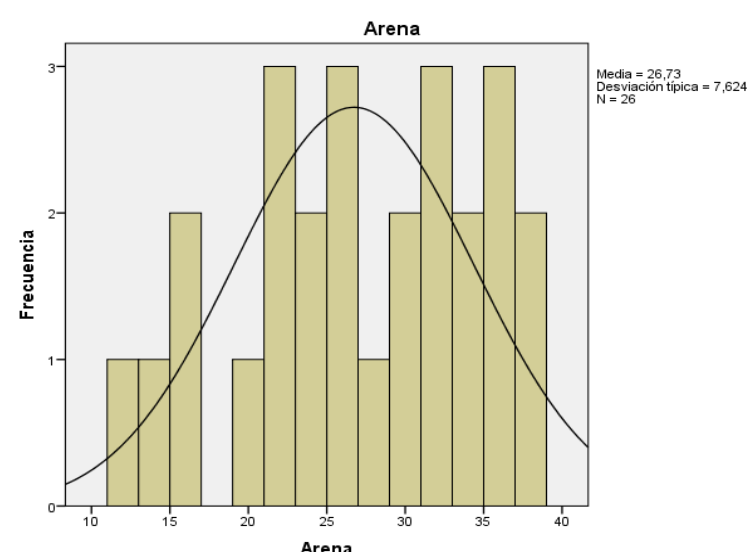
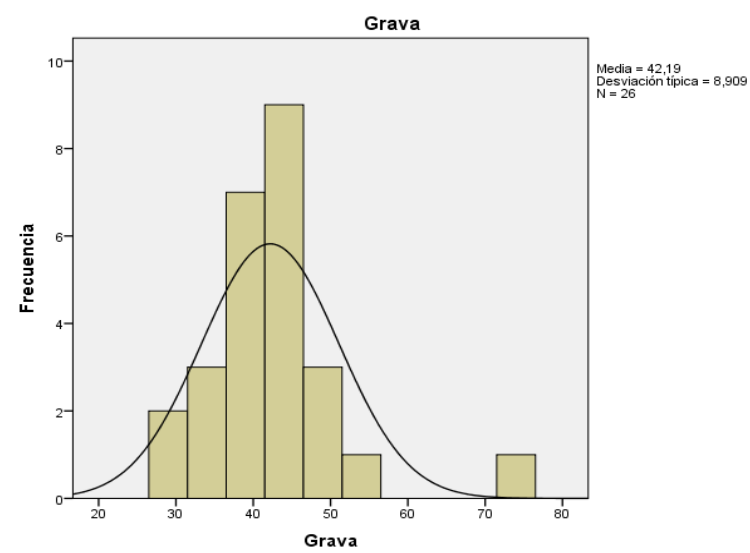
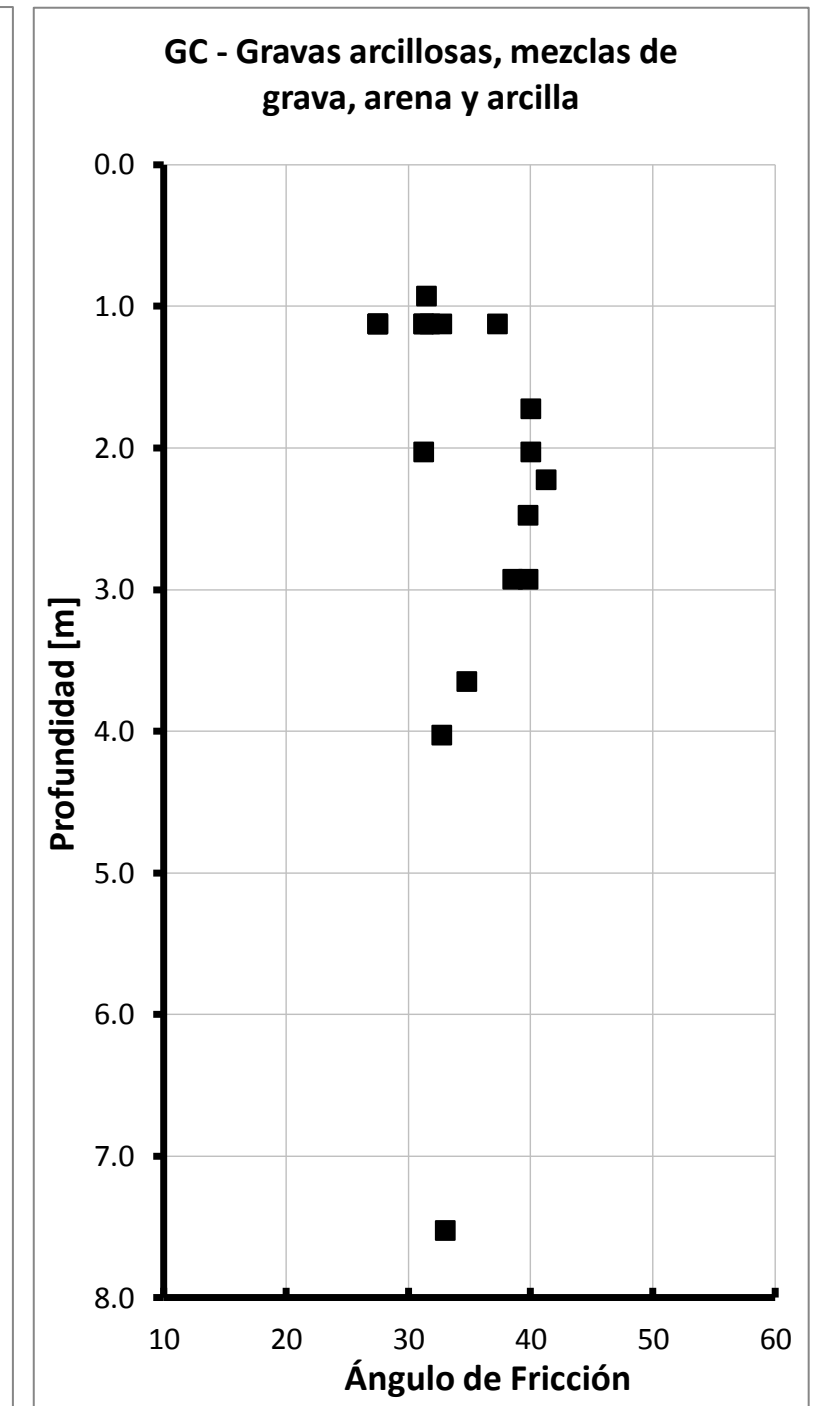
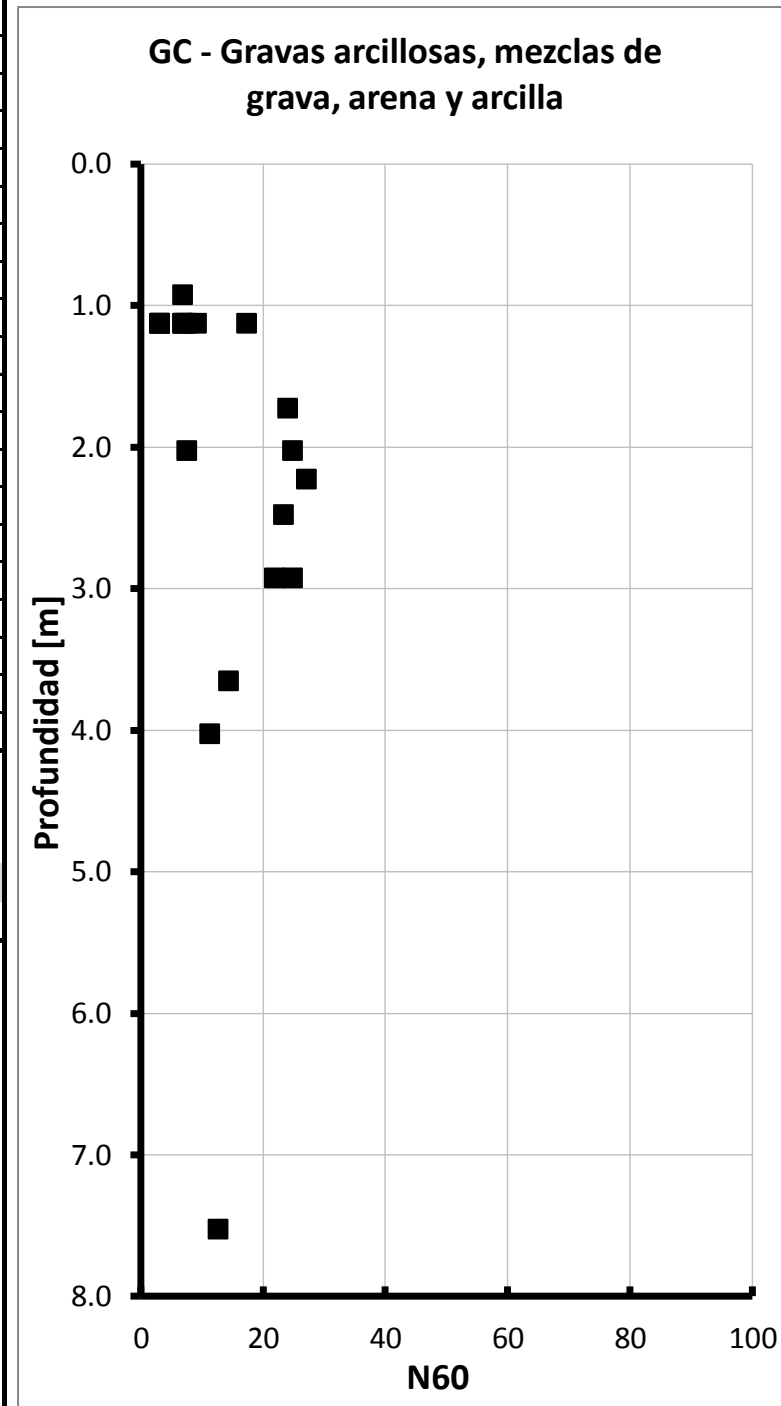
SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo												
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ _{SECA} (kN/m ³)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	c' C. Directo (kg/cm ²)	φ C. Directo (°)
1883	1.8	SM	17.1	20.6	8	59	33	32	24	8	0.39	39
1904	1.8	SM	13.1	16.5	13	44	43	42	33	9	0.49	31
1917	1.8	SM	13.4	18.5	2	63	35	53	29	24	0.49	39
2158	2.1	SM	12.77	17.87	0	50	50	52	29	23	0.04	32
2319	1.5	SM	17.08	18.56	0	82	18	N.P	N.P	N.P	0.24	36
2350	1.5	SM	14.79	17.16	0	64	36	N.P	N.P	N.P	0.22	40
2377	1.5	SM	16.69	19.25	0	78	22	N.P	N.P	N.P	0.00	28
3272	1.2	SM	16.72	18.49	0	73	27	N.P	N.P	N.P	0.19	36
4561	0.9	SM										
4576	1.5	SM		17.92							0.23	29
4643	1.5	SM	15.71	19.67							0.11	33
7783	13.7	SM		15.69							0.29	35
10097	0.7	SM			0.00	71.00	29.00	NP	NP	NP	0.35	30
10380	9.0	SM		19.00							0.03	27
16102	10.8	SM										
16220	14.4	SM		17.62							0.13	37
16285	12.1	SM										
16328	14.8	SM										
16488	16.5	SM	18.09	19.70	2	82	16	NL	NP	NP	0.40	40
16518	16.4	SM	17.04	19.20	1	76	23	NL	NP	NP	0.48	31
17020	1.3	SM			0	73	27	NL	NP	NP	0.10	38
17021	8.9	SM			0	87	13				0.09	38
17199	11.6	SM										
17215	14.2	SM										
17221	27.6	SM										
19032	2.4	SM			1	57	42	37	26	11	0.35	28
19895	7.3	SM									0.40	40
19897	8.3	SM		18.95							0.66	39
19898	9.2	SM									0.36	37
20988	17.5	SM		22.46	8	72	20	21	19	2	0.04	27
Vmax					13.0	87.0	50.0	53.0	33.0	24.0	0.7	40.0
Vmin					0.0	44.0	13.0	21.0	19.0	2.0	0.0	27.0
σ					4	12	11	12	5	9	0.18	5
Vest					2.3	68.7	28.9	39.5	26.7	12.8	0.26	34.3
COV					1.74	0.18	0.37	0.31	0.18	0.69	0.68	0.14

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



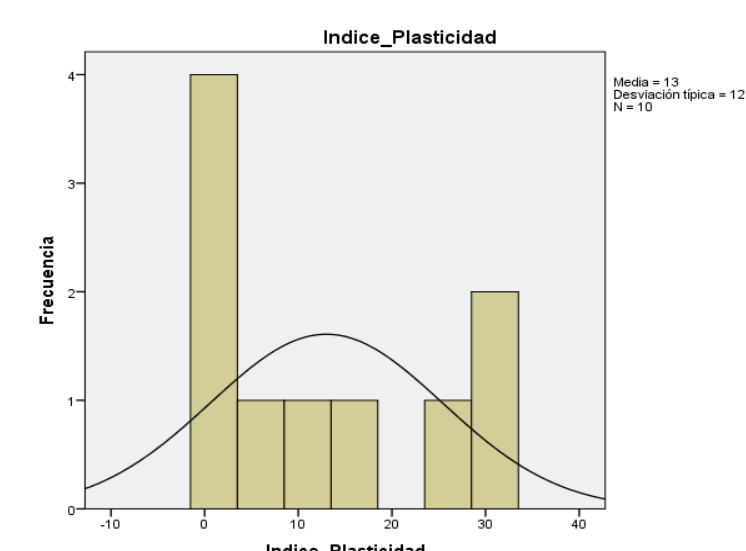
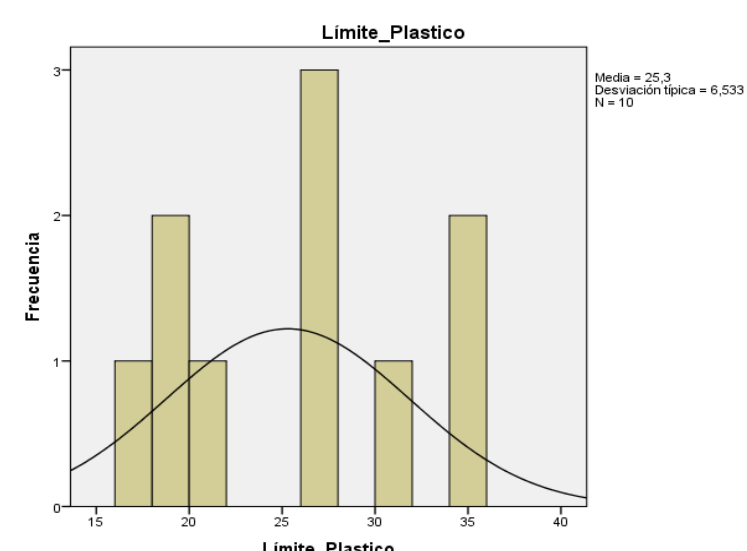
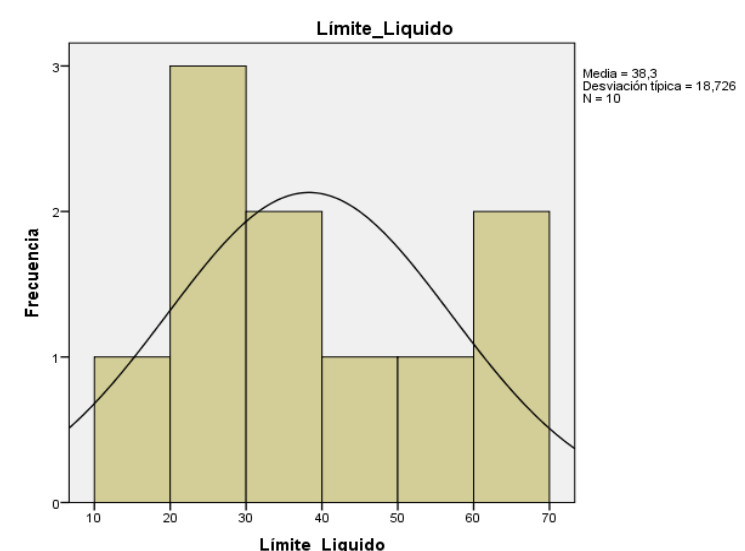
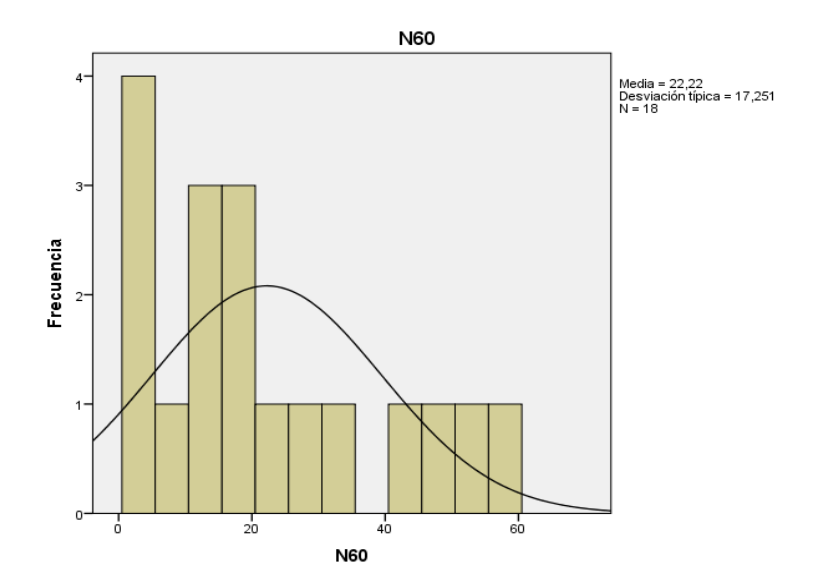
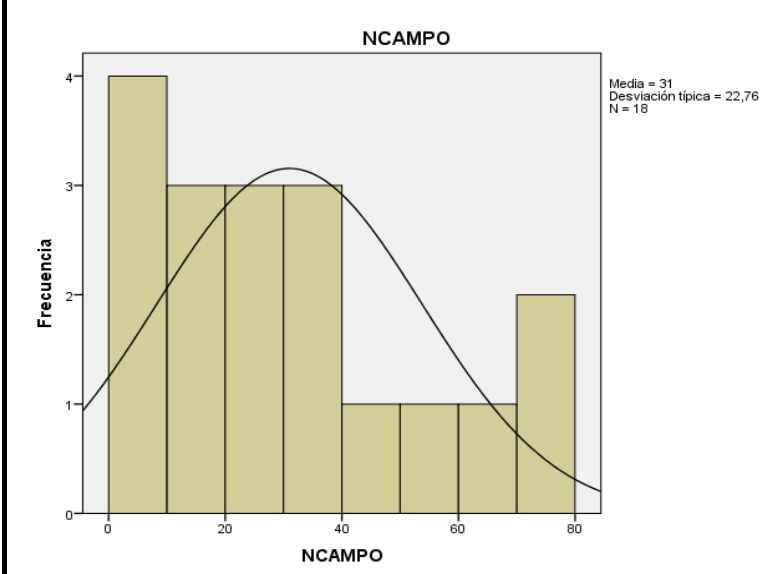
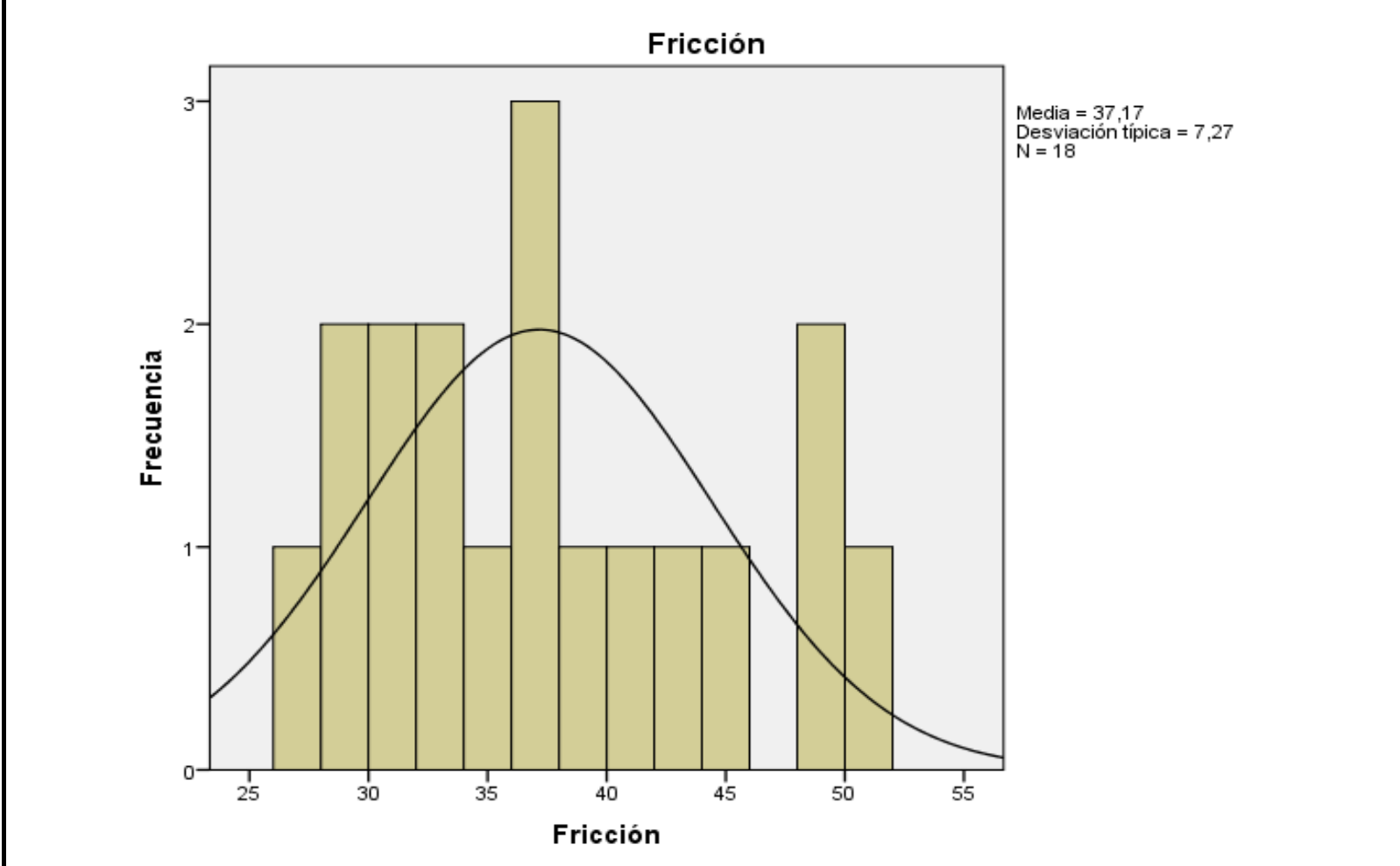
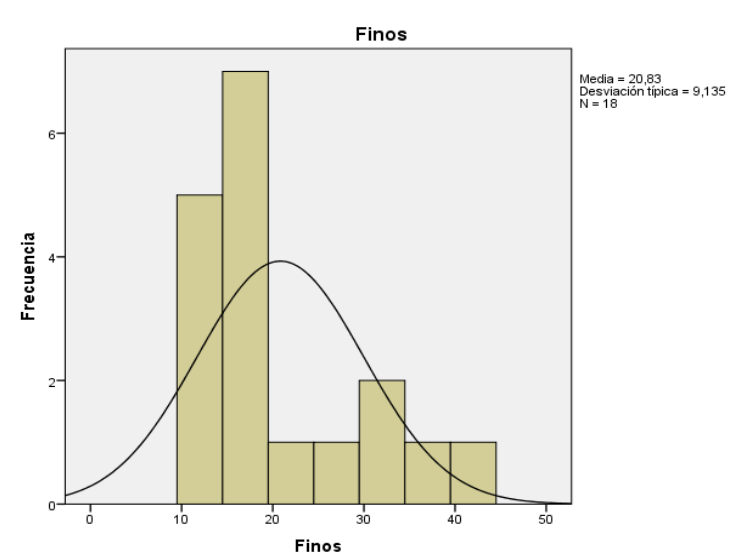
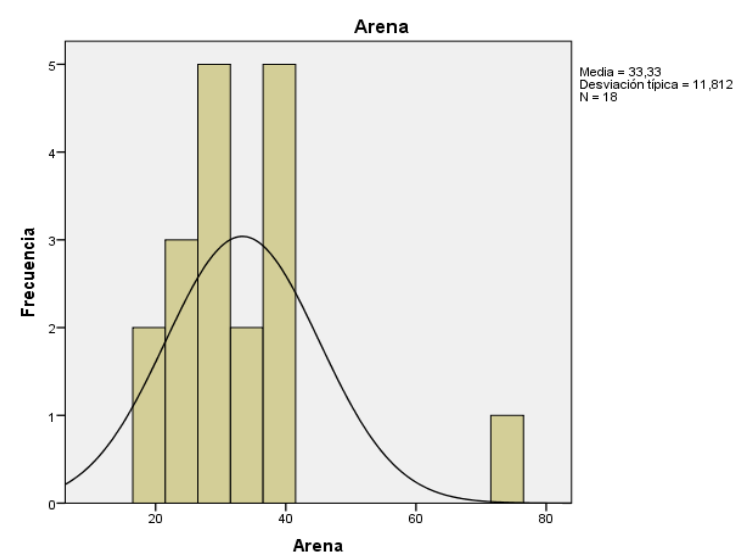
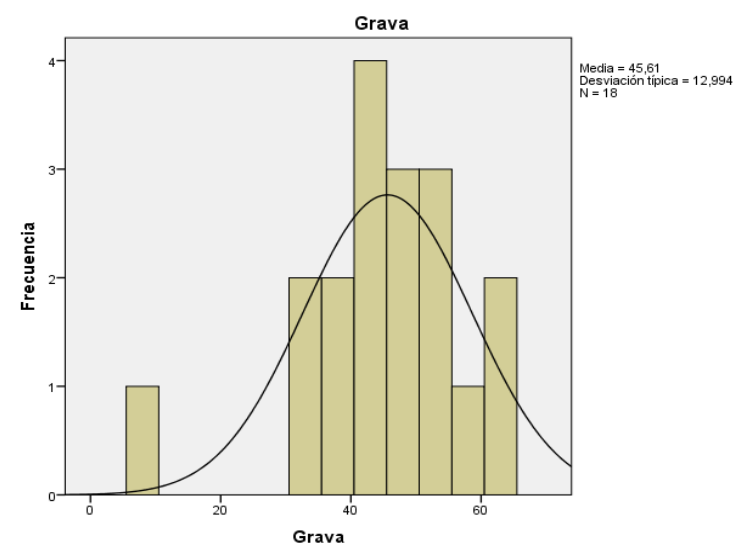
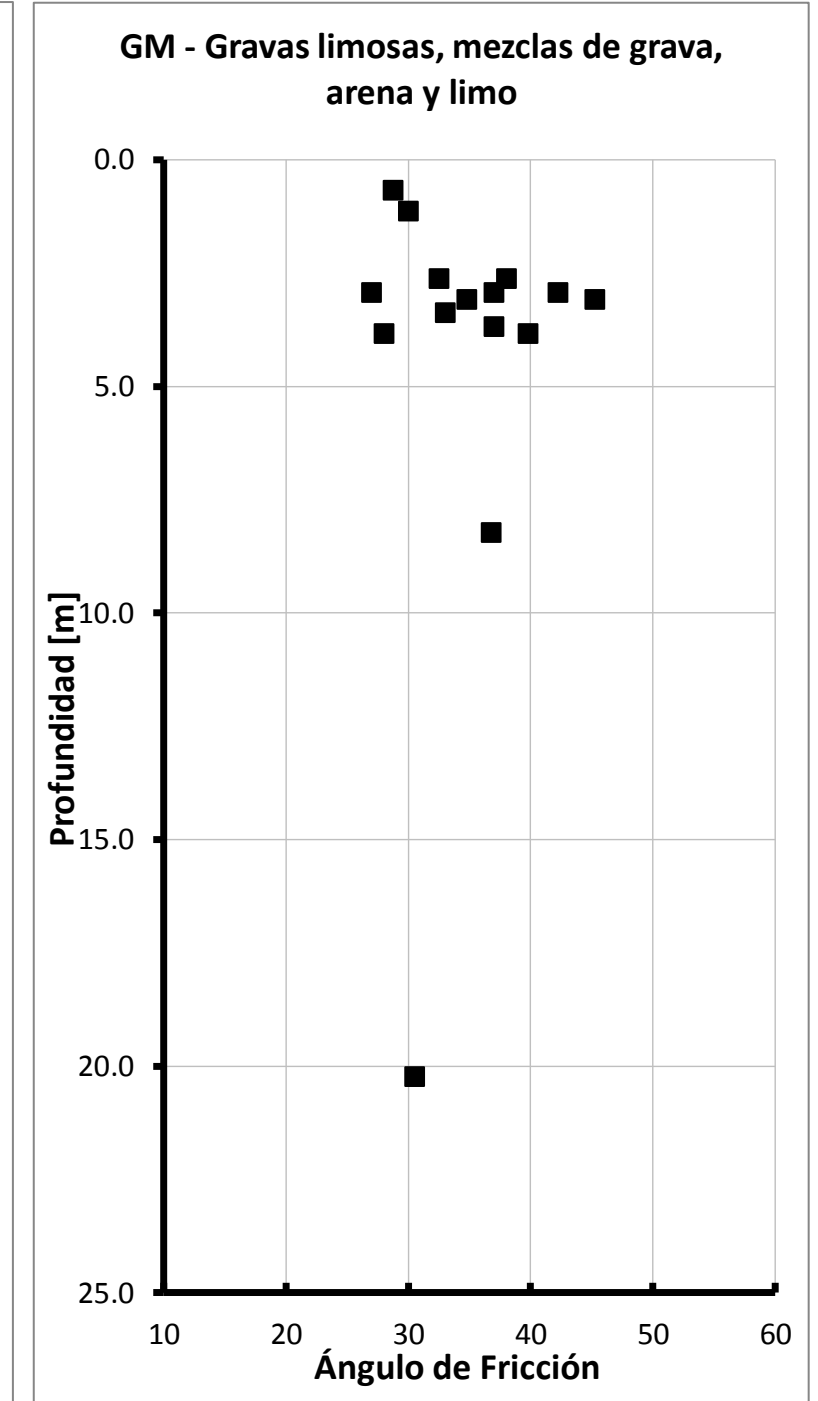
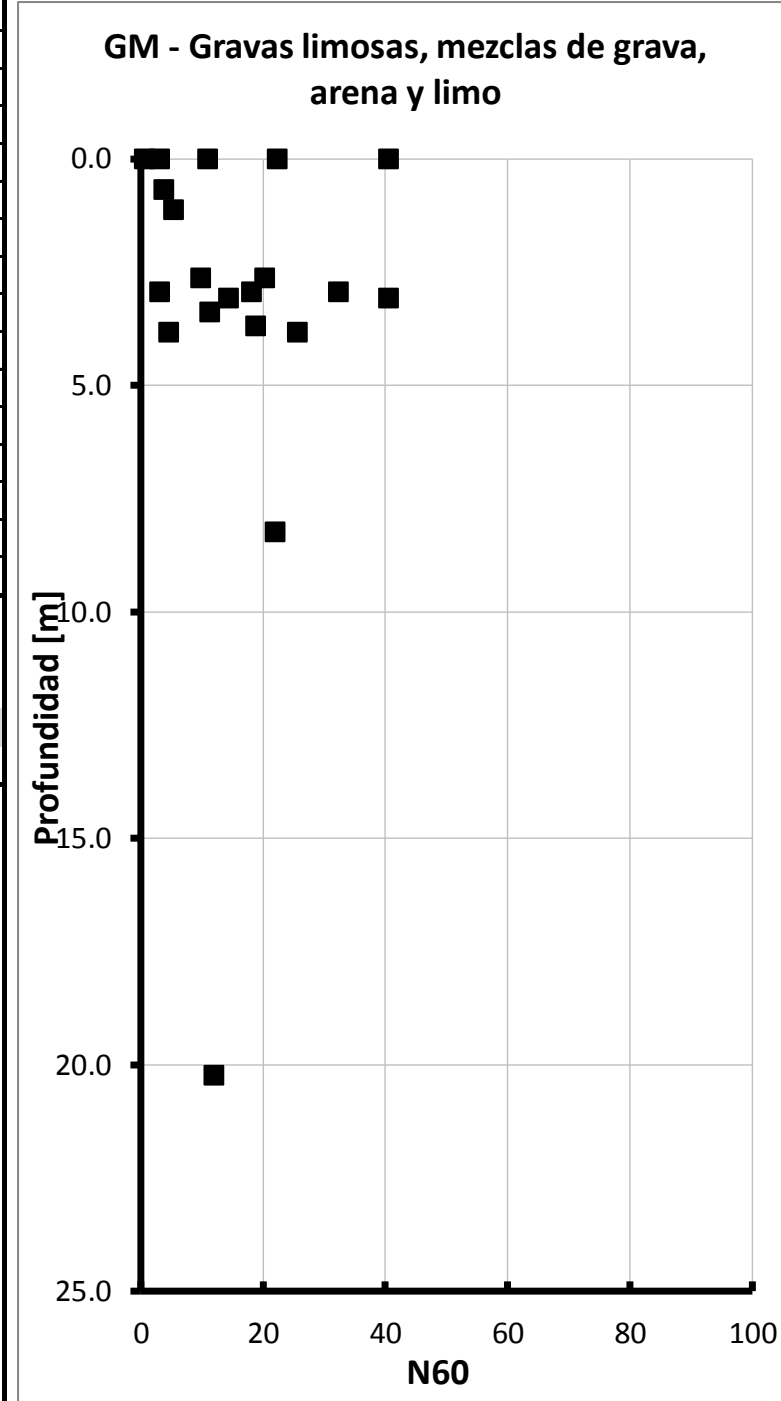
GC - Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
261	1.13	4	37	30	33	38	19	19	GC	3	28
493	1.13	4	45	27	28	44	26	18	GC	3	28
536	1.13	9	49	23	28	49	23	26	GC	7	31
541	2.93	29	49	15	36	58	26	32	GC	22	39
588	4.03	15	36	24	40	38	21	17	GC	11	33
613	1.13	12	29	29	42	35	22	13	GC	9	33
657	2.03	10	45	36	19	43	26	17	GC	8	31
721	1.13	10	75	12	13	34	21	13	GC	8	32
787	1.13	4	31	22	47	43	23	20	GC	3	28
798	1.13	23	40	32	28	41	25	16	GC	17	37
932	1.13	9	37	25	38	55	23	32	GC	7	31
1366	1.73	32	42	19	39	75	31	44	GC	24	40
2037	2.93	33	39	16	45	62	22	40	GC	25	40
19416	2.23	36	42	25	33	52	22	30	GC	27	41
19419	7.53	19	42	36	22	42	20	22	GC	13	33
19467	3.65	19	48	22	30	53	23	30	GC	14	35
19766	2.48	31	41	25	34	55	21	34	GC	23	40
20015	2.03	33	33	32	35	36	18	18	GC	25	40
20345	0.93	9	37	35	28	37	21	16	GC	7	32
Vmax			36.0	75.0	36.0	47.0	75.0	31.0	44.0	27.0	41.3
Vmin			4.0	29.0	12.0	13.0	34.0	18.0	13.0	3.0	27.5
σ			11	10	7	9	11	3	9	8.5	5
Vest			34.5	42.2	26.7	30.9	43.2	21.9	21.4	26.0	39.0
COV			0.33	0.23	0.26	0.28	0.25	0.14	0.43	0.33	0.12

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



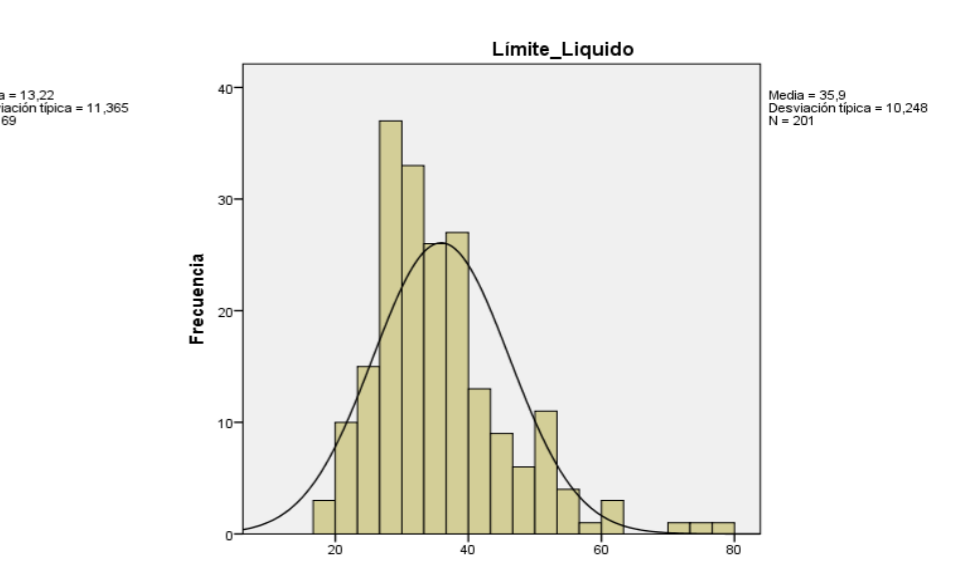
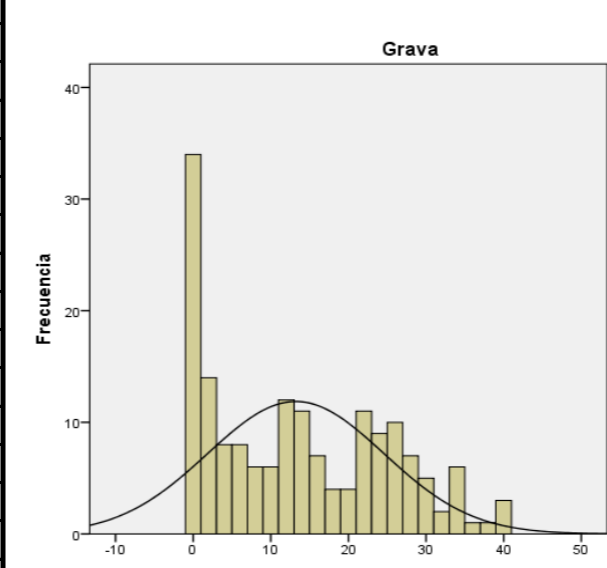
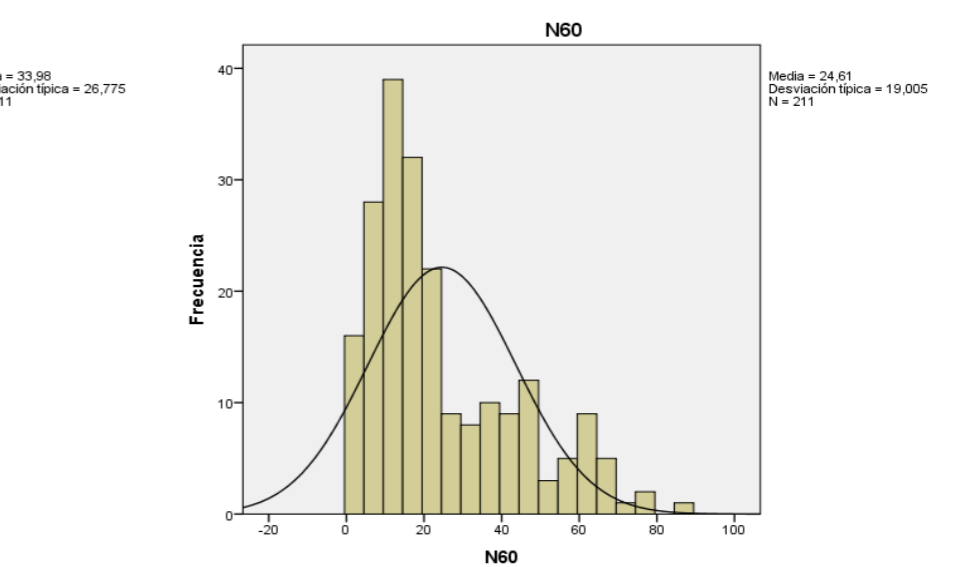
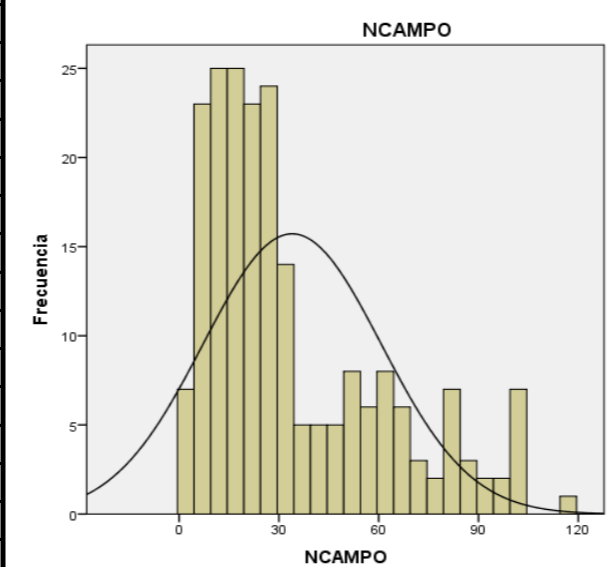
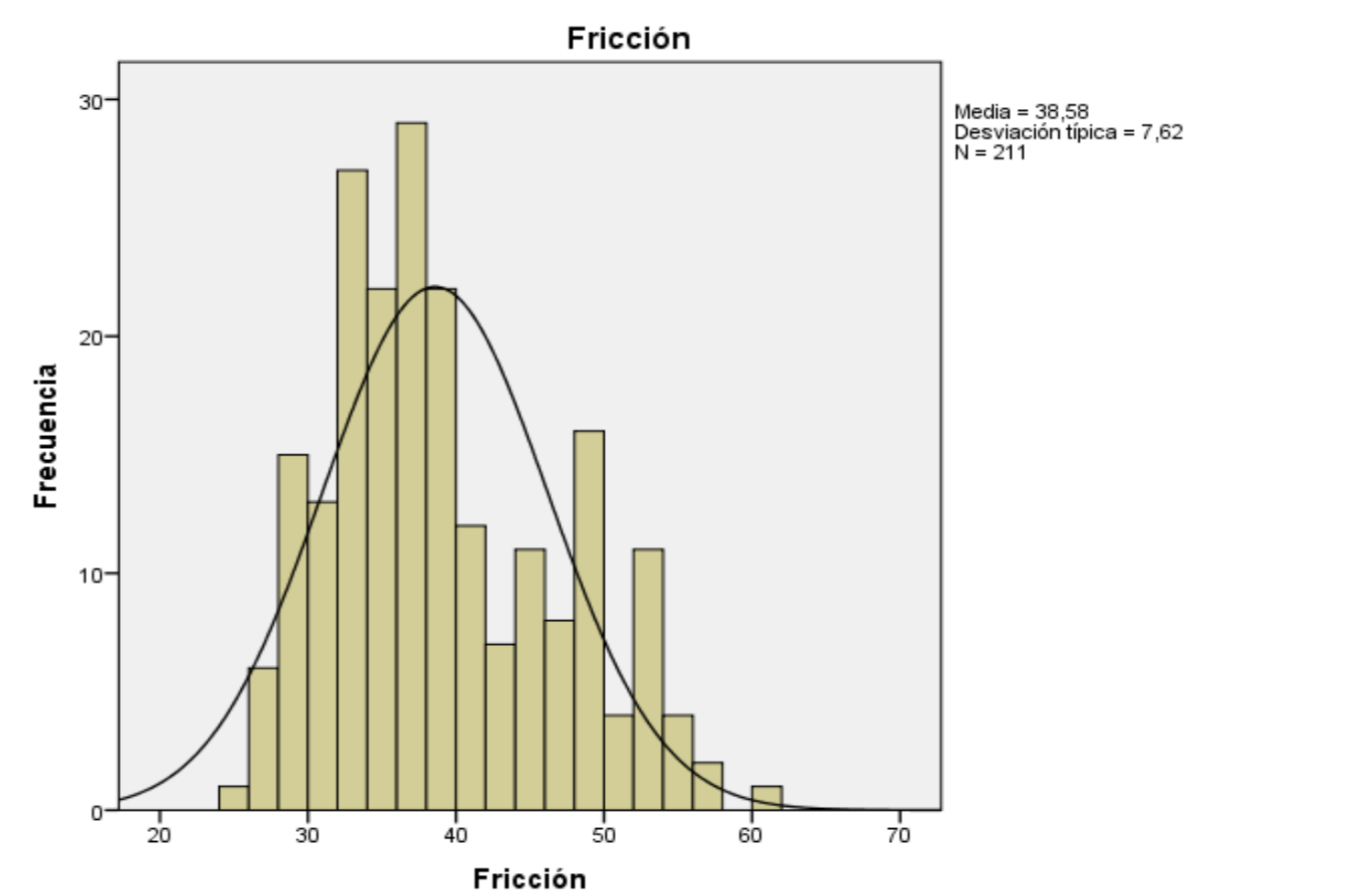
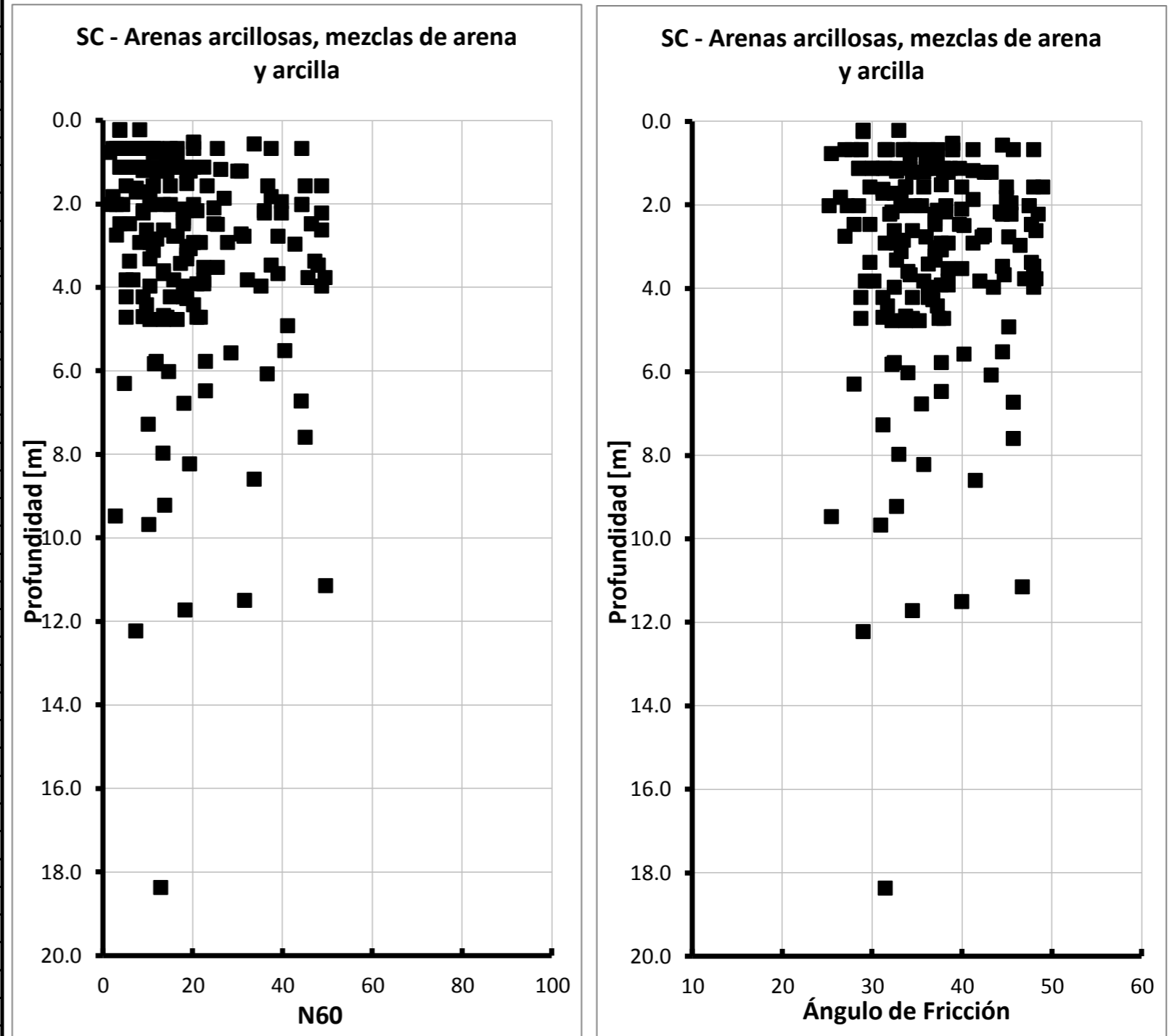
GM - Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo											
ID	PROF. PROMEDIO	N_CAMPO	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
418	2.93	4	34	26	40	66	34	32	GM	3	27
449	3.83	6	43	25	32	57	31	26	GM	5	28
497	2.93	24	44	29	27	39	26	13	GM	18	37
697	2.63	27	54	31	15				GM	20	38
780	2.93	43	54	31	15	19	17	2	GM	32	42
888	0.68	5	47	34	19	NL	NP	NP	GM	4	29
889	1.13	7	45	38	17	NL	NP	NP	GM	5	30
904	3.08	19	50	37	13	NL	NP	NP	GM	14	35
1344	3.83	34	65	21	14	NL	NP	NP	GM	26	40
1411	3.08	54	63	19	18	22	21	1	GM	41	45
2096	2.63	13	38	31	31	42	26	16	GM	10	33
2117	3.68	25	35	26	39	65	35	30	GM	19	37
16685	20.23	34	49	38	13	NL	NP	NP	GM	12	31
18475	8.23	38	39	37	24	32	26	6	GM	22	37
20374	3.38	15	8	74	18	NL	NP	NP	GM	11	33
Vmax	54.0	65.0	74.0	40.0	66.0	35.0	32.0			40.5	45.3
Vmin	4.0	8.0	19.0	13.0	19.0	17.0	1.0			3.0	27.0
σ	15	14	13	9	18	6	12			11	5
Vest	31.0	45.6	33.3	20.8	38.3	25.3	13.0			22.2	37.2
COV	0.49	0.30	0.38	0.45	0.48	0.24	0.96			0.49	0.14

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



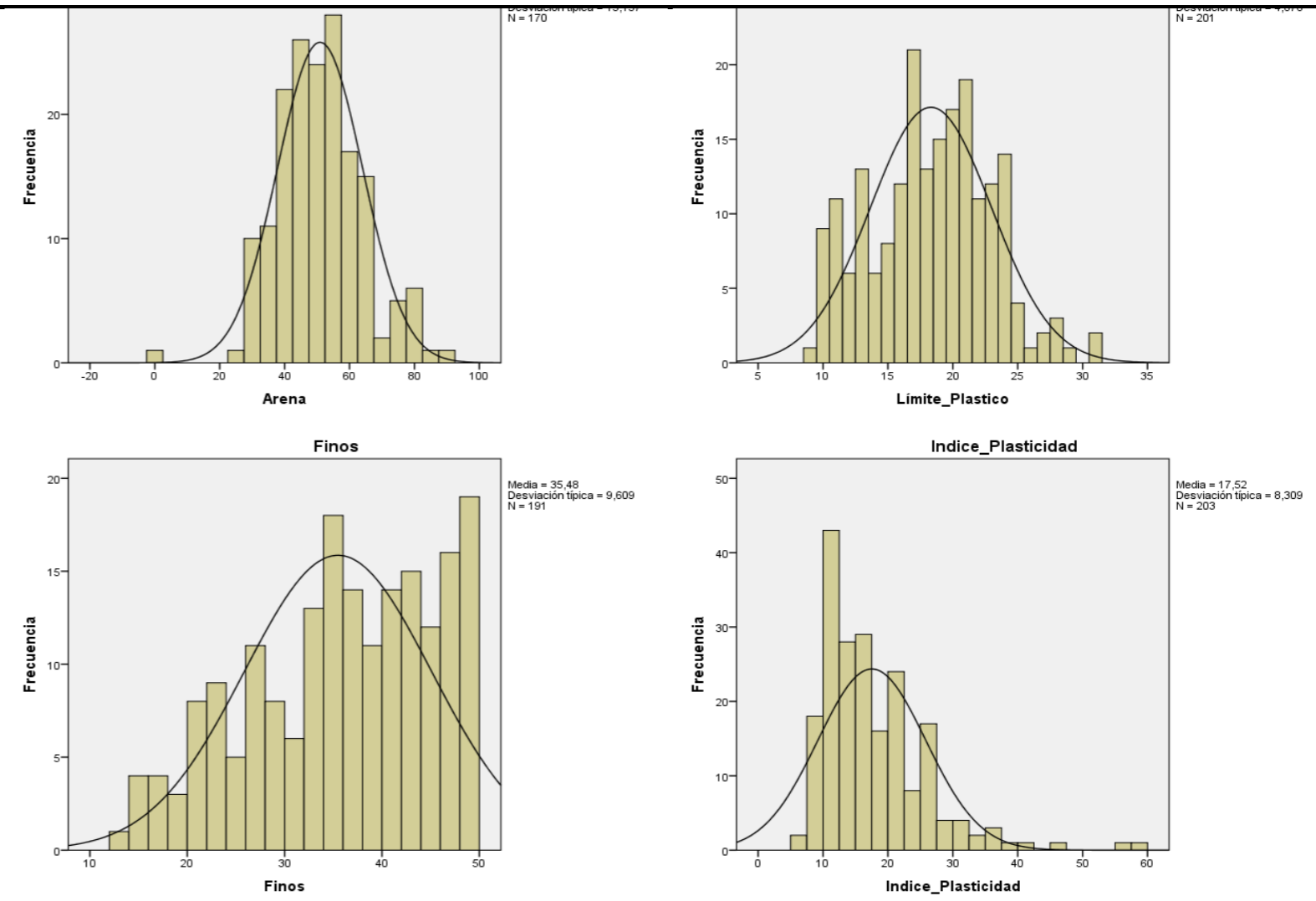
SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
179	0.23	5	22	30	48	31	21	10	SC	4	29
291	2.93	14	2	53	45	29	20	9	SC	11	33
300	0.68	5	33	40	27	33	22	11	SC	4	29
311	1.13	7	1	51	48	30	19	11	SC	5	30
313	1.95	53	3	51	46	29	21	8	SC	40	46
341	1.58	15	14	43	43	46	24	22	SC	11	34
368	0.68	4	16	44	40	39	19	20	SC	3	28
397	1.58	7	27	44	29	59	26	33	SC	5	30
411	3.83	7	4	55	41	37	24	13	SC	5	29
416	2.03	2	26	27	47	46	24	22	SC	2	25
457	3.98	24	18	46	36	37	24	13	SC	18	36
478	2.93	27	23	31	46	43	22	21	SC	20	38
544	0.68	5	26	39	35	36	18	18	SC	4	29
547	2.03	14	33	44	23	51	23	28	SC	11	33
699	3.53	34	35	45	20	27	18	9	SC	26	40
712	1.13	5	34	38	28	49	21	28	SC	4	29
739	1.13	12	14	37	49	35	21	14	SC	9	33
786	0.68	3	27	28	45	44	24	20	SC	2	27
812	2.48	33	14	43	43	35	21	14	SC	25	40
822	2.93	29	21	40	39	28	19	9	SC	22	39
836	1.13	25	26	39	35	63	31	32	SC	19	38
960	4.43	27	33	36	31	38	20	18	SC	20	37
981	3.68	18	23	37	40	46	20	26	SC	14	34
987	1.13	7	25	43	32	33	17	16	SC	5	30
997	1.13	10	19	48	33	30	22	8	SC	8	32
1015	1.58	20	27	39	34	62	23	39	SC	15	36
1017	2.48	62	28	37	35	47	25	22	SC	47	48
1023	2.03	6	6	46	48	37	22	15	SC	5	29
1144	2.03	18	16	47	37	36	22	14	SC	14	35
1202	4.28	25	0	58	42	36	22	14	SC	19	37
1206	6.08	54	21	51	28	29	21	8	SC	37	43
1218	2.48	8	12	50	38	29	21	8	SC	6	30
1226	1.13	30	39	45	16	29	18	11	SC	23	40
1261	0.68	20	2	59	39	31	21	10	SC	15	36
1306	1.73	10	15	42	43	43	18	25	SC	8	31
1471	5.78	17	27	37	36	62	21	41	SC	12	33
1500	3.08	26	18	40	42	51	28	23	SC	20	38
1932	2.78	42	2	52	46	55	25	30	SC	32	42
1934	3.78	66	6	58	36	40	25	15	SC	50	48
1952	3.78	61	0	51	49	36	22	14	SC	46	47
1962	1.83	3	24	44	32	43	18	25	SC	2	27
1982	3.98	47	7	44	49	34	20	14	SC	35	44
2004	2.18	28	5	54	41	32	20	12	SC	21	38
2018	4.73	29	0	56	44	29	14	15	SC	22	38
2034	1.58	49	15	38	47	43	20	23	SC	37	45
2070	2.63	18	22	49	29	36	24	12	SC	14	35
2073	3.98	65	1	65	34	38	24	14	SC	49	48
2098	3.33	14	11	62	27	39	23	16	SC	11	33
2144	3.98	14	24	31	45	51	24	27	SC	11	33
2145	4.43	13	4	49	47	54	25	29	SC	10	32
2159	2.63	13	0	57	43	49	27	22	SC	10	33
2166	2.48	62	10	61	29	33	23	10	SC	47	48
2169	0.68	50	20	41	39	48	21	27	SC	38	46
2173	3.03	25	25	31	44	36	17	19	SC	19	37
2175	3.93	30	12	39	49	45	20	25	SC	23	39
2178	1.18	35	2	50	48	40	21	19	SC	26	41
6599	3.83	30	9	58	33	37	17	20	SC	23	39
6697	1.58	15	3	71	26	31	15	16	SC	11	34
6723	2.50	34	19	38	43	23	13	10	SC	26	40
9278	0.68	22	0	52	48	40	17	23	SC	17	37
9279	1.13	21	0	57	43	45	14	31	SC	16	37
14902	1.88	36			47	75	16	59	SC	27	41
14904	2.78	52			22	10	12	SC	39	45	
14906	3.68	52			36	10	26	SC	39	45	
14963	2.13	24			29	11	18	SC	18	37	
14967	3.93	28			48	12	36	SC	21	38	
15032	1.23	40			33	11	22	SC	30	43	
15083	2.75	4			48	30	17	13	SC	3	27
15160	8.23	33	12	48	40	36	22	15	SC	19	36
15168	1.13	5			32	24	13	11	SC	4	29
15170	2.03	4			23	27	14	13	SC	3	27
15171	2.48	5			27	13	13	SC	4	28	
15173	3.38	8			24	12	12	SC	6	30	
15174	3.83	9	14	65	21	28	15	13	SC	7	30
15183	1.23	25			31	42	24	18	SC	19	38
15293	2.03	59			26	23	11	12	SC	44	48
15294	3.48	64			33	24	12	12	SC	48	48
15301	0.53	27	0	64	36	24	13	11	SC	20	39
15302	0.53	27	0	66	34	26	13	13	SC	20	39
15310	1.13	21							SC	16	37
15311	1.58	31	0	79	21				SC	23	40
15313	2.98	57	0	79	21				SC	43	47
15321	3.23	25	22	73	22	33	20	13	SC	19	37
15322	3.60	18	16	81	16	32	21	11	SC	14	34
15326	1.58	60	24	49	27	25	16	8	SC	45	48
15328	3.48	50			23	18	6	SC	38	45	
15335	2.23	53			31	17	15	SC	40	46	
15336	3.13	15	0	63	37	29	17	13	SC	11	33
15349	0.68	9	10	56	35	33	14	18	SC	7	32
15361	4.23	12	0	88	12	27	11	16	SC	9	31
15364	0.88	19	0	57	44	24	10	15	SC	14	36
15368	4.23	24	7	79	15	20	10	10	SC	18	36
15381	7.28	16	0	82	19	30	16	14	SC	10	31
15386	2.23	24			42	25	17	8	SC	18	37
15409	1.83	50	2	55	43	36	24	12	SC	38	45
15418	4.23	20			29	13	16	SC	15	35	
15429	4.78	18	0	55	46	32	12	20	SC	14	34
15435	4.78	14	1	76	23	20	10	10	SC	11	32
15444	2.03	20	25	54	22	47	20	27	SC	15	36
15451	8.60	60			33	51	24	27	SC	34	42
15603	1.20	12	0	63	37	39	19	20	SC	9	33
15630	2.23	12			49	29	11	18	SC	9	32
15655	2.63	65	0	59	41	38	17	21	SC	49	48
15720	5.83	16	0	0	14	27	10	17	SC	11	32
15755	0.78	15			20	9	11	SC	11	34	
15756	1.23	19			29	10	19	SC	14	36	
15831	0.78	2	6	78	16				SC	2	26
15874	2.23	65			73	16	57	SC	49	49	
15896	2.03	59			26	23	11	12	SC	44	48
15897	3.48	64			33	24	12	12	SC	48	48
15908	5.83	16			14.1	26.7	9.8	16.9	SC	11	32
16313	3.83	43	14	58	28	23	17	6	SC	32	42
16559	1.53	25	33	42	25	33	19	14	SC	19	38
16589	2.23	48	14	61	25	31	21	10	SC	36	45
16616	1.23	41	6	55	39	30	18	12	SC	31	43
16618	2.73	41	11	55	34	31	18	13	SC	31	43

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

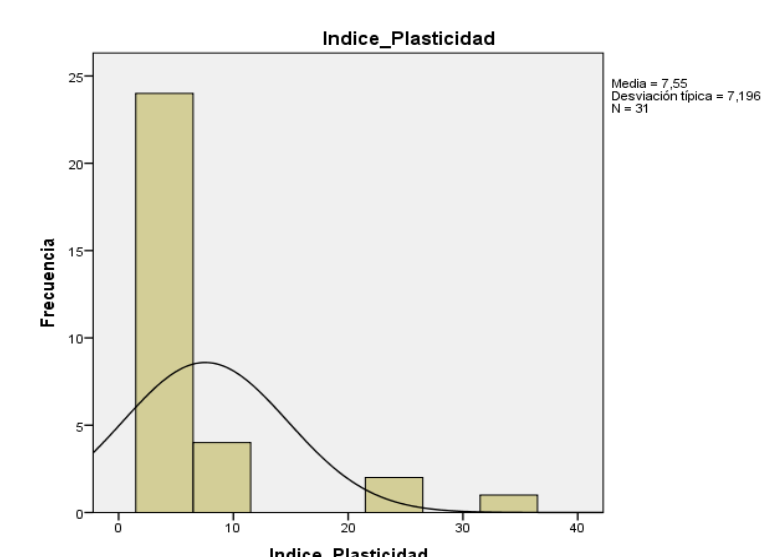
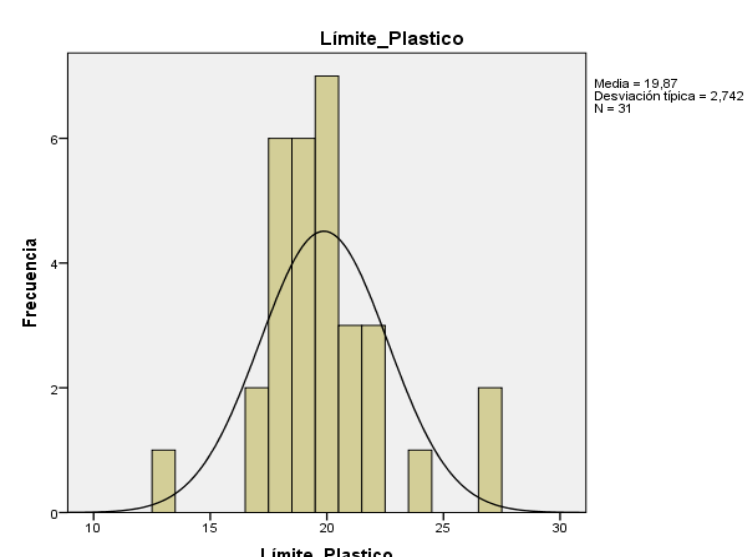
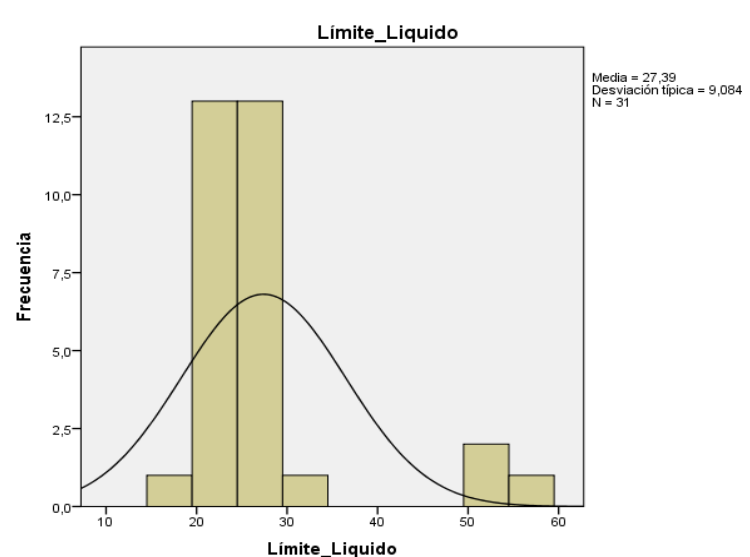
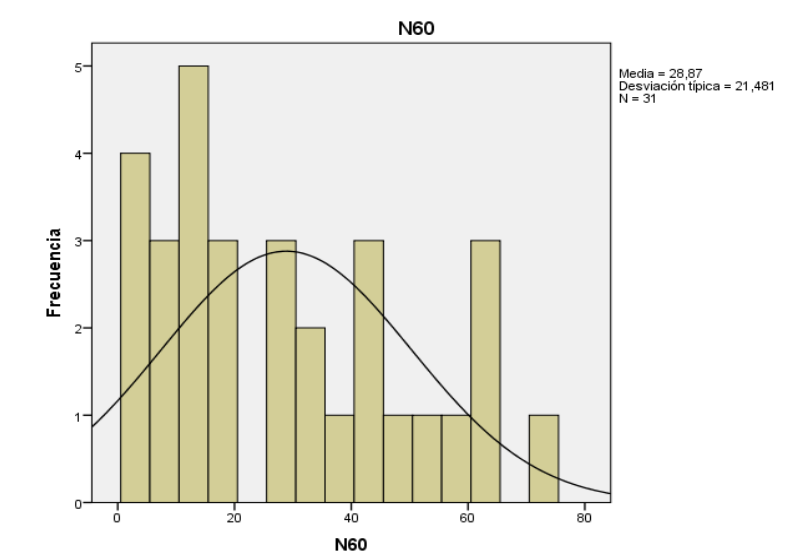
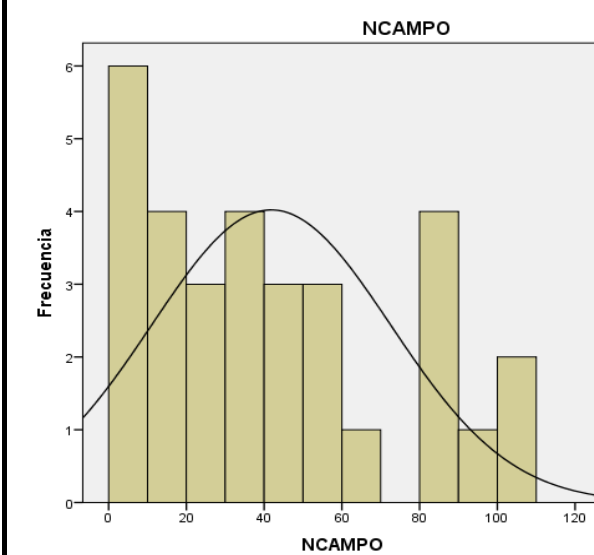
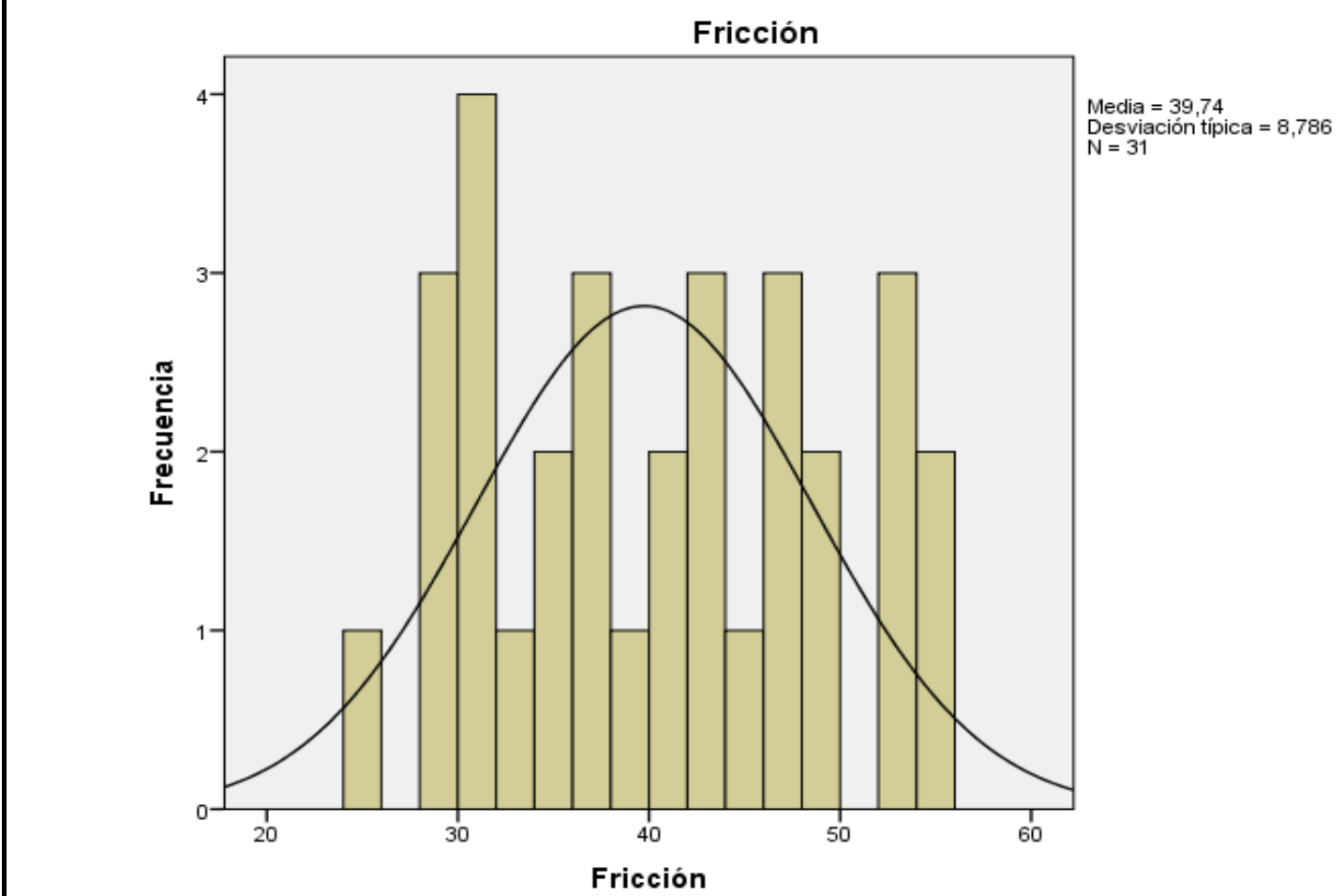
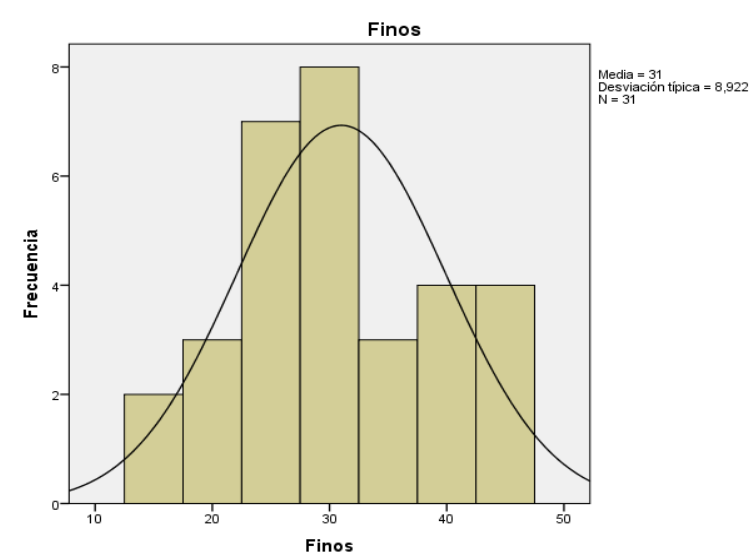
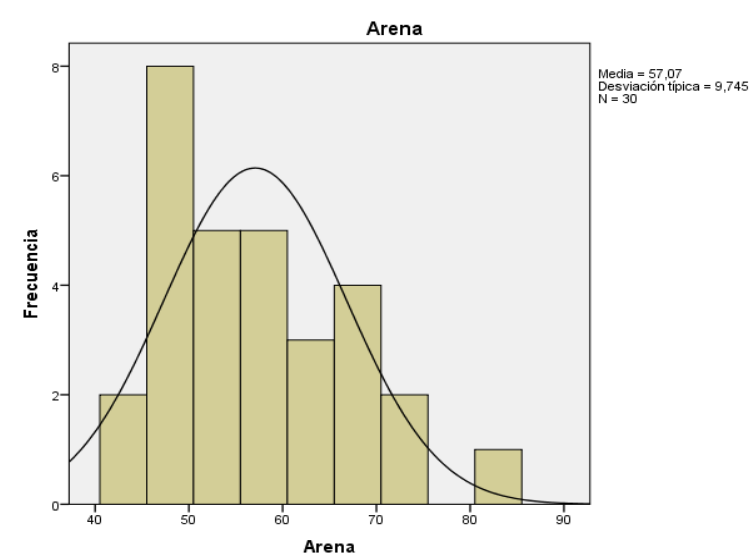
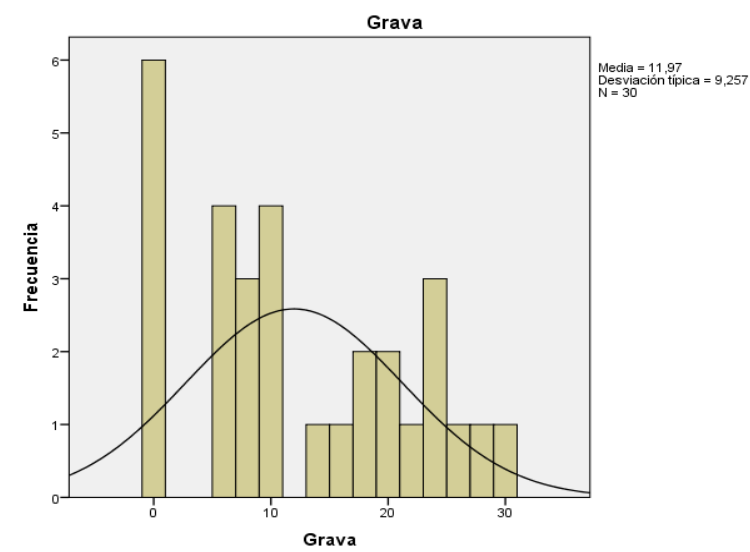
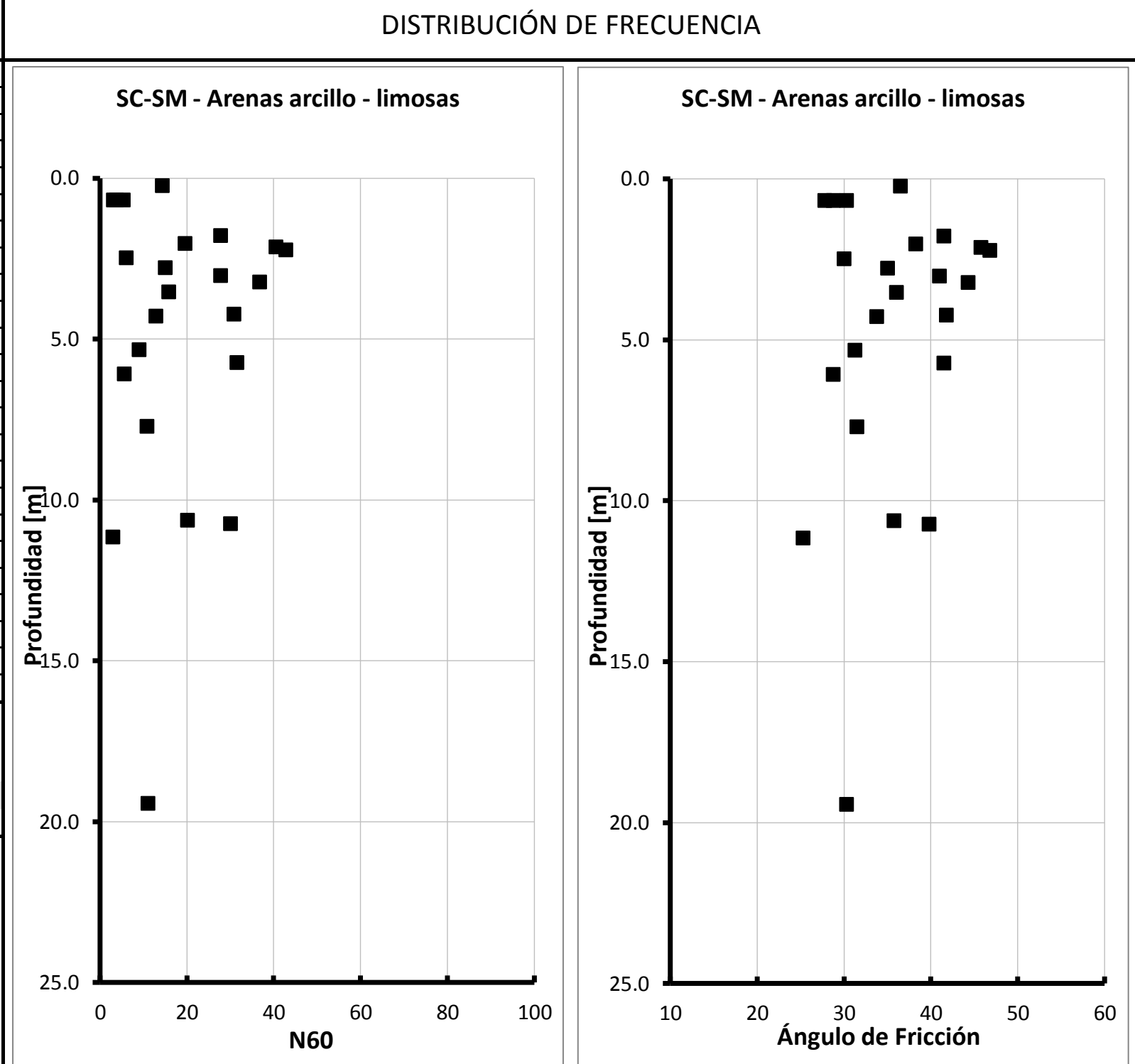


SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
16648	0.73	19	30	32	38	40	18	22	SC	14	36
16693	1.23	26	18	47	35	44	22	22	SC	20	39
16722	1.23	16	22	41	37	38	16	22	SC	12	35
16724	2.78	22	11	54	35	30	17	13	SC	17	36
16747	18.38	34	0	59	41	29	13	16	SC	13	32
16754	0.68	27	0	53	47	32	19	13	SC	20	39
16755	1.13	15	0	53	47	32	19	13	SC	11	34
16756	1.58	65	0	53	47	32	19	13	SC	49	49
16979	0.68	27	0	58	42	24	13	11	SC	20	39
16998	1.13	20	0	57	43	40	13	27	SC	15	36
17012	0.68	34	0	53	47	28	16	12	SC	26	41
17354	0.23	11	12	65	23	37	16	21	SC	8	33
17359	2.48	24	0	66	34	37	18	19	SC	18	37
17377	1.73	14	7	66	27	33	17	16	SC	11	33
17424	11.15	100	0	85	15	36	20	16	SC	50	47
18515	9.23	27	16	49	35	29	18	11	SC	14	33
18526	2.18	12	33	45	22	43	23	20	SC	9	32
18538	9.68	19	21	52	27	36	20	16	SC	10	31
19185	0.80	22	1	62	37	42	13	29	SC	17	37
19244	4.78	22	0	64	36	26	17	9	SC	17	35
19245	5.78	33							SC	23	38
19246	6.78	28							SC	18	36
19247	7.60	74							SC	45	46
19261	3.38	63	5	60	35	37	15	22	SC	47	48
19293	4.70	12	74	26	41	15	25	25	SC	9	31
19325	2.35	24	2	61	37	37	14	23	SC	18	37
19334	6.30	7	1	65	34	30	20	10	SC	5	28
19341	2.10	33	0	60	40	38	13	25	SC	25	40
19346	0.58	45	25	43	32	35	16	19	SC	34	45
19420	7.98	22	23	39	38	41	23	18	SC	13	33
19421	12.23	14	29	33	38	53	28	25	SC	7	29
19424	0.68	16	15	45	40	36	21	15	SC	12	35
19459	0.25	5	12	39	49	43	19	24	SC	4	29
19646	0.68	13	29	31	40	50	23	27	SC	10	34
19762	0.68	15	9	45	46	42	21	21	SC	11	34
19764	1.58	15	1	51	48	32	16	16	SC	11	34
19781	9.48	5	14	51	35	33	23	10	SC	3	26
19837	4.73	19	1	54	45	41	20	21	SC	14	35
19955	0.68	9	22	54	24	30	17	12	SC	7	32
19956	1.13	9	21	45	33	33	23	9	SC	7	31
20003	2.03	27	5	73	22	50	24	26	SC	20	38
20005	2.93	37	4	53	43	38	21	17	SC	28	41
20042	0.68	10	4	50	46	35	23	12	SC	8	32
20043	1.13	27	13	52	35	31	20	11	SC	20	39
20045	2.03	14	10	46	44	31	20	11	SC	11	33
20101	0.68	59	8	55	37	35	19	16	SC	44	48
20102	2.85	16	5	46	49	31	17	14	SC	12	34
20103	3.33	25	14	43	43	30	16	14	SC	19	37
20105	4.68	18	8	48	44	38	17	21	SC	14	34
20107	5.58	39	0	52	48	39	19	20	SC	29	40
20108	6.03	21	27	45	28	31	17	14	SC	15	34
20109	6.48	33	0	53	47	35	17	18	SC	23	38
20113	11.50	70	3	55	42	30	15	15	SC	32	40
20125	4.93	55	0	62	38	32	15	17	SC	41	45
20130	11.73	39	12	67	21	20	12	8	SC	18	35
20138	2.18	48	11	41	48	26	15	11	SC	36	44
20188	1.73	12	21	31	48	44	23	21	SC	9	33
20199	1.63	10	23	53	24	38	14	24	SC	8	31
20200	2.43	24	39	41	20	32	16	16	SC	18	37
20347	3.43	23	25	58	17	30	20	10	SC	17	36
20348	4.23	7	13	65	22	32	21	11	SC	5	29
20358	2.78	21	7	73	20	31	21	10	SC	16	36
20383	0.23	5	26	41	33	35	24	11	SC	4	29
20447	6.73	69	0	71	29	25	13	12	SC	44	46
20487	0.68	13	13	40	47	40	16	24	SC	10	34
20509	5.53	57	31	43	26	32	17	15	SC	41	45
20556	3.53	30	29	36	35	34	19	15	SC	23	39
20655	3.83	21	12	44	45	51	28	24	SC	16	36
20656	4.73	28	11	48	41	43	24	19	SC	21	38
20749	2.93	11	27	32	41	53	27	26	SC	8	32
20751	4.73	7	24	37	39	55	29	26	SC	5	29
	Vmax	100.0	39.0	88.2	49.2	74.9	31.0	58.8		49.7	49.0
	Vmin	2.0	0.0	0.0	11.8	19.6	8.8	5.5		1.5	25.3
	σ	19	11	13	10	10	5	8		13	6
	Vest	34.0	13.2	50.9	35.5	35.9	18.3	17.5		24.6	38.6
	COV	0.55	0.84	0.26	0.27	0.27	0.25	0.45		0.53	0.15

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

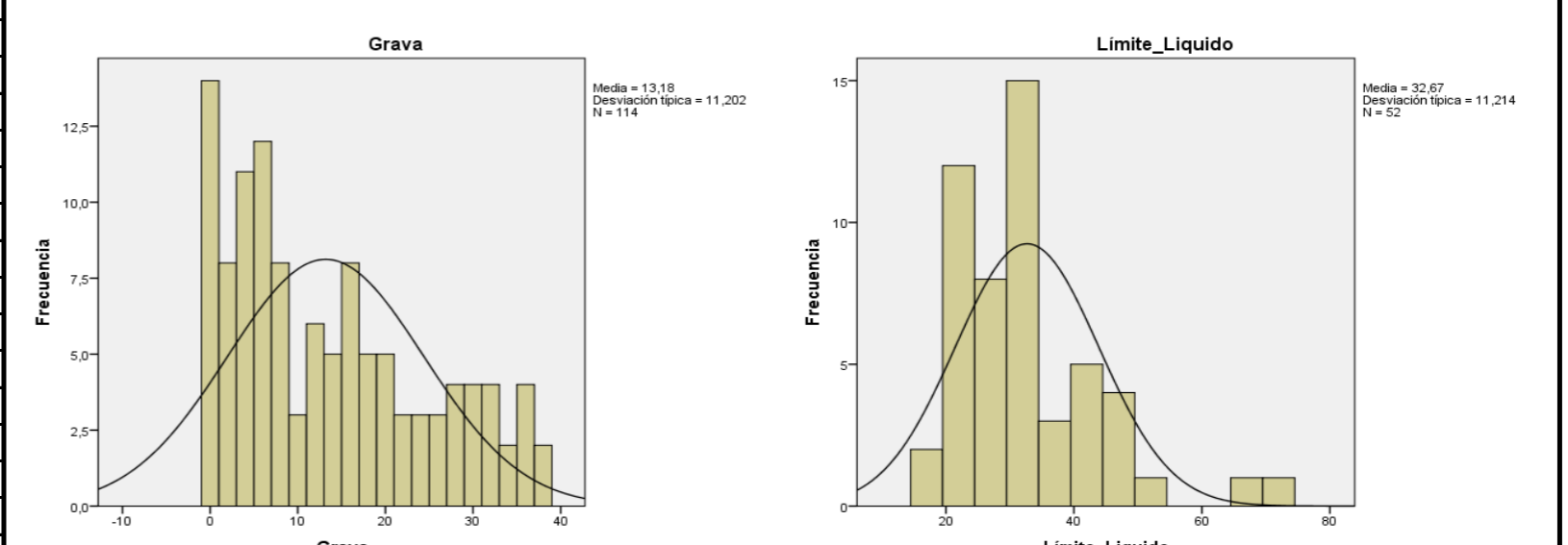
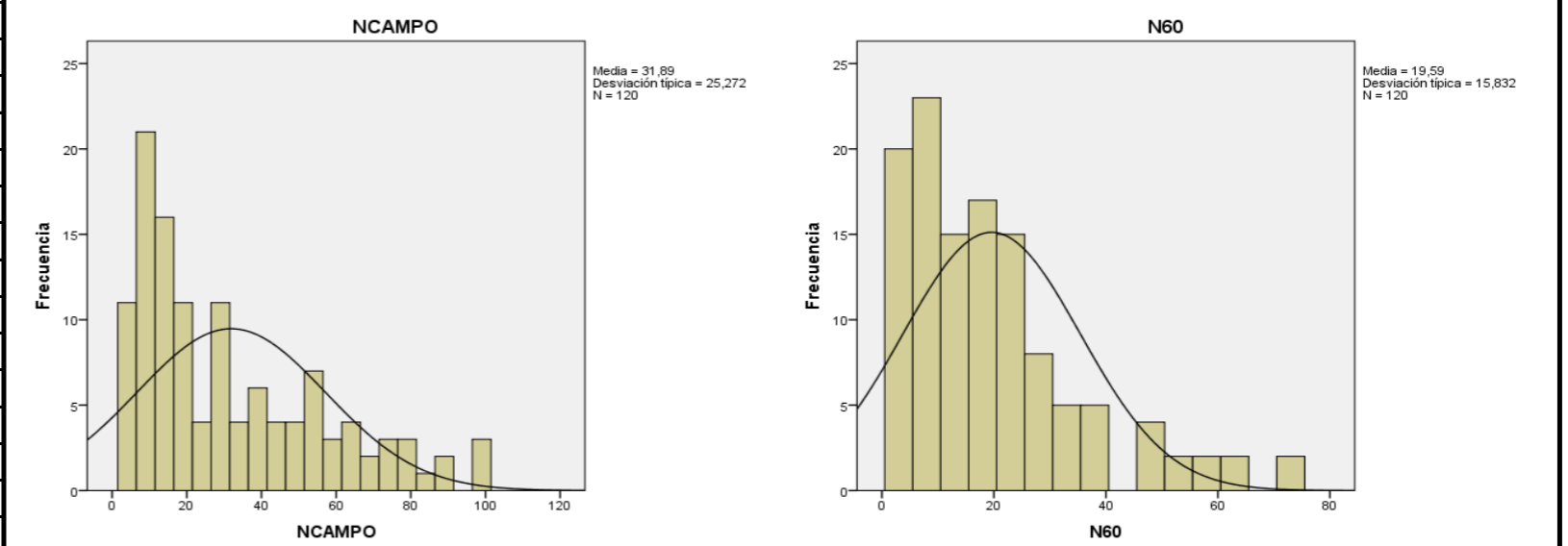
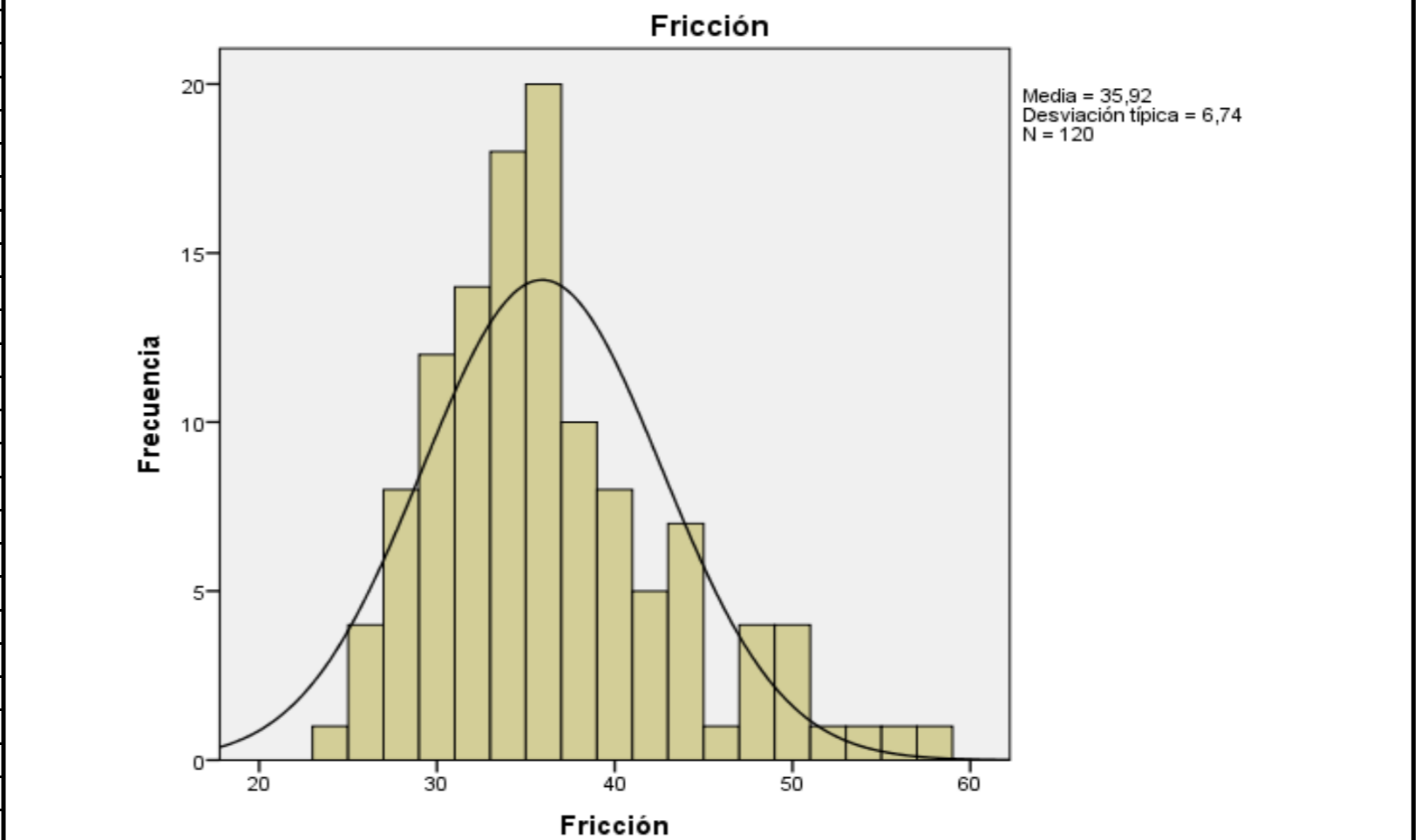
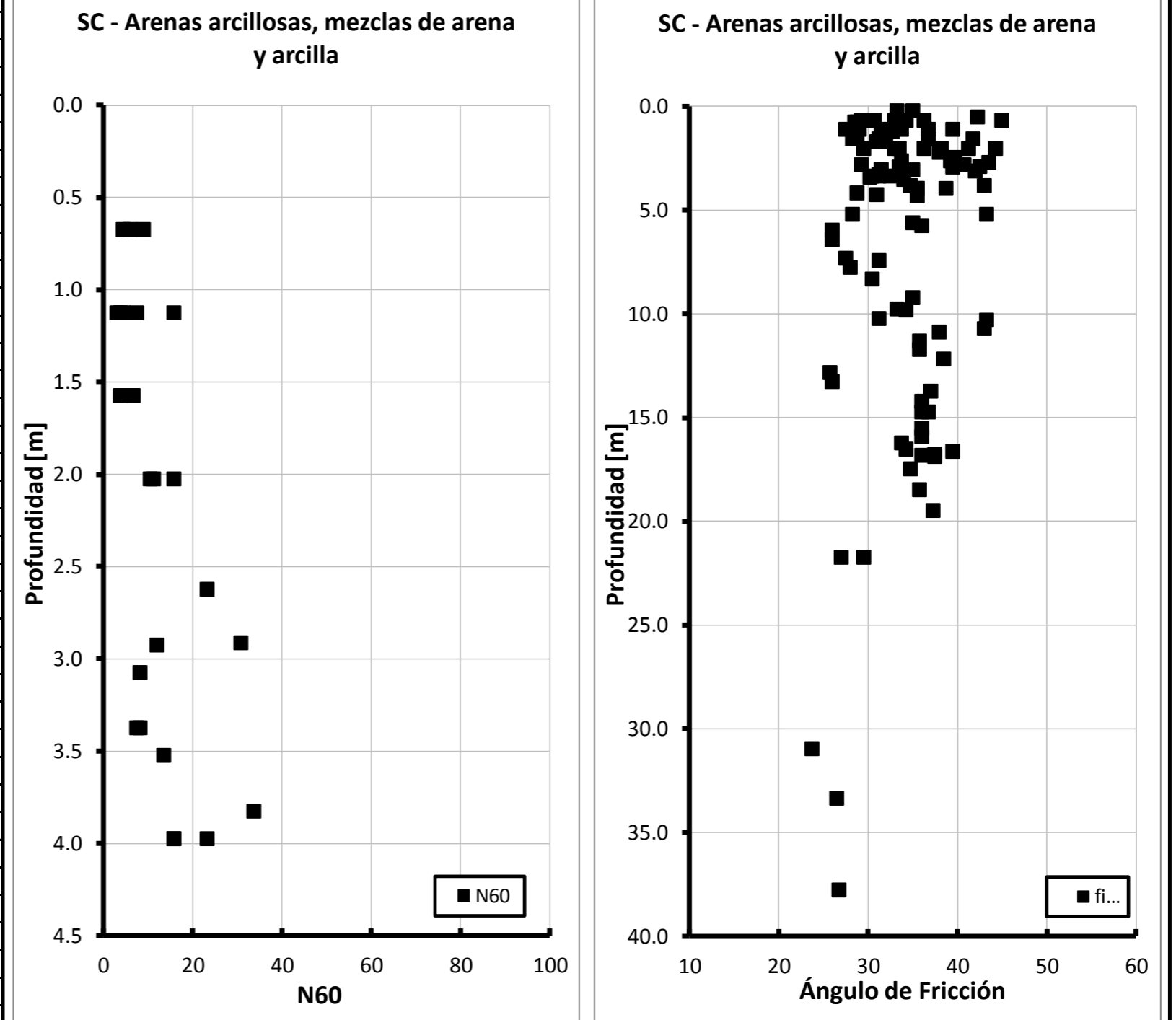


SC-SM		Arenas arcillo - limosas										
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO	
294	4.28	17	7	67	26	26	21	5	SC-SM	13	34	
298	6.08	8	5	69	26	27	21	6	SC-SM	6	29	
319	2.48	8	0	58	42	29	22	7	SC-SM	6	30	
385	0.68	4	23	48	29	27	21	6	SC-SM	3	28	
873	3.53	21	10	50	40	24	20	4	SC-SM	16	36	
1193	0.23	19	10	51	39	27	20	7	SC-SM	14	37	
1214	0.68	7	17	46	37	25	19	6	SC-SM	5	30	
1233	0.68	5	10	48	42	26	20	6	SC-SM	4	29	
1625	5.33	12	0	54	46	25	19	6	SC-SM	9	31	
6698	2.03	26	6	70	24	21	17	4	SC-SM	20	38	
9301	10.73	60	0	72	28	30	24	6	SC-SM	30	40	
14782	7.70	18	23	63	15	51	27	25	SC-SM	11	32	
14919	2.13	54			31	51	27	24	SC-SM	41	46	
15387	2.78	20	0	71	29	17	13	4	SC-SM	15	35	
16349	3.23	49	17	56	27	25	20	5	SC-SM	37	44	
16469	2.23	57	28	43	29	27	20	7	SC-SM	43	47	
16500	1.78	37	16	50	34	24	19	5	SC-SM	28	42	
16536	3.03	37	29	50	21	24	18	6	SC-SM	28	41	
16622	5.73	44	13	55	32	23	18	5	SC-SM	32	42	
16668	10.63	39	10	44	46	21	17	4	SC-SM	20	36	
16697	4.23	41	19	53	28	23	19	4	SC-SM	31	42	
16717	19.43	30	0	82	18	22	18	4	SC-SM	11	30	
19784	11.15	6	26	47	27	29	22	7	SC-SM	3	25	
Vmax		60.0	29.0	82.0	46.0	51.1	27.4	24.6		42.8	46.8	
Vmin		4.0	0.0	43.0	14.5	17.0	12.6	4.0		2.9	25.3	
σ		18	10	11	8	8	3	5		13	6	
Vest		41.8	12.0	57.1	31.0	27.4	19.9	7.6		28.9	39.7	
COV		0.43	0.80	0.19	0.27	0.30	0.16	0.73		0.44	0.16	



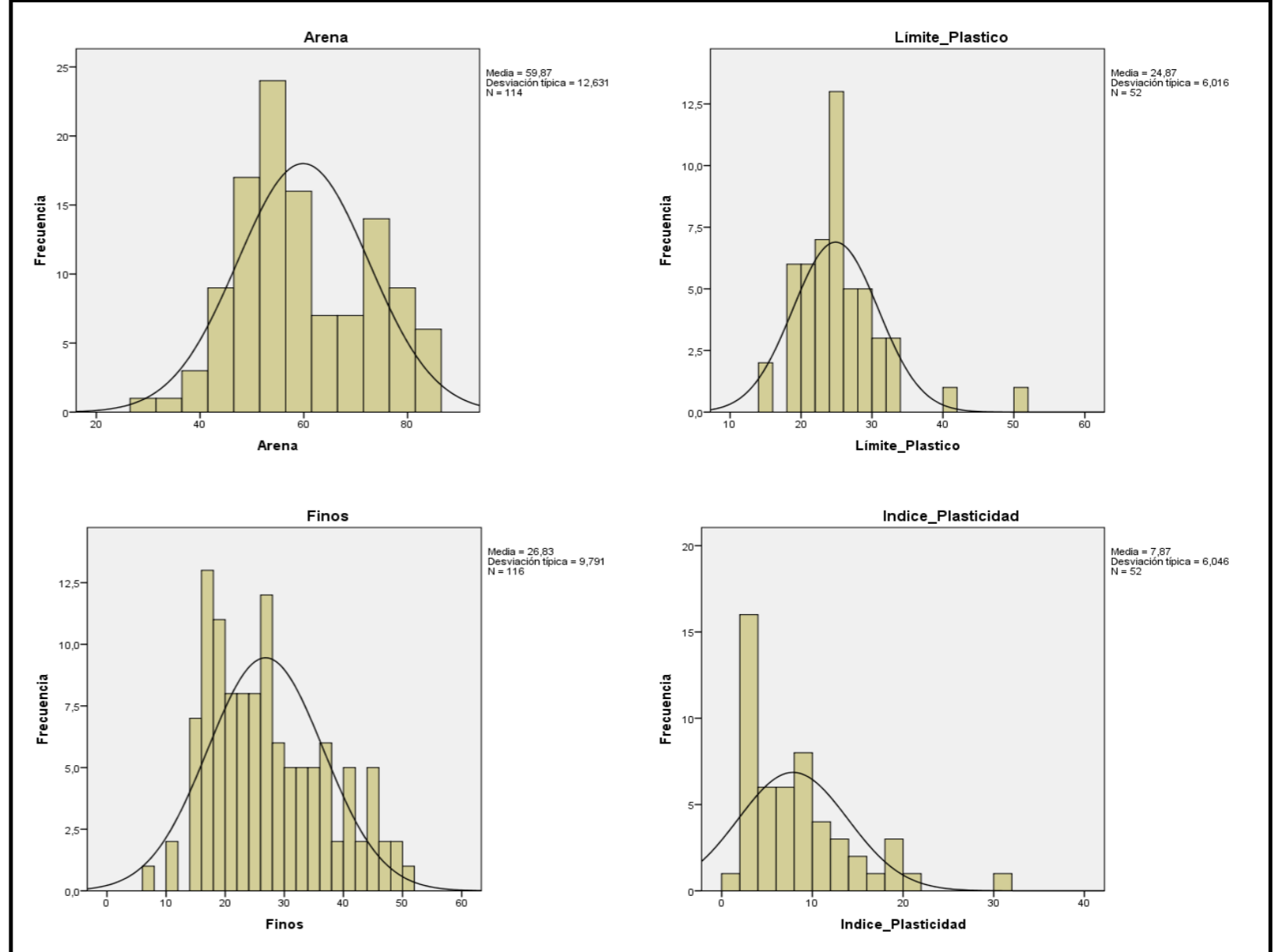
SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
387	1.58	5	6	52	42	32	24	8	SM	4	28
443	1.13	4	20	44	36	NL	NP	NP	SM	3	28
469	3.98	31	36	49	15	NL	NP	NP	SM	23	39
526	0.68	8	26	29	45	39	26	13	SM	6	31
535	0.68	12	24	39	37	42	32	10	SM	9	33
537	1.58	9	13	48	39	49	30	19	SM	7	31
553	0.68	6	32	47	21	NL	NP	NP	SM	5	29
556	2.03	14	3	72	25	NL	NP	NP	SM	11	33
558	2.93	16	8	63	29	NL	NP	NP	SM	12	34
600	3.38	11	18	55	27	NL	NP	NP	SM	8	31
703	1.13	6	28	48	24	NL	NP	NP	SM	5	29
725	3.53	18	29	52	19	NL	NP	NP	SM	14	34
743	2.92	41	3	49	48	22	21	1	SM	31	43
808	1.13	10	31	45	24	26	23	3	SM	8	32
820	2.03	21	9	55	36	27	23	4	SM	16	36
882	3.38	10	25	59	16	NL	NP	NP	SM	8	31
883	3.83	45	9	75	16	NL	NP	NP	SM	34	43
892	2.03	15	34	46	20	NL	NP	NP	SM	11	34
894	3.08	11	38	48	14	NL	NP	NP	SM	8	32
906	3.98	21	36	43	21	NL	NP	NP	SM	16	36
912	1.13	21	37	45	18	20	18	2	SM	16	37
921	1.13	5	20	41	39	28	25	3	SM	4	29
925	2.63	31	16	54	30	26	24	2	SM	23	39
959	3.98	21	12	38	50	17	15	2	SM	16	36
1244	2.93	31	0	56	44	33	24	9	SM	23	40
1258	2.48	31	8	68	24	NL	NP	NP	SM	23	40
1263	1.58	22	1	55	44	27	22	5	SM	17	37
1396	1.73	11	30	51	19	NL	NP	NP	SM	8	32
1648	1.73	9	18	52	30	23	21	2	SM	7	31
1895	3.08	19	7	65	28	29	26	3	SM	14	35
2080	4.33	21	17	60	23	35	25	10	SM	16	36
2101	2.63	16	0	54	46	32	28	4	SM	12	34
2160	3.08	11	12	56	32	47	29	18	SM	8	32
6453	0.68	20	15	48	37	NP	NP	NP	SM	15	36
6454	1.13	14	15	54	31	22	20	2	SM	11	34
6694	0.23	12	6	49	45	23	20	3	SM	9	33
15309	0.68	13	1	73	26				SM	10	34
15319	1.23	12			19	NL	NP		SM	9	33
15320	2.23	27			19	NL	NP		SM	20	38
15383	9.78	27	1	73	26	NL	NP		SM	15	33
16021	2.83	36	16	57	27	NL	NP	NP	SM	27	41
16072	14.23	52	4	79	17	NL	NP	NP	SM	22	36
16092	2.73	45	12	59	29	22	18	4	SM	34	44
16100	9.23	33	5	73	22	NL	NP	NP	SM	18	35
16133	10.23	20	0	59	41	NL	NP	NP	SM	11	31
16251	10.88	52				NL	NP	NP	SM	26	38
16284	11.33	40				NL	NP	NP	SM	20	36
16323	9.83	30	16	77	7	22	20	2	SM	16	34
16325	11.73	40				NL	NP	NP	SM	20	36
16327	13.73	52	0	83	17	NL	NP	NP	SM	24	37
16329	15.93	55	0	83	17	NL	NP	NP	SM	22	36
16364	14.73	55	3	75	22	NL	NP	NP	SM	23	37
16367	16.63	81	8	74	18	NL	NP	NP	SM	32	40
16422	16.88	60	3	82	15	NL	NP	NP	SM	25	38
16454	15.53	55	5	77	18	NL	NP	NP	SM	23	36
16521	18.48	63	6	75	19	NL	NP	NP	SM	23	36
16553	16.83	57	3	80	17	NL	NP	NP	SM	22	36
16576	16.23	43	3	80	17	NL	NP	NP	SM	17	34
16593	5.23	49	10	58	32	22	19	3	SM	36	43
16605	14.73	49	2	83	15	NL	NP	NP	SM	21	36
16607	16.78	66	6	77	17	18	15	3	SM	26	38
16638	17.48	53	6	72	22	NL	NP	NP	SM	20	35
16640	19.48	73	4	77	19	NL	NP	NP	SM	26	37
16744	16.53	43	1	59	40	34	27	7	SM	18	34
16751	21.73	19	0	71	29	NL	NP	NP	SM	6	27
16876	2.03	36	35	47	18	NL	NP	NP	SM	27	41
16918	0.23	16	0	85	15	NL	NP	NP	SM	12	35
16951	0.68	48	2	70	28	NL	NP	NP	SM	36	45
17392	0.68	15	0	79	21	NL	NP	NP	SM	11	34
19034	3.38	14	17	58	25	43	32	11	SM	11	33
19371	4.25	11	0	75	25	NL	NP	NP	SM	8	31
19381	30.95	10	15	62	23	NL	NP	NP	SM	3	24
19382	37.78	34	7	83	10	NL	NP	NP	SM	7	27
19387	5.75	25	19	70	11	NL	NP	NP	SM	18	36
19399	21.75	28	31	54	16	NL	NP	NP	SM	10	30
19450	0.68	15	6	68	26	NL	NP	NP	SM	11	34
19662	33.35	25	0	73	27	NL	NP	NP	SM	6	27
19729	0.75	5	6	54	40	34	29	7	SM	4	29
19751	2.03	27	7	53	40	30	23	7	SM	20	38
19776	0.68	6	0	66	34	37	25	12	SM	5	29
19788	12.83	8	23	50	27	NL	NP	NP	SM	4	26
19789	13.28	9	19	47	34	28	23	5	SM	4	26
19805	2.83	7	32	45	23	28	23	5	SM	5	29
19806	3.28	11	22	51	27	31	23	8	SM	8	31
19808	4.18	7	13	55	32	32	24	8	SM	5	29
19812	5.98	4	5	59	36	31	25	6	SM	3	26
19813	6.43	4	22	51	27	31	24	7	SM	3	26
19815	7.33	7	19	54	27	33	25	8	SM	5	28
19816	7.78	8	16	54	30	32	24	8	SM	5	28
19857	1.13	29	21	47	32	65	50	15	SM	22	40
19875	1.58	6	0	56	44	NL	NP	NP	SM	5	29
19876	2.03	7	11	60	29	NL	NP	NP	SM	5	30
20131	12.18	61	4	71	25	NL	NP	NP	SM	28	39
20190	3.43	9	13	52	35	NL	NP	NP	SM	7	30
20237	0.53	38	35	42	23	NL	NP	NP	SM	29	42
20240	3.13	41	34	46	20	NL	NP	NP	SM	31	42
20349	5.23	7	4	80	16	NL	NP	NP	SM	5	28
20356	0.78	5	18	66	16	NL	NP	NP	SM	4	29
20375	3.83	19	6	64	30	32	24	8	SM	14	35
20378	7.43	15	11	68	21	46	33	13	SM	10	31
20379	8.33	14	2	64	34	40	30	10	SM	9	31
20429	1.58	38	29	57	14	NL	NP	NP	SM	29	42
20430	2.03	48	24	61	15	NL	NP	NP	SM	36	44
20546	10.73	74	3	76	21	NL	NP	NP	SM	38	43
20649	0.68	13	27	52	21	48	28	20	SM	10	34
20658	5.63	23	28	49	24	43	27	16	SM	16	35
20662	10.33	69	13	45	42	43	29	15	SM	38	43
Vmax	81.0	38.0	85.0	50.0	65.0	50.0	19.8			38.3	45.0
Vmin	4.0	0.0	29.0	7.0	17.0	15.0	1.0			2.6	23.8
σ	19	11	13	10	10	6	5			10	5
Vest	42.5	13.6	59.9	26.8	32.7	24.9	7.9			20.4	35.9
COV	0.45	0.83	0.21	0.36	0.30	0.23	0.64			0.47	0.14

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



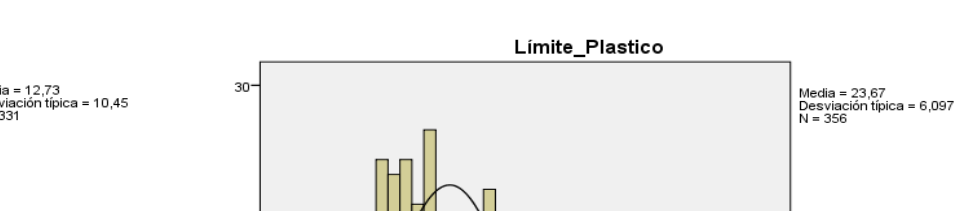
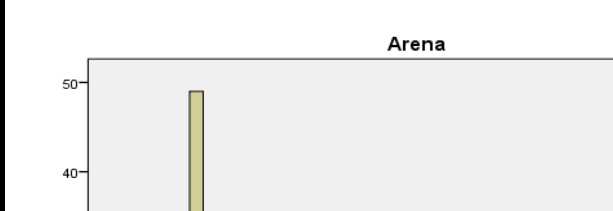
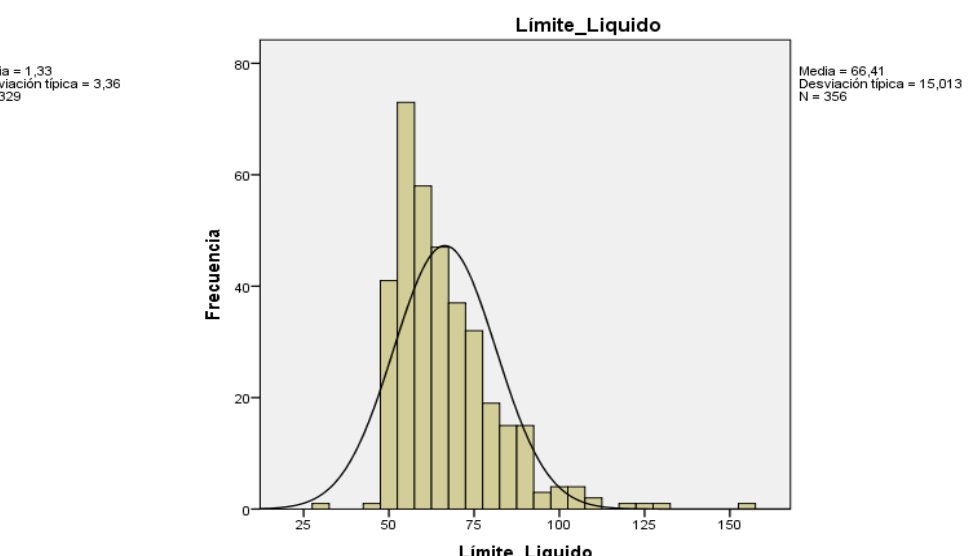
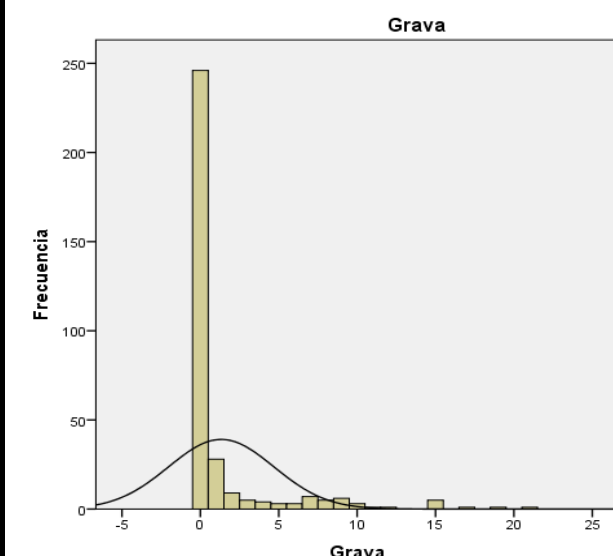
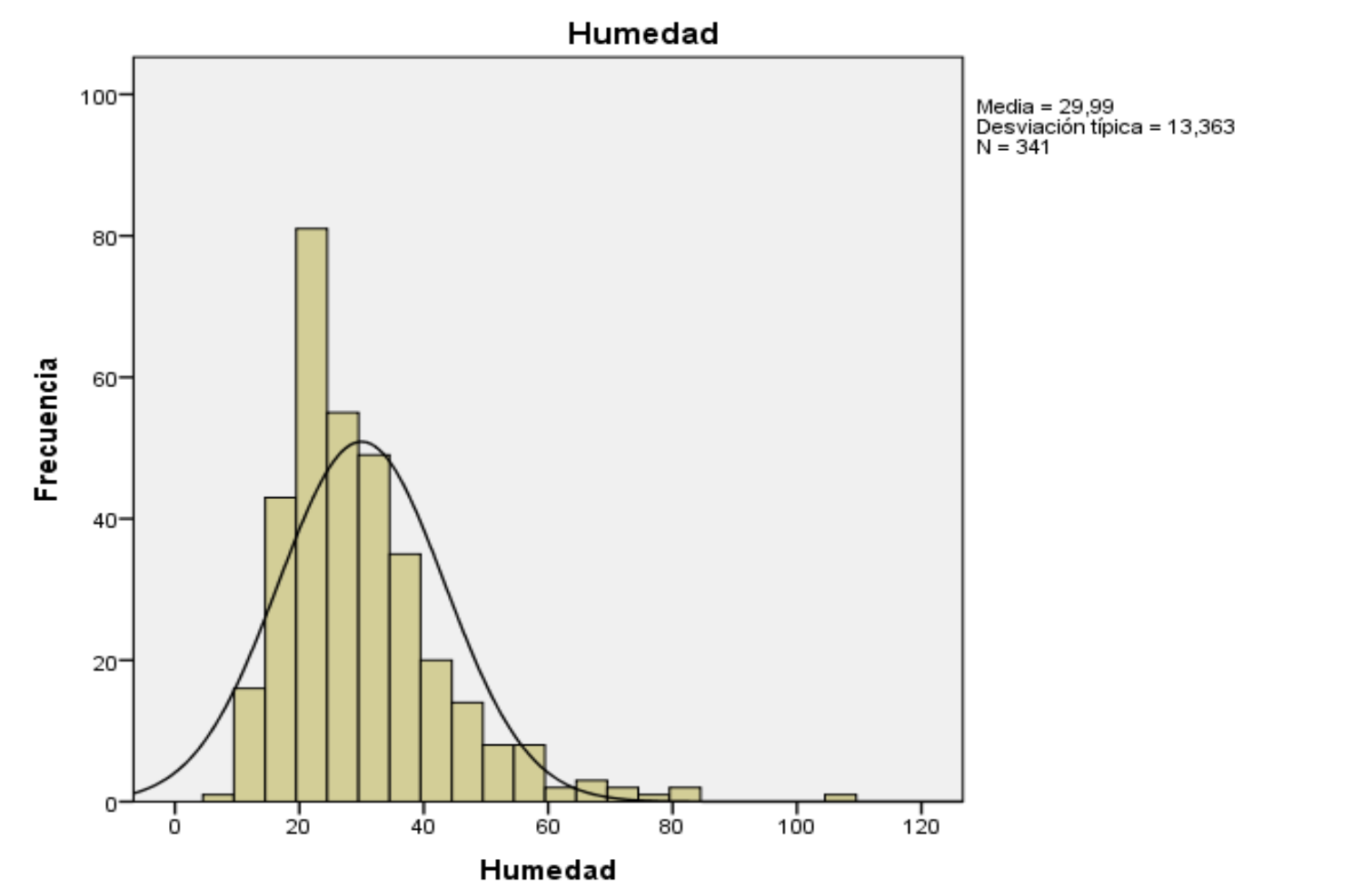
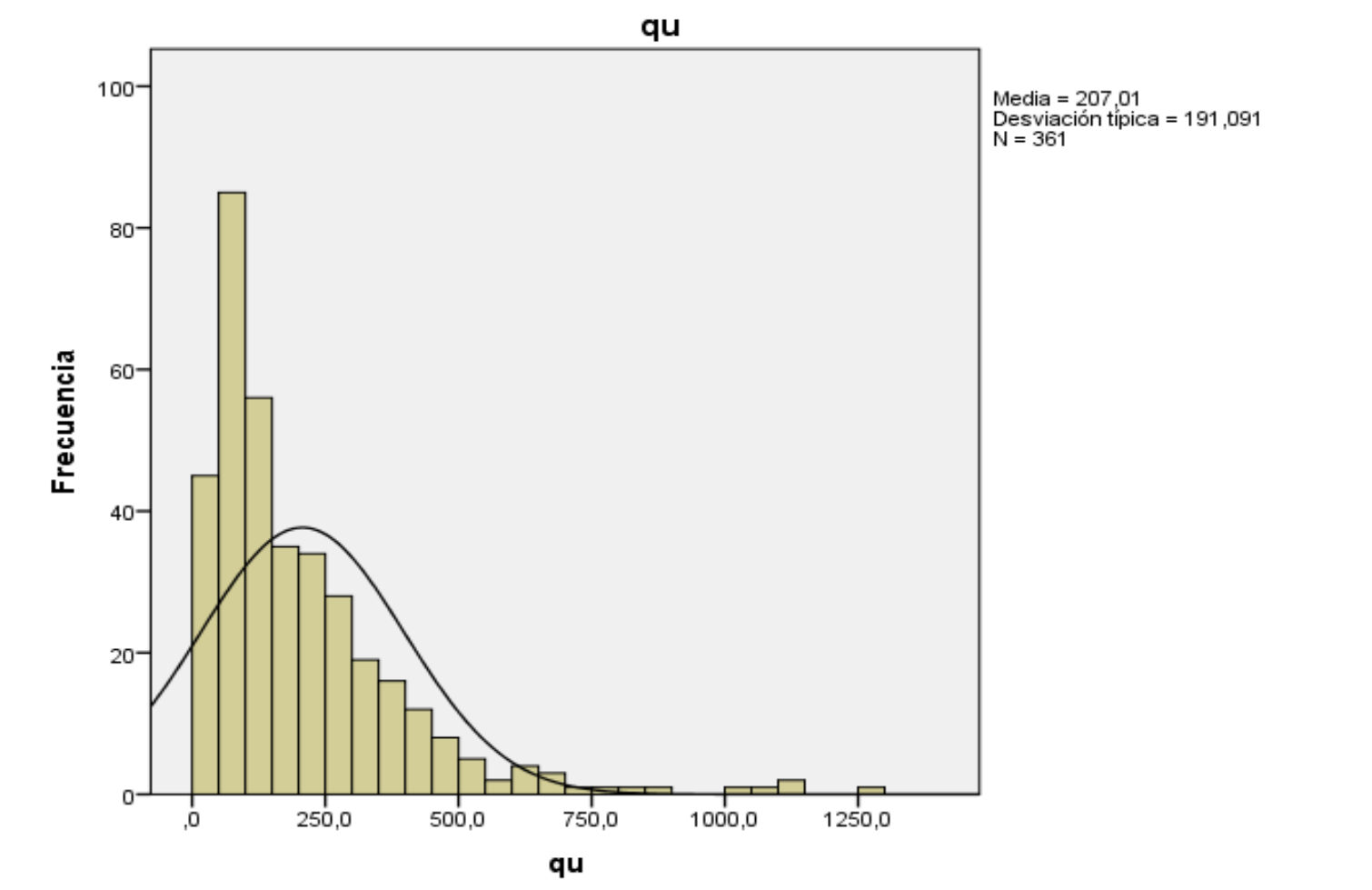
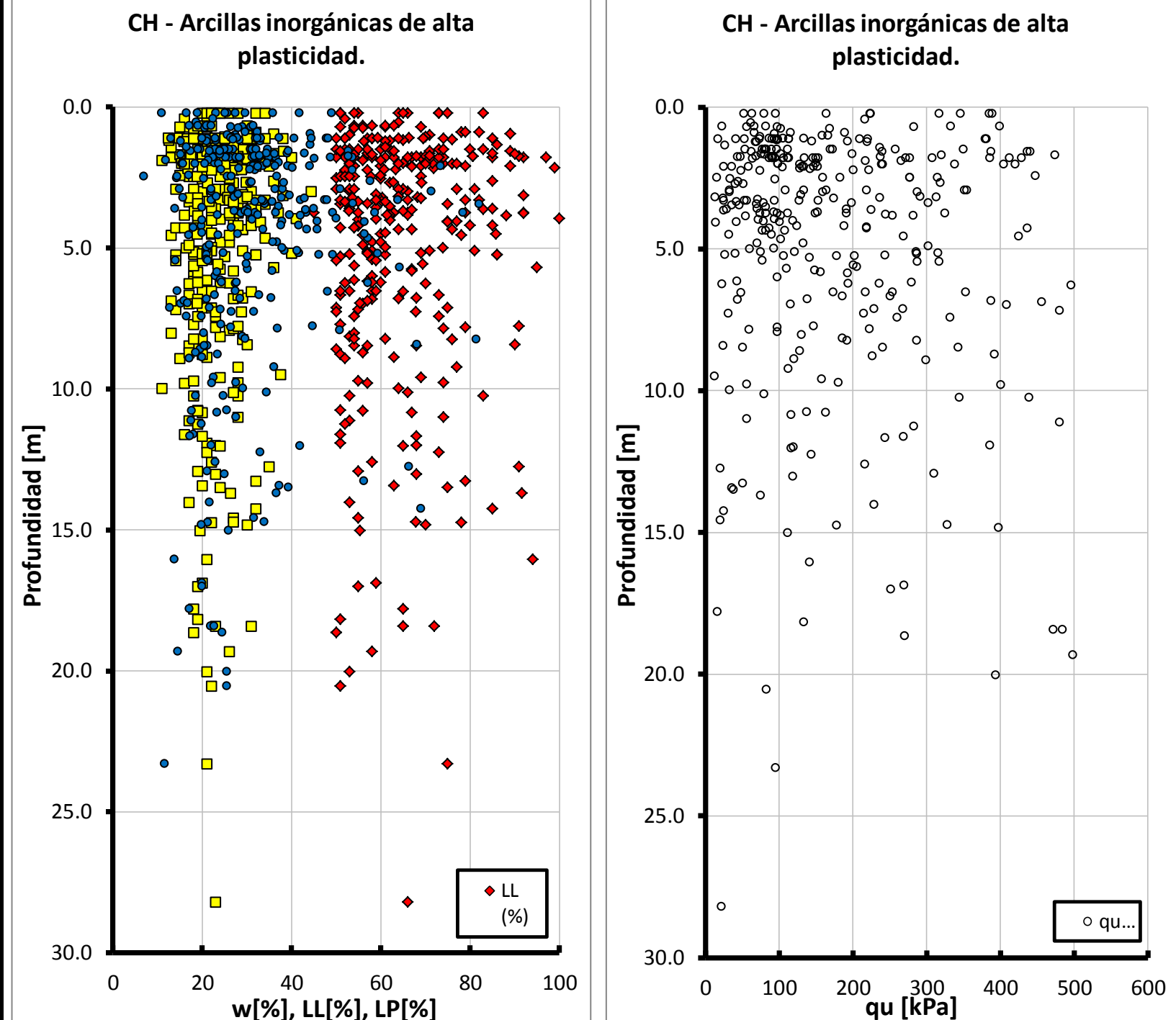
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo										
----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA	
----	----------------	--------------------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	------	-----------------	-------------------------	----------------------------	--



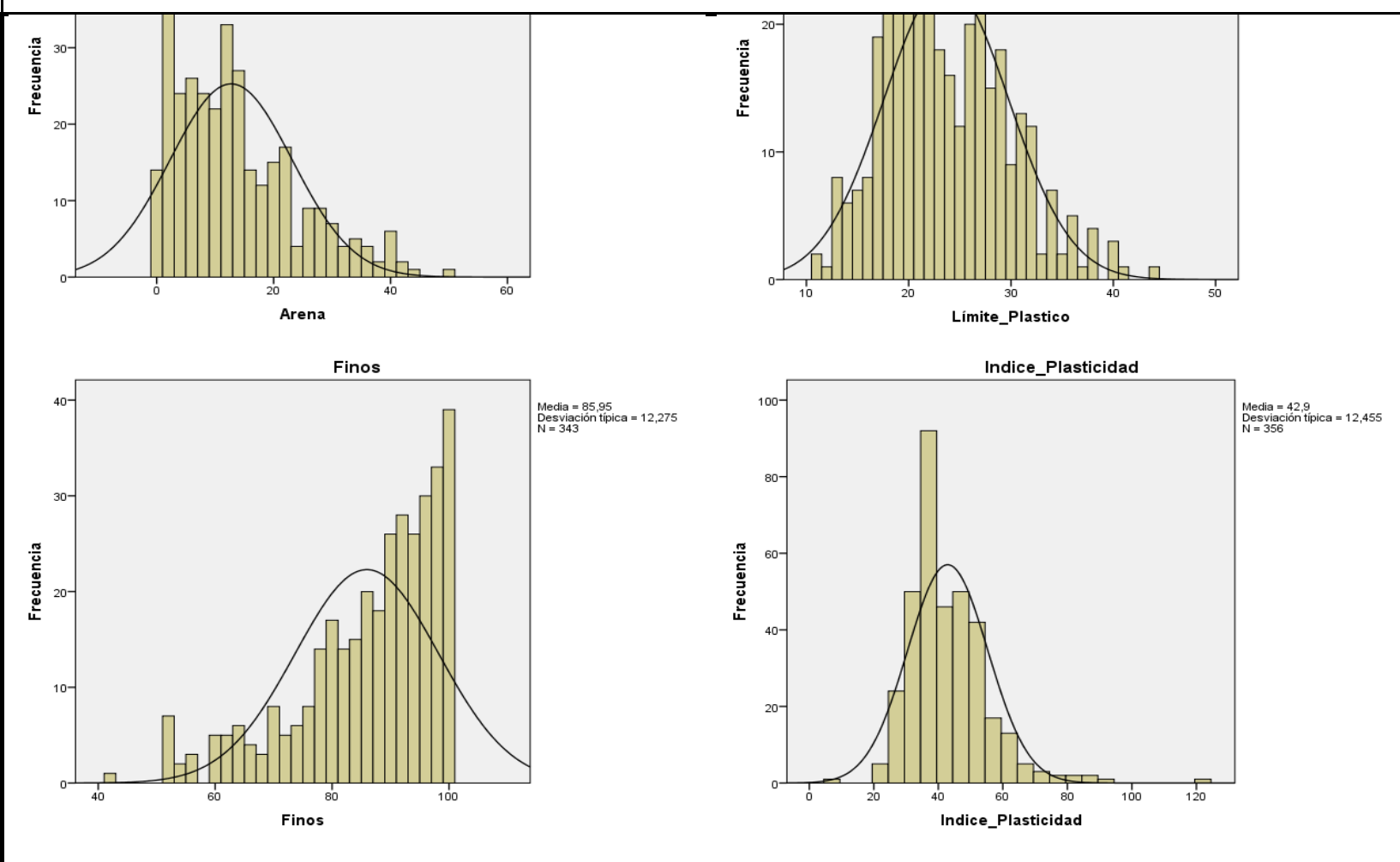
CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas												
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu _{wnat} C. Inconfiada (kPa)	
5	1.80	35.5	18.03	3	7	90	69	27	42	CH	94.5	
11	1.50	34.7	18.98	1	11	88	80	31	49	CH	350.2	
27	2.10	33.7	18.02	1	14	85	69	22	47	CH	147.2	
38	1.80	32.9	18.22	3	13	84	85	36	49	CH	271.9	
99	5.18	41.6	18.17	0	1	99	104	40	64	CH	287.1	
130	3.53	37.2	17.99	7	19	74	62	27	35	CH	82.0	
131	4.05	45.8	18.58	0	12	88	77	31	46	CH	101.0	
161	2.03	34.5	17.63	6	14	80	74	27	47	CH	128.6	
171	2.10	39.2	18.15	1	25	74	67	32	36	CH	153.0	
178	5.18	41.6	18.09	0	1	99	104	40	64	CH	287.1	
192	4.35	33.6	18.69	15	31	54	67	29	38	CH	77.8	
202	4.35	45.8	17.93	0	15	85	76	29	47	CH	82.0	
212	4.35	43.5	16.60	2	21	77	64	27	37	CH	107.9	
247	5.75	30.2	18.75	0	16	84	67	24	43	CH	148.4	
251	1.65	39.1	17.65	0	4	96	85	36	49	CH	199.7	
263	2.10	73.4	15.36	0	1	99	89	35	54	CH	36.5	
271	1.58	52.7	16.84	0	13	87	89	26	63	CH	63.1	
272	2.10	44.1	16.92	0	19	81	60	29	31	CH	58.6	
281	7.93	50.8	16.71	0	7	93	109	26	83	CH	98.2	
344	2.93	38.0	19.20	9	20	71	50	26	24	CH	108.8	
351	2.93	50.9	16.08	2	12	86	77	25	52	CH	33.0	
498	3.45	82.0	16.57	0	4	96	51	28	23	CH	36.0	
514	4.05	37.9	17.98	0	10	90	75	27	48	CH	42.8	
542	3.45	34.1	17.00	0	18	82	75	34	41	CH	46.3	
568	4.00	31.2	19.15	1	33	66	55	19	36	CH	118.7	
586	2.10	30.9	18.20	1	11	88	54	28	26	CH	133.6	
620	5.30	30.2	18.95	7	18	75	51	25	26	CH	141.8	
901	1.65	43.0	17.32	0	2	98	71	29	42	CH	102.5	
934	2.10	31.5	18.39	0	8	92	54	27	27	CH	131.4	
970	2.70	38.3	17.89	5	14	81	62	27	35	CH	40.6	
1152	3.00	26.9	19.40	6	27	67	66	31	35	CH	287.9	
1278	1.80	31.2	19.55	4	32	64	53	27	26	CH	91.6	
1298	4.50	28.0	19.99	0	49	51	60	22	38	CH	90.0	
1299	6.00	23.0	18.10	0	14	86	58	18	40	CH	98.0	
1301	2.25	31.9	19.03	15	29	56	52	27	25	CH	74.4	
1326	4.80	36.7	18.34	0	17	83	58	26	32	CH	70.3	
1334	3.15	39.6	17.82	0	2	98	92	38	54	CH	291.4	
1346	1.80	36.5	16.44	0	3	97	70	25	45	CH	106.8	
1379	3.75	78.4	15.55	0	2	98	106	37	69	CH	82.6	
1389	4.65	57.1	16.29	1	15	84	123	34	89	CH	102.5	
1402	4.80	35.8	17.93	0	18	82	60	24	36	CH	132.9	
1416	1.80	48.8	16.54	1	11	88	92	34	58	CH	153.5	
1430	4.20	37.7	17.96	0	24	76	80	28	52	CH	124.4	
1437	3.75	49.3	16.95	0	5	95	79	32	47	CH	98.4	
1455	3.75	36.5	17.43	0	2	98	63	28	35	CH	149.5	
1467	3.75	31.8	19.46	1	21	78	55	27	28	CH	74.5	
1507	3.30	22.0	18.93	8	29	63	51	24	27	CH	94.5	
1519	3.60	13.9	18.54	1	35	64	53	23	30	CH	191.9	
1522	5.10	38.5	17.50	0	9	91	81	29	52	CH	121.7	
1573	2.93	36.4	17.99	0	24	76	65	26	39	CH	134.2	
1594	1.80	34.7	18.25	19	29	52	74	24	50	CH	111.8	
1618	1.80	26.2	18.83	0	20	80	52	27	25	CH	412.7	
1627	1.80	22.7	20.49	7	39	54	54	28	26	CH	134.3	
1696	3.75	43.3	18.05	0	4	96	66	28	38	CH	191.5	
1725	1.80	35.0	19.21	0	20	80	73	34	39	CH	385.9	
1733	1.80	53.7	15.91	0	4	96	97	40	57	CH	113.4	
1748	5.25	49.3	17.45	0	20	80	86	32	54	CH	106.9	
1756	1.80	28.6	17.13	0	34	66	69	21	48	CH	91.3	
1772	3.30	47.5	15.54	8	11	81	111	26	85	CH	57.0	
1779	3.30	48.0	16.68	1	17	82	79	26	53	CH	127.6	
1802	1.80	32.0	18.45	9	39	52	58	29	29	CH	87.1	
1806	3.75	58.7	16.50	0	6	94	92	31	61	CH	111.9	
1811	1.80	27.6	18.99	0	41	59	67	29	38	CH	429.5	
1854	3.30	63.8	20.95	0	14	86	82	34	48	CH	153.8	
1862	4.20	41.7	17.97	0	11	89	85	31	54	CH	188.8	
1872	5.70	64.3	15.19	0	9	91	95	36	59	CH	110.3	
2012	1.65	34.4	18.04	9	14	77	57	20	37	CH	76.1	
2517	1.13	21.1	19.61	0	31	69	57	25	32	CH	380.1	
2527	14.58	31.6	19.88	0	8	92	55	27	28	CH	20.7	
2635	1.80	28.4	18.52	0	0	100	66	23	43	CH	277.7	
2641	3.00	22.0	19.66	1	12	87	53	20	33	CH	159.8	
2698	1.90	11.8	20.21	3	38	59	56	11	45	CH	217.7	
2881	0.55	18.7	19.54	0	21	79	64	21	43	CH	62.2	
2928	1.23	21.0	20.50	0	5	95	61	21	40	CH	220.0	
2945	6.18		19.30	0	8	92	57	18	39	CH	280.0	
2947	8.88	20.0	18.60	0	4	96	63	21	42	CH	121.0	
3067	1.80	22.0	20.26	4	27	69	50	15	35	CH	307.9	
3158	1.50	24.4	19.03	0	5	95	62	31	31	CH	90.0	
3447	7.13	12.7	19.54	0	23	77	50	20	30	CH	229.1	
3590	1.00	27.5	18.98	1	28	71	71	18	53	CH	159.0	
4280	0.23	16.5	20.19	0	11	89	51	20	31	CH	385.6	
4281	0.68	17.1	19.45	0	13	87	56	19	37	CH	333.2	
4357	6.15	24.1	16.58	0	1	99	54	21	33	CH	43.2	
4364	13.43	37.3	17.27	0	20	80	63	20	43	CH	36.2	
4372	2.93	26.6	17.95	0	1	99	81	22	59	CH	164.1	
4381	7.85	36.9	19.63	0	1	99	74	27	47	CH	59.6	
4471	2.93		18.60	0	13	87	53	23	30	CH	219.0	
4734	1.50	24.0	19.37							CH	169.6	
4747	1.50	26.9	19.18							CH	173.0	
4787	2.00	22.8	19.66	0	7	93	65	25	40	CH	99.0	
4806	1.50	22.1	19.58	0	22	78	57	19	38	CH	258.2	
4858	1.50	30.8	18.31	0	6	94	83	25	58	CH	82.7	
4881	1.75	25.4	19.57	0	6	94	70	21	49	CH	237.9	
4983	1.50	31.2	16.97	0	1	99	73	22	51	CH	54.5	
4989	1.50	23.5	19.43	0	14	86	50	26	24	CH	81.0	
5002	1.50	19.6	18.63	0	7	93	52	27	25	CH	112.0	
5019	1.50	19.0	18.90	0	2	98	53	29	24	CH	97.0	
5025	1.50	22.9	19.03	0	4	96	53	28	25	CH	78.0	
5047	1.50	26.0	18.20	0	13	87	60	31	29	CH	83.0	
5050	1.50	25.0	18.83	0	7	93	55	29	26	CH	81.0	
5138	3.18	23.2	21.25	1	5	94	64	29	35	CH	313.7	
5139	3.63	30.2	27.72	0	7	93	83	27	56	CH	225.6	
5172	18.43	21.9	20.49	0	5	95	72	31	41	CH	484.5	
5173	19.33	14.5	19.54	0	8	92	58	26	32	CH	498.8	
5192	9.60	22.6	20.93	1	17	82	69	24	45	CH	158.5	
5212	0.23	25.6	18.85	0	0	100	73	26	47	CH	389.2	
5216	2.03	23.7	19.40	0	21	79	76	22	54	CH	338.9	
5225	0.23	23.1	19.59	0	27	73	64	28	36	CH	346.6	
5266	0.70	26.4	19.06	0	13	87	69	17	52	CH	283.4	
5290	1.20	23.1	19.10	0	9	91	62	22	40	CH	144.7	
5312	1.05	26.5	19.57	0	4	96	70	25	45	CH	74.9	
5313	1.75	21.5	18.98	0	9	91	68	24	44	CH	44.0	
5314	2.55	20.4	20.39	0	2	98	60	20	40	CH	95.1	
5329	6.80	28.5	19.35	2	12	86	64	27	37	CH	44.0	
5439	1.80	25.3	19.45	0	0	100	61	17	44	CH	146.4	
5462	1.80	22.4	19.98	0	14	86	63	13	50	CH	150.0	
5470	1.70	15.2	20.97	0	12	88	54	15	39	CH	474.3	
5494	1.50	32.1	17.95	0	1	99	74	24	50	CH	81.2	

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q _u wnat C. Inconfiada (kPa)
5621	5.23		21.50	0	5	95	53	18	35	CH	244.0
5629	2.93	22.0	20.60	0	5	95	54	18	36	CH	352.0
5634	8.48		20.10	0	5	95	54	18	36	CH	343.0
7006	1.00	25.7	19.95	0	6	94	53	19	34	CH	166.4
7284	2.53	14.3	18.71	0	35	65	50	26	24	CH	33.8
7298	10.75	25.5	19.00	0	0	100	51	19	32	CH	138.0
7724	1.58	21.7	19.53	0	20	80	51	22	29	CH	437.1
7725	2.48	25.6	19.44	1	2	97	51	20	31	CH	277.3
7744	1.58	17.4	20.41	0	16	84	63	25	38	CH	240.4
7746	2.48	14.4	21.28	0	2	98	54	20	34	CH	315.0
7755	8.15	29.0	19.00	0	1	99	53	24	29	CH	186.0
7943	20.03	25.5	21.54	0	3	97	53	21	32	CH	394.0
7962	12.93	21.1	20.72	0	7	93	55	19	36	CH	310.5
8031	7.43	19.9	20.51	0	4	96	73	23	50	CH	260.9
8032	8.60	19.6	17.10	0	9	91	50	18	32	CH	128.6
8059	8.48	21.1	20.35	0	7	93	57	19	38	CH	241.0
8060	10.25	18.5	20.73	0	3	97	53	18	35	CH	439.7
8333	18.65	24.5	20.17	0	3	97	50	18	32	CH	270.4
8337	20.55	25.5	19.68	0	5	95	51	22	29	CH	83.3
8394	1.23	33.0	21.00	0	39	61	61	23	38	CH	69.5
8400	3.98		19.00				59	24	35	CH	72.0
8577	11.93		20.00	0	39	61	51	21	30	CH	386.0
8964	16.88	20.0	20.00	0	8	92	59	20	39	CH	270.0
9085	12.60	23.0	20.00	0	1	99	58	22	36	CH	217.0
9092	17.00	20.0	20.00	0	1	99	55	19	36	CH	252.0
9244	3.83	23.5	20.00	2	21	77	66	16	50	CH	282.0
9303	11.63	18.0	20.00	0	19	81	51	16	35	CH	269.0
9426	8.78	23.4	19.15	0	10	90	51	20	31	CH	227.1
9444	7.13	21.6	20.29	0	6	94	75	22	53	CH	268.3
9447	8.48	20.5	20.13	0	11	89	68	17	51	CH	51.1
9466	6.68	22.8	19.87	0	6	94	51	17	34	CH	186.2
9469	8.03	20.4	21.33	9	20	71	54	13	41	CH	130.6
9471	8.93	17.2	20.45	0	16	84	52	15	37	CH	299.7
9489	7.83	26.4	19.11	0	4	96	79	23	56	CH	223.2
9491	8.73	18.5	21.10	0	16	84	56	17	39	CH	392.2
10223	9.80	22.2	20.53	0	1	99	57	16	41	CH	401.0
10225	10.85	23.3	20.36	0	1	99	67	20	47	CH	117.1
10227	12.00	22.0	20.53	0	6	94	68	23	45	CH	120.2
10229	14.75	21.3	21.58	0	1	99	78	22	56	CH	178.5
10230	16.05	13.8	21.00	0	1	99	94	21	73	CH	141.6
10231	17.80	17.2	20.91	0	5	95	65	18	47	CH	16.6
10236	23.30	11.6	22.51	0	0	100	75	21	54	CH	95.7
10276	13.28	56.3	17.34	0	15	85	79	32	47	CH	51.1
10305	5.85	23.3	20.41	0	2	98	61	19	42	CH	193.0
10320	5.10	21.1	20.80	0	0	100	58	19	39	CH	286.4
10322	8.23	29.6	20.35	0	1	99	61	20	41	CH	192.6
10323	10.78	17.6	22.45	0	1	99	56	19	37	CH	163.3
11135	3.83	32.5	18.93	0	9	91	62	22	40	CH	253.9
12918	4.23	19.8	19.04	0	6	94	55	21	34	CH	219.0
12922	10.25	24.8	21.68	0	2	98	83	28	55	CH	344.9
12986	6.53	14.4	19.17	0	9	91	53	21	32	CH	353.8
12987	6.98	15.2	18.49	0	5	95	56	17	39	CH	408.6
13125	18.18		17.40	0	41	59	51	19	32	CH	134.0
13162	2.48		18.60	0	14	86	52	17	35	CH	183.0
13164	3.38		18.70	0	14	86	52	17	35	CH	199.0
13166	4.28		19.70	0	14	86	54	18	36	CH	219.0
13168	5.15		19.40	0	10	90	57	18	39	CH	316.0
13174	8.23		20.50	0	16	84	54	18	36	CH	287.0
13178	9.73		19.00	0	12	89	55	18	37	CH	181.0
13191	5.63		19.90	0	12	88	54	18	36	CH	206.0
13193	6.53		18.70	0	11	89	58	21	37	CH	174.0
13215	6.53		21.10	0	9	91	51	20	31	CH	254.0
13224	0.43	22.4	18.94	0	44	56	52	16	36	CH	216.5
13237	6.28	27.5	17.69	1	9	90	70	17	53	CH	496.6
13239	7.18	24.1	20.10	0	21	79	55	14	41	CH	480.4
13246	9.98	29.2	18.29	0	20	80	64	11	53	CH	33.2
13258	4.55	17.0	20.00	0	10	90	56	13	43	CH	269.0
13311	5.25	21.0	20.00	3	8	89	61	14	47	CH	203.0
13410	0.70	31.0	18.30	0	11	89	51	15	36	CH	97.6
13459	28.20		20.60	0	11	89	66	23	43	CH	22.0
13463	0.70	29.0	17.25	1	12	87	61	21	40	CH	56.6
13630	6.83	21.0	17.90	0	4	96	58	19	39	CH	388.0
13645	14.03	21.7	18.80	0	9	91	53	17	36	CH	229.0
13711	0.75	20.6	20.00	6	3	91	56	18	38	CH	103.0
13731	1.70	24.0	18.00	0	1	99	58	20	38	CH	321.0
13790	1.58	24.0	19.00	0	10	90	71	21	50	CH	387.8
13792	2.48	26.5	18.69	0	26	74	69	24	45	CH	159.8
13962	7.28	26.5	19.90	0	17	83	50	23	27	CH	215.5
13970	11.13	17.5	20.80	3	20	77	53	17	36	CH	480.5
14160	5.45	14.0	21.19	7	26	67	50	14	36	CH	288.1
14426	6.88	16.0	21.24	5	12	83	57	13	44	CH	456.3
14443	2.48	7.0	20.00	0	4	96	53	18	35	CH	278.0
14445	4.28	18.0	22.00	0	12	88	54	14	40	CH	437.0
14514	2.43	17.0	19.00	0	18	82	60	15	45	CH	448.0
14534	2.93	15.0	19.00	15	34	51	64	14	50	CH	355.0
14548	1.43	16.5	18.00	2	17	81	61	13	48	CH	237.3
14590	2.03	15.5	22.96	10	39	51	53	20	33	CH	240.7
14600	0.23	19.0	19.20	0	27	73	55	21	34	CH	80.0
14601	0.68	21.0	19.20	0	25	75	58	22	36	CH	82.0
14602	1.13	20.0	19.30	0	25	75	58	21	37	CH	91.0
14603	3.58	20.0	18.10	0	21	79	59	22	37	CH	71.0
14604	4.03	20.0	18.10	0	21	79	62	22	40	CH	79.0
14605	4.48	20.0	17.90	0	22	78	61	22	39	CH	
14606	4.98	21.0	18.90	0	22	78	61	22	39	CH	93.0
14607	5.40	21.0	19.00	0	25	75	58	21	37	CH	78.0
14631	1.13	23.0	20.20	0	11	89	58	20	38	CH	210.0
14644	0.68	22.0	18.70	0	11	89	54	20	34	CH	23.0
14659	3.78	28.8	19.68	0	3	97	92	32	60	CH	244.5
14664	11.68	17.3	21.04	0	14	86	68	20	48	CH	244.0
14669	4.55	23.6	20.38	0	11	89	78	26	52	CH	425.4
14674	13.03	25.0	21.15	0	11	89	68	23	45	CH	119.1
14675	14.83	19.8	18.94	0	12	88	70	30	40	CH	397.8
14762	3.70	29.7	20.60				53	18	35	CH	93.0
14777	3.20	27.2	19.80				68	26	43	CH	237.0
14811	1.10	37.3	18.40				106	23	83	CH	134.3
14813	1.98	37.1	18.80				102	23	79	CH	149.9
14818	5.58	29.9	20.80	1	3	96	69	24	46	CH	200.9
14836	1.10	26.4	19.50				66	15	52	CH	105.9
14839	2.18	28.3	18.10				72	17	55	CH	142.2
14849	3.85	42.1	18.40				98	19	69	CH	54.9
14854	1.18	28.4	19.50				65	13	53	CH	97.1
14860	5.00	37.9	18.30				74	16	58	CH	60.8
14869	3.00	71.4	14.40				97	121	44	CH	33.4
14900	1.10	27.8	19.60				70	59	12	CH	87.3
14940	2.00	34.6	18.20				95	72	15	CH	99.1
14983	1.13	47.8	16.90				102	38	64	CH	17.7
15027	4.50	56.4	17.40				86	19	67	CH	32.4
15116	1.13	33.2	19.20				93	70	17	CH	113.8

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

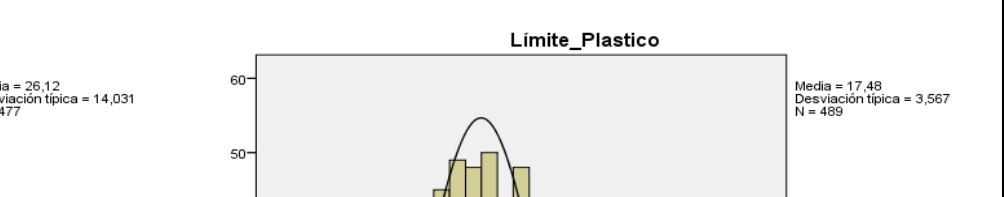
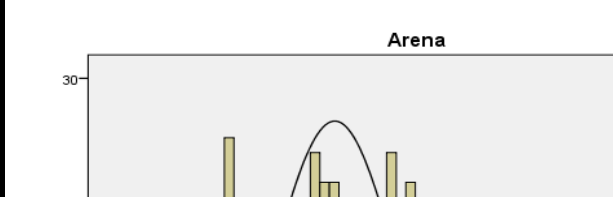
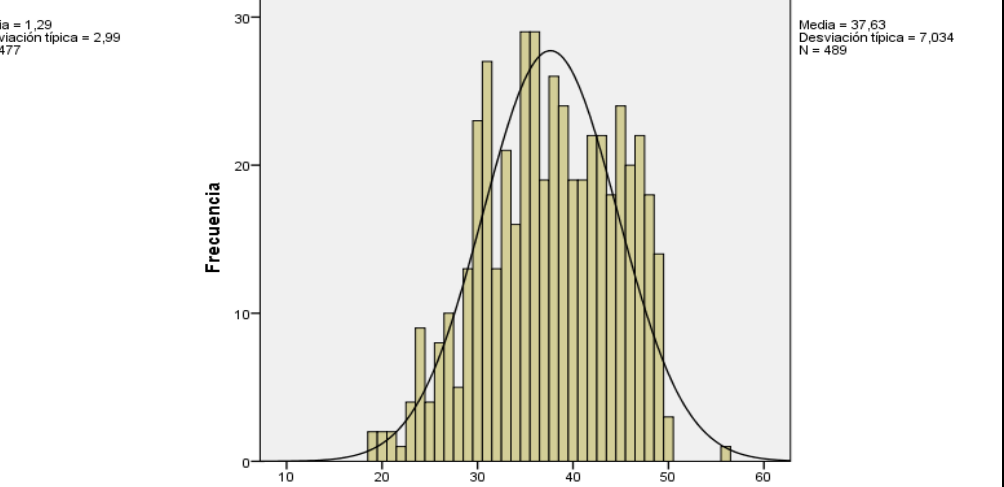
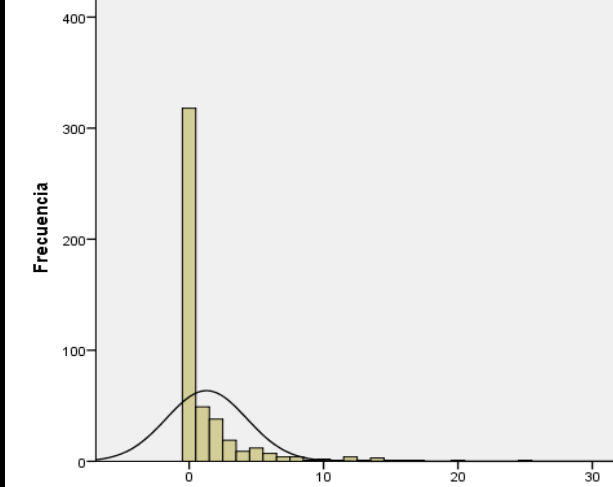
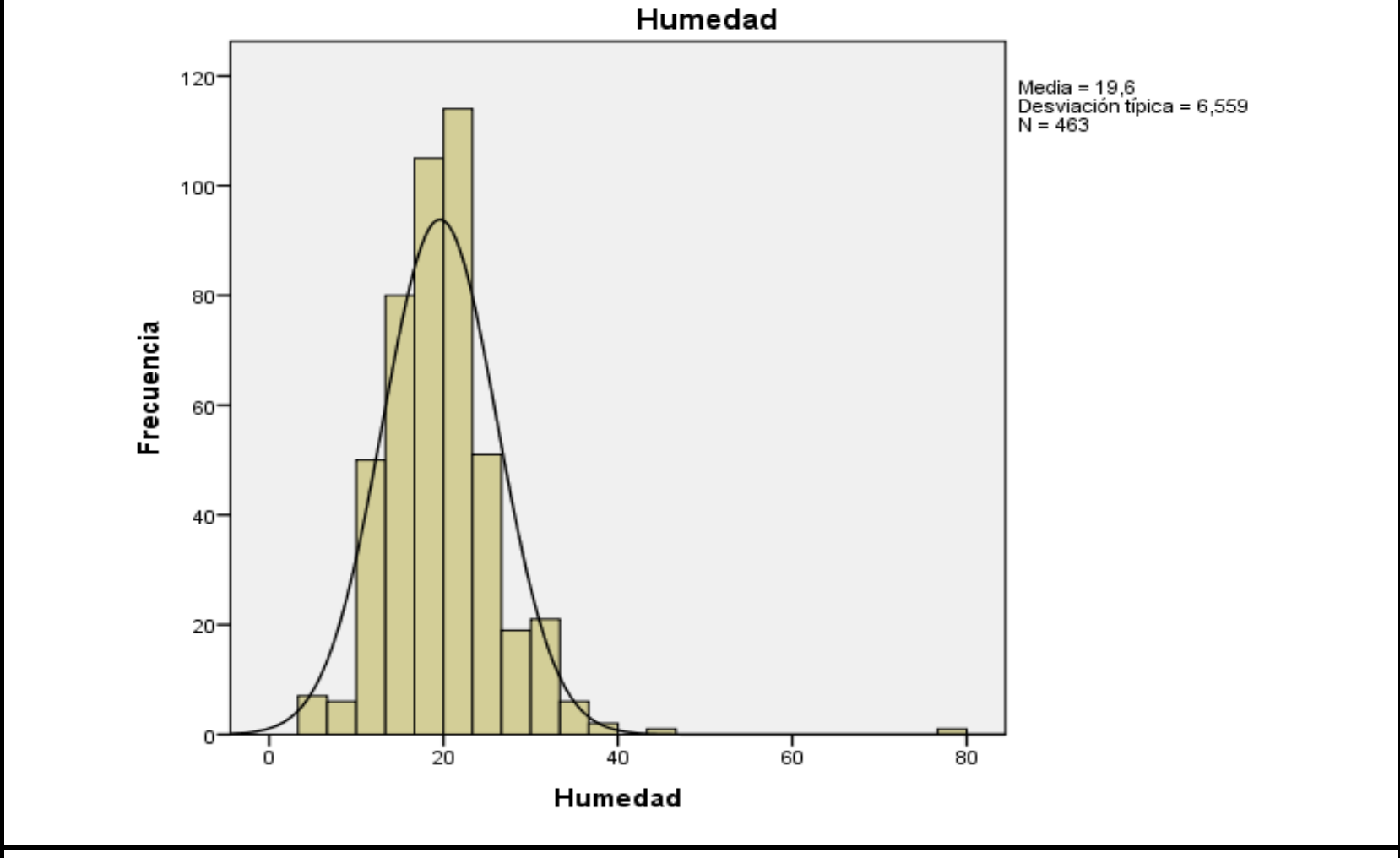
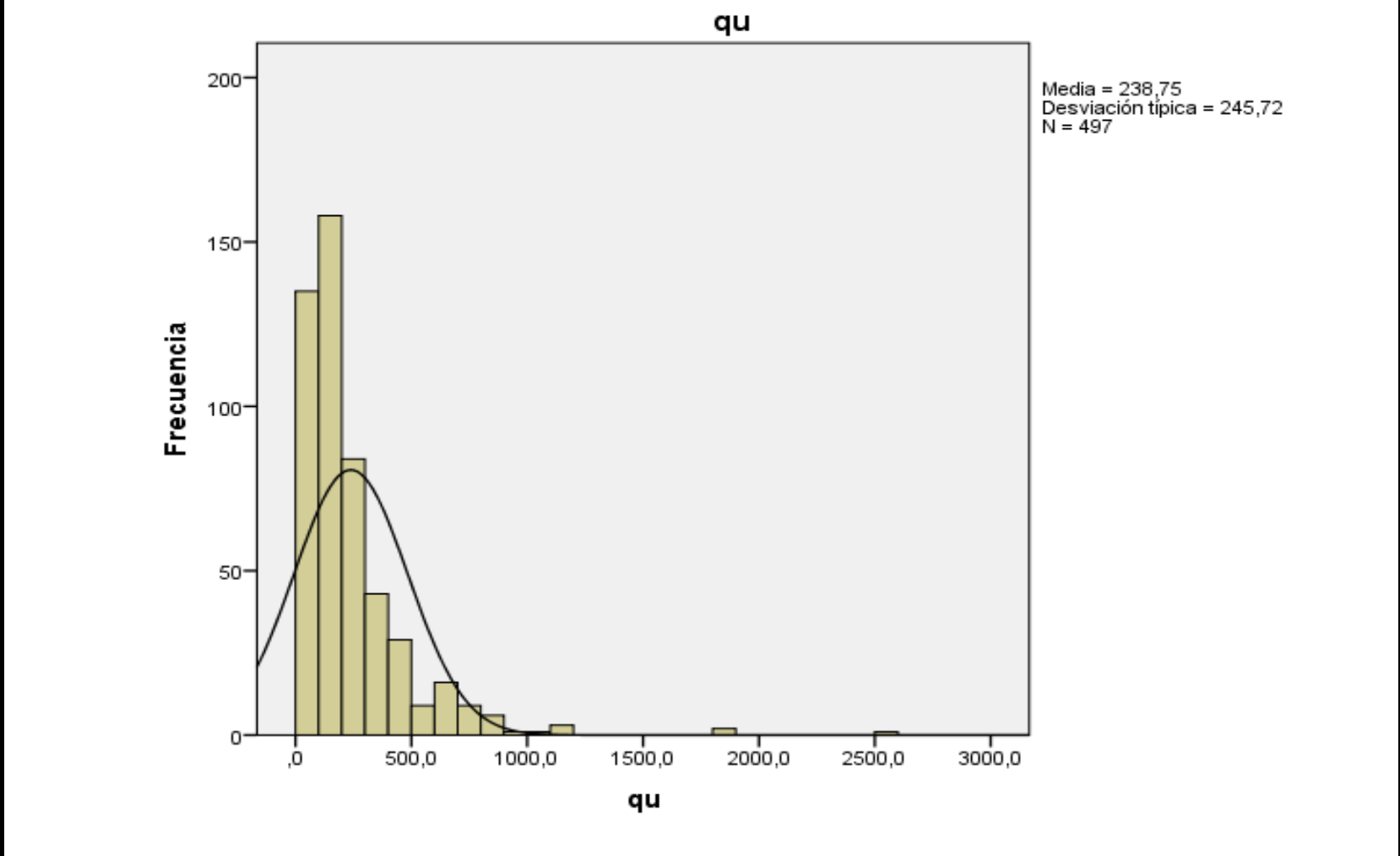
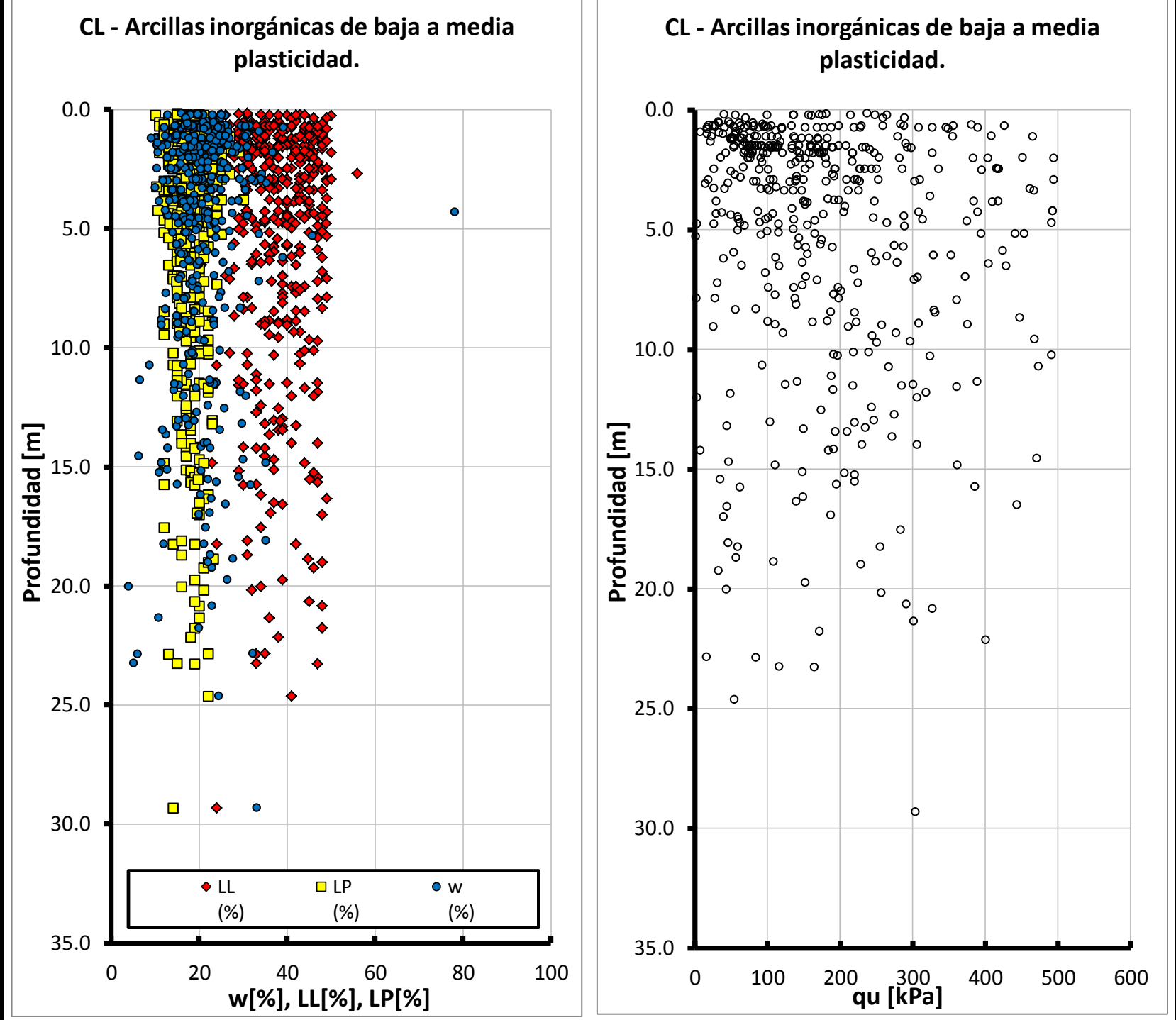


CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q _u _{wnat} C. Inconfiada (kPa)
15134	1.13	33.2	19.20			93	70	17	53	CH	113.8
15231	3.23	37.8	18.80			97	60	17	43	CH	174.4
15397	1.13	20.0	20.00			92				CH	220.6
15456	3.23	15.7	21.40			91	54	19	35	CH	24.6
15472	1.23	15.2	21.60			91	56	16	41	CH	68.4
15497	6.95	16.8	22.20	1	5	94	55	19	37	CH	116.0
15696	2.23	24.3	18.70			82	63	25	38	CH	201.0
15767	2.48	36.7	18.80	2	13	85	58	19	39	CH	15.7
15768	3.35	33.8	19.20	0	11	89	60	22	39	CH	42.2
15779	2.70	30.7	18.40	0	18	82	69	21	48	CH	52.0
15786	9.50	105.6	14.60				157	38	120	CH	12.7
15791	13.70	36.6	19.50	0	8	92	92	26	65	CH	75.5
15819	14.73	33.9	19.30				68	27	41	CH	328.5
15840	7.28	31.6	17.10	2	34	64	68	29	39	CH	31.3
15858	1.75	31.7	17.90	0	0	93	81	17	63	CH	90.2
15911	1.75	31.7	18.68			93	81	17	63	CH	92.0
16716	18.43	22.7	18.76	5	26	69	65	23	42	CH	471.9
17522	1.15	27.0	17.96	0	0	100	76	31	45	CH	98.9
17524	2.10	36.4	18.10	0	0	100	79	29	50	CH	25.1
17795	0.90	29.7	42.93	0	3	97	78	31	47	CH	189.0
17814	0.75	28.1	19.86	0	2	98	54	18	36	CH	169.3
17866	0.90	32.1	18.39	0	2	98	82	32	50	CH	115.7
17912	3.70	27.2	18.46	15	22	63	65	32	33	CH	152.4
18025	1.90	21.4	20.18	0	1	99	60	30	30	CH	265.9
18027	3.10	28.1	19.40	0	1	99	59	29	30	CH	130.0
18112	0.95	44.2	17.11	0	1	99	89	36	53	CH	94.0
18140	1.35	44.2	16.79	1	2	97	86	27	59	CH	26.8
18161	1.20		21.27							CH	193.1
18184	0.90	32.4	17.22	0	1	99	79	30	49	CH	66.9
19001	3.30	42.0	17.71	0	1	99	66	32	34	CH	25.0
19059	3.30	33.4	18.93	0	1	99	59	26	33	CH	53.4
19145	3.65	43.2	18.17	0	2	98	67	32	35	CH	25.0
19158	7.73	24.2	19.97	0	14	86	51	18	33	CH	147.0
19160	11.25	19.8	20.40	0	5	95	52	19	33	CH	283.5
19248	9.78	27.6	21.00	0	11	89	74	28	46	CH	56.7
19249	11.00	27.6		0	11	89	74	28	46	CH	56.7
19262	4.90	21.7			9	91	56	17	39	CH	302.8
19263	5.45	21.3			9	91	59	20	39	CH	317.2
19358	6.23	24.4	19.00	0	18	82	60	19	41	CH	235.9
19370	2.25	53.6	18.05	0	2	98	57	22	35	CH	49.0
19374	6.25	57.2	19.30	0	0	100	52	26	26	CH	22.7
19375	8.25	81.4	17.54	0	0	100	76	29	47	CH	
19377	12.25	33.0	18.37	0	12	88	73	21	52	CH	143.8
19438	2.13	32.5	18.60	1	7	92	67	20	47	CH	105.0
19439	3.60	45.0	17.60	0	4	96	85	31	54	CH	29.1
19440	5.10	41.3	17.91	0	2	98	71	22	49	CH	75.4
19441	6.78	35.5	18.54	0	2	98	68	29	39	CH	138.3
19460	1.75	52.7	16.91	1	10	89	91	28	63	CH	47.6
19461	3.25	43.0	17.80	0	16	84	69	29	40	CH	71.8
19463	0.68	31.5	16.69	0	25	75	61	30	31	CH	67.1
19465	2.15	40.2	18.12	0	20	80	99	29	70	CH	128.3
19472	3.43	53.8	16.46	0	9	91	57	19	38	CH	70.0
19476	7.78	44.7	17.26	0	14	86	91	28	63	CH	98.3
19509	3.95	50.1	17.14	1	4	95	100	41	59	CH	94.4
19512	8.43	68.1	16.13	0	3	94	90	30	60	CH	24.5
19515	12.75	66.3	16.64	0	8	92	91	35	56	CH	20.9
19516	14.25	69.0	16.02	0	10	90	85	32	53	CH	25.2
19520	2.63	57.7	15.06	0	8	92	85	36	49	CH	44.6
19521	4.08	56.4	16.11	0	6	94	75	33	42	CH	14.6
19535	6.55	48.1	17.80	1	20	79	65	31	34	CH	48.8
19555	0.23	10.9	17.25	0	16	84	66	32	34	CH	63.3
19603	5.20	59.3	17.41	0	27	73	57	20	37	CH	26.6
19615	5.25	46.2	16.44	0	6	94	86	32	54	CH	178.2
19650	5.83	35.7	19.12	1	4	95	67	27	40	CH	156.5
19664	0.23	29.6	17.60	2	37	61	51	22	29	CH	95.6
19667	1.68	36.3	17.53	17	14	69	90	27	63	CH	80.4
19669	3.18		17.40	7	8	85	64	30	34	CH	13.5
19716	12.03	41.9	16.68	0	8	92	65	24	41	CH	116.7
19718	13.50	39.4	16.92	0	2	98	75	24	51	CH	38.2
19768	3.38	31.8	18.91	4	28	68	61	27	34	CH	302.3
19771	6.23	27.7	19.04	21	28	51	58	24	34	CH	194.2
19772	6.68	32.8	19.30	4	27	69	73	28	45	CH	250.9
19817	0.23	49.0	16.44	8	10	82	73	34	39	CH	164.4
19835	3.83	39.6	17.71	8	32	60	61	26	35	CH	102.3
19874	1.13	32.0	18.12	11	33	56	52	25	27	CH	93.8
19891	1.13	48.3	16.87	1	21	78	64	31	33	CH	73.9
19911	1.575	39.3	17.27	0	11	42	130	38	92	CH	440.8
19979	3.38	35.7	17.14	0	14	86	55	27	28	CH	79.5
19991	3.75	30.3	17.35	0	11	89	45	26	71	CH	325.3
20013	1.13	32.4	18.95	0	36	64	52	18	34	CH	97.8
20631	0.225	27.4	18.73	0	2	98	75	23	52	CH	223.5
20632	1.125	13.0	21.20	0	7	93	50	18	32	CH	381.7
20670	2.225	30.7	18.37	7	14	80	61	29	32	CH	221.8
20671	2.675	31.1	18.69	0	35	65	63	30	33	CH	318.9
20679	0.225	25.2	18.71	0	23	77	65	22	43	CH	317.4
20681	2.025	18.4	20.13	10	18	72	64	17	47	CH	420.9
20711	15.025	25.9	19.89	9	30	61	55	20	36	CH	112.1
20717	1.125	44.5	16.85	9	30	61	85	30	55	CH	41.5
20732	2.025	15.7	21.36	0	25	75	70	16	54	CH	239.1
20736	4.275	26.5	19.29	0	5	95	51	16	35	CH	86.8
20755	9.225	36.1	16.50	15	15	70	77	28	49	CH	112.9
20756	10.125	34.4	16.98	8	15	77	66	27	39	CH	80.4
20767	6.525	27.5	19.25	0	3	97	59	22	37	CH	217.5
20768	7.425	16.5	20.73	0	2	98	54	19	35	CH	332.6
20772	0.225	35.9	18.52	7	9	84	83	24	59	CH	224.4
20773	0.675	19.1	19.63	0	1	99	63	19	44	CH	399.3
20774	2.025	20.6	19.80	0	0	100	77	25	52	CH	404.8
20778	5.175	24.7	18.82	1	1	98	69	21	48	CH	41.3
20786	1.825	45.2	17.44	10	39	51	71	30	41	CH	64.3
20804	1.125	40.6	17.50	0	5	95	74	34	40	CH	53.6
20965	1.725	32.9	18.14	0	11	89	71	25	46	CH	68.8
20973	0.225	41.8	17.03	0	13	87	54	24	30	CH	52.7
	Vmax			21.0	49.0	100.0	157.4	44.4	119.9		498.8
	Vmin			0.0	0.0	41.8	45.0	11.0	23.0		12.7
	σ			3	11	12	15	6	12		120
	Vest			1.3	24.5	70.9	101.2	27.7	71.5		207.0
	COV			2.56	0.43	0.17	0.15	0.22	0.17		0.58

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

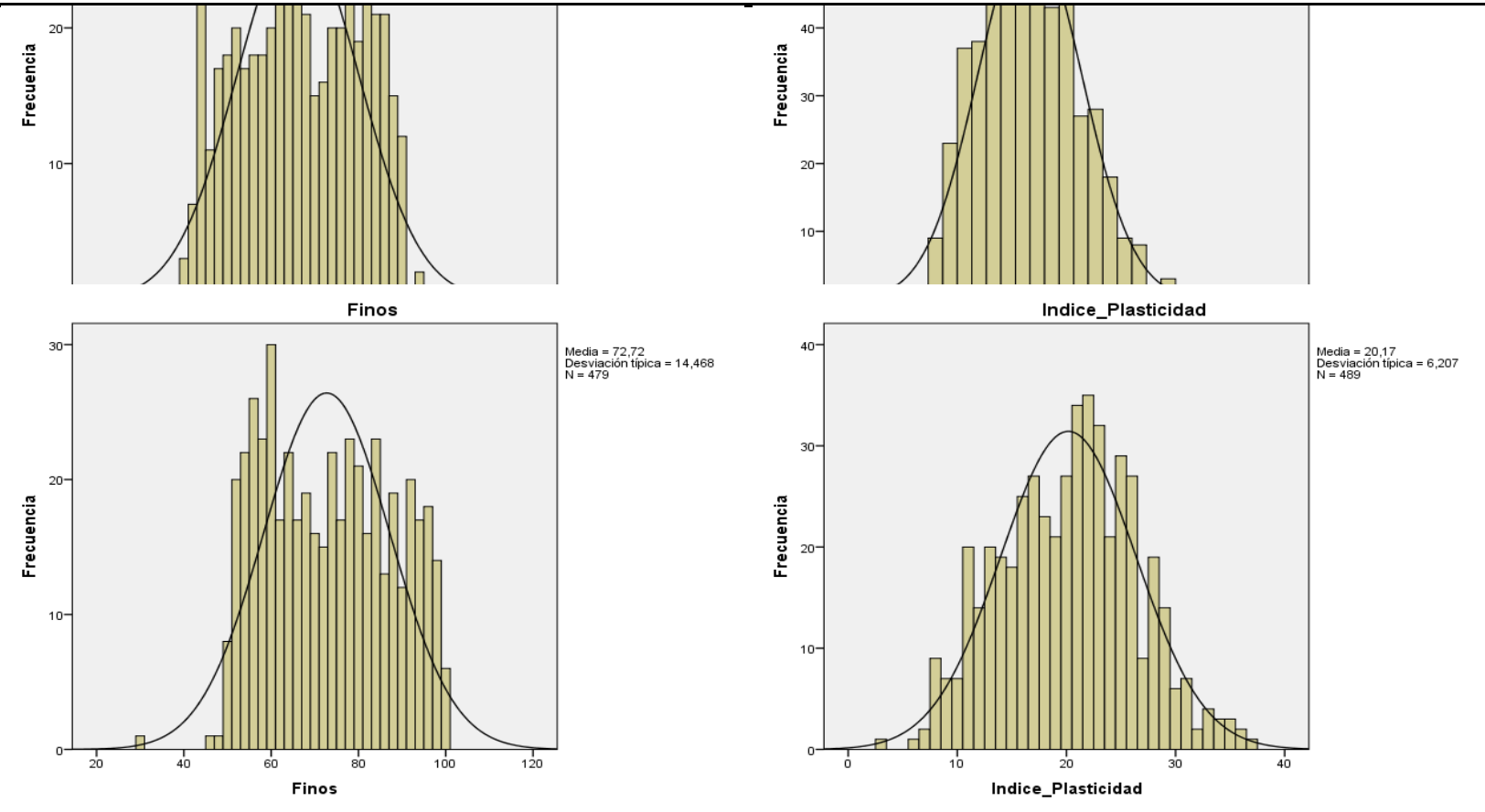
CL Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	$q_{u\ wnat}$ C. Inconfiada (kPa)
146	5.23	33.6	18.43	0	11	89	47	25	22	CL	92.0
147	5.75	27.4	19.58	2	14	84	43	22	21	CL	153.8
240	1.65	29.3	18.43	0	23	77	48	27	21	CL	76.2
393	4.35	27.6	19.14	15	29	56	45	20	25	CL	30.2
479	3.38	30.6	18.76	11	24	65	46	20	26	CL	147.8
487	3.08	30.2	19.66	5	38	57	43	17	26	CL	46.7
652	4.30	78.2	17.26	0	1	99	49	24	25	CL	37.6
878	1.20	30.8	18.49	5	38	57	46	25	21	CL	51.8
880	2.40	26.1	18.46	0	41	59	35	23	12	CL	67.5
1310	3.60	18.9	20.17	12	28	60	43	22	21	CL	324.4
1328	1.80	28.3	18.87	4	36	60	46	21	25	CL	43.0
1592	3.00	15.0	15.80	0	4	96	35	23	12	CL	139.0
1615	5.75	21.0	22.10	0	26	74	37	22	15	CL	190.0
1759	3.30	24.0	19.25	6	42	52	43	20	23	CL	41.7
1821	3.30	20.9	19.34	0	27	73	43	20	23	CL	462.0
1925	2.78	20.0	20.40	0	39	61	43	23	20	CL	192.3
1927	4.03	19.0	24.97	2	41	57	45	24	21	CL	207.0
1930	1.78	15.2	18.50	0	47	53	31	22	9	CL	171.7
1941	1.78	16.9	18.30	0	54	46	36	29	7	CL	172.6
1945	3.78	14.6	19.00	0	38	62	44	25	19	CL	199.1
1948	1.78	16.2	22.60	0	42	58	42	19	23	CL	157.9
1987	3.30	20.7	20.27	0	34	66	38	18	20	CL	92.0
2062	1.25	14.9	18.23	0	33	67	31	24	7	CL	170.7
2065	2.78	20.5	23.30	0	48	52	33	25	8	CL	141.3
2067	3.78	16.2	20.21	0	53	47	36	30	6	CL	192.3
2085	3.30	23.6	20.00	3	36	61	42	21	21	CL	100.7
2199	1.10	23.3	19.36	0	30	70	38	21	17	CL	82.8
2207	0.70	25.6	21.17	1	12	87	38	15	23	CL	95.4
2210	0.50	21.6	20.26	3	21	76	38	17	21	CL	33.1
2264	0.75	21.4	19.47	0	19	81	35	18	17	CL	101.2
2313	1.50	26.2	19.07	0	21	79	31	14	17	CL	80.0
2316	1.50	10.4	18.29	0	23	77	30	16	14	CL	109.0
2323	1.50	19.7	19.86	0	35	65	31	16	15	CL	144.0
2326	1.50	12.0	18.91	0	42	58	27	14	13	CL	93.0
2330	1.50	21.9	19.12	0	44	56	38	16	22	CL	72.0
2347	1.50	18.5	16.95	1	45	54	34	17	17	CL	171.0
2358	1.50	21.0	16.50	2	14	84	29	16	13	CL	75.0
2399	0.23	17.8	19.47	0	24	76	31	17	14	CL	137.1
2400	0.68	17.7	20.40	1	33	66	30	15	15	CL	198.4
2401	1.58	24.5	20.03	1	19	80	31	18	13	CL	111.4
2418	4.58	20.7	25.86	0	4	96	37	19	18	CL	60.4
2421	5.95	21.8	19.09	7	23	70	37	20	17	CL	54.3
2461	2.00	16.1	20.11	0	5	95	32	18	14	CL	452.2
2484	2.45	20.0	20.50	0	32	68	30	18	12	CL	416.0
2502	1.13	16.6	20.00	3	27	70	27	13	14	CL	86.6
2503	1.80	17.2	20.22	2	43	55	24	15	9	CL	79.7
2512	11.13	17.6	21.06	0	40	60	33	15	18	CL	188.7
2516	0.68	17.4	20.18	4	25	71	41	17	24	CL	229.8
2522	6.80	26.8	21.76	10	7	83	48	20	28	CL	98.3
2523	8.34	25.9	22.22	2	11	87	48	20	28	CL	56.3
2525	11.85	29.4	20.16	3	15	82	47	22	25	CL	49.7
2535	8.38	12.4	19.61	0	45	55	30	19	11	CL	330.3
2539	13.33	14.9	21.04	0	9	91	39	18	21	CL	150.5
2540	15.13	12.7	21.34	0	11	89	37	17	20	CL	148.7
2631	0.70	26.6	19.17	1	6	93	36	16	20	CL	28.5
2640	1.20	20.6	20.34	1	15	84	38	14	24	CL	148.2
2642	1.20	18.3	20.19	3	29	68	35	12	23	CL	138.8
2648	1.80	14.0	21.09	3	42	55	35	14	21	CL	145.1
2650	3.85	11.0	20.68	0	34	66	38	12	26	CL	410.6
2697	1.20	14.1	19.67	5	31	64	33	11	22	CL	158.3
2809	1.20	17.9	20.45	2	26	72	20	12	8	CL	75.0
2815	1.05	30.4	19.70	0	24	75	33	17	16	CL	55.0
2818	1.20	26.8	18.60	0	4	96	47	20	27	CL	54.0
2819	0.75	19.8	15.22	0	6	94	36	15	21	CL	390.2
2822	1.20	24.3	19.00	0	25	75	48	22	26	CL	51.0
2823	0.75	23.4	20.33	0	34	66	31	13	18	CL	41.6
2826	1.00	26.3	18.44	0	46	54	45	20	25	CL	57.0
2827	0.75	12.1		0	21	79				CL	17.6
2840	1.20	18.7	19.70	0	30	70	29	12	17	CL	64.0
2854	1.20	10.0	19.70	1	26	73	30	14	16	CL	170.0
2855	0.75	16.0	21.48							CL	220.0
2858	1.20	9.1	16.80	1	38	61	34	13	21	CL	170.0
2865	0.75	15.5	21.21				44	18	26	CL	346.1
2868	1.20	13.5	19.50	2	33	66	41	15	26	CL	183.0
2903	0.25	25.9	19.66	0	3	97	50	21	29	CL	161.5
3007	1.80	10.7	20.72	0	49	51	21	13	8	CL	163.4
3022	1.80	20.6	19.97	1	32	67	35	17	18	CL	248.1
3035	0.65	19.5	19.77	0	46	54	27	15	12	CL	28.4
3041	1.80	27.6	20.31	0	7	93	46	18	28	CL	95.1
3046	3.00	22.7	20.70	0	22	78	33	21	12	CL	181.3
3048	1.80	36.7	20.36	0	13	87	34	20	14	CL	68.4
3058	1.80	18.1	18.53	0	50	50	26	14	12	CL	74.2
3074	1.80	17.6	22.08	0	49	51	24	13	11	CL	176.2
3128	0.50	24.6	23.52	1	15	84	42	13	29	CL	47.6
3174	1.50	21.7	18.82	0	2	98	41	22	19	CL	83.0
3288	0.68	18.8	19.28	0	1	99	45	16	29	CL	259.9
3289	1.58	18.8	19.54	1	15	84	45	17	28	CL	293.2
3290	2.03	23.2	20.43	0	3	97	41	16	25	CL	91.6
3291	2.93	19.9	20.24	0	26	74	40	18	22	CL	253.6
3292	3.38	22.7	19.58	0	3	97	48	18	30	CL	212.0
3294	4.73	22.5	19.78	0	6	94	39	17	22	CL	265.3
3298	7.88	17.1	20.56	0	32	68	31	15	16	CL	199.1
3406	0.23	12.9	20.21	0	42	58	19	10	9	CL	214.9
3441	2.48	15.1	19.31	0	40	60	40	17	23	CL	194.1
3444	4.25	17.9	19.97	0	47	53	38	18	20	CL	87.6
3446	6.50	16.5	19.57	0	48	52	32	18	14	CL	65.2
3448	8.85	16.9	20.12	0	47	53	36	18	18	CL	101.3
3598	0.85	18.7	19.48	0	47	53	44	16	28	CL	112.0
3926	1.50	24.3	18.99	5	28	67	44	23	21	CL	67.0
3930	1.50	12.7	19.30	1	38	61	38	20	18	CL	135.0
4359	7.73	12.5	19.66	14	19	67	39	19	20	CL	110.9
4424	4.40		17.90	0	11	89	43	19	24	CL	50.0
4455	8.98		19.90	0	10	90	40	19	21	CL	111.0
4571	1.50	19.4	19.00							CL	159.5
4681	1.50	21.8	19.69							CL	199.1
4708	1.60	23.6	18.97							CL	298.7
4760	1.50	22.9	19.62							CL	209.0
4766	1.50	27.6	18.85							CL	161.3
4923	1.50	20.0	20.20	0	9	91	44	18	26	CL	103.6
4986	1.50	20.6	20.63	1	33	66	41	22	19	CL	92.0
5054	1.50	26.5	23.53	3	30	67	39	20	19	CL	116.0
5141	4.98	19.8	27.61	0	39	61	41	23	18	CL	136.3
5253	0.23	21.0	18.80	0	14	86	40	19	21	CL	265.0
5308	4.88		18.10	0	19	81	47	20	27	CL	289.0
5311	0.35	24.9	18.25	0	26	74	46	17	29	CL	70.5
5346	0.83	15.3	17.04	0	45	55	29	14	15	CL	18.4
5382	2.00	18.4	20.95	0	27	73	45	13	32	CL	254.3
5453	1.80	15.6	20.55	0	9	91	45	12	33	CL	328.0

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.										
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q _u _{Wnat} C. Inconfinada (kPa)
5460	1.80	20.2	20.12	0	14	86	33	13	20	CL	121.4
5464	1.80	17.6	19.63	0	28	72	50	13	37	CL	218.0
5466	1.80	19.0	20.51	0	42	58	27	13	14	CL	217.9
5490	1.50	20.8	20.24	0	3	97	48	17	31	CL	181.5
5550	1.50	19.2	19.83	0	38	62	38	15	23	CL	54.8
5652	7.10	18.6	20.50	1	12	87	49	14	35	CL	302.5
5689	0.75	15.8	20.99	2	35	63	35	13	22	CL	228.4
5717	0.75	20.2	20.47	0	8	92	32	17	15	CL	188.4
5785	0.75	21.5	19.53	0	12	88	41	16	25	CL	169.0
5791	0.75	21.1	19.78	0	40	60	36	15	21	CL	327.3
5796	0.75	21.0	19.90	0	20	80	30	16	14	CL	178.3
5991	0.75	18.8	20.65	0	17	83	35	16	19	CL	152.5
5996	0.75	22.6	19.18	0	6	94	36	20	16	CL	308.6
6084	0.75	24.1	17.60	0	3	97	45	18	27	CL	55.5
6138	1.50	23.0	18.37	2	33	65	40	21	19	CL	87.0
6592	0.68	14.5	19.90	0	27	73	39	15	24	CL	356.8
6594	1.58	18.8	19.83	5	43	52	35	19	16	CL	231.8
6595	2.03	19.5	19.79	5	43	52	46	19	27	CL	282.0
6609	0.23	19.8	19.72	2	46	52	26	17	9	CL	176.0
6709	6.98	19.6	18.72	0	48	52	39	14	25	CL	372.8
6992	2.50	20.8	20.43	0	17	83	45	14	31	CL	102.0
6994	4.50	16.6	20.43	2	27	70	47	23	24	CL	102.0
7002	1.00	23.5	18.12	0	11	89	29	18	11	CL	39.4
7003	3.00	19.8	20.16	0	20	80	31	14	17	CL	85.7
7007	3.00	21.0	21.98	0	16	84	37	15	22	CL	303.7
7076	0.55	23.8	18.67	0	10	90	32	11	21	CL	33.5
7083	0.60	21.1	19.15	0	7	93	25	14	11	CL	49.9
7091	0.55	23.3	23.82	0	20	80	30	20	10	CL	80.6
7098	0.70	18.0	21.43	0	21	79	30	13	17	CL	54.4
7123	11.48	24.0	22.00	0	16	84	47	20	27	CL	301.0
7138	2.93	18.5	19.67	0	44	56	36	23	13	CL	220.4
7151	16.58	26.1	17.18	0	22	78	39	20	19	CL	44.7
7190	2.93	25.0	22.00	0	7	93	39	20	19	CL	495.0
7191	3.83	19.0	20.75	2	26	72	30	16	14	CL	247.6
7231	11.58	15.4	20.90	0	20	80	29	17	12	CL	361.1
7236	15.18	20.5	15.64	0	8	92	29	18	11	CL	206.4
7267	0.23	20.0	20.50	0	30	70	25	16	9	CL	157.4
7388	0.15	16.0	21.00	0	24	76	31	15	16	CL	238.2
7433	2.48	10.4	19.48	0	22	78	27	15	12	CL	417.6
7434	3.38	13.6	20.43	0	19	81	23	13	10	CL	467.5
7442	1.63	17.4	20.84	1	20	79	30	13	17	CL	134.3
7453	1.58		21.70	0	35	66	32	18	14	CL	189.0
7455	2.93		21.50	0	32	68	37	19	18	CL	210.0
7490	2.48	13.1	20.67	0	46	54	27	14	13	CL	192.9
7493	5.18	14.1	2.35	2	44	54	23	12	11	CL	166.2
7506	1.58	11.6	19.14	0	49	51	20	12	8	CL	108.1
7510	5.18	16.7	19.88	1	25	74	30	15	15	CL	454.2
7516	11.53	23.4	20.49	0	17	83	30	17	13	CL	218.6
7531	2.48		22.00	0	30	70	47	18	29	CL	251.0
7534	4.73	19.0	21.27	0	7	93	35	20	15	CL	491.3
7564	1.58	30.9	19.66	0	15	85	25	16	9	CL	115.5
7595	2.48	17.9	18.09	2	20	78	41	19	22	CL	227.9
7652	7.88	15.0	19.56	2	28	70	30	17	13	CL	28.4
7654	8.99	15.0	20.97	0	19	81	34	12	22	CL	258.3
7655	0.18	18.0	19.94	1	21	78	29	17	12	CL	181.5
7750	5.18	17.5	19.64	0	23	77	45	23	22	CL	441.4
7757	10.30	18.8	20.91	0	4	96	37	18	19	CL	324.3
7773	4.50	14.7	22.05	0	21	79	30	17	13	CL	246.5
7810	4.28	22.0	20.69	0	11	89	31	17	14	CL	389.9
7833	29.33	33.1	23.79	0	49	51	24	14	10	CL	304.2
7854	20.18		21.40	0	36	64	32	21	11	CL	257.0
7855	21.78	20.0	20.60	0	7	93	48	19	29	CL	172.0
7901	8.83	11.4	19.75	1	25	74	40	17	23	CL	183.2
7910	15.43	29.0	19.37	0	12	88	47	19	28	CL	35.3
7921	24.63	24.5	21.04	0	12	88	41	22	19	CL	55.2
7960	12.03	30.7	17.12	4	38	58	41	15	26	CL	3.2
7981	5.68	14.8	19.26	5	36	59	35	20	15	CL	275.4
7982	6.13	17.2	21.42	3	32	65	36	20	16	CL	264.9
7985	8.48	18.7	20.23	0	4	96	37	22	15	CL	331.9
7986	8.93	18.3	20.62	0	21	79	38	23	15	CL	309.2
7987	10.28	17.6	19.42	0	45	55	43	22	21	CL	197.2
7988	11.48	22.5	20.69	0	11	89	40	23	17	CL	125.2
7989	12.98	17.0	22.26	0	50	50	39	18	21	CL	247.3
7990	14.18	20.5	20.55	0	43	57	30	19	11	CL	192.1
7992	16.18	20.4	20.26	0	20	80	34	22	12	CL	149.9
8002	1.68	16.5	19.42	0	43	57	32	20	12	CL	242.0
8007	5.98	15.5	19.83	3	42	55	37	18	19	CL	244.4
8008	6.43	25.5	23.06	0	31	69	34	20	14	CL	405.0
8009	7.33	17.9	23.31	5	33	62	39	24	15	CL	148.5
8010	8.68	14.9	22.00	0	41	59	28	17	11	CL	448.2
8011	9.58	15.2	22.49	0	28	72	38	18	20	CL	468.5
8015	13.05	15.3	22.04	0	24	76	37	23	14	CL	104.2
8016	15.25	10.9	25.05	0	45	55	46	20	26	CL	221.0
8018	18.25	12.0	22.40	1	40	59	24	14	10	CL	255.9
8029	5.63	15.9	21.97	2	39	59	28	17	11	CL	174.1
8030	6.53	20.0	20.78	7	37	56	21	18	3	CL	116.9
8035	11.80	14.3	21.10	0	17	83	33	19	14	CL	319.3
8036	12.73	19.5	20.84	0	16	84	33	17	16	CL	275.7
8037	14.23	12.9	20.58	0	18	82	33	17	16	CL	185.0
8053	3.38	14.0	21.35	0	49	51	34	12	22	CL	124.0
8062	14.00	21.2	20.11	0	2	98	47	18	29	CL	230.9
8065	2.03	21.6	19.26	0	16	84	36	20	16	CL	73.7
8066	2.93	20.7	19.37	0	15	85	36	20	16	CL	224.6
8069	6.08	16.6	19.30	0	9	91	33	19	14	CL	353.6
8072	9.68	20.2	19.36	0	12	88	45	22	23	CL	296.8
8112	2.93	20.0	22.04	3	33	64	33	17	16	CL	150.6
8117	6.98	23.4	20.58	0	8	92	26	15	11	CL	153.4
8120	10.13	18.5	18.04	0	45	55	44	20	24	CL	239.8
8156	7.00	16.0	21.00	0	4	96	39	16	23	CL	307.0
8165	1.60	17.0	21.55	4	36	68	26	16	10	CL	106.0
8172	5.03	24.0	21.00	8	27	81	29	16	13	CL	60.0
8184	10.25		22.00				31	20	11	CL	492.0
8205	0.75	22.0	20.00	4	17	79	31	17	14	CL	69.0
8268	13.65	12.5	21.02	8	17	75	36	16	20	CL	272.4
8270	15.75	15.1	21.98	0	6	94	33	12	21	CL	386.5
8273	17.55	21.5	20.55	0	3	97	34	12	22	CL	283.8
8275	20.85	23.0	20.81	0	4	96	48	20	28	CL	327.9
8315	8.45	23.2	21.25	1	13	86	42	22	20	CL	187.8
8321	11.35	22.4	20.35	0	5	95	33	16	17	CL	141.9
8324	12.55	25.8	19.38	6	17	77	38	17	21	CL	174.9
8326	13.45	24.7	19.72	0	15	85	38	18	20	CL	210.5
8327	14.00	21.9	20.72	0	4	96	41	16	25	CL	306.4
8330	16.35	22.8	20.11	2	5	93	49	21	28	CL	140.5
8335	19.75	26.4	20.18	0	9	91	39	19	20	CL	152.9
8406	6.68		22.00				28	20	8	CL	220.1
8415	0.65	26.1	19.95	0	21	79	32	15	17	CL	19.8
8468	7.70	25.0	20.00	0	1	99	42	19	23	CL	192.0
8568	7.88		18.00	0	37	63	49	20	29	CL	2.6

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

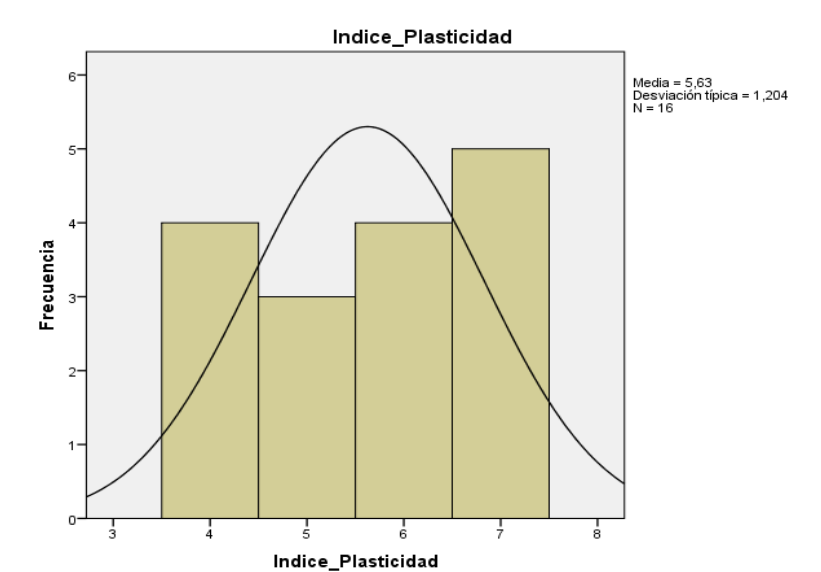
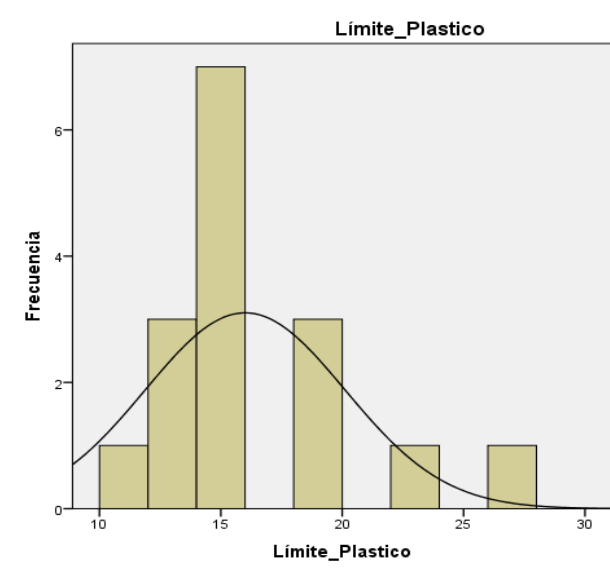
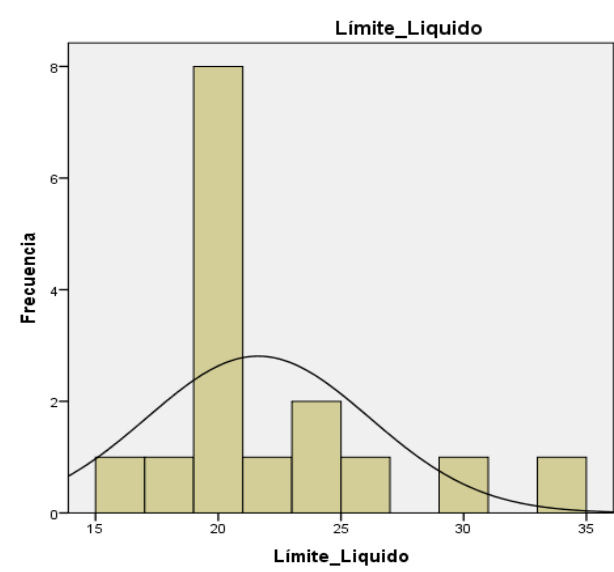
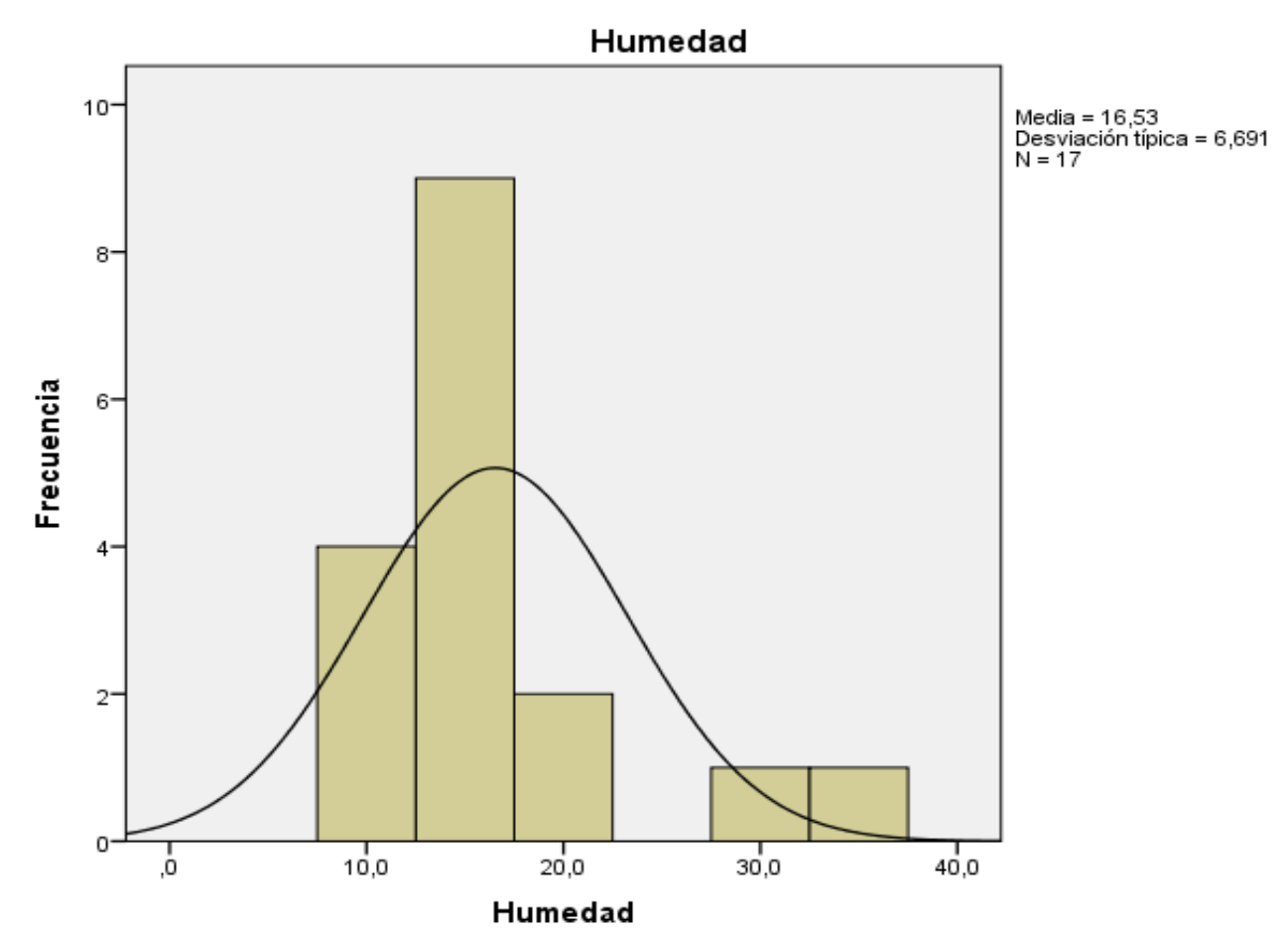
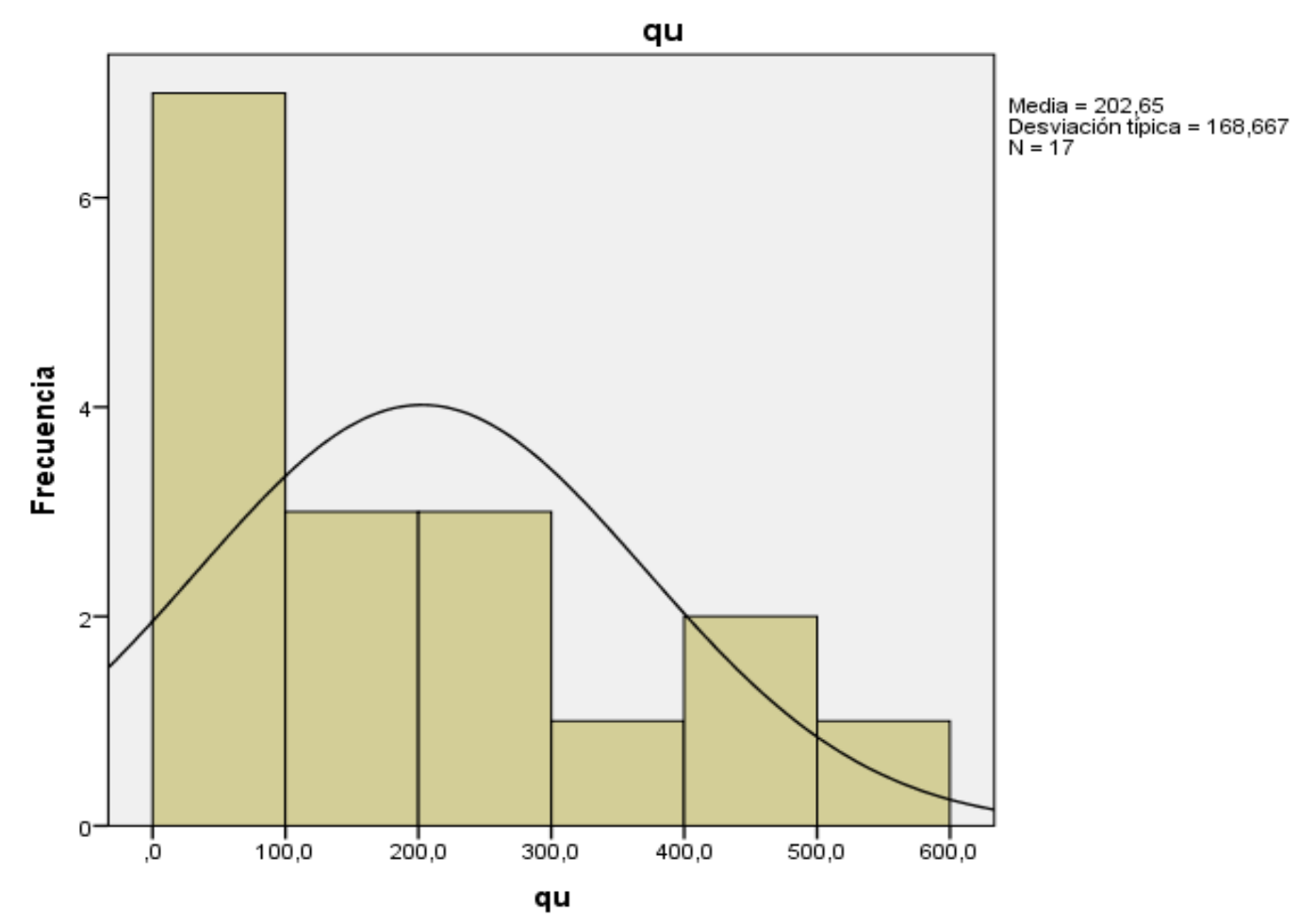
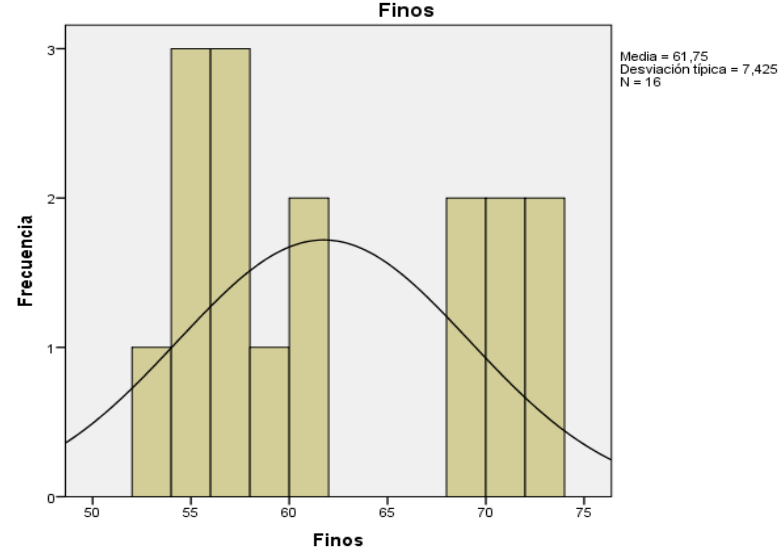
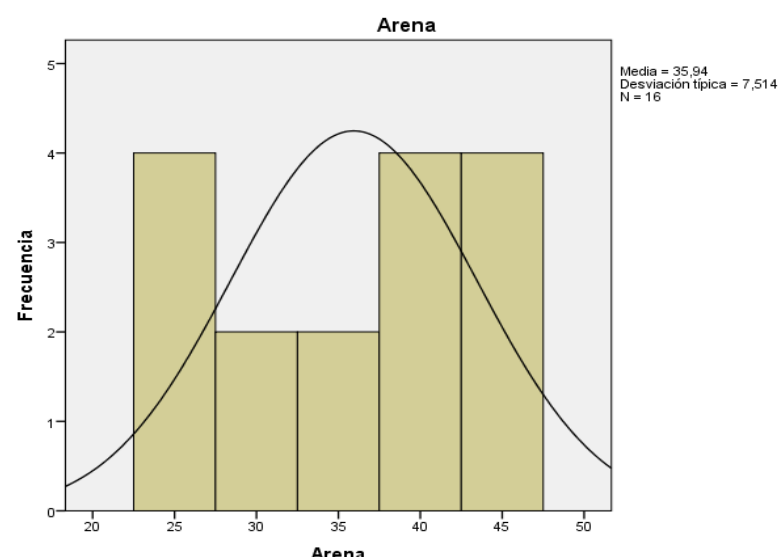
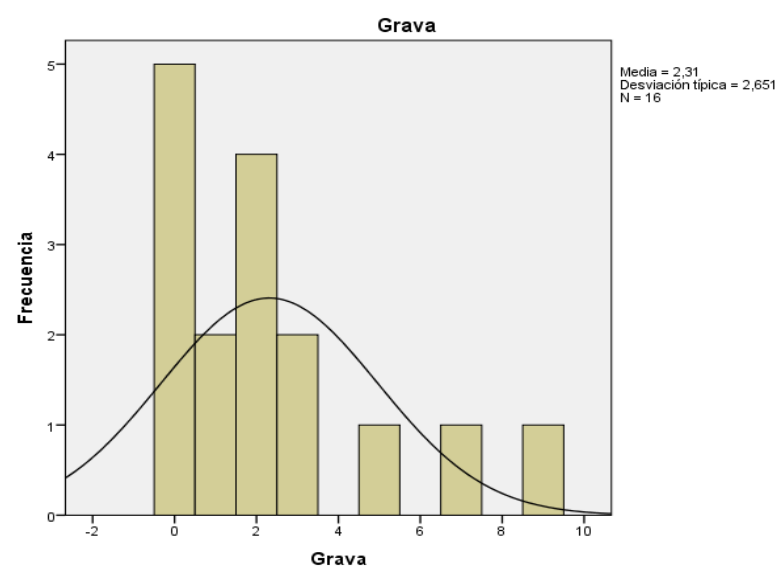
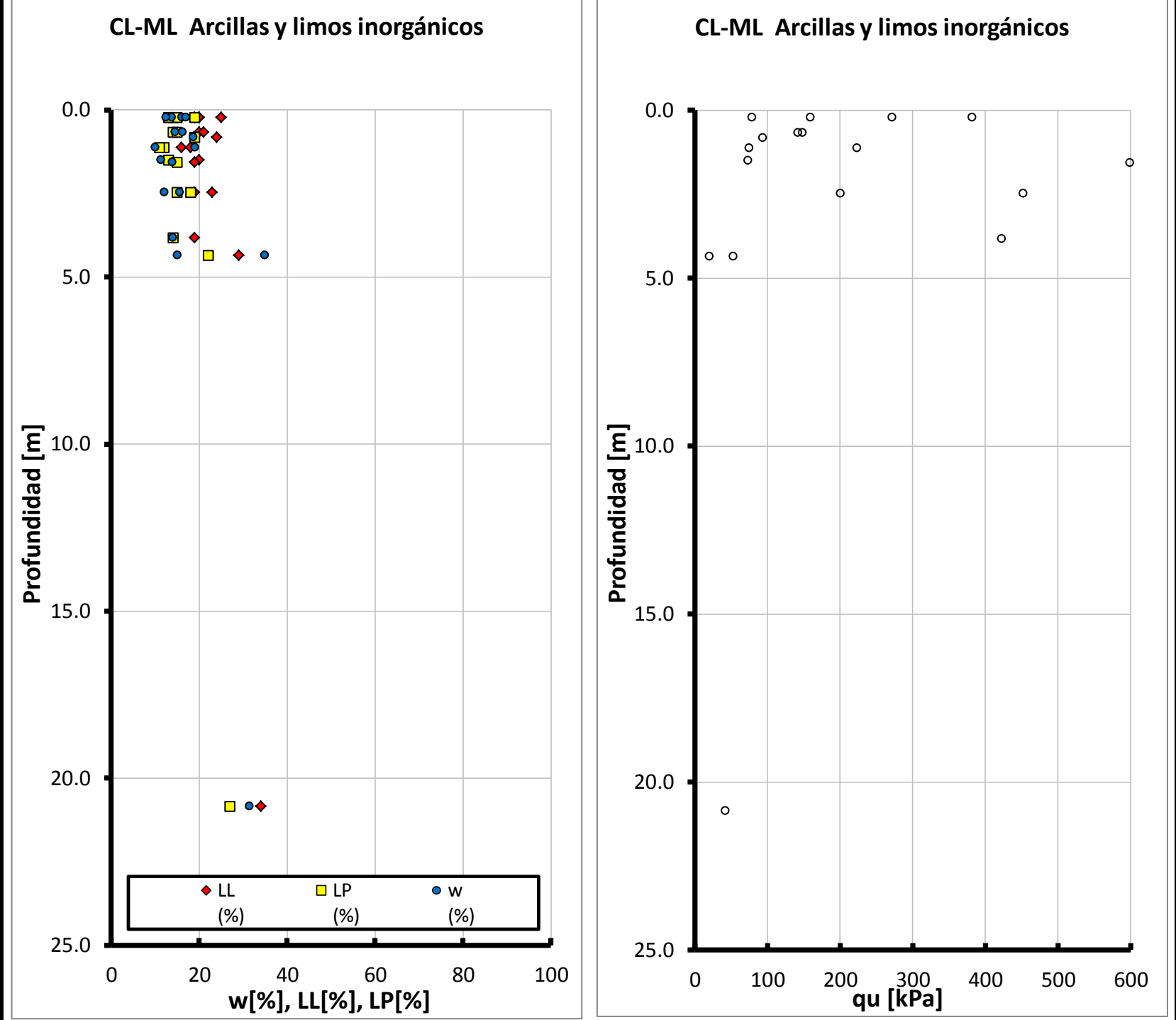


CL Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ _{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu _{wnat} C. Inconfiada (kPa)
8695	5.73		18.00				40	21	19	CL	288.0
8764	1.58	23.5	20.00	0	12	88	39	14	25	CL	113.6
8766	2.48	25.0	20.00	7	20	73	45	17	28	CL	336.0
8807	0.60	17.0	21.00	0	27	73	29	13	16	CL	94.0
8924	17.00	20.0	16.35	0	3	97	48	20	28	CL	40.0
8926	19.25	23.0	17.09	0	0	100	46	21	25	CL	33.0
9058	0.35	17.0	21.00	3	15	82	49	14	35	CL	260.0
9094	19.00	22.0	19.00	0	3	97	48	22	26	CL	229.0
9147	16.50		21.00	0	21	79	37	20	17	CL	444.0
9157	22.15		21.00	0	24	76	38	18	20	CL	401.0
9200	14.85	11.5	21.00	3	42	55	23	12	11	CL	362.0
9205	2.03		20.00				30	22	8	CL	181.0
9282	2.48	17.0	19.00	0	25	75	26	14	12	CL	244.0
9288	5.18	17.0	23.00	1	24	75	36	12	24	CL	395.0
9296	8.48	19.0	20.00	0	26	74	44	12	32	CL	221.0
9327	2.03	13.5	20.00	0	10	90	38	15	23	CL	384.0
9328	2.48	15.0	20.00	0	9	91	37	14	23	CL	235.0
9388	1.25	14.7	21.37	0	46	54	19	11	8	CL	50.1
9406	9.73	21.3	20.30	1	47	52	47	17	30	CL	250.8
9410	1.58	20.0	20.50	0	36	64	42	16	26	CL	236.0
9429	10.13	24.8	19.46	1	31	68	46	22	24	CL	219.4
9433	1.80	14.0	17.91	1	36	63	28	11	17	CL	100.0
9436	3.38	15.6	20.02	0	50	50	31	13	18	CL	135.9
9460	3.98	20.7	21.28	0	44	56	40	14	26	CL	152.9
9485	6.03	23.7	19.59	0	19	81	43	19	24	CL	156.0
9539	0.23	19.3	21.04	1	18	81	36	16	20	CL	136.6
9544	2.28	19.8	17.57	0	12	88	26	13	13	CL	159.2
9549	4.65	16.9	24.62	1	20	79	35	12	23	CL	375.3
9622	0.68	21.6	24.43	0	36	64	24	11	13	CL	64.6
10057	2.18	20.7	19.93	0	22	78	31	14	17	CL	217.7
10077	11.53	14.4	20.52	0	31	69	36	21	15	CL	285.8
10090	20.03	4.0	21.35	0	41	59	34	16	18	CL	44.0
10093	22.88	6.1	22.43	0	33	67	33	13	20	CL	84.9
10094	23.25	5.2	22.37	0	43	57	33	15	18	CL	117.1
10105	4.28	21.4	20.50	0	18	82	35	16	19	CL	205.7
10118	9.05	11.4	20.83	0	8	92	40	22	18	CL	212.4
10121	11.35	6.6	22.08	0	46	54	29	15	14	CL	389.6
10124	13.45	11.7	22.23	0	9	91	39	18	21	CL	194.4
10126	14.55	6.3	21.43	0	23	77	35	17	18	CL	471.6
10140	21.35	10.8	22.47	0	32	68	36	20	16	CL	301.6
10615	13.20	29.8	18.98	0	18	82	35	23	12	CL	45.0
11071	0.68	15.0	19.00	2	46	52	32	19	13	CL	134.0
11144	7.88	24.6	18.71	1	45	54	39	18	21	CL	138.9
11185	0.68	14.5	20.55	0	49	51	33	15	18	CL	288.9
11186	1.13	14.5	19.88	0	48	52	27	16	11	CL	106.5
11883	2.00	23.0	22.00	0	43	57	28	17	11	CL	36.0
12134	4.58	18.0	22.00	0	17	83	29	16	13	CL	314.0
12263	12.43	22.0	20.00	0	46	54	34	17	17	CL	244.0
12686	7.13	15.4	21.42	1	47	52	27	14	13	CL	168.7
12740	11.70	19.3	20.75	12	14	74	44	22	22	CL	190.9
12871	2.53	14.6	19.01	0	16	84	48	19	29	CL	395.9
12883	7.95	16.6	19.81	0	19	81	47	16	31	CL	361.4
12894	13.28	17.7	20.36	0	13	87	42	18	24	CL	235.2
12940	5.68	15.0	19.90	0	30	70	40	14	26	CL	142.6
12942	7.43	19.7	19.66	0	41	59	41	15	26	CL	101.9
12969	8.98	15.2	20.46	0	33	67	38	15	23	CL	376.3
12997	1.13	23.0	18.99	0	44	56	35	14	21	CL	355.9
13014	1.13	12.4	19.43	12	31	57	38	13	25	CL	465.9
13016	2.03	12.8	18.55	0	38	62	36	14	22	CL	404.1
13026	6.53	19.6	19.95	0	23	77	42	13	29	CL	429.0
13028	7.43	18.5	19.69	1	13	86	44	15	29	CL	136.9
13043	4.38		18.60	0	45	55	40	18	22	CL	178.0
13044	4.83		18.00	0	43	57	40	18	22	CL	156.0
13047	6.18		18.40	0	50	50	41	18	23	CL	112.0
13053	8.88		18.80	0	43	57	42	20	22	CL	163.0
13054	9.33		15.10	0	45	55	43	19	24	CL	122.0
13057	10.68		18.80	0	40	60	43	18	25	CL	93.0
13079	20.65		20.20	0	40	60	45	19	26	CL	292.0
13133	23.28		18.20	0	42	58	47	19	28	CL	165.0
13188	4.28		18.50	0	21	79	35	19	16	CL	309.0
13217	7.43		20.00	0	13	87	42	20	22	CL	198.0
13226	1.33	25.3	17.95	0	44	56	49	23	26	CL	118.0
13235	5.38	23.8	19.60	3	14	83	47	13	34	CL	143.9
13248	0.55	21.0	19.00	0	23	77	35	13	22	CL	62.0
13252	2.20	22.0	18.00	0	44	56	36	13	23	CL	93.0
13302	1.05	31.0	19.00	0	8	92	48	13	35	CL	68.0
13355	0.68	25.0	18.00	0	17	83	47	19	28	CL	82.0
13471	4.58	20.0	17.80	0	41	59	44	19	25	CL	137.0
13513	0.80	25.0	19.50	0	28	72	40	21	19	CL	121.0
13584	4.35	22.0	19.80	1	3	96	46	13	33	CL	108.0
13690	1.20	22.5	20.00	0	15	85	42	13	29	CL	53.0
13768	1.33	24.0	19.00	6	22	72	46	16	30	CL	22.0
13910	0.68	16.7	20.90	0	34	66	33	16	17	CL	427.2
13912	1.58	18.8	19.94	0	37	63	36	15	21	CL	191.0
13914	2.48	16.9	21.43	0	47	53	32	14	18	CL	228.4
13929	10.73	16.5	22.05	0	37	63	31	14	17	CL	473.4
13952	2.03	18.7	20.43	0	15	85	41	18	23	CL	495.0
13954	2.93	19.3	20.58	0	21	79	39	16	23	CL	310.6
13965	8.88	23.3	20.48	0	5	95	35	17	18	CL	222.7
13968	10.23	18.4	20.82	0	24	76	27	14	13	CL	191.9
13972	12.03	16.5	20.35	4	36	60	46	19	27	CL	306.9
14093	4.85	22.5	19.46	0	20	80	33	14	19	CL	69.1
14111	3.00	12.9	21.00	14	22	64	34	12	22	CL	227.6
14148	1.40	10.5	21.13	0	23	77	31	15	16	CL	291.2
14150	3.00	11.9	20.89	0	40	60	33	13	20	CL	81.4
14154	4.45	13.0	20.76	2	47	51	48	15	33	CL	289.0
14209	7.58	19.7	17.92	2	26	72	43	15	28	CL	201.6
14277	1.13	19.0	20.90	0	44	56	25	17	8	CL	99.0
14278	1.58	18.2	21.25	0	45	55	24	16	8	CL	97.9
14304	6.38	18.0	21.46	0	38	62	32	15	17	CL	279.5
14379	1.35	19.0	19.00	1	17	82	30	13	17	CL	69.0
14420	0.90	22.0	18.52	2	42	56	36	12	24	CL	57.4
14423	3.73	22.0	20.00	0	10	90	49	15	34	CL	183.5
14424	4.63	22.0	20.00	0	26	74	41	19	22	CL	166.2
14429	9.45	15.4	21.20	1	31	68	36	12	24	CL	245.2
14447	6.08	16.0	21.00	0	26	74	36	15	21	CL	329.6
14467	0.23	18.0	20.00	0	8	92	38	18	20	CL	249.0
14472	3.83	18.0	20.00	1	12	87	42	20	22	CL	418.0
14498	0.20	25.0	18.57	0	38	62	43	15	28	CL	172.2
14499	0.63		20.00	0	42	58	37	12	25	CL	381.4
14500	1.10	15.0	20.67	0	43	57	30	12	18	CL	409.2
14535	3.38	16.0	20.00	1	36	63	37	16	21	CL	226.0
14546	0.35	17.0	20.00	17	30	53	41	18	23	CL	289.0
14566	0.68	18.6	17.72	0	22	78	35	18	17	CL	105.5
14571	5.08	19.3	20.46	1	29	70	33	15	18	CL	100.1
14576	0.23	23.1	21.68	0	15	85	42	21	21	CL	100.5
14589	1.58	16.8	20.00	0	29	71	38	13	25	CL	160.3
14648	2.48	22.0	17.80	0	12	88	40	20	20	CL	27.0

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

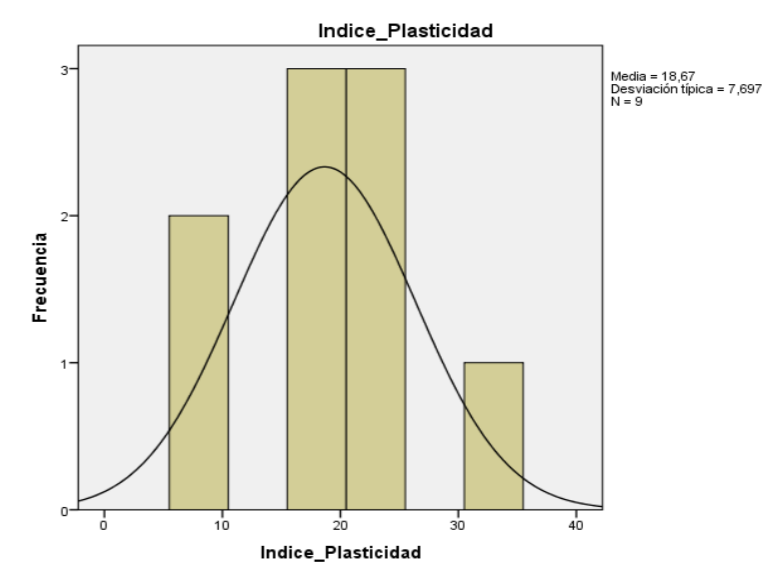
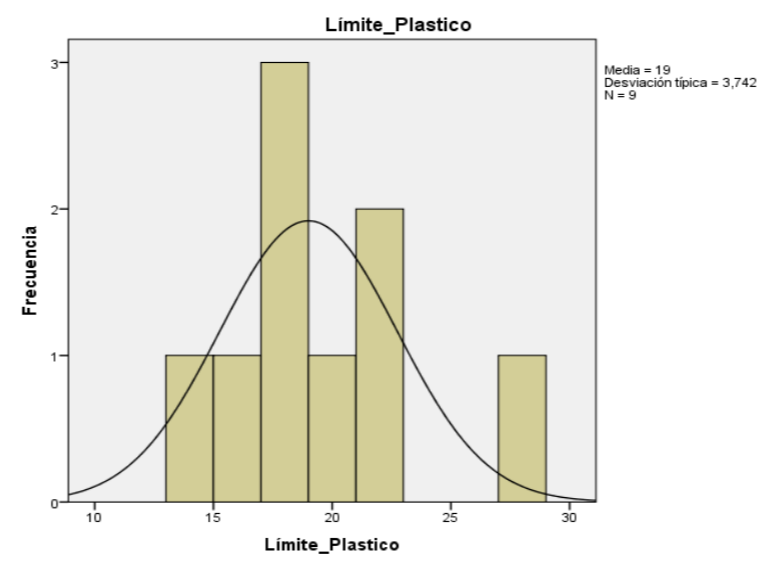
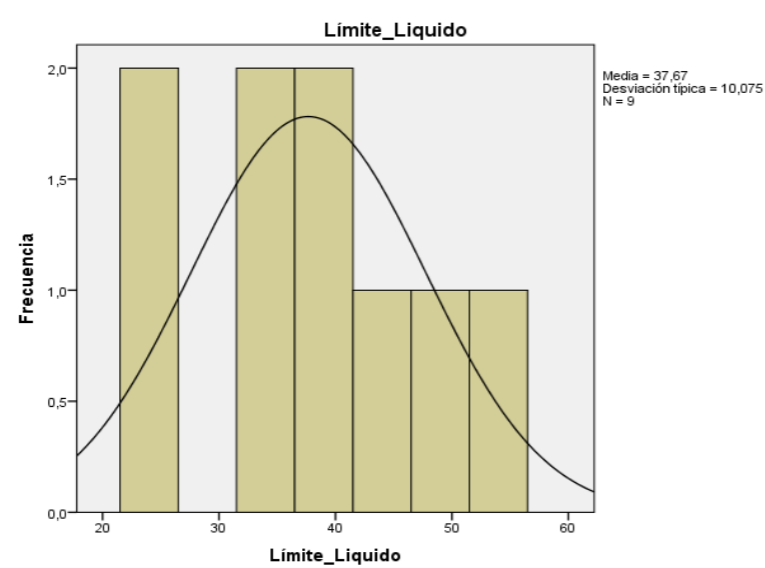
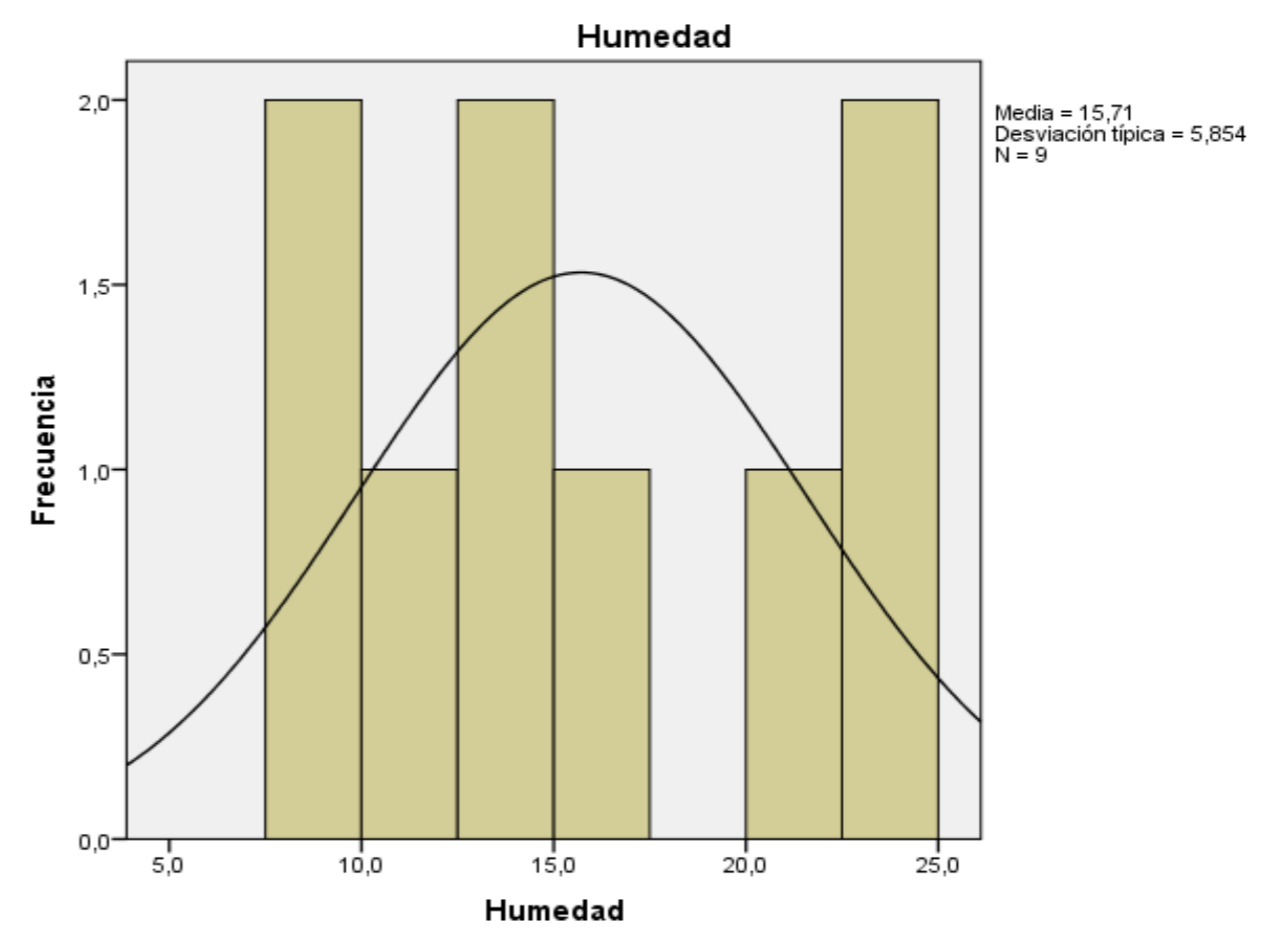
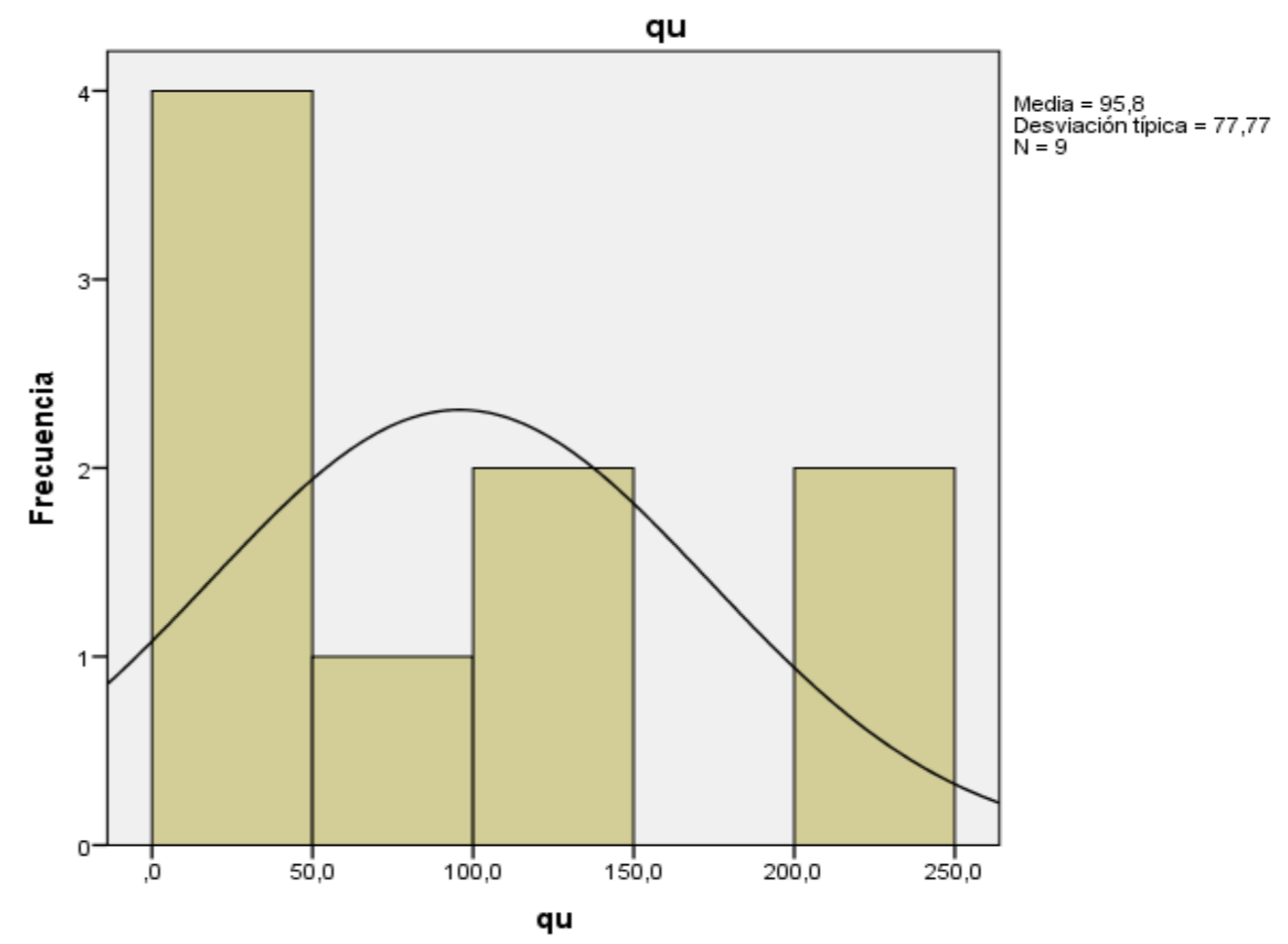
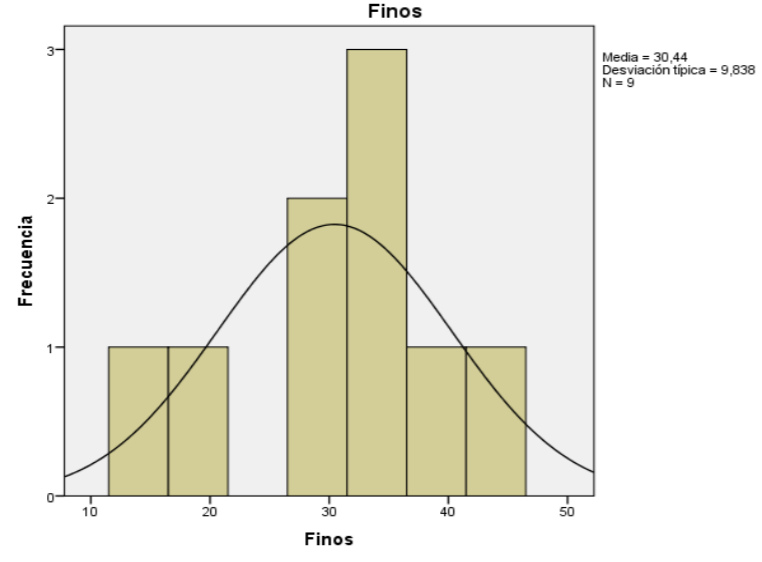
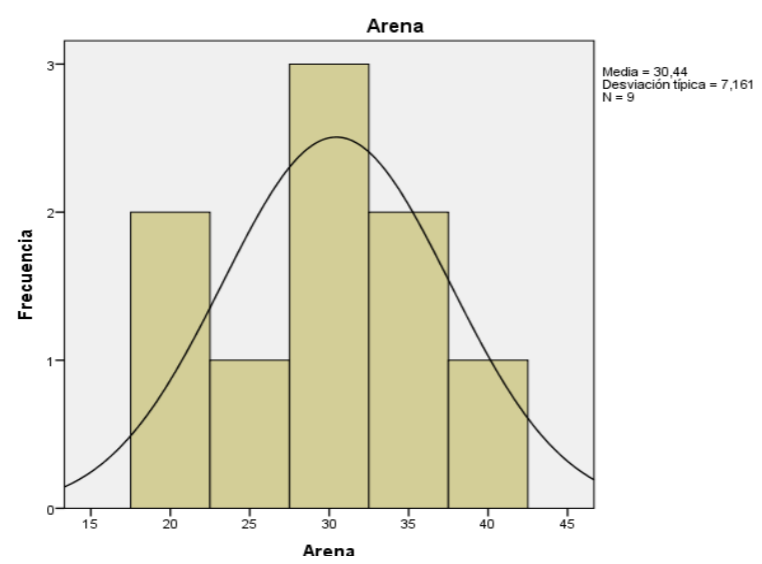
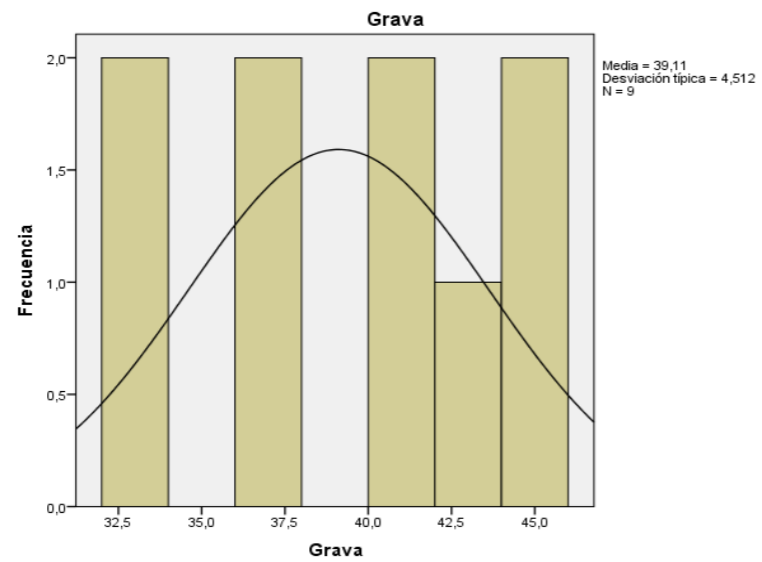
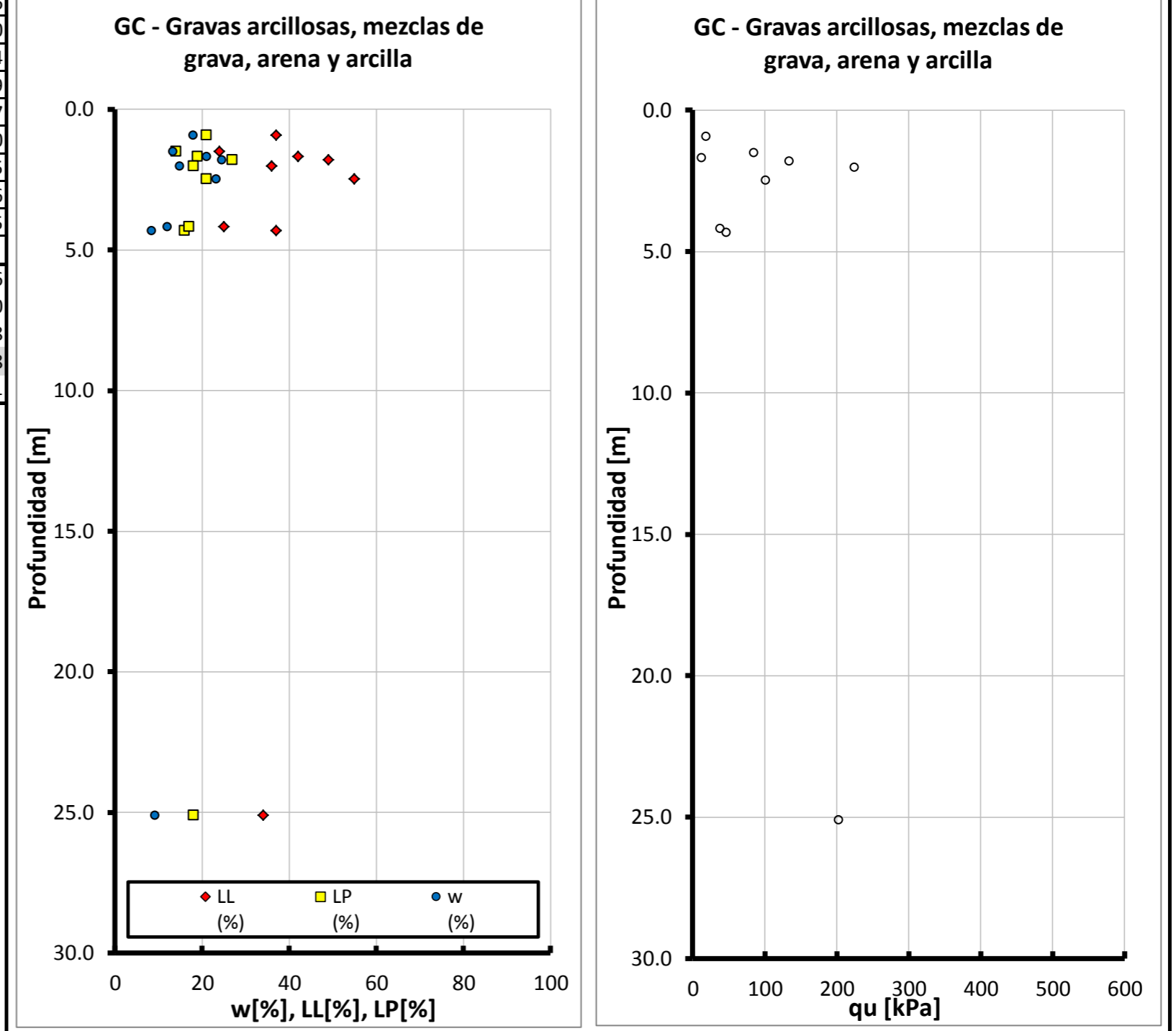
CL-ML Arcillas y limos inorgánicos											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q_u w_{nat} C. Inconfiada (kPa)
421	4.35	35.0	18.21	7	25	68	29	22	7	CL-ML	53.7
2342	1.50	11.3	16.29	9	37	54	20	13	7	CL-ML	74.0
2501	0.23	16.1	21.79	3	39	58	25	19	6	CL-ML	79.1
2581	4.35	15.1	18.23							CL-ML	21.0
7377	2.48	12.1	21.89	1	43	56	19	15	4	CL-ML	452.7
7441	0.68	16.2	20.61	2	41	57	20	14	6	CL-ML	149.0
7468	1.13	19.1	19.93	2	25	73	16	12	4	CL-ML	75.1
7487	0.23	13.8	21.73	0	47	53	20	14	6	CL-ML	382.2
7504	0.23	12.5	19.34	2	44	54	19	15	4	CL-ML	159.4
7549	3.83	14.0	21.83	0	31	69	19	14	5	CL-ML	423.2
7566	2.48	15.6	23.06	0	39	61	23	18	5	CL-ML	201.1
7593	1.58	13.9	19.51	1	29	70	19	15	4	CL-ML	599.6
7618	0.23	17.0	17.00	3	27	70	20	13	7	CL-ML	271.9
9261	1.13	10.0	20.00	2	37	61	18	11	7	CL-ML	223.6
14240	0.83	18.7	19.84	0	45	55	24	19	5	CL-ML	94.2
14441	0.68	14.5	21.00	5	39	56	21	15	6	CL-ML	142.6
19379	20.85	31.4	18.74	0	27	73	34	27	7	CL-ML	42.7
Vmax				9.0	47.0	73.0	34.0	27.0	7.0		599.6
Vmin				0.0	25.0	53.0	16.0	11.0	4.0		21.0
σ				3	8	7	5	4	1		169
Vest				2.3	35.9	61.8	21.6	16.0	5.6		202.7
COV				1.15	0.21	0.12	0.21	0.26	0.21		0.83

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



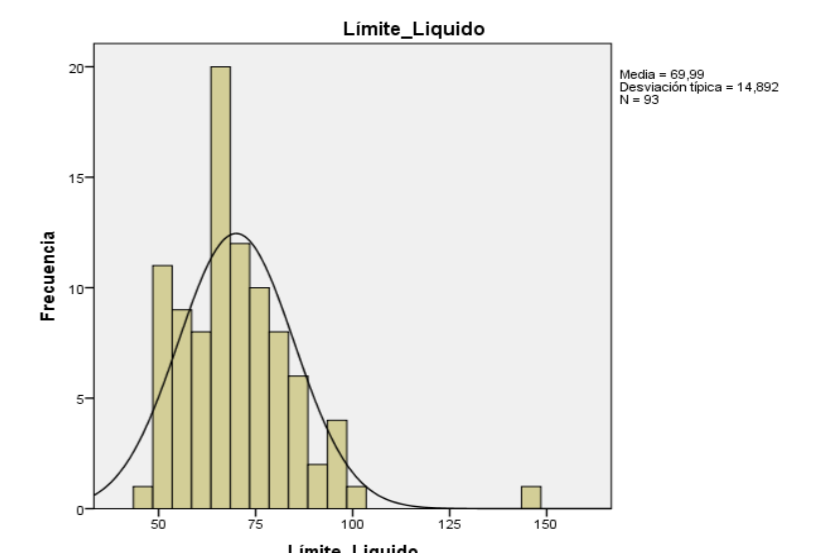
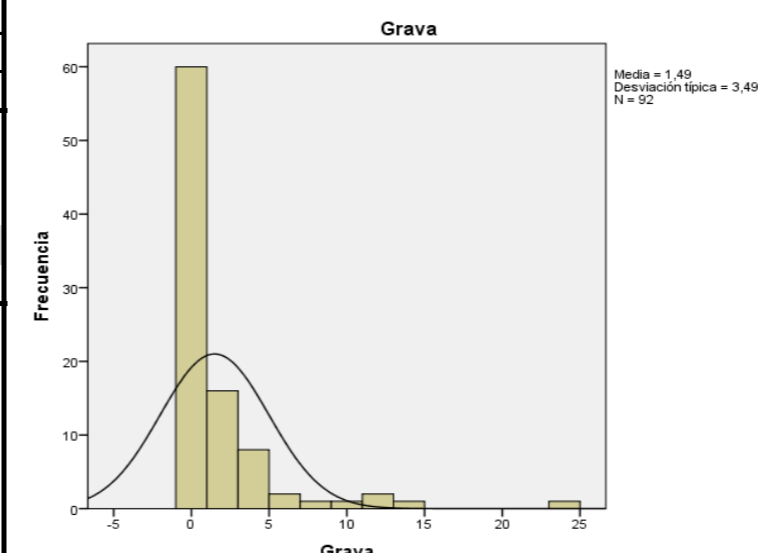
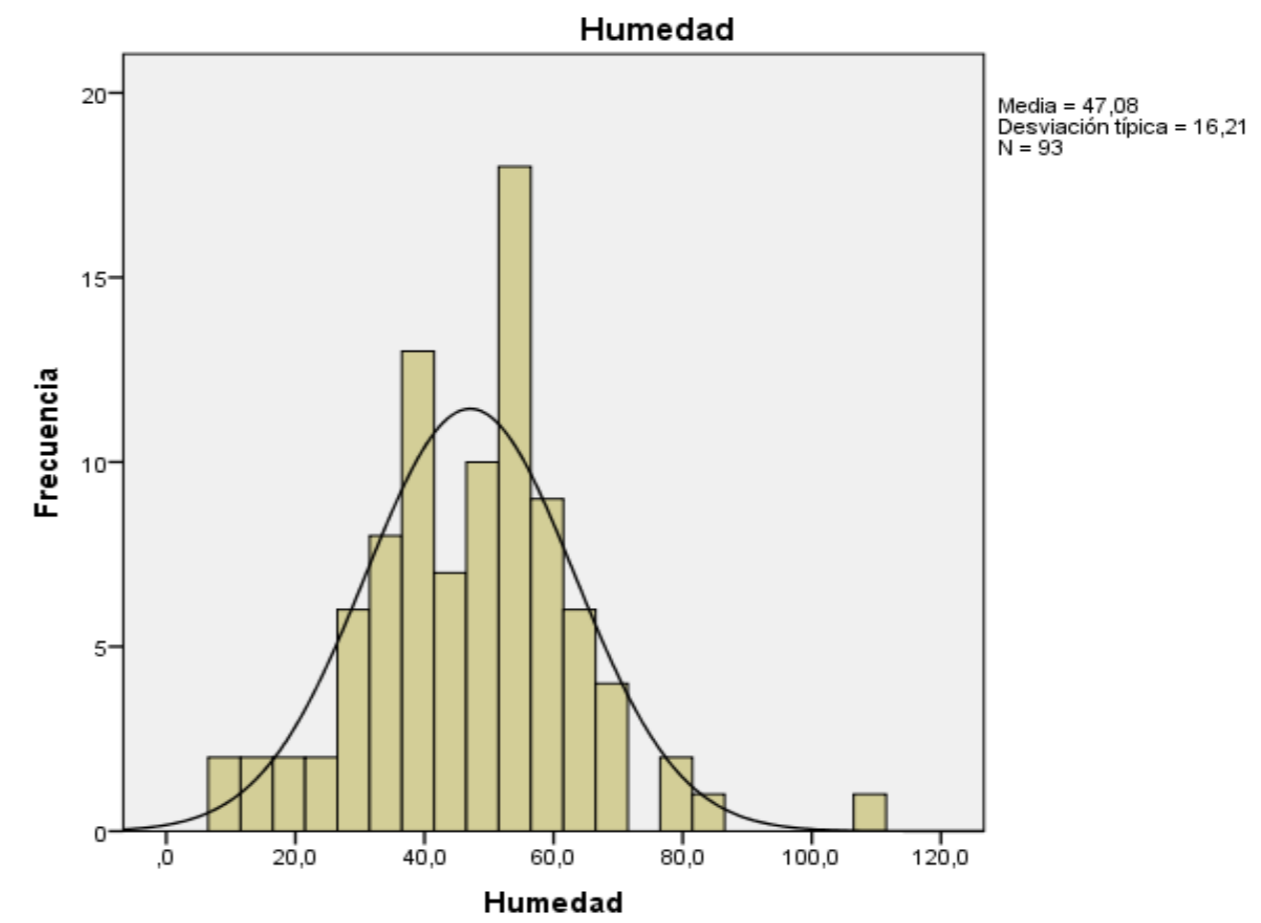
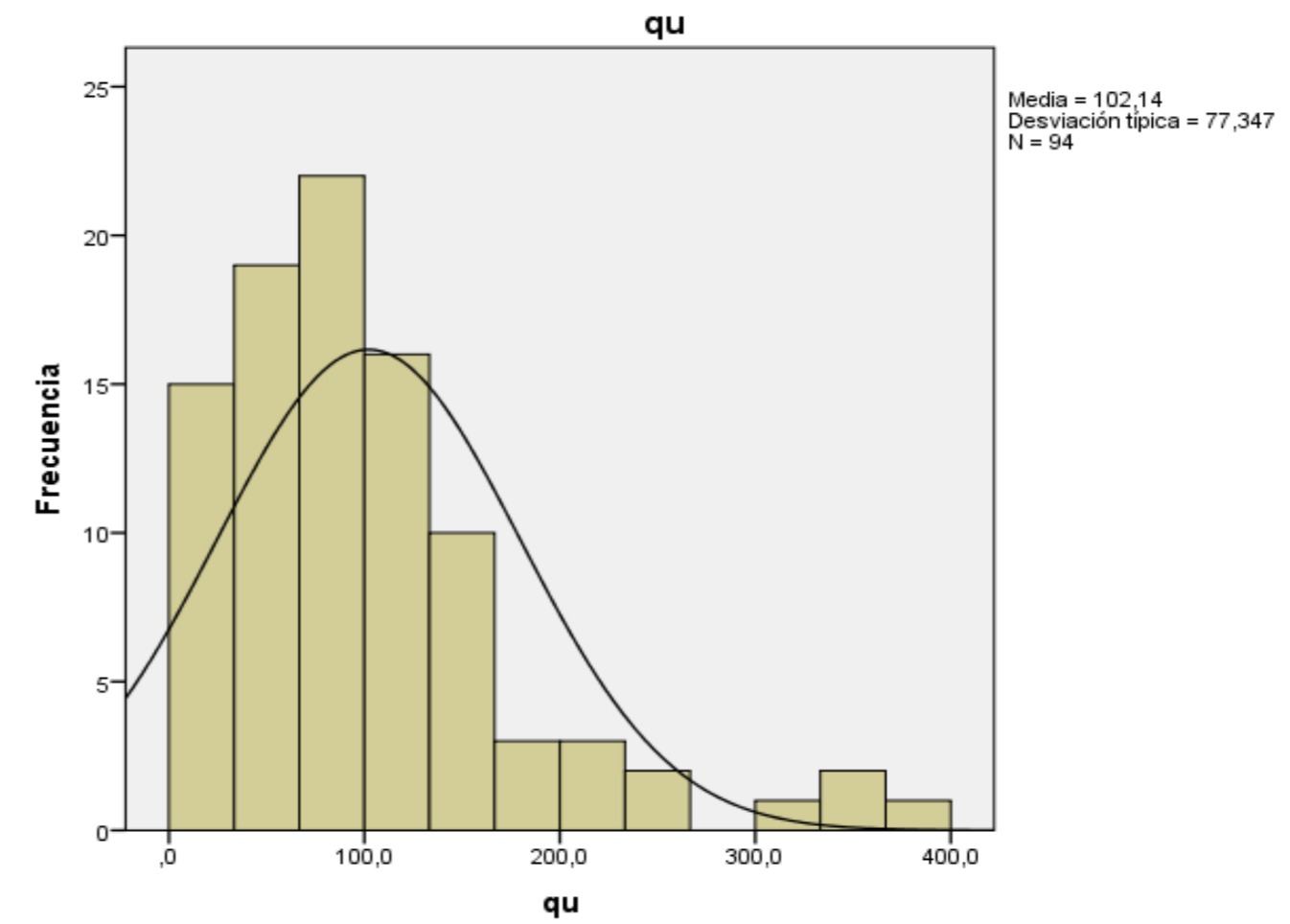
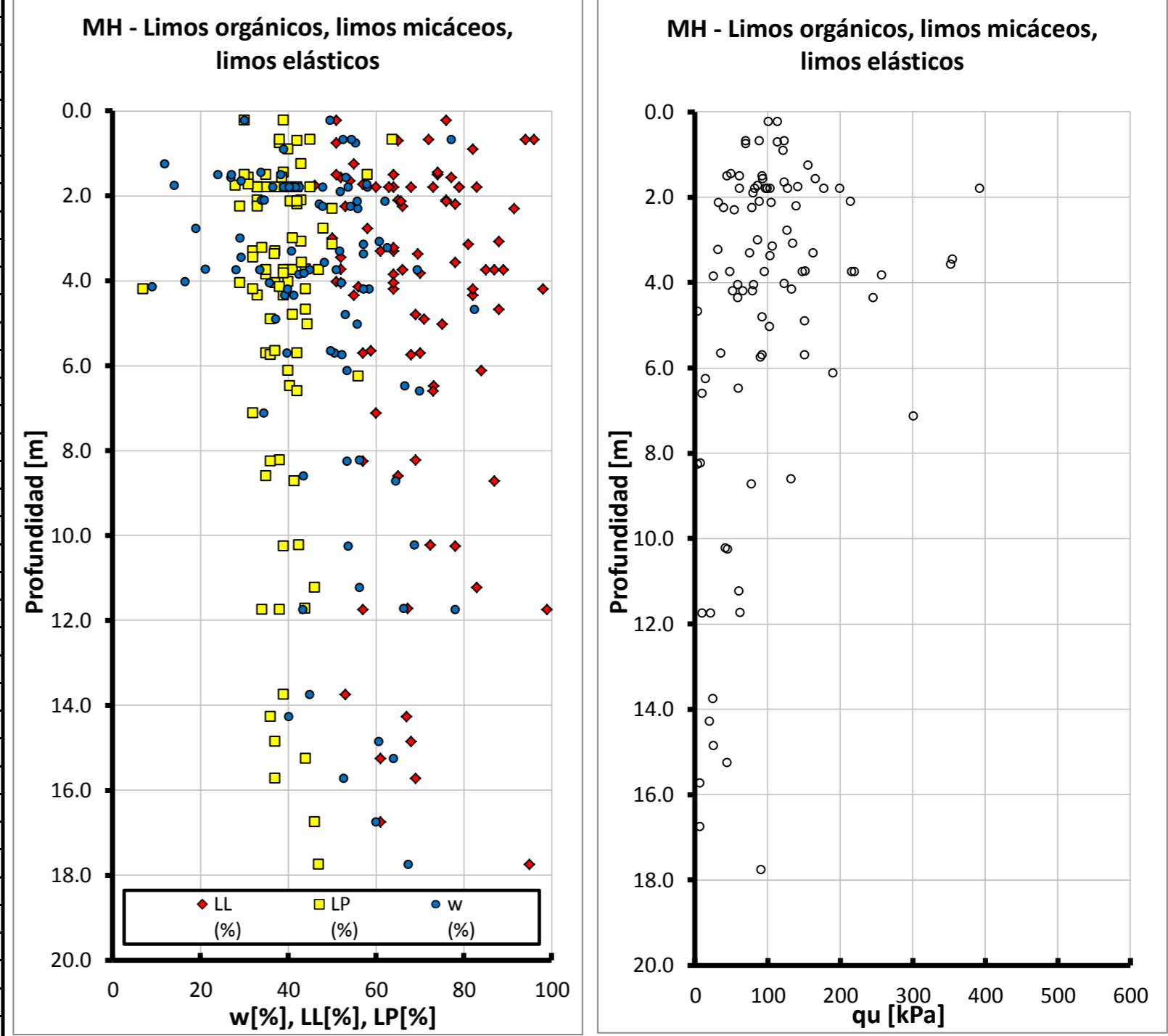
GC												Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q_u w_{nat} C. Inconfinaada (kPa)	
2119	1.80	24.5	18.91	33	22	45	49	27	22	GC	133.6	
2308	1.50	13.3	19.74	36	30	34	24	14	10	GC	85.0	
12723	4.33	8.3	19.10	44	42	14	37	16	21	GC	46.4	
16094	4.18	12.0	19.85	45	37	18	25	17	8	GC	37.9	
19339	25.10	9.1	19.27	42	31	27	34	18	16	GC	202.7	
19557	1.68	21.0	19.24	41	20	39	42	19	23	GC	12.0	
19766	2.48	23.2	19.10	41	25	34	55	21	34	GC	101.5	
20015	2.03	14.8	19.46	33	32	35	36	18	18	GC	224.6	
20345	0.93	17.9	21.98	37	35	28	37	21	16	GC	18.5	
Vmax				45.0	42.0	45.0	55.0	27.0	34.0	224.6		
Vmin				33.0	20.0	14.0	24.0	14.0	8.0	12.0		
σ				5	7	10	10	4	8	78		
Vest				39.1	30.4	30.4	37.7	19.0	18.7	95.8		
COV				0.12	0.24	0.32	0.27	0.20	0.41	0.81		

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



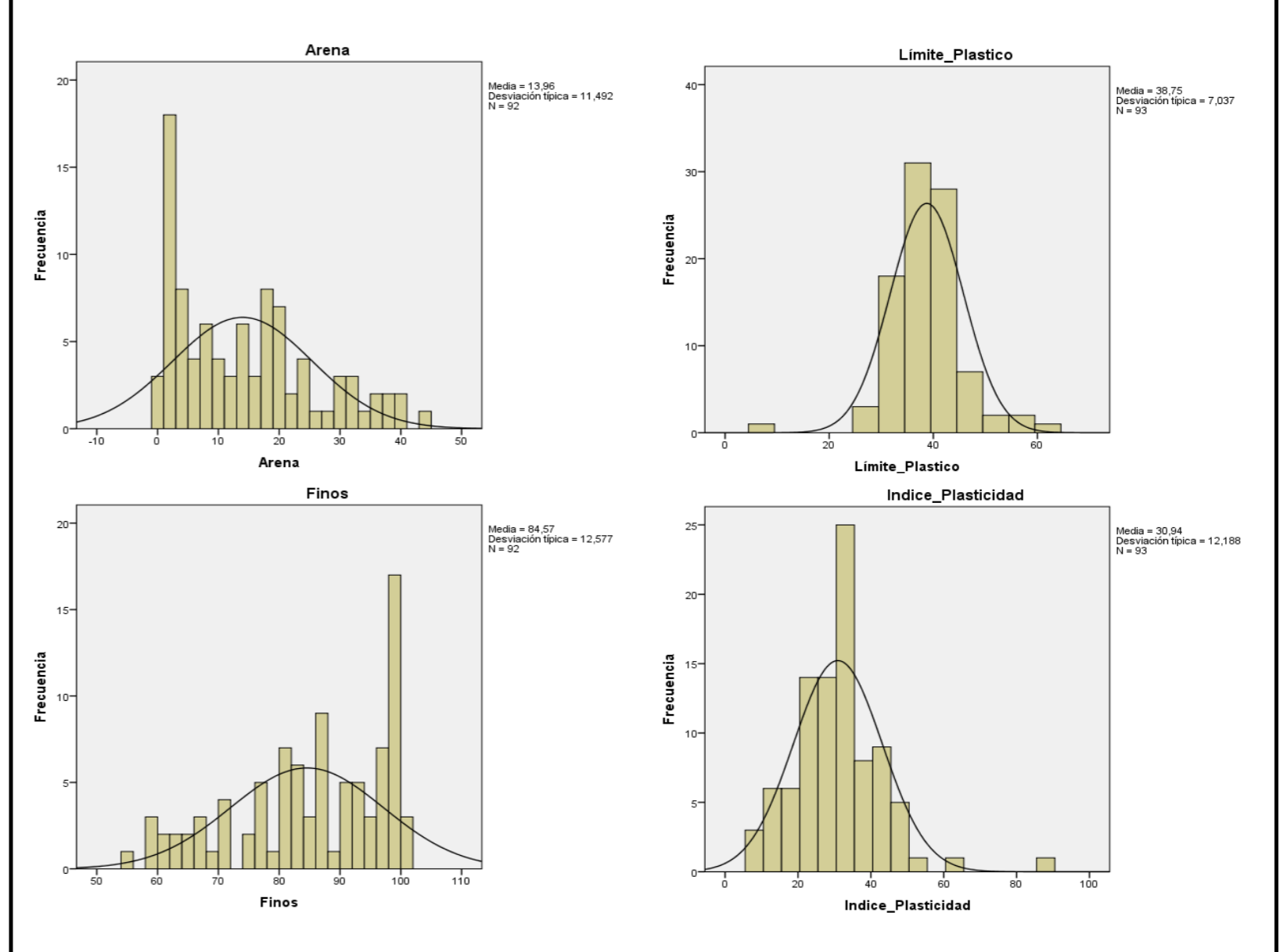
MH Limos inorgánicos, limos micáceos, limos elásticos											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu Wnat C. Inconfiada (kPa)
59	4.80	53.0	16.99	0	1	99	69	41	28	MH	92.5
100	5.70	50.6	16.41	0	1	99	70	35	36	MH	92.7
111	2.10	33.9	18.40	0	1	99	76	43	33	MH	214.6
126	1.65	29.3	19.67	2	31	67	54	31	23	MH	123.2
152	1.90	51.8	15.52							MH	79.8
222	4.35	39.2	17.97	1	17	82	82	39	43	MH	245.3
254	3.08	60.7	16.54	0	1	99	88	43	45	MH	134.8
258	5.75	52.2	16.75	0	2	98	68	36	32	MH	90.6
430	3.85	42.4	16.78	5	37	58	64	35	29	MH	25.2
524	4.35	41.3	20.10	1	39	60	55	33	22	MH	59.1
879	1.80	38.9	14.87	8	22	70	60	33	27	MH	60.9
914	1.58	26.9	20.32	13	20	67	52	31	21	MH	165.8
935	2.10	34.5	17.88	11	6	83	65	33	32	MH	88.3
1274	3.15	57.1	17.63	0	7	93	81	50	31	MH	106.2
1296	1.50	24.0	15.20	0	14	86	74	58	16	MH	44.0
1297	3.00	29.0	18.42	0	14	86	50	41	9	MH	86.0
1325	4.20	39.8	17.58	1	17	82	64	32	32	MH	79.6
1357	3.75	33.5	17.14	10	32	58	66	35	31	MH	95.5
1391	2.25	54.2	16.88	0	4	96	66	33	33	MH	78.2
1394	4.05	52.1	17.41	0	2	98	64	37	27	MH	59.3
1443	1.80	47.8	18.06	0	1	99	83	42	41	MH	199.4
1479	4.90	37.2	17.53	1	23	76	71	36	35	MH	151.3
1560	1.25	11.9	14.72	1	19	80	55	43	12	MH	156.0
1565	4.03	16.5	16.55	3	29	68	51	40	11	MH	123.0
1601	1.75	14.0	22.87	0	36	64	46	28	18	MH	142.0
1605	4.15	9.0	21.12	2	12	86	56	38	18	MH	133.0
1611	2.78	19.0	22.84	0	15	85	58	48	10	MH	127.0
1674	4.05	35.7	17.76	0	9	91	52	29	23	MH	80.7
1676	1.80	36.5	19.07	0	37	63	64	39	25	MH	392.8
1705	4.20	58.4	17.36	3	17	80	82	7	45	MH	51.8
1712	3.75	28.1	18.41	0	2	98	66	47	19	MH	219.9
1716	5.70	39.8	17.06	0	6	94	57	42	15	MH	151.4
1724	3.75	50.9	18.06	0	8	92	85	40	45	MH	148.3
1738	4.20	57.2	16.40	1	8	91	98	44	54	MH	66.3
1750	1.80	40.8	15.28	1	23	76	68	33	35	MH	97.0
1795	1.80	42.5	18.59	0	16	84	63	35	28	MH	127.4
1798	3.30	51.7	19.19	0	20	80	61	32	29	MH	75.4
1815	3.75	44.9	17.74	0	10	90	87	41	46	MH	216.1
1834	1.80	53.7	17.80	0	36	64	79	40	39	MH	82.3
1838	3.75	69.4	16.53	0	26	74	89	39	50	MH	48.2
1851	1.80	58.0	16.56	2	14	84	63	33	30	MH	99.9
1912	1.80	41.7	18.25	1	18	81	73	37	36	MH	103.2
1920	3.30	40.8	19.09	2	43	55	64	37	27	MH	162.9
1972	3.75	21.1	19.89	0	17	83	52	44	8	MH	152.1
10352	0.70		16.83	0	29	71	65	42	23	MH	113.4
15523	2.30	55.9	15.80	0	0	100	92	50	41	MH	54.0
15783	5.65	49.7	17.70				59	37	22	MH	35.3
15812	6.25	110.0	15.30	0	0	100	146	56	90	MH	14.7
17570	2.20	47.1	17.17	0	0	100	78	42	36	MH	139.3
17847	1.50	27.1	17.89	0	2	98	64	35	29	MH	92.8
17885	0.90	38.9	17.07	0	4	96	82	40	42	MH	121.6
17932	0.75	55.3	18.54	0	3	97	51	38	13	MH	70.2
18865	1.80	40.2	17.96	0	2	98	79	45	34	MH	178.0
18889	1.50	38.3	18.14	0	2	98	51	30	21	MH	61.2
18899	1.45	33.8	18.94	0	14	86	74	39	35	MH	49.9
18954	3.45	29.3	20.98	0	13	87	52	32	20	MH	354.6
19393	11.75	43.3	17.31	12	2	86	57	34	23	MH	21.6
19436	17.75	67.4	15.07	0	2	98	95	47	48	MH	91.1
19456	8.60	43.5	17.73	0	17	83	65	35	30	MH	132.2
19496	0.68	77.1	14.64	0	24	76	96	64	32	MH	122.9
19497	2.13	62.1	17.27	0	20	80	66	41	25	MH	104.7
19498	3.58	48.2	17.53	0	1	99	78	43	35	MH	352.5
19499	5.03	55.7	17.46	3	8	90	75	44	31	MH	103.0
19500	6.48	66.5	16.28	0	10	89	73	40	33	MH	60.1
19501	8.73	64.5	16.53	0	8	92	87	41	46	MH	77.9
19502	10.23	68.7	16.55	4	15	81	72	42	30	MH	41.5
19503	11.73	66.3	16.88	1	14	86	67	44	23	MH	62.2
19514	11.75	78.1	17.77	0	3	97	99	38	61	MH	9.3
19524	8.23	56.3	15.85	0	4	96	69	38	31	MH	7.3
19530	0.23	49.5	16.37	0	8	92	76	39	37	MH	113.3
19531	0.68	54.4	16.61	0	4	96	94	45	49	MH	70.2
19532	2.13	55.7	17.40	2	12	86	76	42	34	MH	32.4
19537	10.25	53.7	17.28	1	12	87	78	39	39	MH	44.8
19539	14.85	60.6	16.79	0	9	91	68	37	31	MH	25.1
19564	3.23	62.6	15.39	0	30	70	64	34	30	MH	31.5
19565	4.68	82.5	13.41	0	39	61	88	44	44	MH	3.4
19573	1.73	57.9	16.76	0	33	67	57	31	26	MH	86.5
19577	6.13	53.4	16.81	0	2	98	84	40	44	MH	190.5
19582	13.75	44.9	17.82	6	31	63	53	39	14	MH	24.4
19583	15.25	64.0	16.25	0	2	98	61	44	17	MH	44.2
19584	16.75	60.0	15.67	0	6	94	61	46	15	MH	6.3
19617	6.60	69.9	16.33	0	18	82	73	42	31	MH	10.0
19630	3.83	43.6	16.27	0	3	97	70	39	31	MH	257.7
19633	8.25	53.4	16.12	0	2	98	57	36	21	MH	3.8
19636	11.23	56.2	15.38	0	2	98	83	46	37	MH	60.4
19639	14.28	40.1	16.97	0	6	94	67	36	31	MH	20.3
19641	15.73	52.6	15.50	4	4	92	69	37	32	MH	6.7
19685	2.25	47.8	18.45	0	24	76	53	29	24	MH	39.8
19773	7.13	34.4	18.51	2	28	70	60	32	28	MH	301.4
19828	0.68	52.5	16.61	3	20	77	72	38	35	MH	88.4
19830	1.58	53.2	16.44	3	19	78	77	39	39	MH	93.3
19834	3.38	57.2	16.69	4	22	74	70	37	33	MH	103.2
20932	0.225	30.1	17.15	0	20	80	51	30	21	MH	101.1
Vmax				13.0	43.0	100.0	146.0	63.7	90.0		392.8
Vmin				0.0	0.0	55.0	46.0	7.0	8.0		3.4
σ				3	12	12	15	7	12		78
Vest				5.0	14.0	84.6	70.0	38.8	30.9		102.1
COV				0.53	0.83	0.15	0.21	0.18	0.40		0.76

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



MH	Limos inorgánicos, limos micáceos, limos elásticos										
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	YHUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	QU What C. Inconfinada (kPa)	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA
----	----------------	--------------	------------------------------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	------	------------------------------	----------------------------

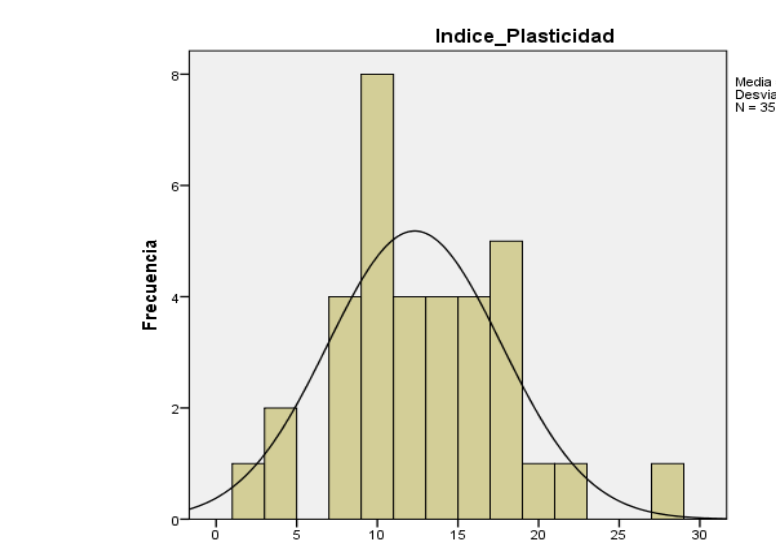
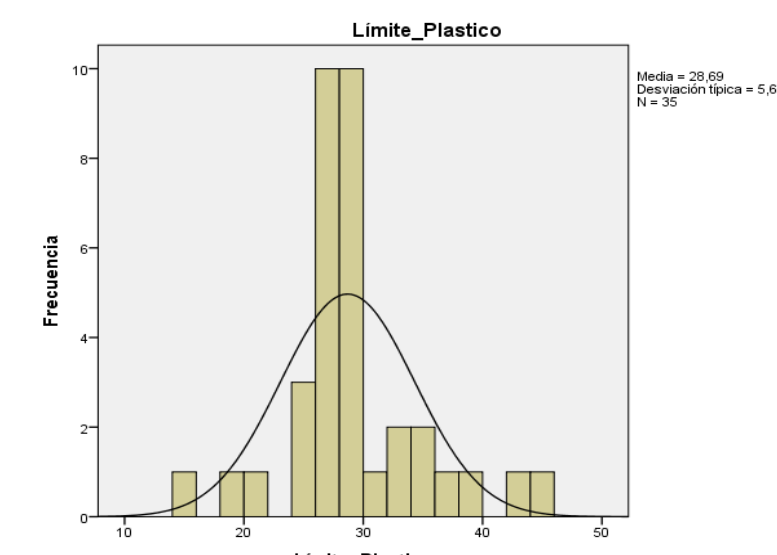
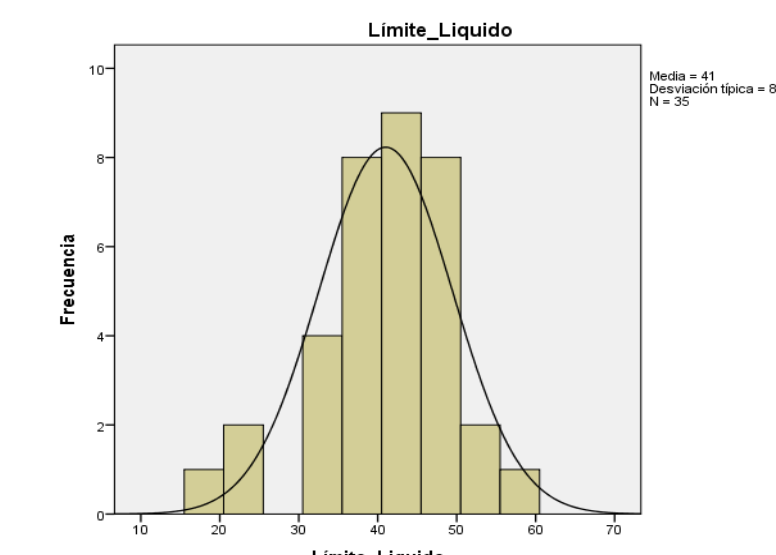
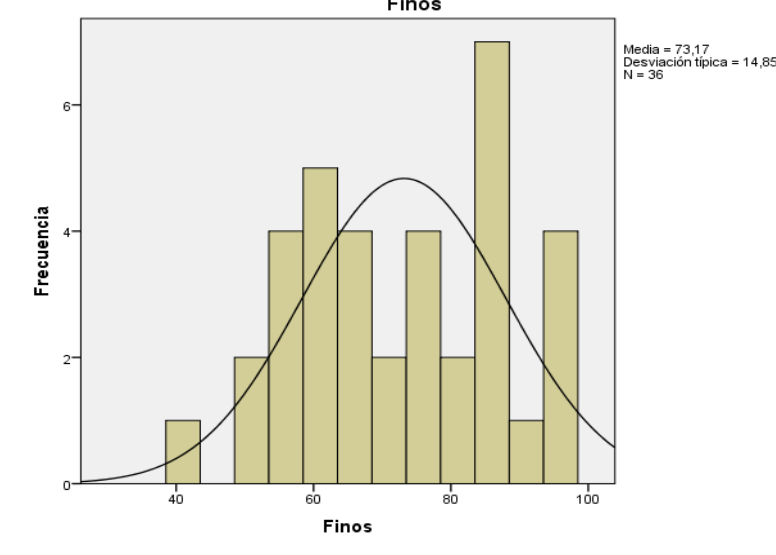
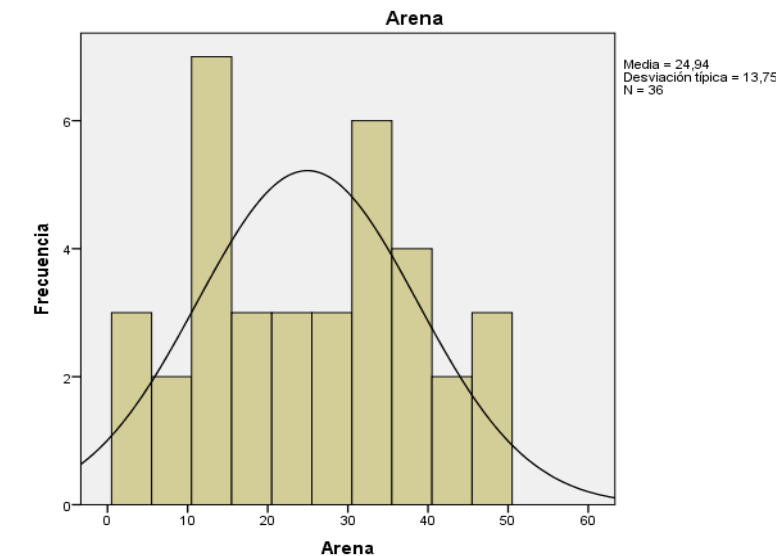
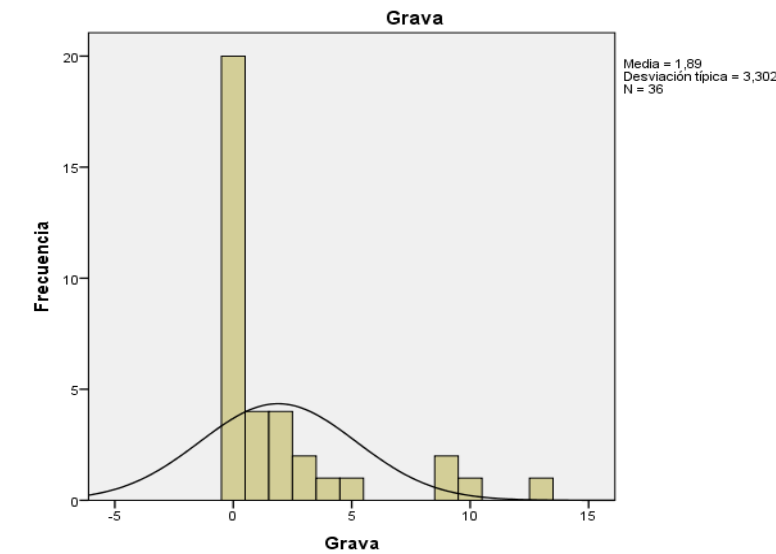
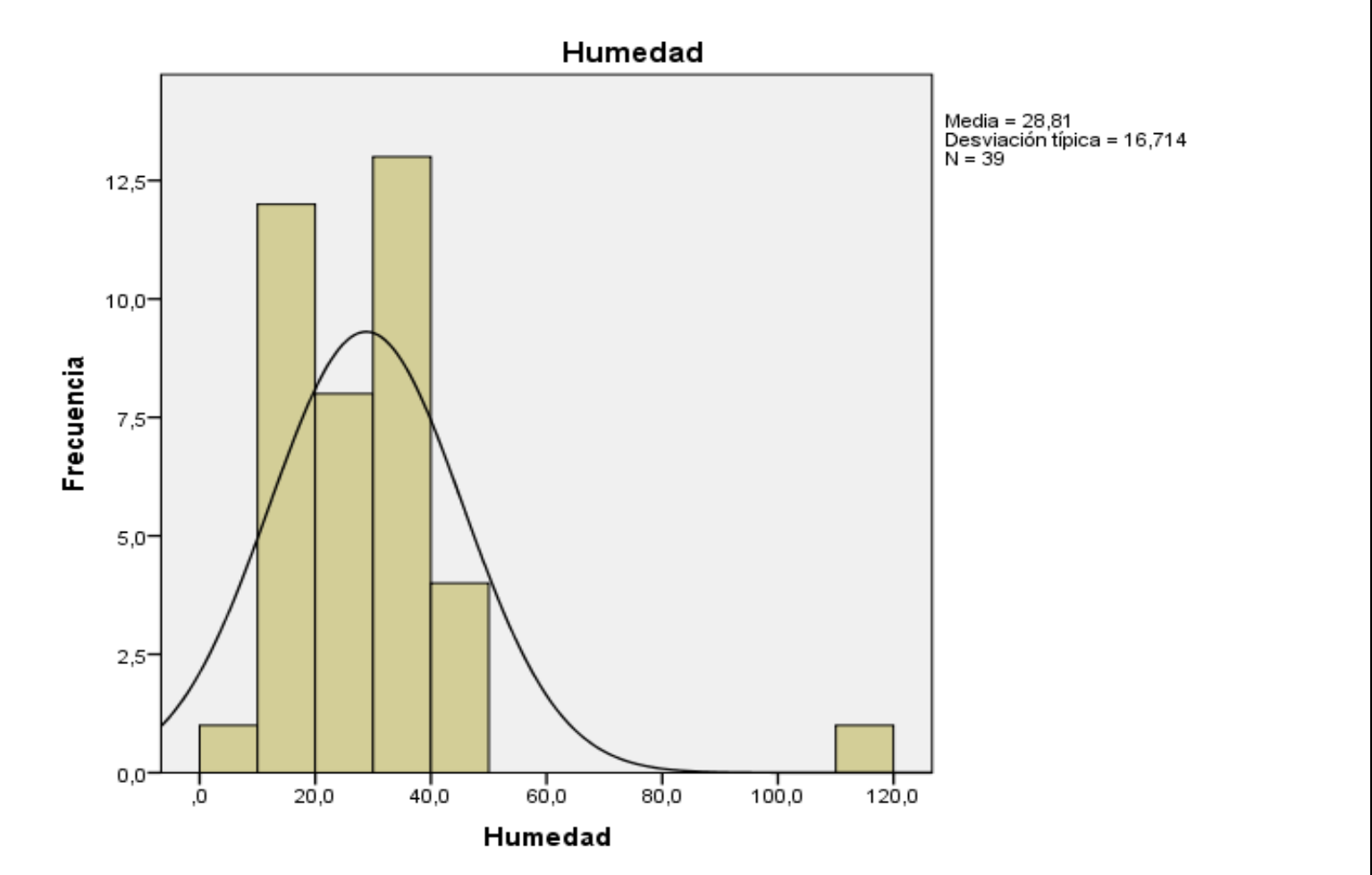
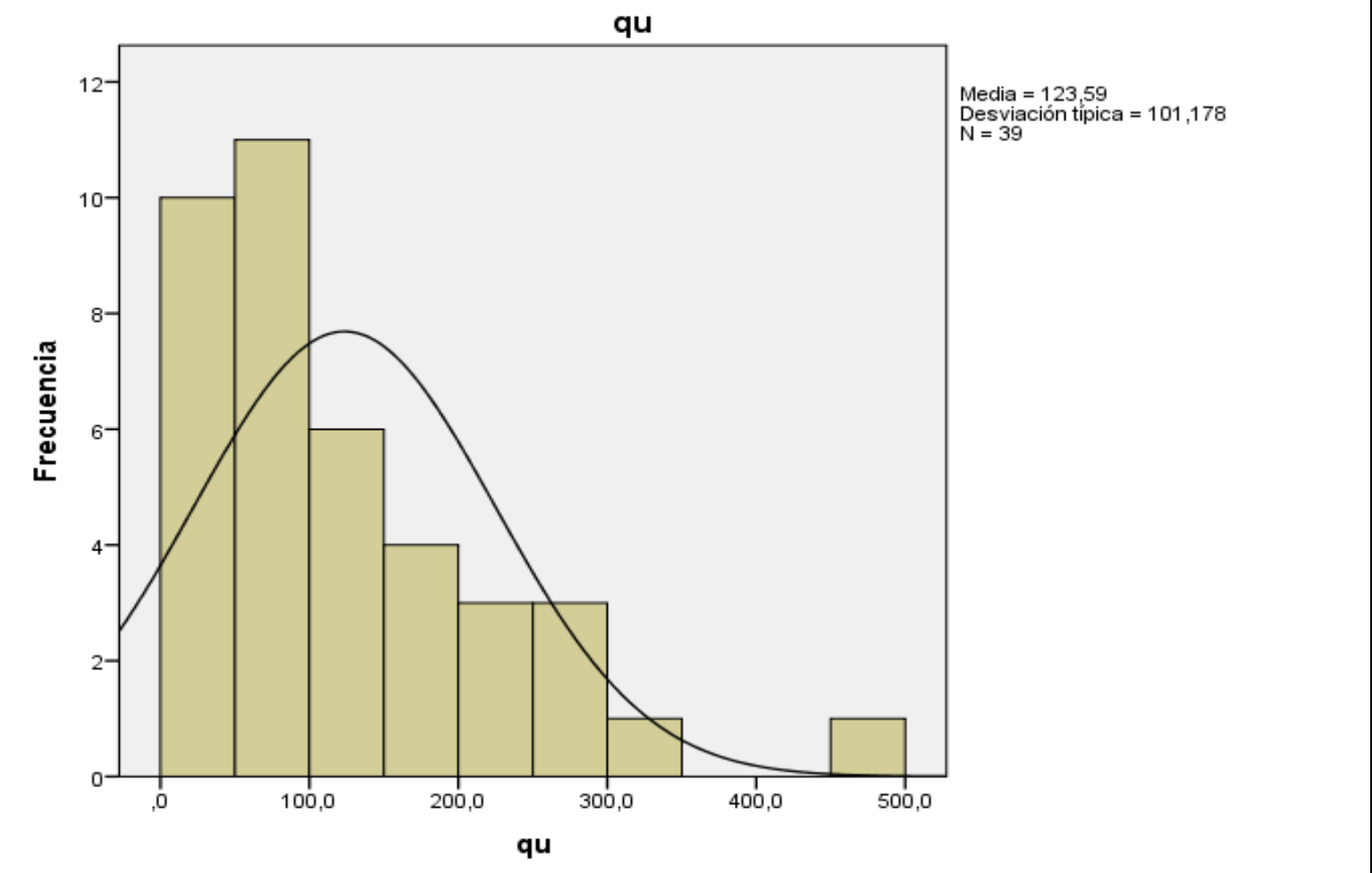
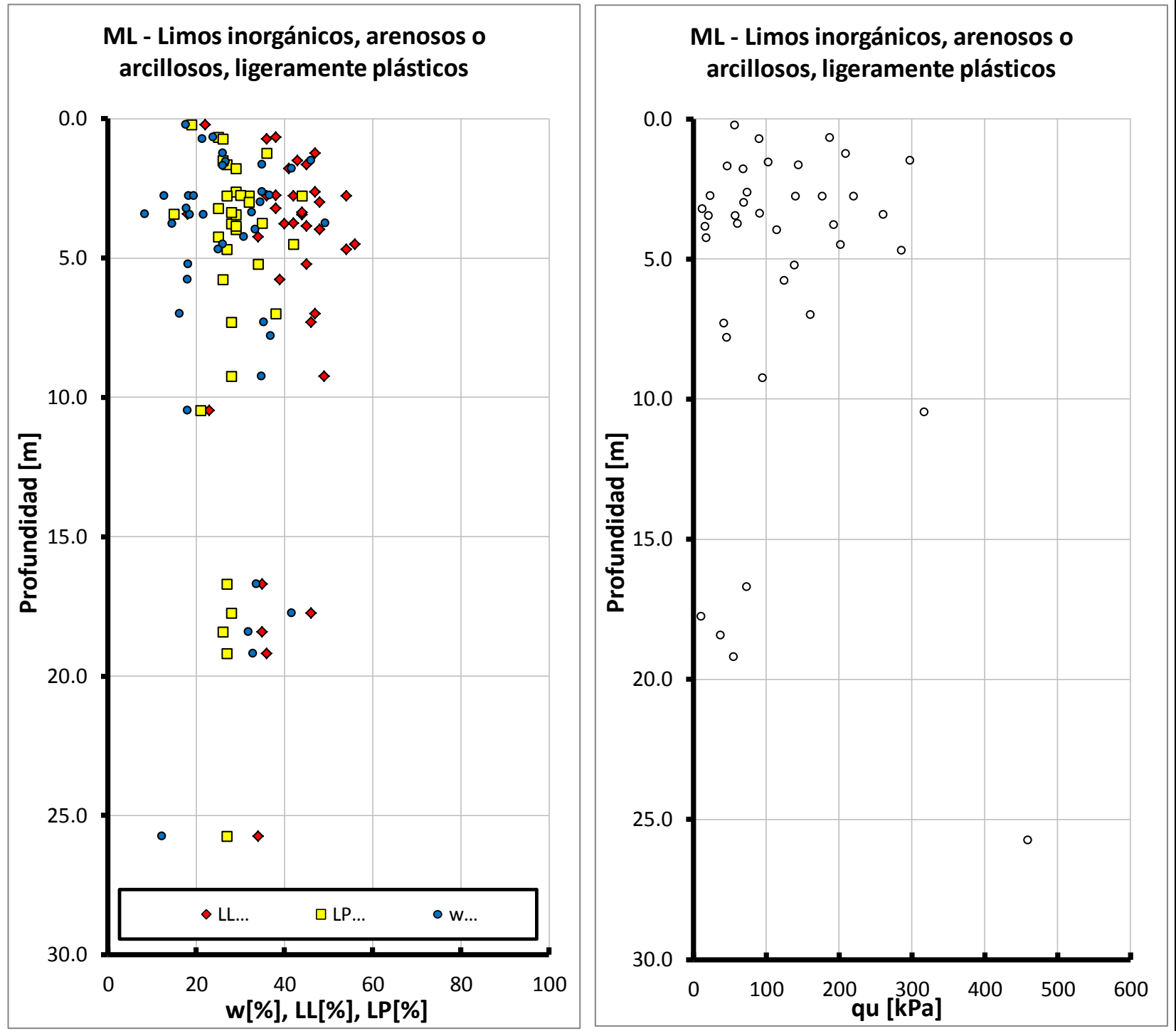


ML Limos inorgánicos, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos

ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu wnat C. Inconfiada (kPa)
79	3.98	33.4	18.62	3	20	77	48	29	19	ML	115.4
140	1.65	35.0	18.14	0	3	97	45	27	18	ML	144.7
506	3.45	18.6	18.84							ML	57.8
607	2.63	35.0	19.10	0	22	78	47	29	18	ML	74.3
1563	2.78	12.7	15.28	2	31	67	54	44	10	ML	141.0
1567	5.78	18.0	15.52	5	33	62	39	26	13	ML	125.0
1591	1.50	46.0	18.94	2	4	94	43	26	17	ML	298.0
1593	4.50	26.0	17.48	0	34	66	56	42	14	ML	203.0
1683	1.80	41.7	17.04	1	11	88	41	29	12	ML	69.0
1943	2.78	18.3	23.30	0	40	60	36	27	9	ML	177.5
1950	2.78	19.4	28.20	0	41	59	42	32	10	ML	220.7
1974	5.23	18.2	15.82	2	40	58	45	34	11	ML	139.3
1976	7.00	16.2	14.58	2	41	57	47	38	9	ML	160.9
2056	1.25	26.0	25.62	0	32	68	47	36	11	ML	209.9
2061	3.78	14.5	27.46	0	12	88	40	28	12	ML	193.3
2531	3.43	8.4	19.65	0	49	51	18	15	3	ML	261.1
3427	0.68	23.8	17.59	0	10	90	38	25	13	ML	187.9
4609	1.55	26.7	19.12							ML	103.4
5178	25.75	12.2	21.59	0	40	60	34	27	7	ML	460.0
6452	0.23	17.7	19.00	13	32	55	22	19	3	ML	57.3
8012	10.48	18.0	22.20	1	14	85	23	21	2	ML	317.7
10210	3.45	21.6	16.66	0	29	71	44	29	15	ML	21.4
10617	16.70	33.7	16.67	0	12	88	35	27	8	ML	74.1
10619	19.20	32.9	16.02	0	13	87	36	27	9	ML	55.6
10769	1.70	26.0	22.00	0	47	53				ML	47.0
11094	0.73	21.4	18.83	1	22	77	36	26	10	ML	91.1
15781	3.85	111.1	14.90	0	6	94	45	29	16	ML	16.7
15785	7.80	36.9	18.00	0	27	73				ML	46.1
15806	2.75	36.6	18.70	0	13	87	38	30	8	ML	23.5
16458	18.43	31.8	18.37	0	24	76	35	26	9	ML	38.1
17574	4.70	25.0	18.49				54	27	27	ML	286.0
18854	3.23	17.8	17.04	10	26	64	38	25	13	ML	12.7
18933	3.00	34.5	17.46	1	15	84	48	32	16	ML	69.7
19079	7.30	35.3	19.48	4	16	80	46	28	18	ML	42.6
19386	4.25	30.8	21.38	0	37	63	34	25	9	ML	18.1
19397	17.75	41.6	14.79	0	3	97	46	28	18	ML	11.3
19688	3.75	49.3	19.06	3	16	81	42	35	7	ML	61.2
19732	9.25	34.8	17.95	9	33	58	49	28	21	ML	95.9
20654	3.375	32.6	18.27	9	50	41	44	28	16	ML	91.7

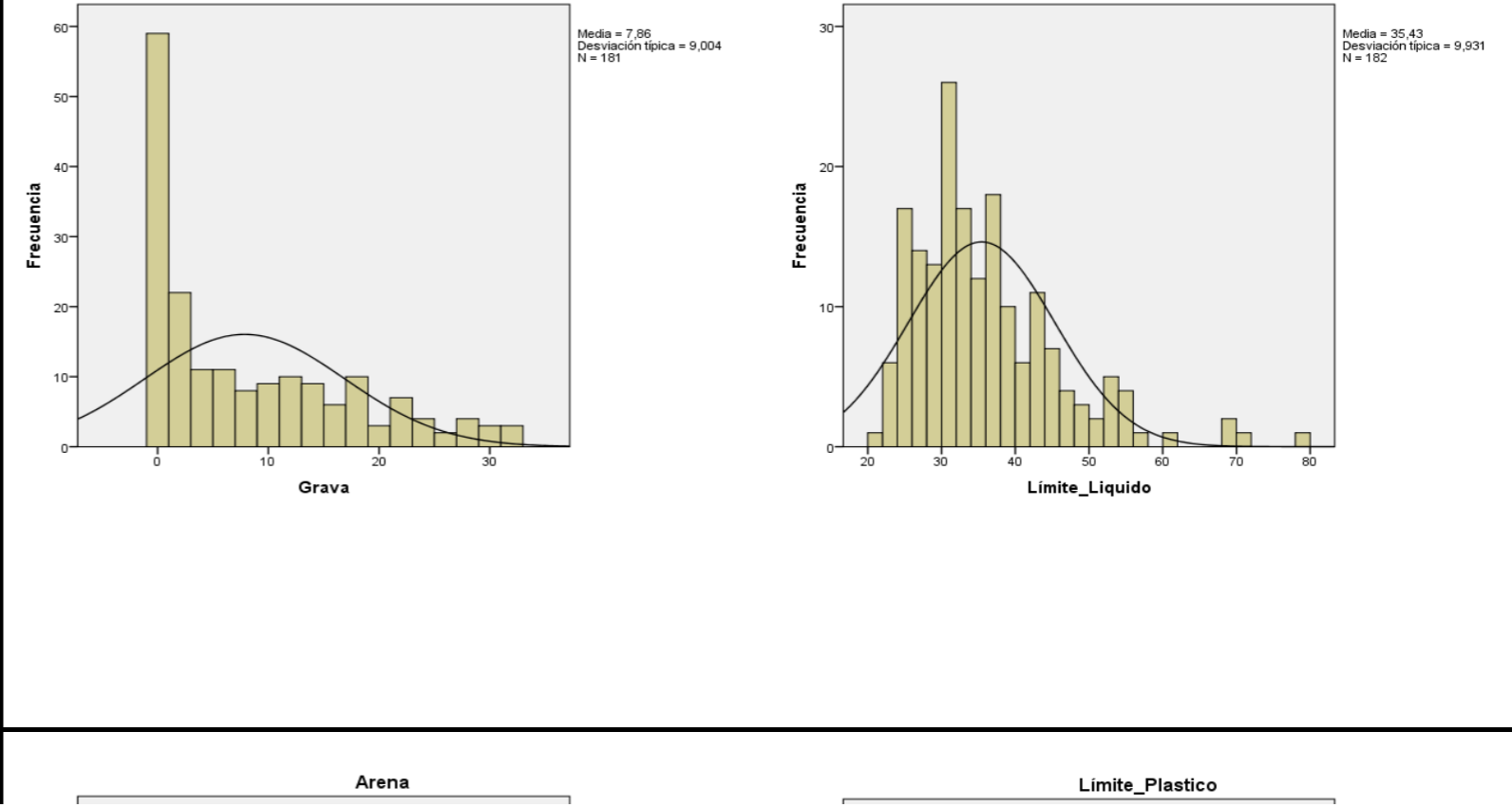
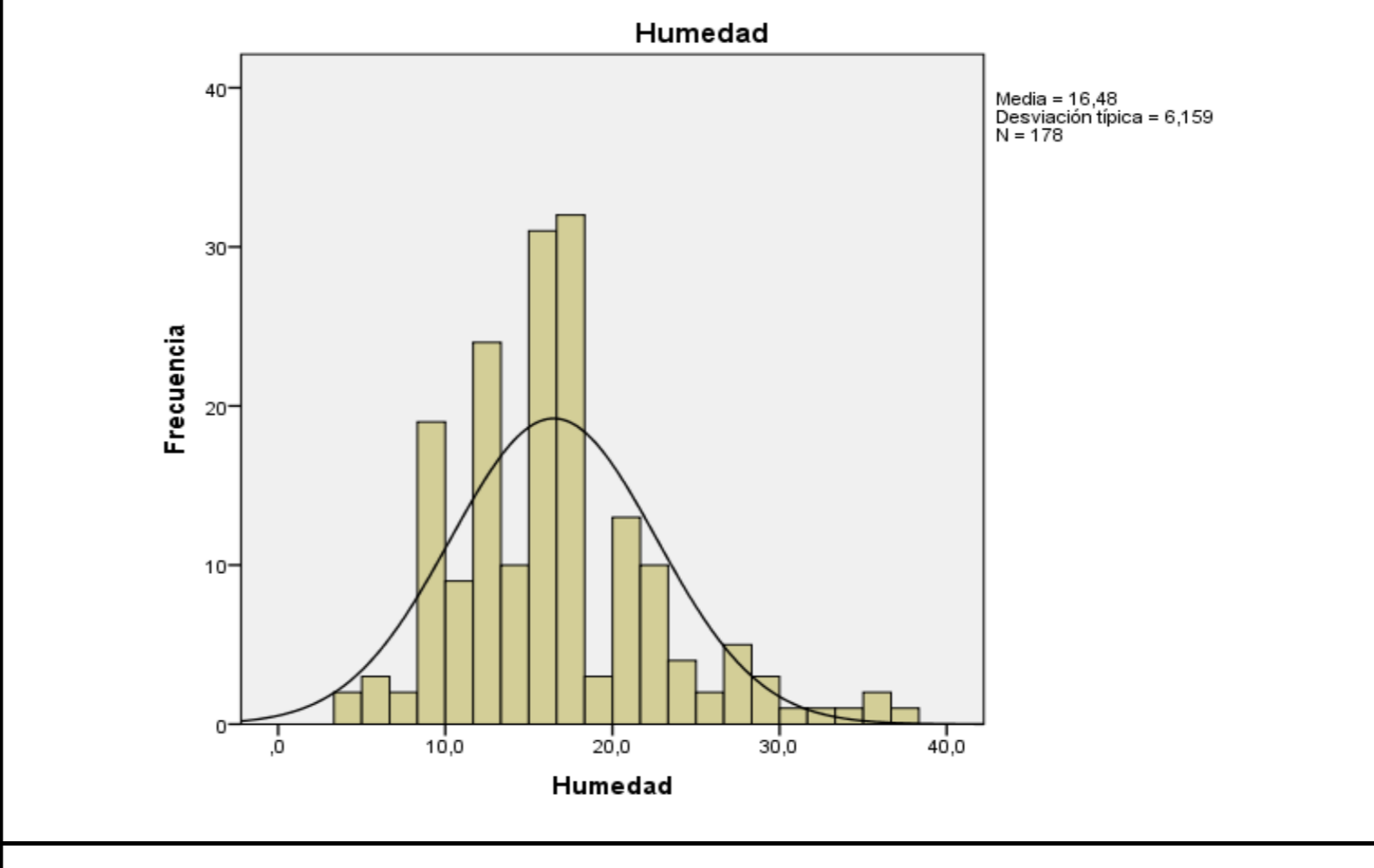
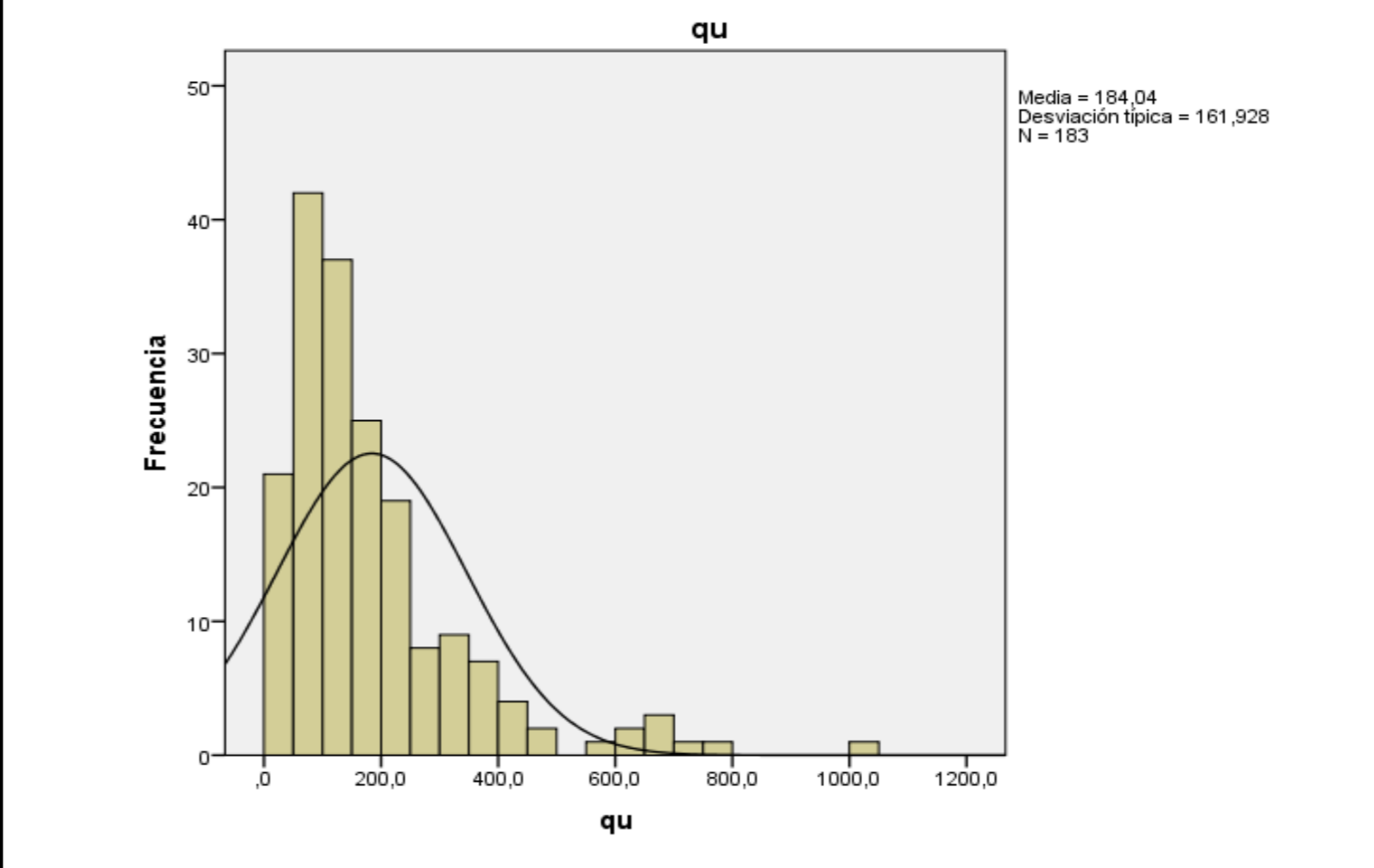
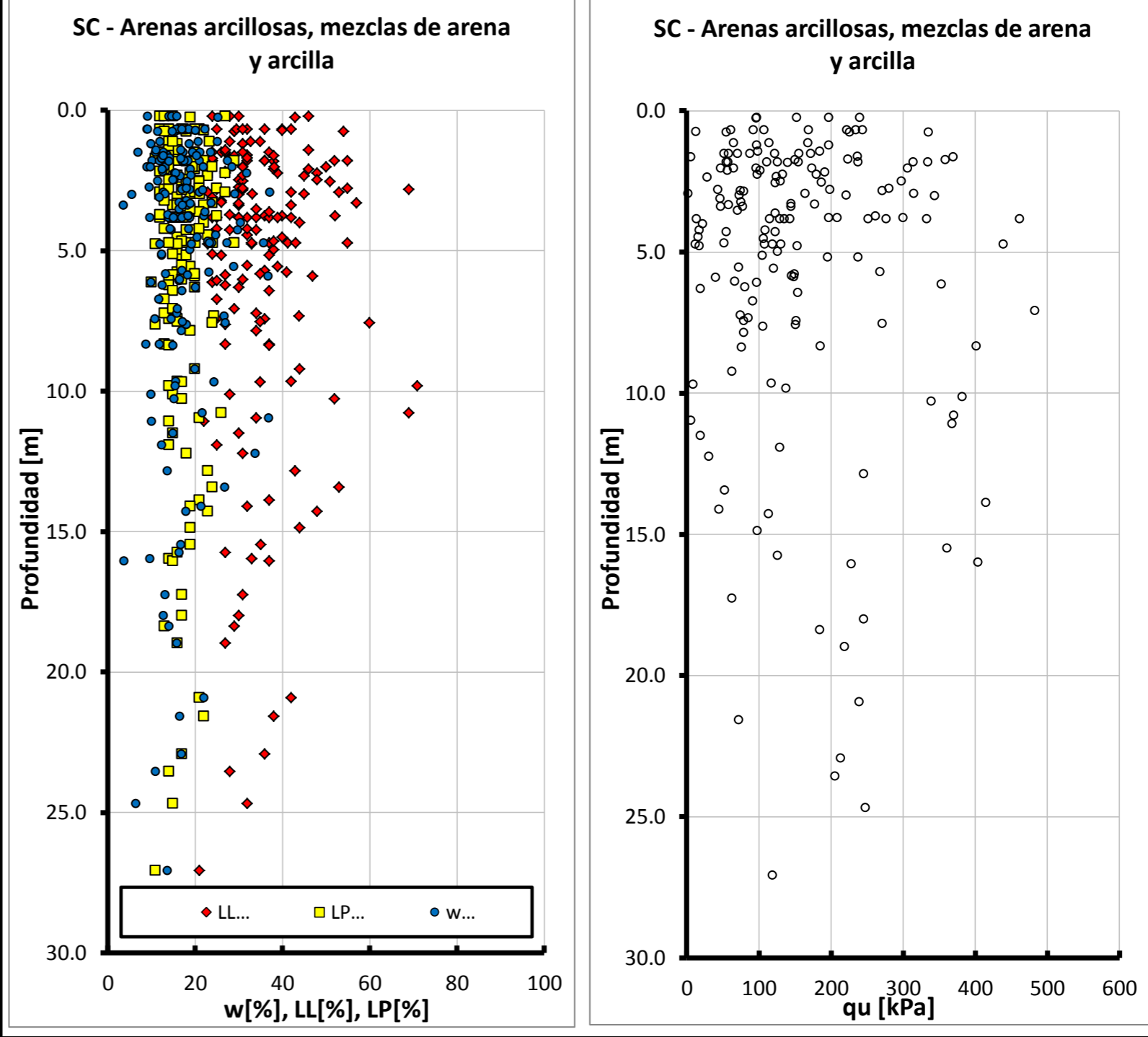
Vmax	13.0	49.8	97.0	56.0	44.0	27.0	460.0
Vmin	0.0	3.0	40.9	18.0	15.0	2.0	11.3
σ	3	14	15	8	6	5	101
Vest	5.0	24.9	73.2	41.0	28.7	12.3	123.6
COV	0.66	0.55	0.20	0.21	0.20	0.44	0.82

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



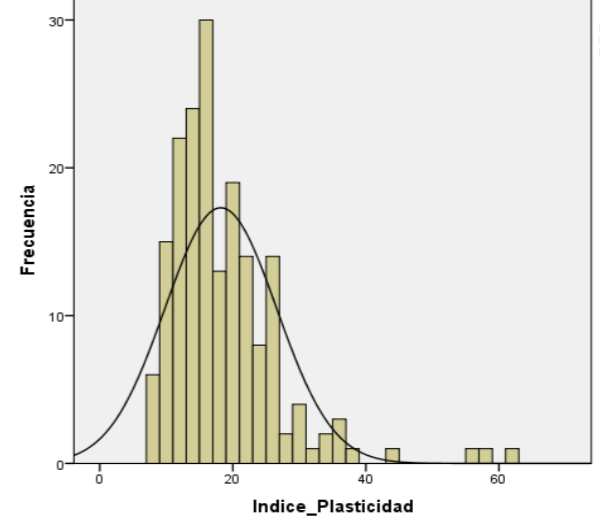
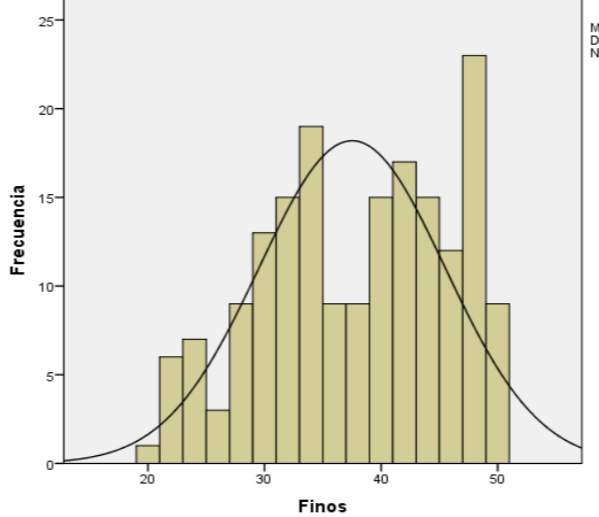
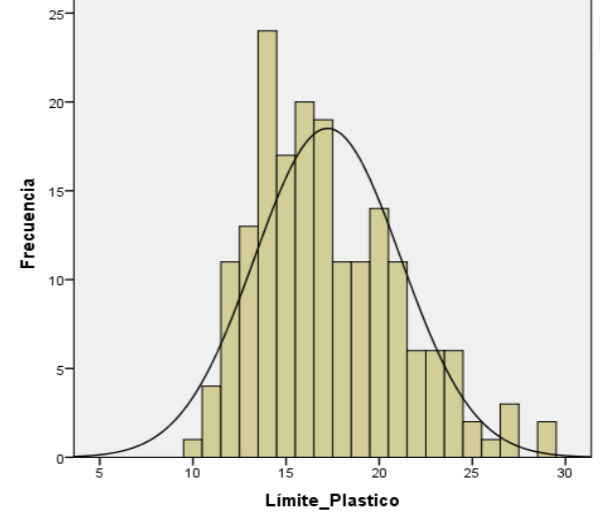
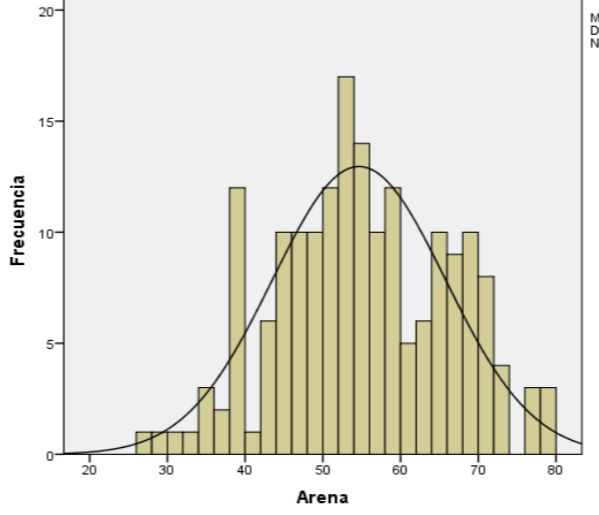
ID	PROF. PROMEDIO	w (%)	YHUMEDA (kN/m³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu wnat C Inconfina (kPa)
490	5.90	36.7	19.25	18	34	48	47	20	27	SC	39.9
951	0.75	11.5	22.11	17	50	33	29	18	11	SC	55.2
955	1.80	17.0	19.61	28	34	38	32	20	12	SC	57.5
1630	3.30	23.7	20.21	14	38	48	57	24	33	SC	177.7
1783	2.25	31.9	18.37	5	64	31	48	27	21	SC	133.1
1879	1.80	21.0	20.68	0	73	27	36	20	16	SC	111.1
1899	2.25	15.3	19.95	7	59	34	39	23	16	SC	180.4
1932	2.78	17.0	22.40	2	52	46	55	25	30	SC	199.1
1934	3.78	18.7	20.20	6	58	36	40	25	15	SC	209.0
1952	3.78	22.0	24.80	0	51	49	36	22	14	SC	197.2
1963	2.35	16.6	21.06	22	46	32	45	23	22	SC	28.8
1966	4.00	30.4	18.17	2	49	49	44	22	22	SC	22.5
1994	1.80	18.5	19.95	25	27	48	36	22	14	SC	314.7
2076	2.25	15.6	20.46	0	78	22	27	19	8	SC	97.7
2113	1.80	27.4	18.99	14	38	48	55	29	26	SC	125.8
2140	2.10	18.9	21.28	14	39	47	46	20	26	SC	56.6
2254	3.00	5.5	20.42	0	58	42	30	12	18	SC	343.7
2362	1.50	6.9	15.76	2	65	33	26	12	14	SC	52.0
2370	1.50	10.9	19.85	0	70	30	24	12	12	SC	172.0
2532	4.78	12.0	21.10	0	69	31	23	11	12	SC	153.7
2533	6.13	9.9	19.97	0	68	32	24	10	14	SC	353.7
2879	1.20	9.9	18.40	1	58	41	31	14	17	SC	197.0
2996	1.60	13.7	21.48	6	51	43	32	14	18	SC	236.9
3025	1.80	10.2	21.47	3	70	27	22	13	9	SC	334.6
3026	1.80	13.5	20.05	4	55	41	52	14	38	SC	238.2
3032	1.80	11.9	21.38	4	64	32	36	15	21	SC	155.0
3033	2.75	9.5	20.63	3	69	28	30	17	13	SC	280.5
3038	1.80	17.5	21.76	0	53	47	24	16	8	SC	55.3
3207	1.20	18.7	17.97	3	62	35	31	16	15	SC	97.0
3297	7.43	14.5	22.08	18	49	33	36	16	20	SC	79.3
3375	3.38	3.6	18.15	9	66	25	30	15	15	SC	145.1
3449	9.65	15.6	21.20	0	53	47	42	16	26	SC	117.5
3692	1.70	14.2	21.28	0	54	46	32	12	20	SC	224.0
3878	1.50	23.6	19.55	0	52	48	27	14	13	SC	58.0
3902	1.50	17.2	19.75	0	52	48	31	16	15	SC	122.0
3941	1.50	21.1	19.87	1	52	47	37	20	17	SC	88.0
3949	1.50	12.7	19.64	1	55	44	24	12	12	SC	156.0
4676	1.50	19.4	20.72							SC	70.4
5169	14.28	17.9	18.42	0	56	44	48	23	25	SC	113.8
5348	2.03	13.1	18.00	0	70	30	31	14	17	SC	47.4
5350	3.23	18.0	22.19	0	71	29	26	13	13	SC	75.3
5703	0.75	15.4	20.44	12	49	39	54	18	36	SC	226.2
6599	3.83	9.6	19.46	9	58	33	37	17	20	SC	461.8
7646	2.93	12.7	20.55	3	57	40	23	12	11	SC	315.0
7659	2.83	18.8	20.98	0	57	43	25	13	12	SC	74.8
7830	27.08	13.7	18.25	0	61	39	21	11	10	SC	118.9
7876	7.43	10.8	15.21	0	52	48	25	14	11	SC	151.7
7878	8.33	8.7	21.77	11	62	27	27	13	14	SC	401.9
7883	11.93	12.4	18.25	0	65	35	25	14	11	SC	129.2
7889	15.98	9.7	20.46	2	66	32	33	14	19	SC	404.0
8004	3.28	16.4	25.14	6	48	46	26	17	9	SC	144.9
8026	3.38	18.3	22.06	20	45	35	30	22	8	SC	77.7
8027	4.28	14.6	26.18	17	42	41	28	20	8	SC	122.9
8028	5.18	12.3	26.93	30	45	25	26	17	9	SC	195.9
8058	7.23	15.9	20.48	0	69	31	34	13	21	SC	74.5
8075	2.03	9.0	21.10	0	66	34	23	14	9	SC	173.5
8077	3.83	16.9	20.06	1	54	45	32	16	16	SC	115.0
8083	8.33	11.9	21.02	2	68	30	37	13	24	SC	185.8
8084	10.13	9.9	19.85	0	66	34	28	15	13	SC	382.4
8100	3.83	16.1	21.89	9	46	45	34	17	17	SC	251.5
8111	2.48	15.2	21.80	1	62	37	30	14	16	SC	130.3
8113	3.83	15.1	20.40	1	63	36	24	15	9	SC	143.6
8133	5.70	17.0	22.00	0	51	49	36	17	19	SC	268.0
8136	7.08	16.0	22.00	3	51	46	29	15	14	SC	483.0
8713	13.88		19.40	0	57	43	37	21	16	SC	415.0
9103	23.55	11.0	21.00	15	38	47	28	14	14	SC	206.0
9259	0.23	14.0	20.00	10	56	34	30	12	18	SC	197.0
9278	0.68	9.0	18.00	0	52	48	40	17	23	SC	222.0
9367	1.83	14.0	19.93	9	53	38	38	18	20	SC	139.8
9371	3.63	22.3	19.37	0	68	32	37	21	16	SC	123.1
9373	4.53	20.5	19.96	0	71	29	40	16	24	SC	106.4
9374	4.98	18.8	19.66	0	77	23	38	16	22	SC	126.4
9391	2.98	13.2	20.59	26	35	39	45	19	26	SC	221.2
9403	8.38	14.9	21.36	1	78	21	37	14	23	SC	76.4
9412	2.48	15.0	20.46	32	38	30	48	18	30	SC	297.8
9413	2.93	21.0	19.42	0	53	47	42	20	22	SC	164.5
9450	9.83	15.5	20.59	11	56	33	71	14	57	SC	137.9
9456	2.18	12.6	20.96	0	59	41	27	12	15	SC	191.7
9464	5.78	23.2	20.75	1	50	49	41	16	25	SC	149.2
9476	1.73	12.3	21.05	5	47	48	24	11	13	SC	359.3
9639	0.68	9.2	18.82	0	60	40	32	12	20	SC	243.7
9692	0.23	14.7	20.82	2	54	44	28	13	15	SC	152.6
9693	0.68	15.7	19.73	0	53	47	25	14	11	SC	234.8
9694	1.13	20.8	19.51	0	67	33	28	14	14	SC	114.7
9735	24.68	6.4	21.04	0	52	48	32	15	17	SC	248.0
10053	0.75	14.8	20.22	0	65	35	29	13	16	SC	335.5
10056	1.73	16.8	20.18	0	50	50	28	14	14	SC	150.4
10065	5.88	18.3	21.13	0	62	38	27	15	12	SC	149.0
10109	6.08	16.4	20.48	0	66	34	25	14	11	SC	97.0
10128	16.05	3.7	21.16	0	69	31	37	15	22	SC	228.7
10212	4.45	24.8	17.92	0	72	28	32	23	9	SC	16.1
10332	1.63	12.8	21.32	0	77	23	29	14	15	SC	369.9
10333	2.53	11.5	21.15	28	50	22	31	21	10	SC	187.1
10816	0.23	9.1	19.99	0	58	42	24	15	9	SC	239.8
11147	9.23	20.0	19.91	9	52	39	44	20	24	SC	63.0
11165	17.25	13.1	20.34	11	65	24	31	17	14	SC	62.8
11175	21.58	16.5	20.87	0	70	30	38	22	16	SC	72.3
11178	22.93	16.9	21.36	2	67	31	36	17	19	SC	213.3
11192	3.83	13.9	20.19	3	68	29	30	15	15	SC	129.0
11212	12.85	13.7	21.09	0	58	42	43	23	20	SC	245.8
11220	18.00	12.7	21.09	10	58	32	30	17	13	SC	245.8
11334	1.43	11.1	16.91	18	54	28	27	16	11	SC	98.7
11336	2.33	19.1	20.11	2	51	47	31	16	15	SC	124.9
11401	1.43	16.7	20.14	14	45	41	46	14	32	SC	184.5
11466	3.83	17.0	19.19	0	55	45	30	15	15	SC	135.4
12679	4.23	14.3	23.00	4	56	40	25	13	12	SC	109.2
12681	5.13	12.3	24.20	18	47	35	24	15	9	SC	104.9
12684	6.23	12.5	21.39	16	51	33	27	14	13	SC	80.6
13003	3.83	18.8	21.46	0	56	44	25	12	13	SC	333.3
13096	4.73		19.40	0	66	34	37	18	19	SC	439.0
13097	5.18		17.30	0	67	34	37	18	19	SC	238.0
13118	14.88		17.40	0	50	50	44	19	25	SC	98.0
13264	7.63	18.0	21.00	16	38	46	27	11	16	SC	106.0
13500	20.93	22.0	20.10	0	52	48	42	21	21	SC	239.0

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



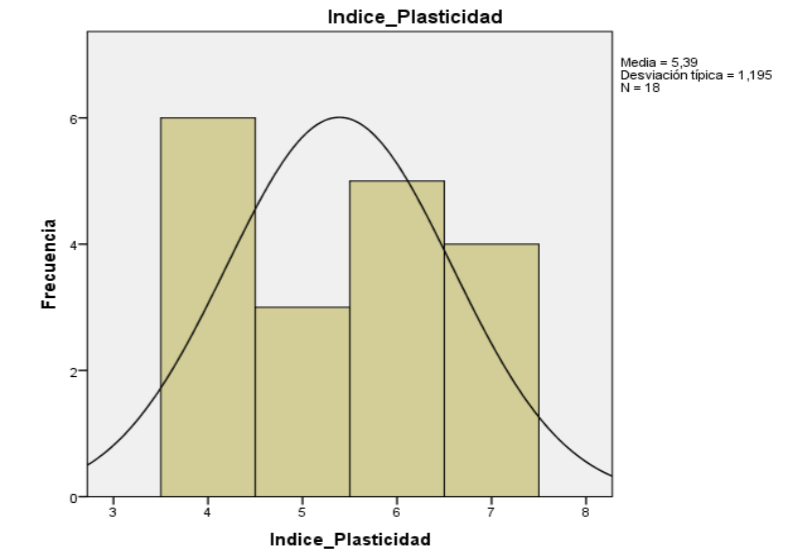
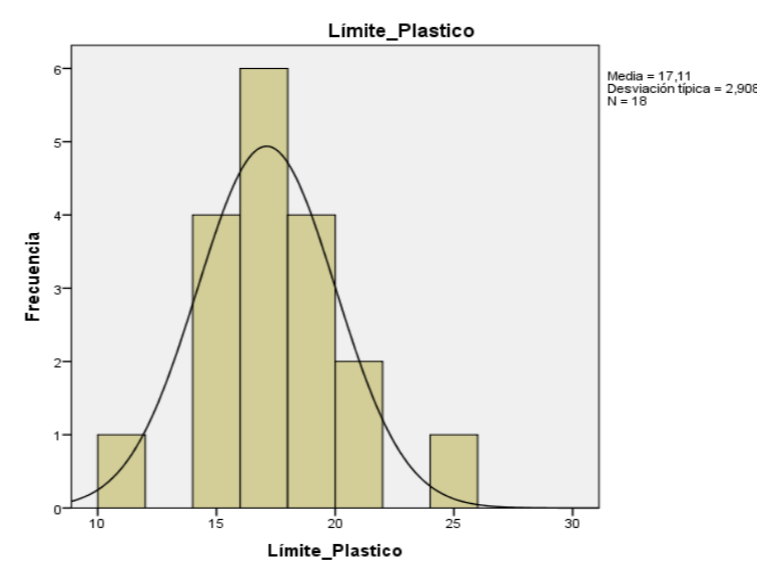
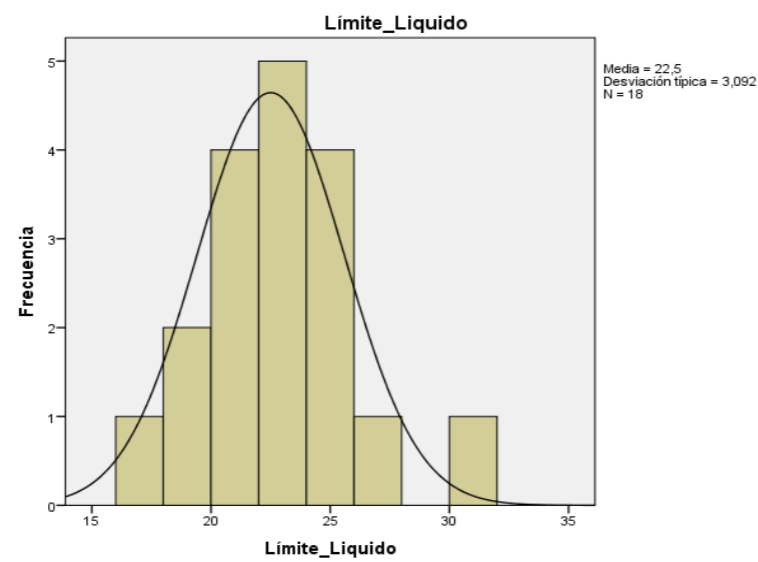
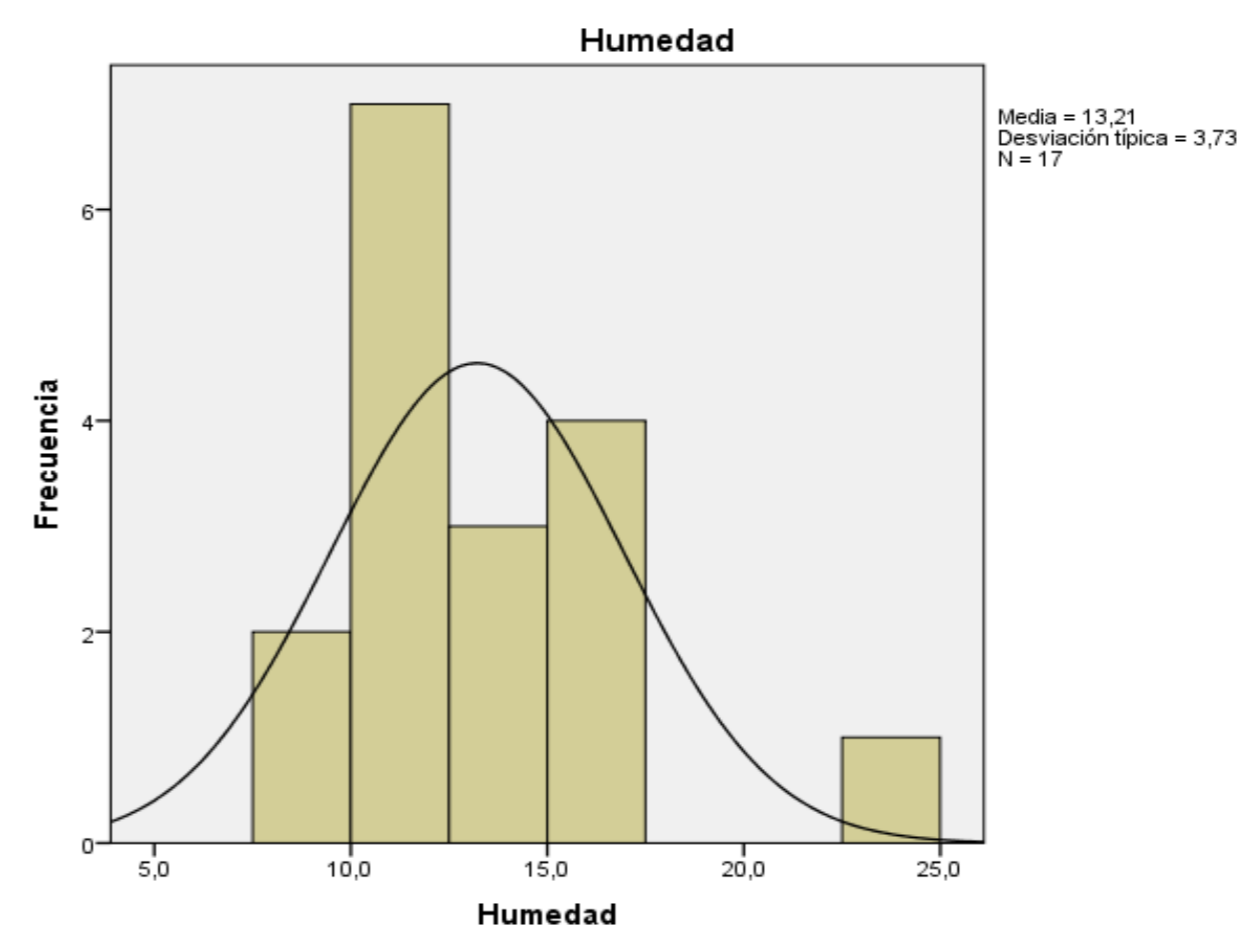
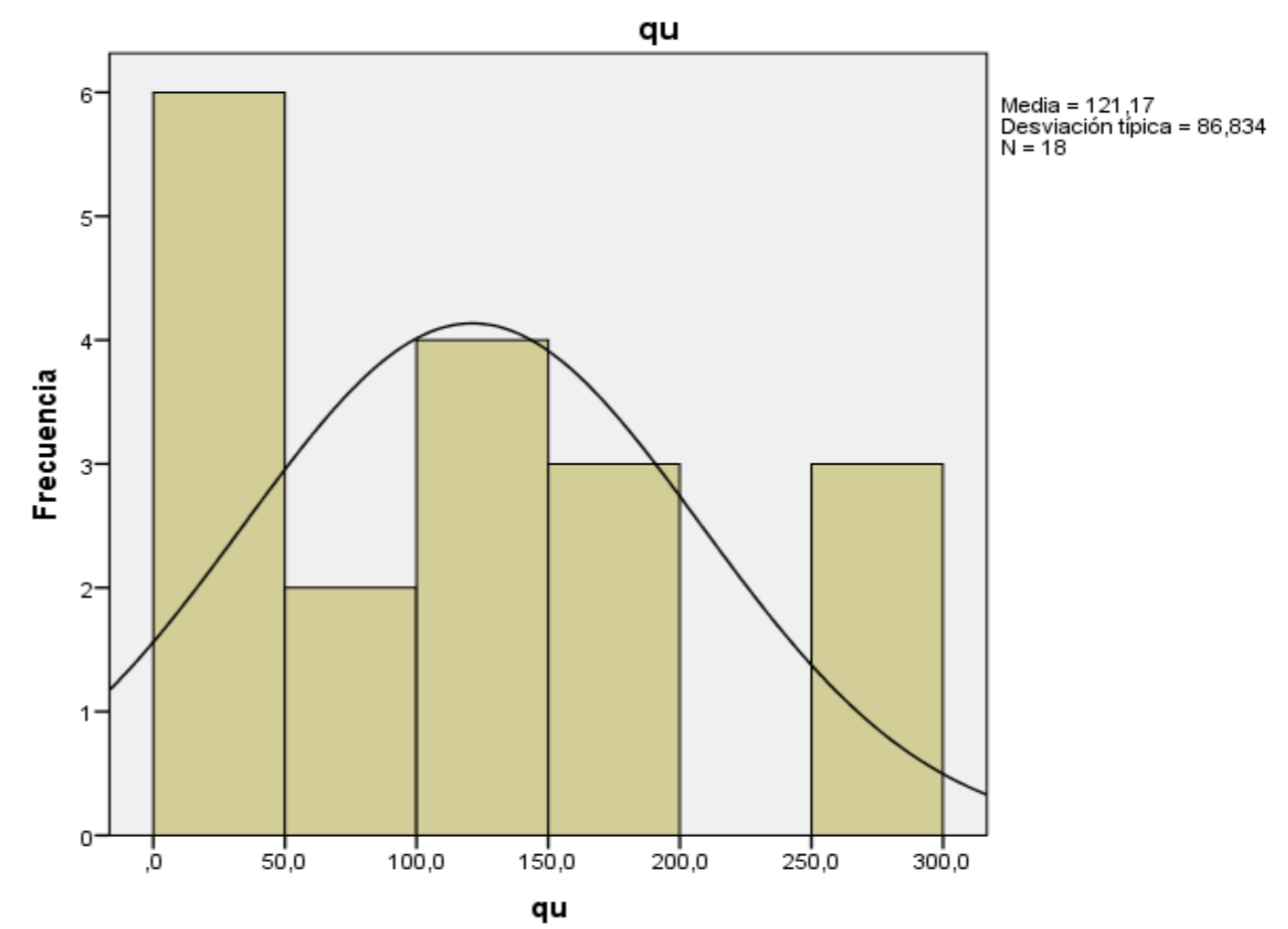
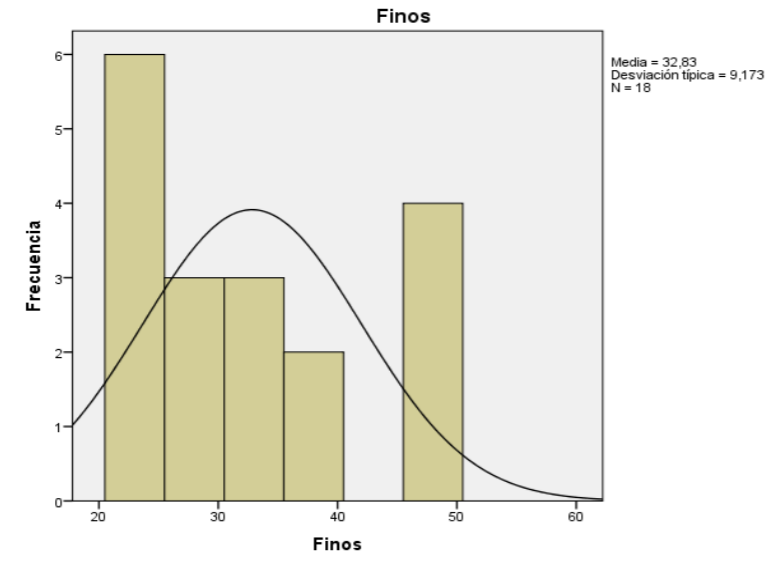
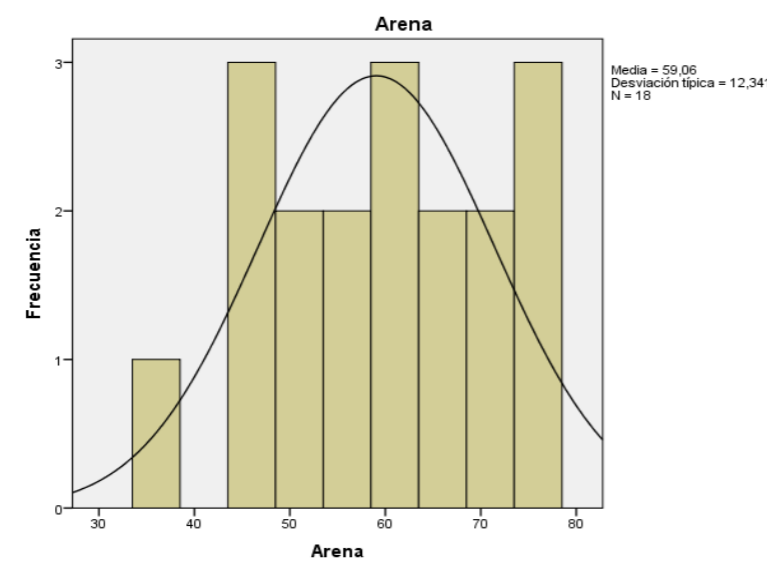
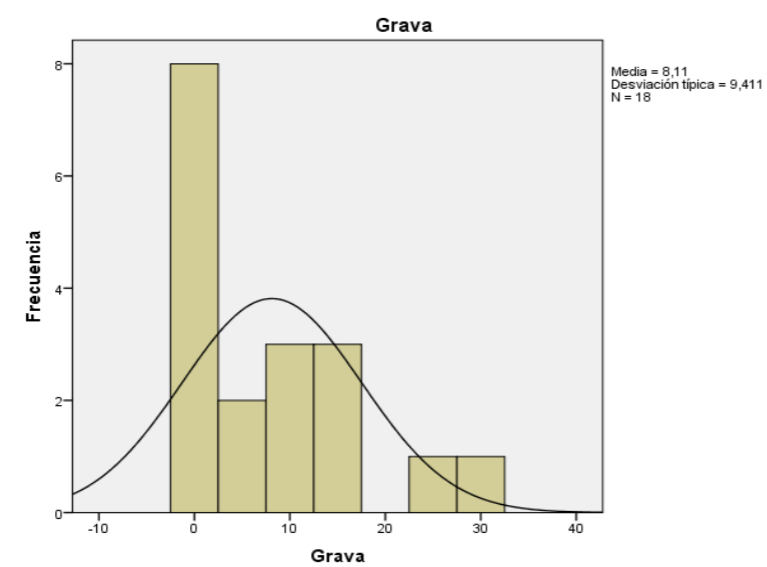
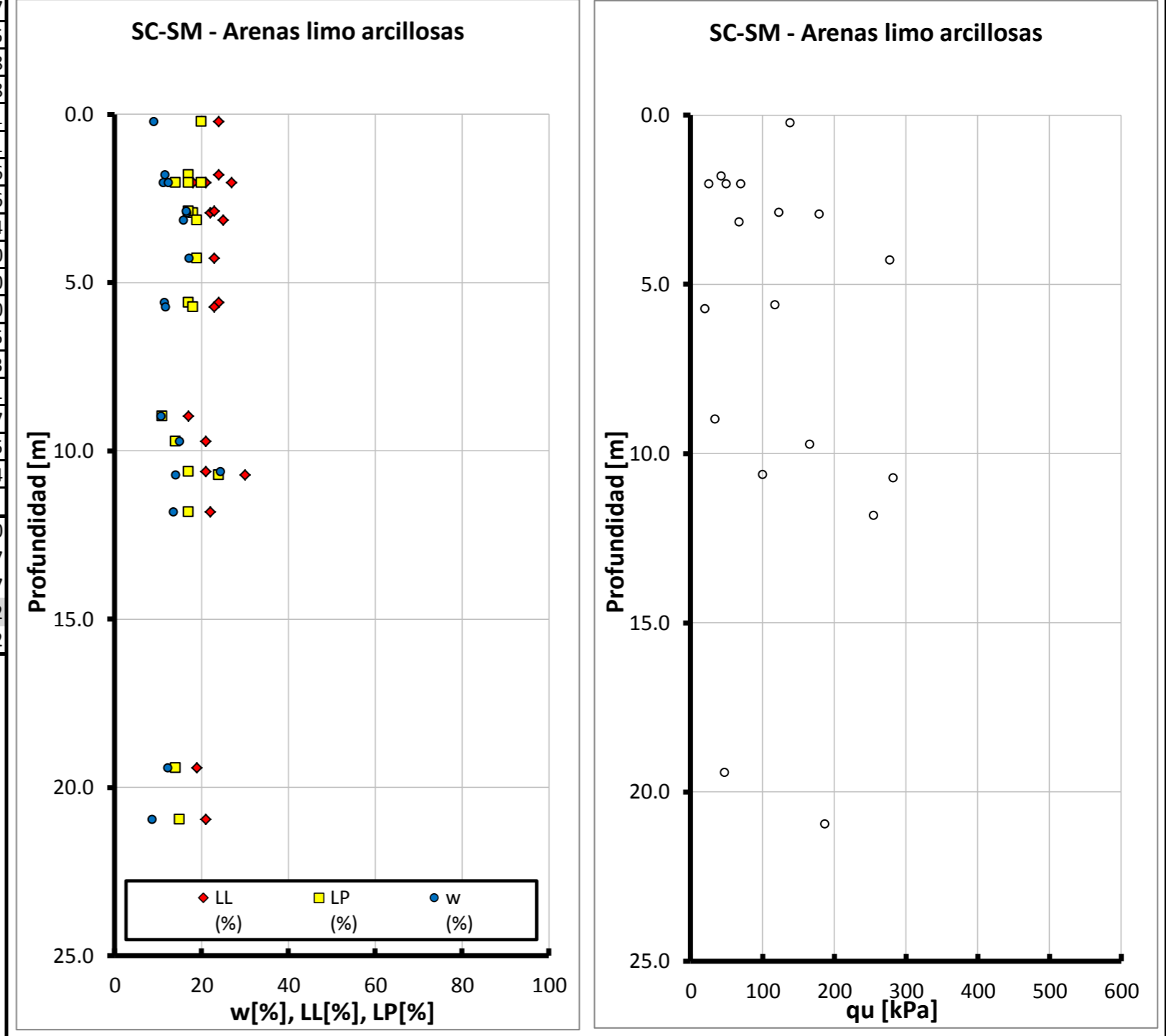
SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla											
ID	PROF. PROMEDIO	w (%)	Y HUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu Wnat C Inconfiada (kPa)
13928	10.28	15.2	20.78	21	38	41	52	17	35	SC	339.3
13981	18.98	15.8	21.23	5	58	37	27	16	11	SC	219.4
14306	7.53	17.2	21.31	17	39	44	35	16	19	SC	271.3
14422	2.83	17.0	21.00	8	42	50	69	14	55	SC	271.5
14425	6.43	17.0	20.00	0	70	30	37	15	22	SC	154.4
14452	11.08	10.0	22.00	7	60	33	22	14	8	SC	368.0
14503	3.83	15.0	20.55	7	45	48	42	16	26	SC	277.0
14569	3.73	13.8	19.84	13	55	32	28	12	16	SC	262.1
14673	10.78	21.7	20.00	12	48	40	69	26	43	SC	371.0
15331	7.33	26.7	21.40	31	38	31	44	24	20	SC	85.3
15656	3.78	18.4	20.70			41	52	18	34	SC	300.1
16677	15.75	16.4	19.09	0	55	45	27	16	11	SC	125.8
16747	18.38	14.1	19.83	0	59	41	29	13	16	SC	185.0
16938	1.13	12.0		5	68	27	35	15	20	SC	168.2
19215	2.55	18.2	20.73	1	57	42	51	21	30	SC	122.6
19225	7.85	16.9	20.99	2	68	30	34	19	15	SC	79.1
19227	14.10	21.4	20.14	5	65	30	32	19	13	SC	45.1
19334	6.30	20.1	19.57	1	65	34	30	20	10	SC	19.1
19341	2.10	12.5	19.00	0	60	40	38	13	25	SC	102.0
19424	0.68	18.2	21.43	15	45	40	36	21	15	SC	169.1
19433	13.43	26.8	18.08	19	49	32	53	24	29	SC	52.4
19459	0.25	25.3	20.14	12	39	49	43	19	24	SC	96.1
19762	0.68	22.3	18.86	9	45	46	42	21	21	SC	107.3
19774	7.58	27.0	19.69	17	43	40	60	24	36	SC	151.4
19837	4.73	23.9	19.25	1	54	45	41	20	21	SC	119.3
19899	9.68	24.3	18.77	4	65	31	35	17	18	SC	9.3
19955	0.68	18.6	19.87	22	54	24	30	17	12	SC	92.7
19956	1.13	25.1	19.82	21	45	33	33	23	9	SC	65.2
19959	2.98	29.1	20.12	11	54	36	33	21	12	SC	72.7
20003	2.03	9.8	18.39	5	73	22	50	24	26	SC	306.9
20045	2.03	21.9	19.74	10	46	44	31	20	11	SC	65.0
20083	3.10	11.8	18.84	18	58	24	24	16	8	SC	46.7
20102	2.85	21.8	19.76	5	46	49	31	17	14	SC	79.3
20103	3.33	18.9	21.17	14	43	43	30	16	14	SC	58.1
20105	4.68	22.9	20.47	8	48	44	38	17	21	SC	51.9
20107	5.58	28.9	19.28	0	52	48	39	19	20	SC	120.3
20108	6.03	16.5	19.99	27	45	28	31	17	14	SC	66.7
20113	11.50	15.0	23.94	3	55	42	30	15	15	SC	19.0
20199	1.63	20.3	20.57	23	53	24	38	14	24	SC	5.5
20212	0.73	20.1	19.66	22	48	30	40	22	18	SC	12.8
20348	4.23	18.6	21.79	13	65	22	32	21	11	SC	17.7
20358	2.78	18.0	21.29	7	73	20	31	21	10	SC	43.3
20447	6.73	11.7	21.47	0	71	29	25	13	12	SC	91.4
20509	5.53		20.79	31	43	26	32	17	15	SC	72.4
20556	3.53	16.3	20.03	29	36	35	34	19	15	SC	70.3
20656	4.725	27.3	18.54	11	48	41	43	24	19	SC	131.0
20700	2.025	28.5	20.45	7	51	42	38	19	19	SC	96.1
20712	15.475	16.8	21.45	30	30	40	35	19	16	SC	361.6
20749	2.925	37.1	18.37	27	32	41	53	27	26	SC	2.1
20751	4.725	35.7	18.17	24	37	39	55	29	26	SC	12.2
20902	0.675	17.0	21.00	24	28	48	31	20	11	SC	61.2
20907	5.825	13.3	22.14	14	42	44	35	20	15	SC	146.0
20915	0.225	15.8	16.36	1	53	46	46	27	19	SC	97.5
20917	4.775	19.2	18.76	5	47	48	33	16	17	SC	17.6
20924	10.95	36.9	17.57	16	47	37	34	21	13	SC	5.5
20925	12.225	33.8	20.52	22	41	37	31	18	13	SC	30.6
20976	3.375	17.2	20.48	11	56	33	42	16	26	SC	47.2
20977	3.825	15.1	19.23	24	48	28	39	18	21	SC	13.3
20978	4.275	29.8	21.43	15	46	39	34	18	16	SC	54.9
20979	4.725	23.3	20.05	12	45	43	33	14	19	SC	108.3
Vmax				32.0	78.0	50.0	71.0	29.0	57.0		483.0
Vmin				0.0	27.0	20.0	21.0	10.0	8.0		2.1
σ				9	11	8	10	4	8		107
Vest				7.9	54.7	37.5	35.4	17.2	18.2		184.0
COV				1.15	0.20	0.21	0.27	0.23	0.43		0.58

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



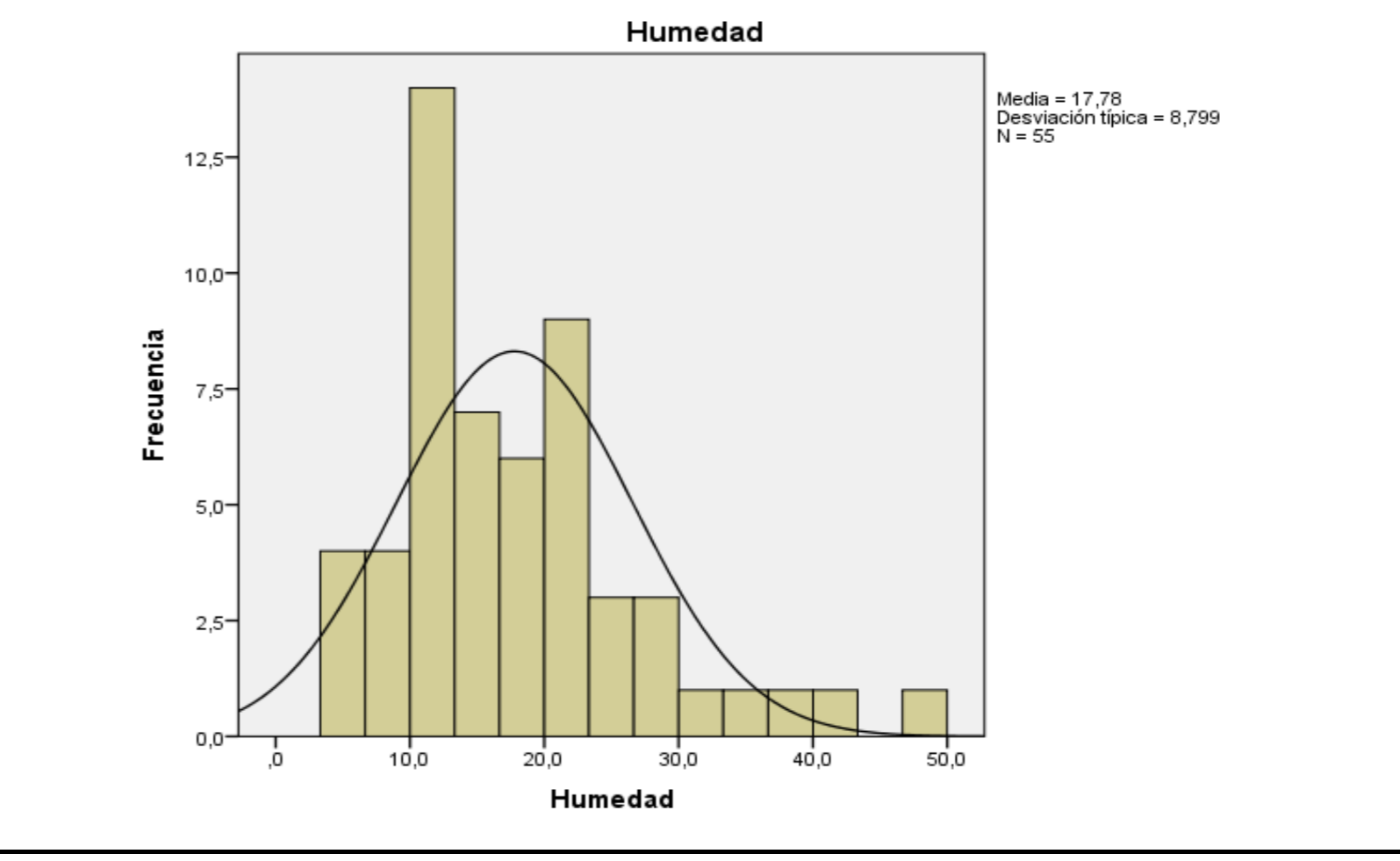
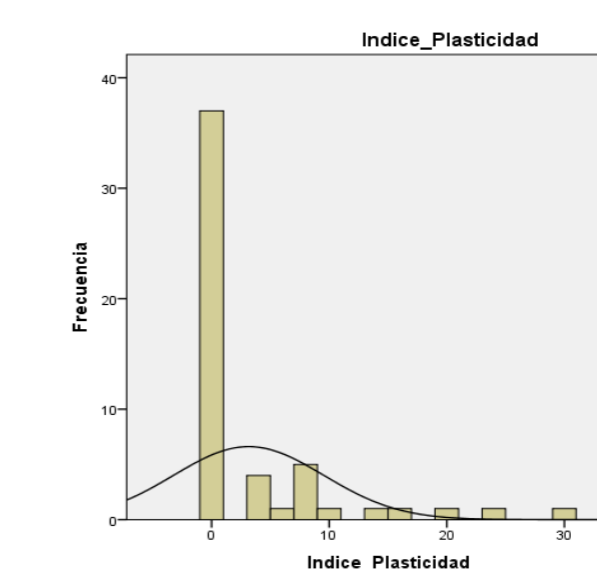
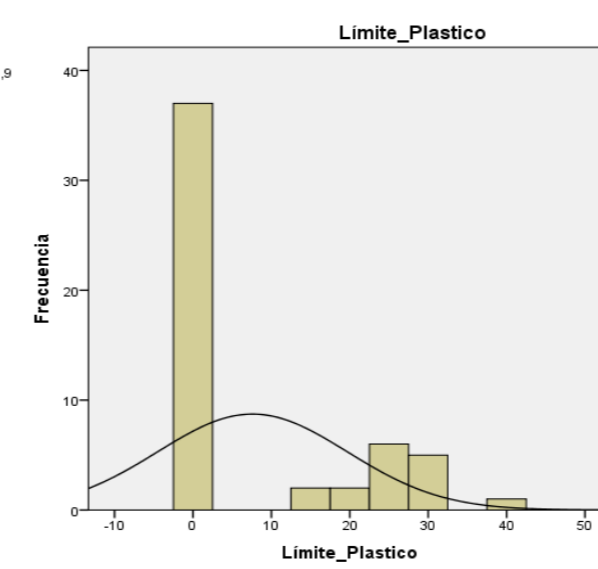
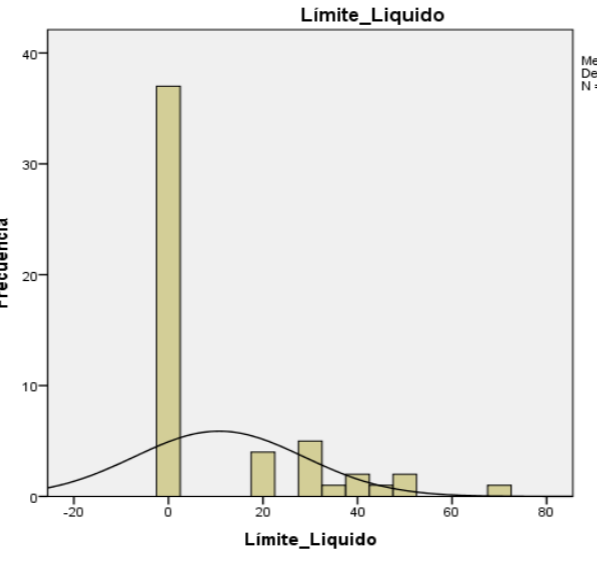
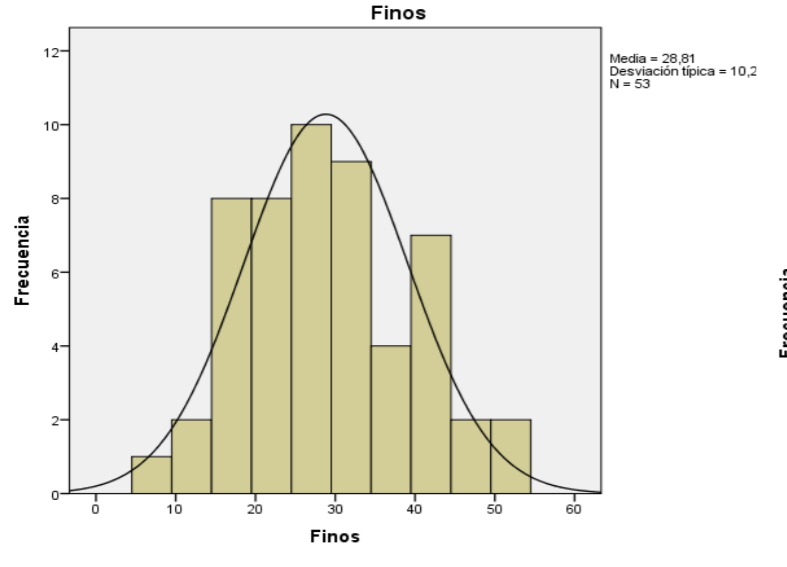
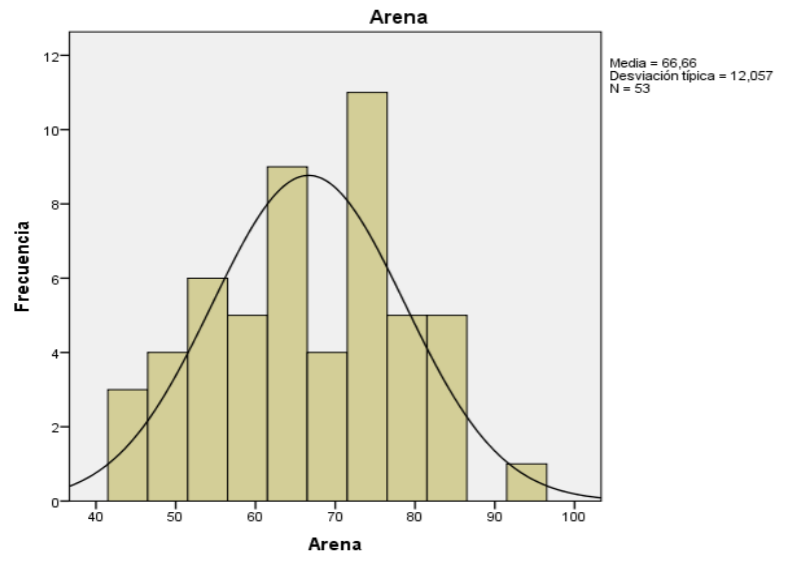
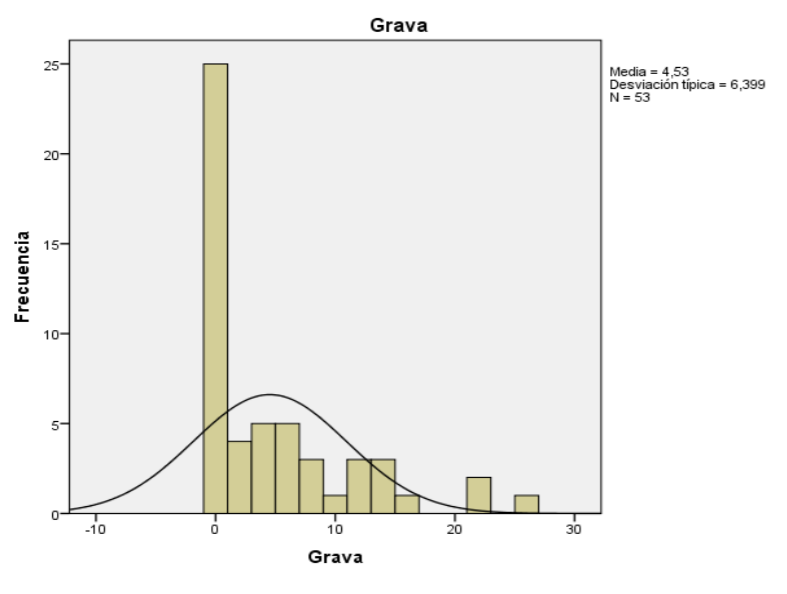
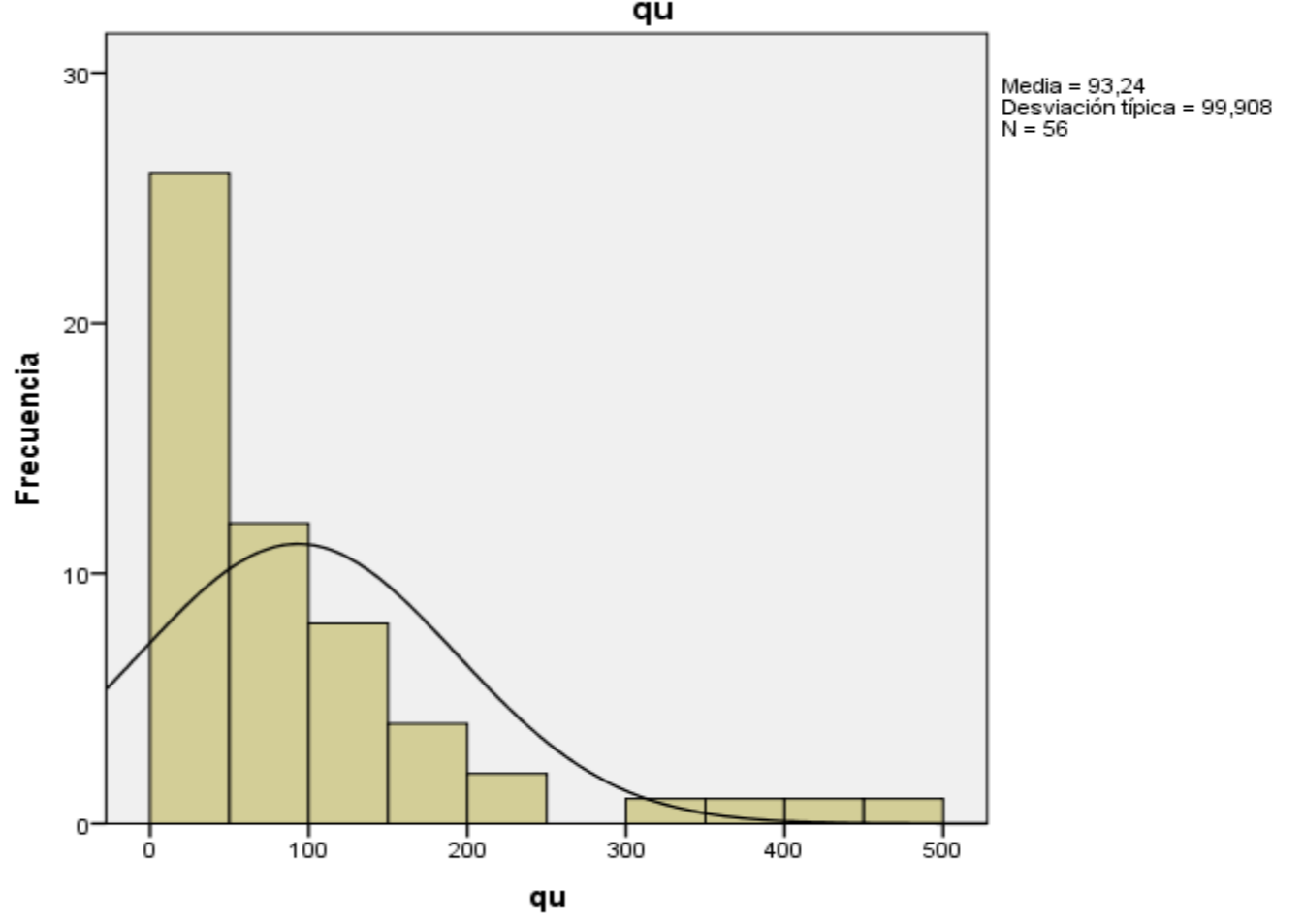
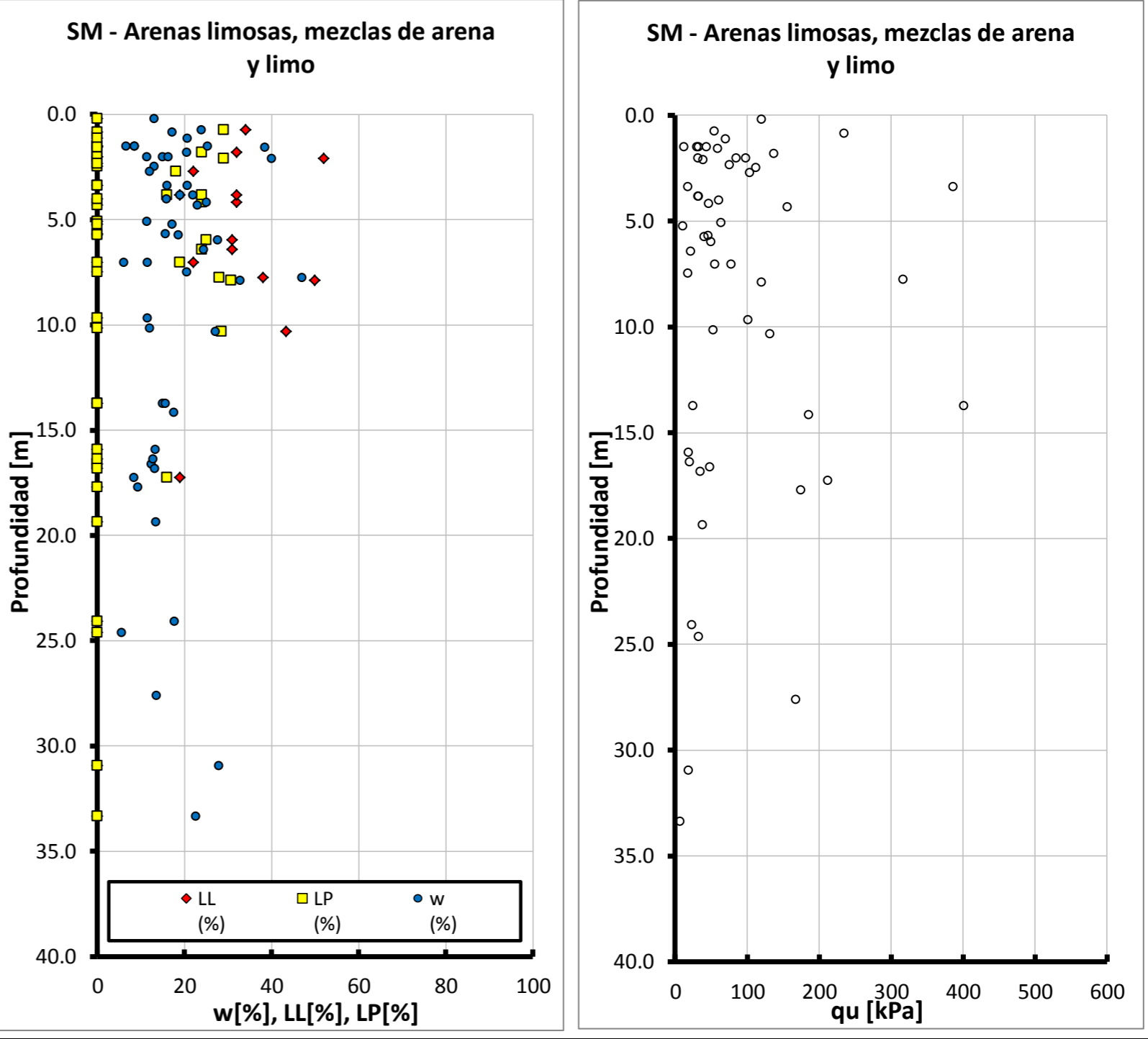
SC-SM Arenas arcillo - limosas											
ID	PROF. PROMEDIO	w (%)	Y HUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu Wnat C. Inconfina (kPa)
3036	1.80	11.6	21.78	6	67	27	24	17	7	SC-SM	42.7
6698	2.03	11.2	18.53	6	70	24	21	17	4	SC-SM	69.5
7451	9.73	14.9	20.68	17	49	34	21	14	7	SC-SM	165.8
8013	11.83	13.5	24.71	0	66	34	22	17	5	SC-SM	254.8
8019	20.95	8.6	23.97	0	61	39	21	15	6	SC-SM	187.1
8050	2.03	12.4	20.98	0	76	24	18	14	4	SC-SM	25.1
8094	8.98	10.7	21.28	2	59	39	17	11	6	SC-SM	33.6
8099	2.93	16.6	20.03	15	36	49	22	18	4	SC-SM	179.6
8114	4.28	17.2	20.82	0	54	46	23	19	4	SC-SM	277.4
9301	10.73	14.0	21.53	0	72	28	30	24	6	SC-SM	282.0
9478	2.88	16.5	21.40	0	75	25	23	17	6	SC-SM	123.0
11982	0.23	9.0	21.00	9	63	28	24	20	4	SC-SM	139.0
14059	2.03		19.77	10	44	46	27	20	7	SC-SM	49.5
16564	5.60	11.5	18.54	25	52	23	24	17	7	SC-SM	117.3
16610	19.43	12.2	20.41	32	45	23	19	14	5	SC-SM	47.1
16622	5.73	11.7	19.72	13	55	32	23	18	5	SC-SM	19.7
16668	10.63	24.4	20.68	10	44	46	21	17	4	SC-SM	100.5
19216	3.15	15.9	21.20	1	75	24	25	19	6	SC-SM	67.4
Vmax				32.0	76.0	49.0	30.0	24.0	7.0		282.0
Vmin				0.0	36.0	23.0	17.0	11.0	4.0		19.7
σ				9	12	9	3	3	1		87
Vest				8.1	59.1	32.8	22.5	17.1	5.4		121.2
COV				1.16	0.21	0.28	0.14	0.17	0.22		0.72

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



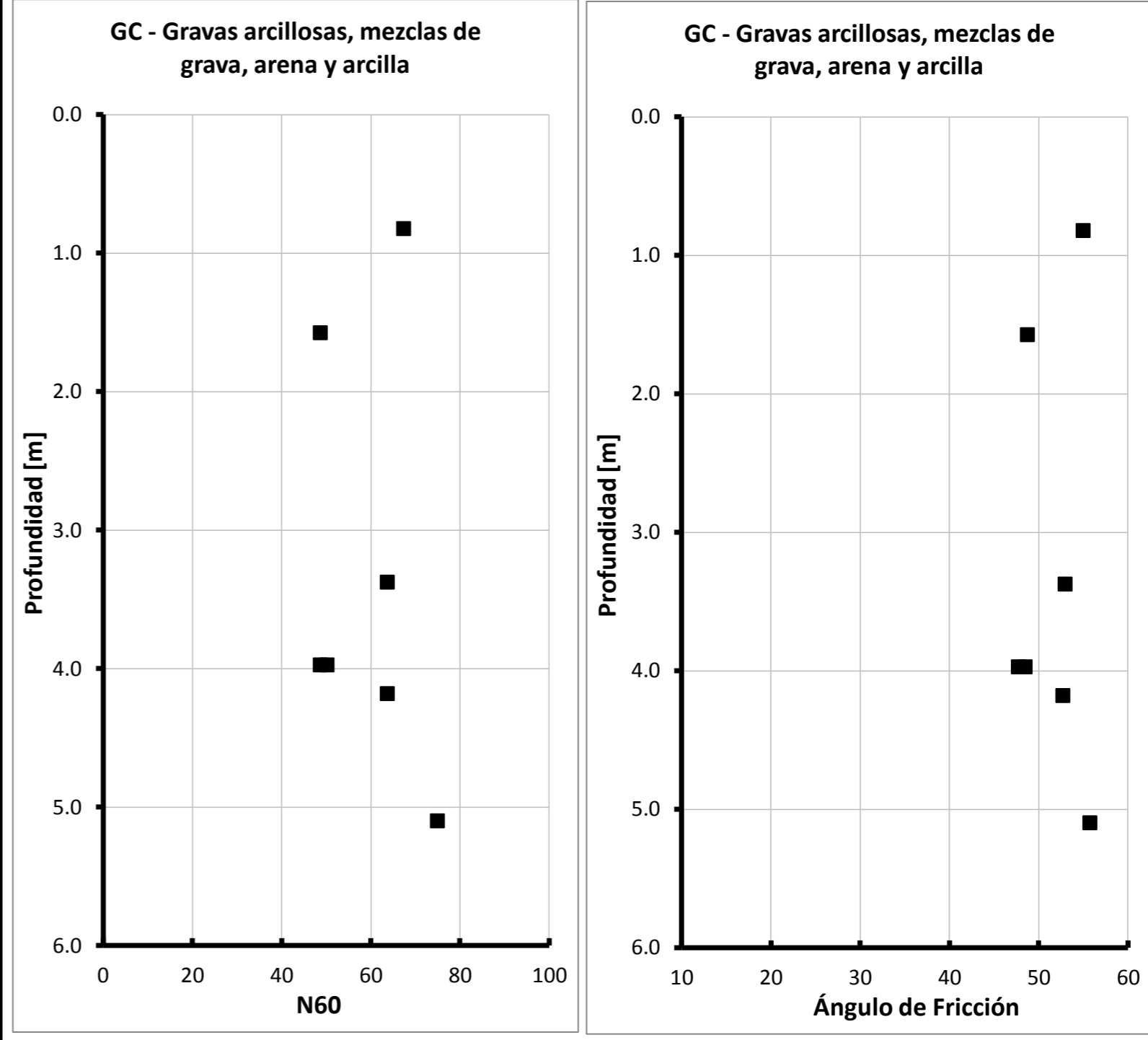
SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo												
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	YUMEDA (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	qu Wnat C. Inconfiada (kPa)	
1883	1.80	20.6	20.56	8	59	33	32	24	8	SM	137.0	
2158	2.10	40.0	17.87	0	50	50	52	29	23	SM	38.4	
4561	0.85	17.1	18.96	5	51	44	0	0	0	SM	235.1	
4643	1.50	25.3	19.67							SM	43.2	
5006	1.50	8.5	17.34	0	67	33	0	0	0	SM	32.4	
5041	1.50	6.5	13.71	0	75	25	0	0	0	SM	12.4	
5081	1.50	8.5	16.27	0	78	22	0	0	0	SM	30.3	
7292	7.03	6.0	16.00	8	74	18	0	0	0	SM	78.0	
7447	5.68	15.6	20.58	0	70	30	0	0	0	SM	45.5	
7449	7.48	20.5	17.40	1	81	18	0	0	0	SM	17.8	
7497	9.68	11.5	21.37	6	72	22	0	0	0	SM	100.9	
7569	4.33	23.0	21.00	0	58	42	0	0	0	SM	156.0	
7580	3.38	20.6	16.23	0	50	50	0	0	0	SM	17.5	
7691	24.08	17.6	15.82	0	80	20	0	0	0	SM	23.0	
8006	5.08	11.3	27.82	21	53	26	0	0	0	SM	63.4	
8017	17.25	8.3	12.82	0	72	28	19	16	3	SM	212.1	
8087	2.03	11.3	19.33	2	73	25	0	0	0	SM	31.9	
9240	2.03	15.0	20.00	0	93	7	0	0	0	SM	98.0	
9241	2.48	13.0	21.00	3	66	31	0	0	0	SM	112.0	
9243	3.38	16.0	19.54	0	67	33	0	0	0	SM	386.0	
10088	17.70	9.3	20.85	0	65	35	0	0	0	SM	174.3	
10095	24.63	5.5	21.11	0	73	27	0	0	0	SM	32.2	
10098	1.13	20.6	18.92	0	62	38	0	0	0	SM	69.5	
10104	3.83	19.0	19.80	0	57	43	19	16	3	SM	31.5	
10576	10.15	12.0	23.35	3	76	21	0	0	0	SM	52.4	
11188	2.03	16.2	21.16	1	86	13	0	0	0	SM	84.6	
11300	7.75	47.0	20.00	0	65	35	38	28	10	SM	317.0	
11407	4.03	15.8	21.94	0	76	24	0	0	0	SM	60.7	
11594	7.03	11.5	23.00	9	66	25	22	19	3	SM	55.0	
11740	0.20	13.0	21.41	11	64	25	0	0	0	SM	120.0	
12518	2.35		17.00	0	86	14	0	0	0	SM	75.0	
13919	5.73	18.6	20.55	0	69	31	0	0	0	SM	40.6	
16092	2.73	12.0	19.71	12	59	29	22	18	4	SM	103.8	
16327	13.73	15.0	19.44	0	83	17	0	0	0	SM	24.2	
16329	15.93	13.3	20.53	0	83	17	0	0	0	SM	18.2	
16367	16.63	12.3	20.98	8	74	18	0	0	0	SM	48.1	
16518	16.38	12.8	19.20	1	76	23	0	0	0	SM	19.8	
16522	19.35	13.4	20.11	4	56	40	0	0	0	SM	38.0	
16550	13.73	15.6	18.47	0	82	18	0	0	0	SM	401.0	
16553	16.83	13.1	20.43	3	80	17	0	0	0	SM	34.3	
17215	14.15	17.5	1.72							SM	185.9	
17221	27.60	13.5	1.90							SM	167.7	
19381	30.95	27.8	19.27	15	62	23	0	0	0	SM	18.3	
19662	33.35	22.5	19.61	0	73	27	0	0	0	SM	6.9	
19729	0.75	23.9	18.00	6	54	40	34	29	7	SM	54.6	
19808	4.18	25.0	19.68	13	55	32	32	24	8	SM	46.5	
19812	5.98	27.6	18.24	5	59	36	31	25	6	SM	49.5	
19813	6.43	24.3	17.31	22	51	27	31	24	7	SM	21.1	
19875	1.58	38.4	18.10	0	56	44	0	0	0	SM	58.8	
20349	5.23	17.2	22.01	4	80	16	0	0	0	SM	10.8	
20375	3.83	21.9	19.73	6	64	30	32	24	8	SM	32.6	
20661	7.875	32.7	18.20	0	53	47	50	31	19	SM	119.5	
20662	10.325	27.1	18.57	13	45	42	43	29	15	SM	131.6	
Vmax				22.0	93.0	50.0	52.0	30.7	23.0	401.0		
Vmin				0.0	45.1	7.0	0.0	0.0	0.0	6.9		
σ				6	12	10	16	11	5	89		
Vest				4.5	66.7	28.8	10.7	7.6	3.2	93.2		
COV				1.23	0.17	0.36	1.47	1.47	1.62	0.95		

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



GC											
Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla. IGM											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
863	3.98	67	42	22	31	31	20	11	GC	50	49
864	5.10	100	54	14	32	39	24	15	GC	75	56
874	3.98	65	44	38	18	34	20	14	GC	49	48
1048	3.38	85	39	34	27	34	22	12	GC	64	53
16094	4.18	85	45	37	18	25	17	8	GC	64	53
20489	1.58	65	43	33	24	40	16	24	GC	49	49
20506	0.83	90	33	32	35	31	17	14	GC	68	55
V _{max}		100.0	54.0	38.0	35.0	40.0	24.0	24.0		75.0	55.8
V _{min}		65.0	33.0	14.0	18.0	25.0	16.0	8.0		48.8	47.8
σ		14.0	6.4	8.8	6.8	5.1	2.9	5.0		10.5	3.3
V _{est}		82.5	43.5	26.0	26.5	32.5	20.0	16.0		61.9	51.8
COV		0.17	0.15	0.34	0.25	0.16	0.15	0.31		0.17	0.06

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

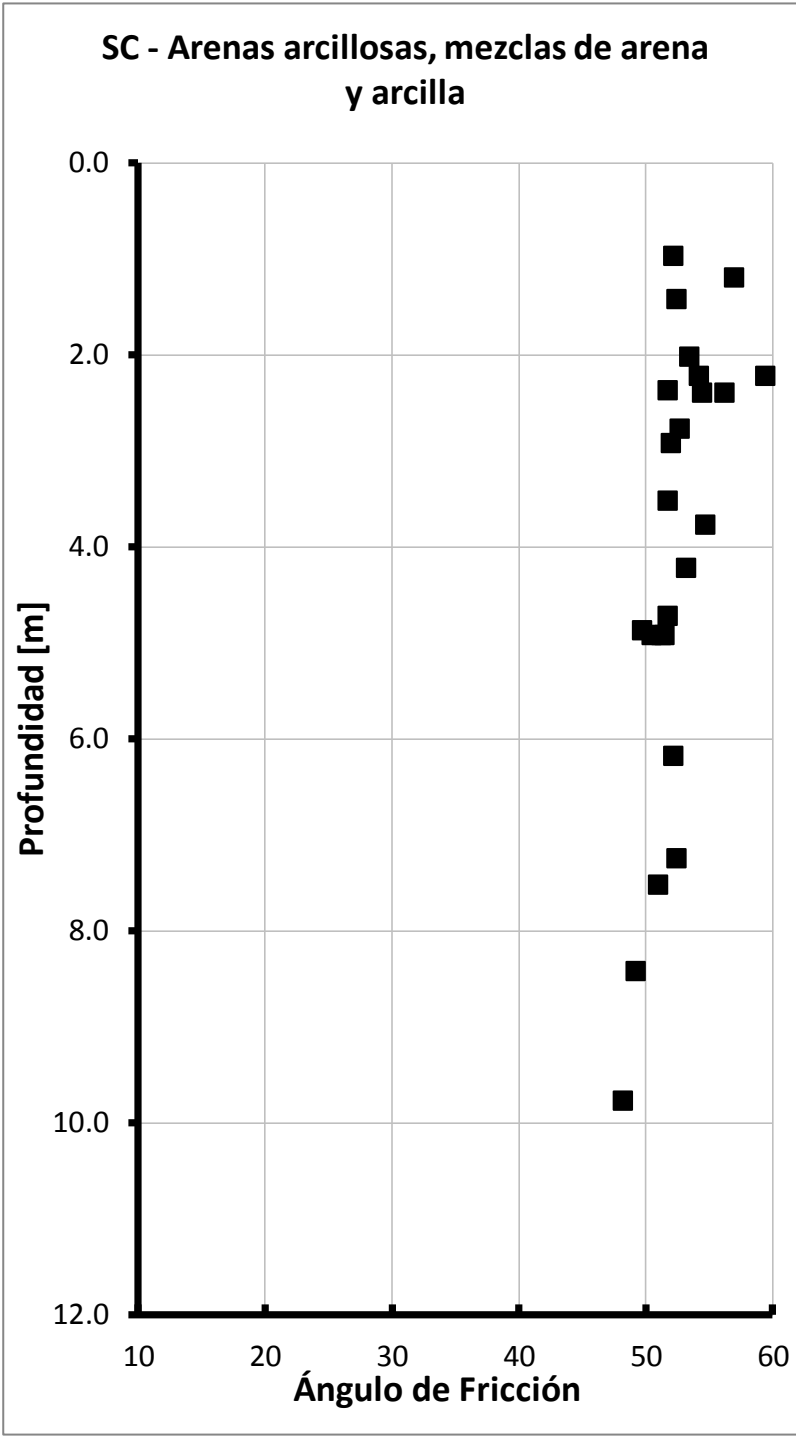
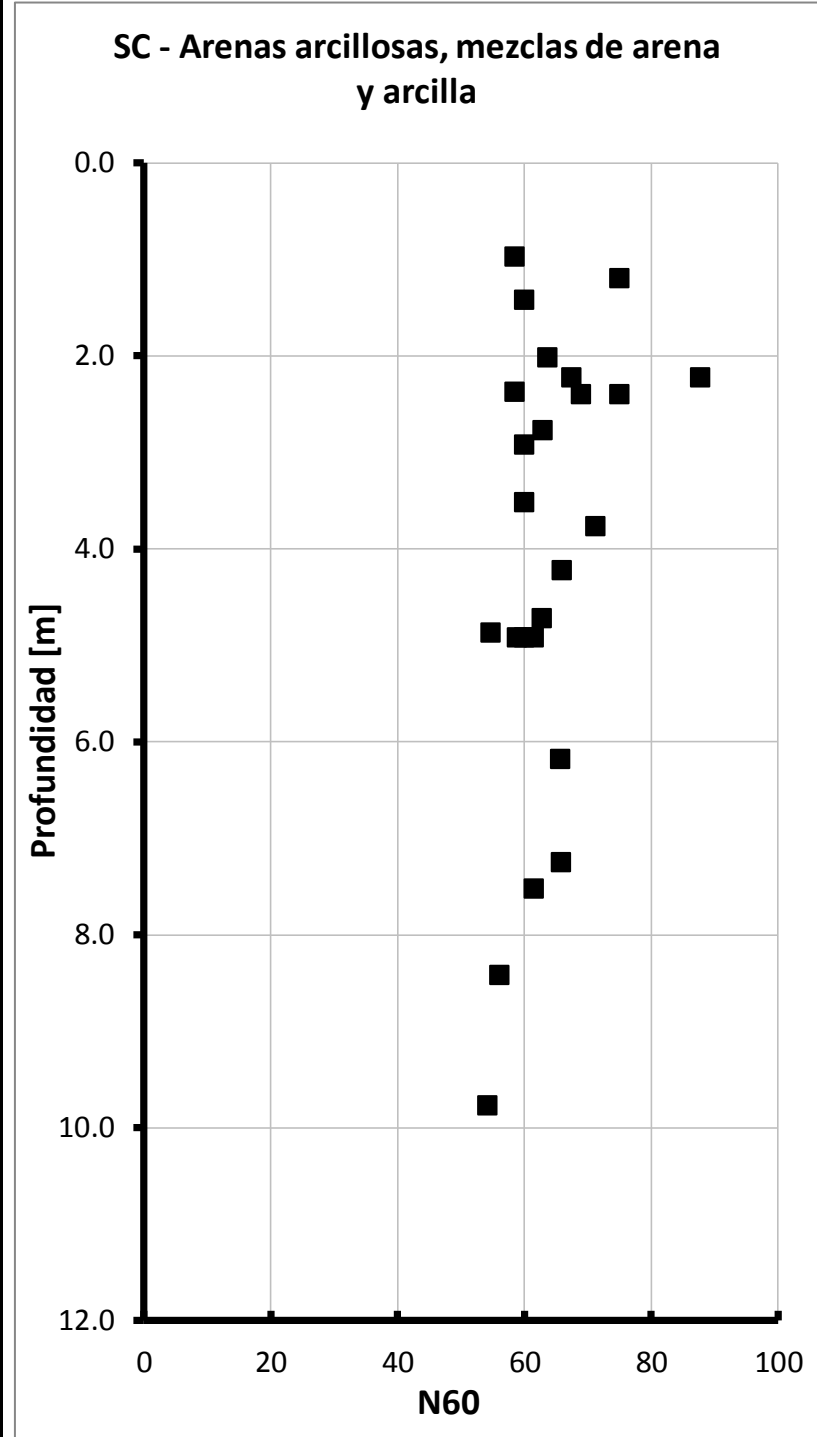


GM - Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
642	3.98	70	41	41	12	NL	NP	NP	GM	53	49
717	3.53	76	58	29	15	20	18	2	GM	57	50
927	3.53	64	54	33	13	21	19	2	GM	48	48
Vmax	76.0	58.0	41.0	15.0	21.0	19.0	2.0			57.0	50.3
Vmin	64.0	41.0	29.0	12.0	20.0	18.0	2.0			48.0	47.8
σ	6.0	8.9	6.1	1.5	0.7	0.7	0.0			4.5	1.3
Vest	70.0	49.5	35.0	13.5	20.5	18.5	2.0			52.5	49.0
COV	0.09	0.18	0.17	0.11	0.03	0.04	0.00			0.09	0.03

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA	
<p>GM - Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo</p>	<p>GM - Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo</p>

SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
460	7.25	100	30	40	30	37	22	15	SC	66	53
630	2.93	80	39	40	21	35	21	14	SC	60	52
961	4.88	73	17	36	45	30	22	8	SC	55	50
1063	2.40	100	26	37	37	34	23	11	SC	75	56
1270	4.73	85	24	52	24	27	19	8	SC	63	52
1370	3.53	80	19	37	44	78	31	47	SC	60	52
2165	2.03	85	38	44	18	35	19	16	SC	64	54
15295	4.93	80			31	19	11	8	SC	60	51
15304	0.98	78			32	28	11	17	SC	59	52
15305	1.43	80			27	25	11	13	SC	60	53
15306	2.23	90	2	65	33	53	17	36	SC	68	54
15329	4.93	82	22	29	49	34	13	21	SC	62	52
15339	1.20	100	0	64	36	34	17	18	SC	75	57
15434	4.23	88				18	10	8	SC	66	53
15636	2.23				49	29	11	18	SC	88	60
15656	3.78	95			41	52	18	34	SC	71	55
15875	2.78	84							SC	63	53
15898	4.93	80			31	19	11	8	SC	59	51
15899	6.19	100			30			10	SC	66	52
15902	9.78	100			39			10	SC	54	48
16247	7.53	100				55	19	36	SC	62	51
16627	8.43	95	9	56	35	26	18	8	SC	56	49
19187	2.40	92	31	50	19	45	15	30	SC	69	55
19342	2.38	78	4	55	41	32	20	12	SC	59	52
Vmax	100.0	39.0	65.0	48.9	78.0	31.0	47.0			87.8	59.5
Vmin	73.0	0.0	29.4	18.0	18.4	10.3	8.0			54.2	48.3
σ	9.0	13.2	11.3	9.1	14.3	5.3	11.2			7.6	2.5
Vest	86.5	19.5	47.2	33.5	48.2	20.7	27.5			71.0	53.9
COV	0.10	0.68	0.24	0.27	0.30	0.25	0.41			0.11	0.05

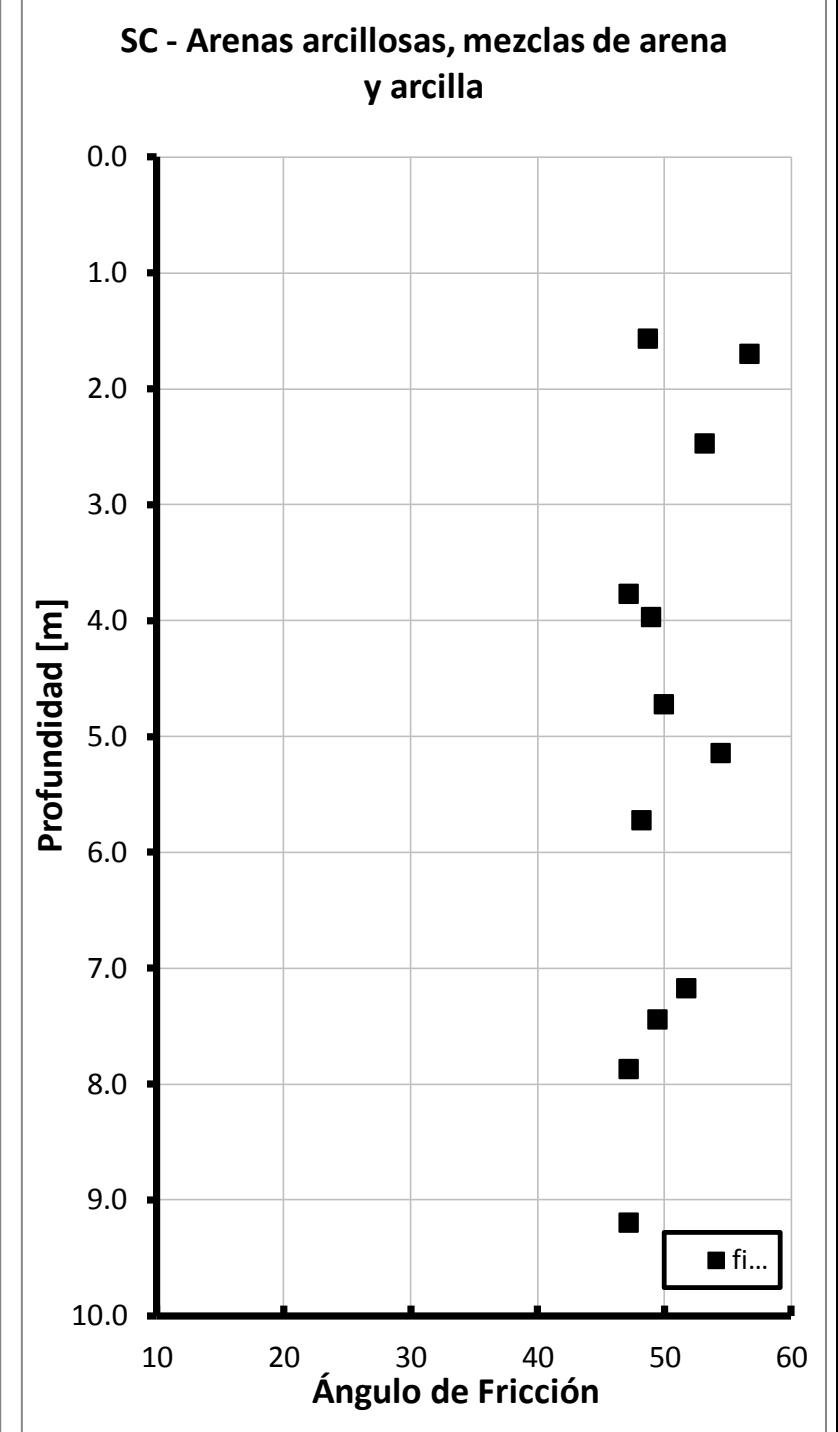
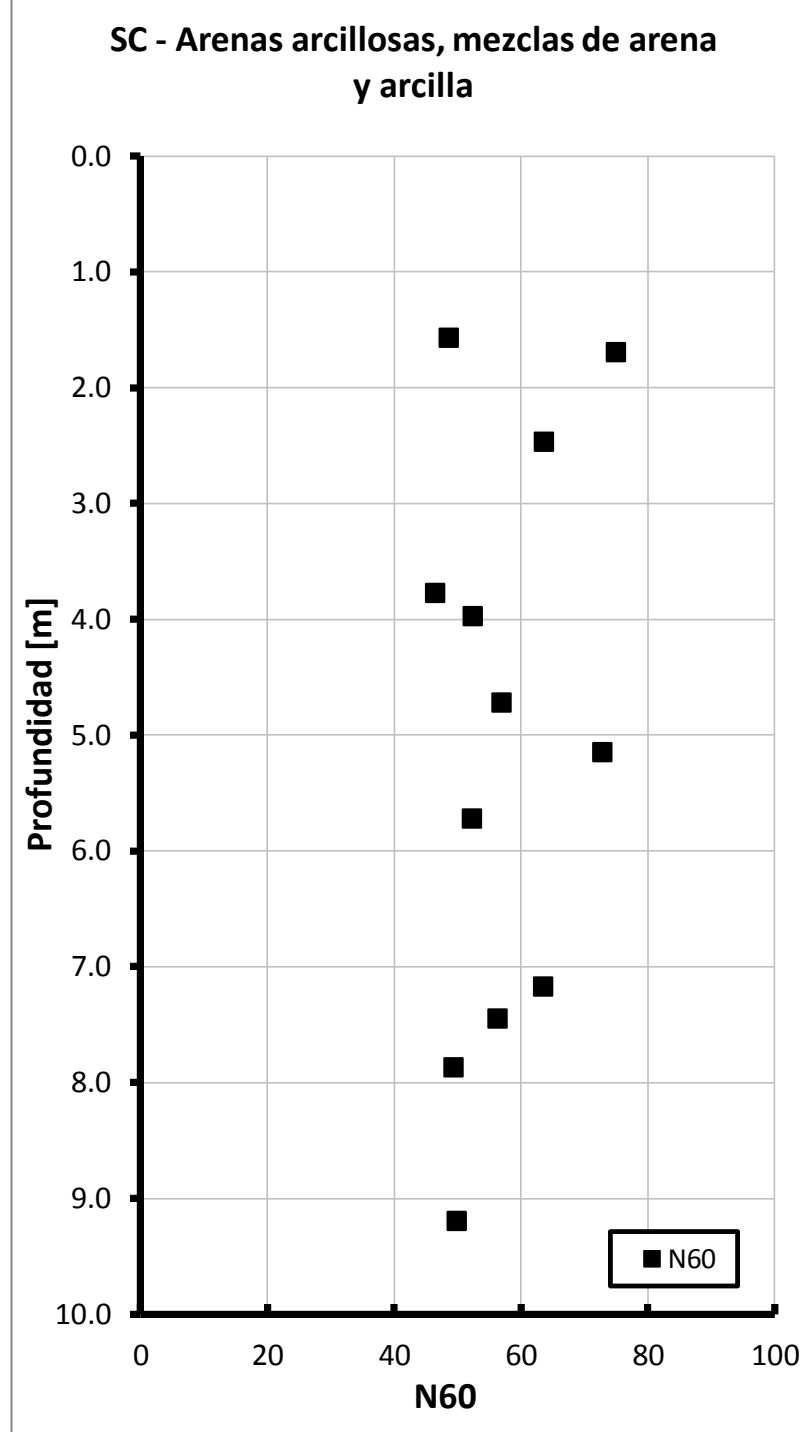
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



SC-SM												
Arenas arcillo - limosas												
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA
1212	2.48	85	6	67	27	22	18	4	SC-SM	64	53	
1259	2.93	80	7	61	32	24	20	4	SC-SM	60	52	
16541	7.23	80	22	53	25	23	18	5	SC-SM	50	48	
16699	5.35	100	23	62	15	25	19	6	SC-SM	73	55	
16733	8.55	90	5	60	35	24	19	5	SC-SM	52	48	
19234	7.30	100	19	60	21	23	18	5	SC-SM	64	52	
20622	0.68	87	0	56	44	26	20	6	SC-SM	65	54	
V _{max}	100.0	23.0	67.0	44.0	26.0	20.0	6.0			72.6	54.5	
V _{min}	80.0	0.0	53.0	15.0	22.0	18.0	4.0			50.4	47.8	
σ	8.4	9.3	4.5	9.6	1.3	0.9	0.8			7.8	2.8	
V _{est}	90.0	11.5	60.0	29.5	24.0	19.0	5.0			61.5	39.7	
COV	0.09	0.81	0.07	0.32	0.06	0.05	0.16			0.13	0.07	

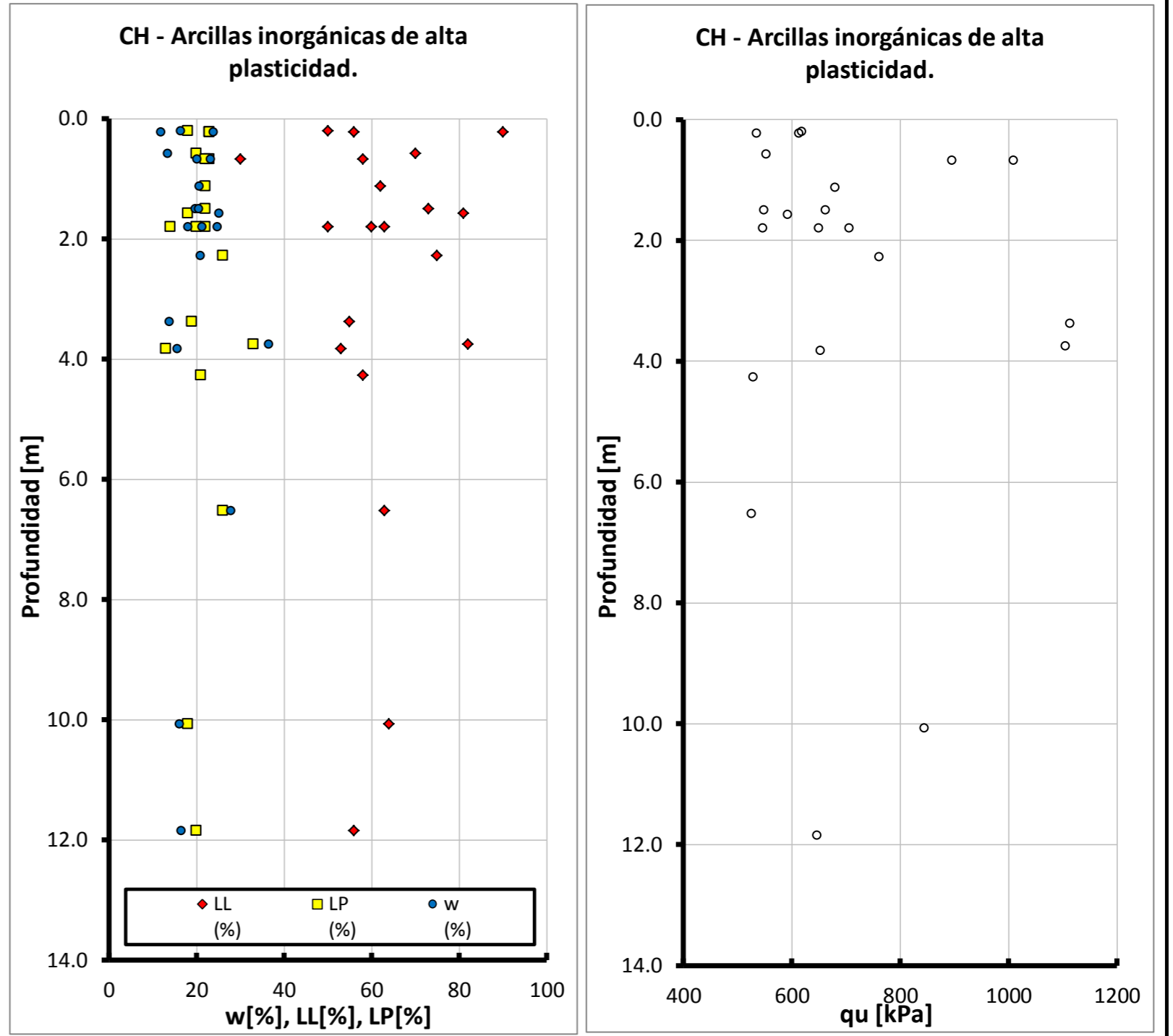
SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo											
ID	PROF. PROMEDIO	N _{CAMPO}	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	N ₆₀	f _i PROMEDIO
1060	1.58	65	16	36	48	33	24	9	SM	49	49
1223	4.73	78	25	49	26	21	18	3	SM	57	50
2104	3.98	70	0	60	40	33	26	7	SM	53	49
6614	1.70	100	7	76	17	NP	NP	NP	SM	75	57
16165	5.15	100				NL	NP	NP	SM	73	55
16354	7.18	100	12	55	33	NL	NP	NP	SM	64	52
16471	3.78	62	29	52	19	21	18	3	SM	47	47
16508	7.45	90	6	58	36	23	20	3	SM	56	50
16568	9.20	91	14	59	27	NL	NP	NP	SM	50	47
16728	5.73	75	8	57	35	22	19	3	SM	52	48
20431	2.48	85	28	56	16	NL	NP	NP	SM	64	53
20661	7.88	77	0	53	47	50	31	19	SM	49	47
V _{max}		100.0	29.0	76.0	48.0	49.9	30.7	19.2		75.0	56.8
V _{min}		62.0	0.0	36.0	16.0	21.0	18.0	3.0		46.5	47.3
σ		13.6	10.4	9.5	11.3	10.7	4.8	6.0		9.5	3.1
Vest		81.0	14.5	56.0	32.0	35.5	24.4	11.1		60.8	52.0
COV		0.17	0.72	0.17	0.35	0.30	0.20	0.54		0.16	0.06

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



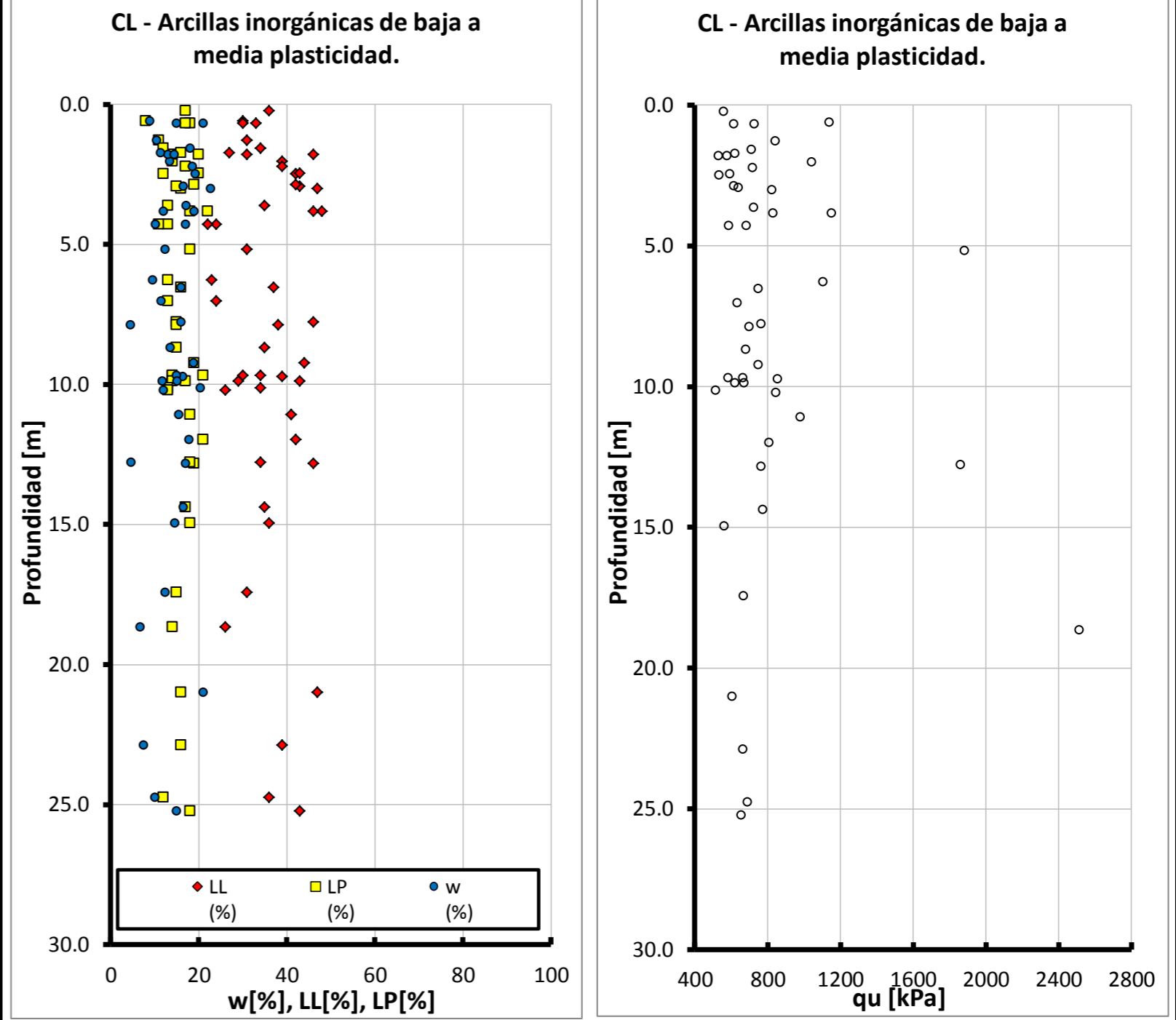
CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas. (IGM)											
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q_u w_{nat} C. Inconfiada (kPa)
1407	3.75	36.5	18.60	2	14	84	82	33	49	CH	1105.2
1818	1.80	21.3	19.70	0	22	78	50	22	28	CH	649.2
2088	1.80	24.8	18.82	0	29	71	60	20	40	CH	546.3
2801	1.80	18.0	20.84	0	16	84	63	14	49	CH	705.8
2880	0.20	16.4	22.16	0	15	85	50	18	32	CH	618.4
3951	0.58	13.4	20.06	0	1	99	70	20	50	CH	552.8
4366	0.23	23.8	18.87	0	2	98	90	23	67	CH	612.7
4474	4.27		22.90	0	8	92	58	21	37	CH	529.0
4622	1.50	19.7	20.33							CH	662.1
5137	2.28	20.9	18.85	0	8	92	75	26	49	CH	760.8
5511	1.50	20.5	19.34	0	0	100	73	22	51	CH	549.0
7753	6.53	27.8	18.57	0	2	98	63	26	37	CH	525.4
8047	0.68	20.1	19.48	0	14	86	30	23	7	CH	1008.6
8096	0.68	23.2	19.41	0	5	95	58	22	36	CH	895.4
8097	1.13	20.6	19.72	0	12	88	62	22	40	CH	680.1
9494	10.08	16.1	21.02	0	22	78	64	18	46	CH	844.6
10324	11.85	16.5	21.19	0	0	100	56	20	36	CH	646.3
12916	3.38	13.8	22.26	0	7	93	55	19	36	CH	1113.6
12972	0.23	11.8	19.08	0	30	70	56	23	33	CH	535.0
13020	3.83	15.6	20.60	1	20	79	53	13	40	CH	652.6
19984	1.58	25.1	17.75	12	22	60	81	18	63	CH	591.8
Vmax		36.5	22.9	12.0	30.0	100.0	90.0	33.0	67.0		1113.6
Vmin		11.8	18.6	0.0	0.0	60.0	30.0	13.0	7.0		525.4
σ		5.7	1.3	2.7	9.5	11.2	13.5	4.3	12.8		184.9
Vest		24.2	20.7	6.0	15.0	80.0	60.0	23.0	37.0		600.0
COV		0.24	0.06	0.45	0.63	0.14	0.22	0.19	0.35		0.31

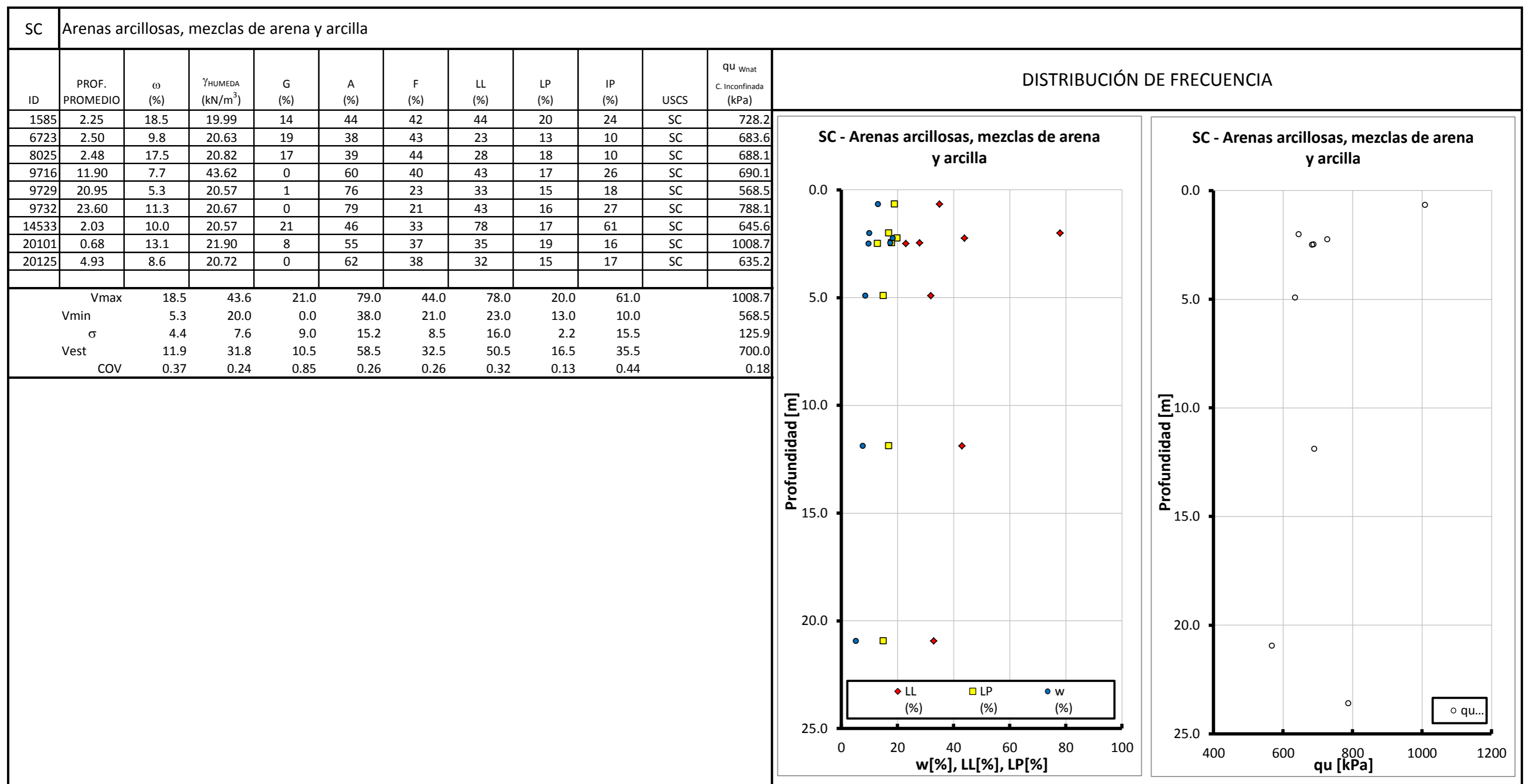
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA



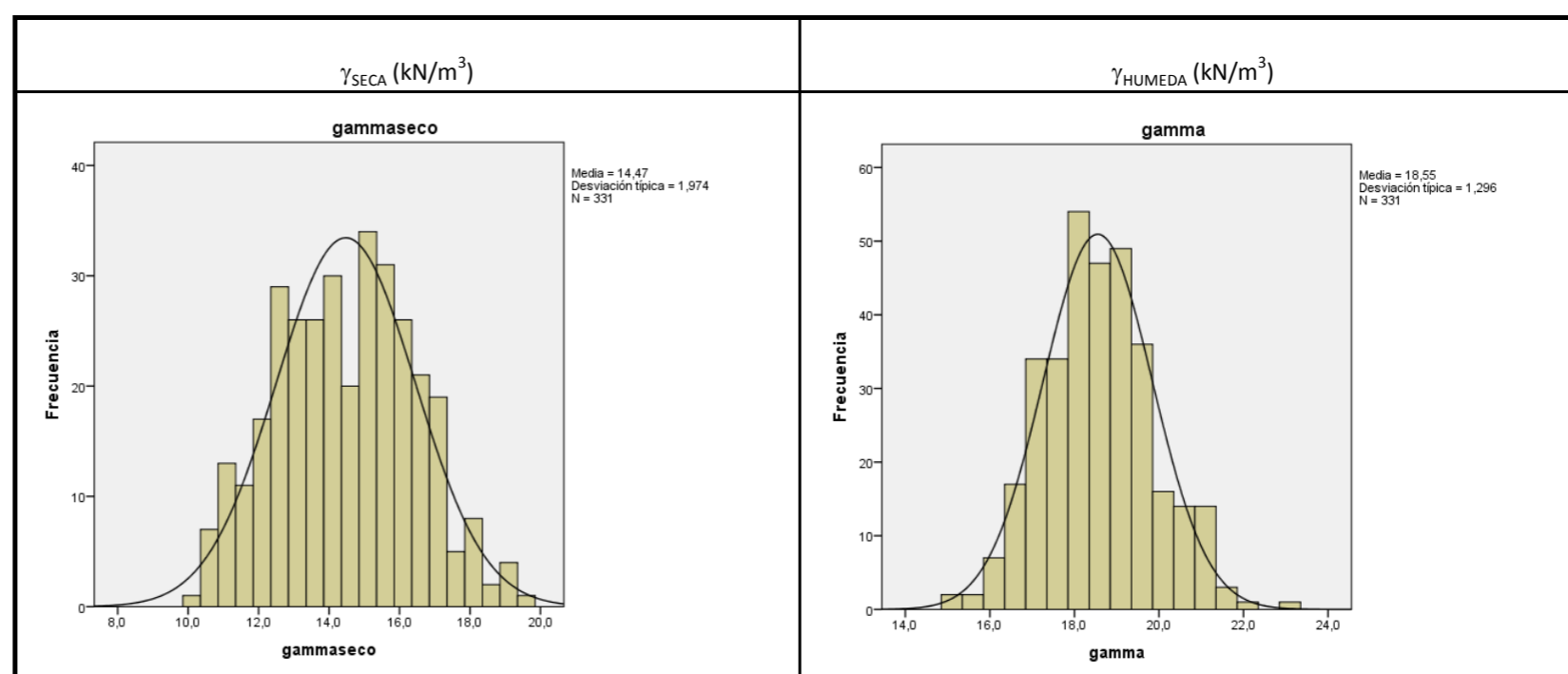
CL Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.												
ID	PROF. PROMEDIO	ω (%)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	q_u w_{nat} C. Inconfiada (kPa)	
2530	2.03	13.4	20.95	0	25	75	39	14	25	CL	1041.4	
2534	7.03	11.4	21.52	0	46	54	24	13	11	CL	634.1	
2536	9.73	16.3	21.49	1	18	81	39	14	25	CL	853.5	
2537	11.08	15.4	21.02	0	9	91	41	18	23	CL	979.6	
2538	11.98	17.8	20.72	0	9	91	42	21	21	CL	808.4	
2716	0.60	8.9	21.22	0	8	92	30	8	22	CL	1138.1	
2729	1.80	13.0	21.15	0	27	73	31	14	17	CL	528.6	
3045	1.80	14.4	20.03	0	37	63	46	20	26	CL	574.9	
3079	3.00	22.7	21.44	0	12	88	47	16	31	CL	822.2	
4332	3.83	12.0	17.71	0	9	91	48	18	30	CL	831.0	
4416	0.23		17.30	0	24	76	36	17	19	CL	559.0	
5254	0.68	21.0	19.40	0	27	73	33	18	15	CL	613.0	
6597	2.93	16.5	21.11	0	23	77	43	15	28	CL	640.1	
7239	17.43	12.3	20.19	1	39	60	31	15	16	CL	666.4	
7373	0.68	15.0	20.73	0	7	93	30	17	13	CL	725.6	
7391	1.73	11.3	20.89	5	21	74	27	16	11	CL	620.9	
7435	4.28	10.2	21.16	0	23	77	24	13	11	CL	683.7	
7436	5.18	12.3	21.62	0	22	78	31	18	13	CL	1882.5	
7438	6.28	9.5	20.83	0	29	71	23	13	10	CL	1104.1	
7509	4.28	17.0	19.26	0	4	96	22	11	11	CL	585.0	
7512	6.53	16.0	20.90	0	17	83	37	16	21	CL	747.8	
7590	9.68	15.0	21.50	1	19	80	30	14	16	CL	664.1	
7748	3.83	19.0	20.58	0	4	96	46	22	24	CL	1150.0	
7885	12.83	17.0	21.34	0	13	87	46	19	27	CL	763.3	
7991	14.95	14.5	22.69	0	21	79	36	18	18	CL	560.3	
8095	9.88	11.7	21.33	2	34	64	29	14	15	CL	668.6	
8119	9.23	18.8	20.41	0	47	53	44	19	25	CL	748.1	
9096	21.00	21.0	21.00	5	12	83	47	16	31	CL	604.0	
9106	24.75	10.0	22.00	14	25	61	36	12	24	CL	688.0	
9223	9.68		21.00				34	21	13	CL	584.0	
9454	1.28	10.4	20.84	0	41	59	31	11	20	CL	841.9	
9547	3.63	17.1	20.91	0	22	78	35	13	22	CL	724.2	
9591	1.58	18.0	21.06	0	14	86	34	12	22	CL	710.3	
10078	12.78	4.6	20.25	0	27	73	34	18	16	CL	1861.9	
10089	18.65	6.7	21.16	0	44	56	26	14	12	CL	2515.1	
12971	9.88	15.1	20.49	0	22	78	43	17	26	CL	620.3	
13034	10.13	20.4	20.57	1	32	67	34	13	21	CL	514.1	
13989	25.23	15.0	20.46	3	38	59	43	18	25	CL	653.2	
14427	7.78	16.0	21.00	0	28	72	46	15	31	CL	765.0	
14428	8.68	13.5	21.68	0	28	72	35	15	20	CL	679.6	
14449	7.88	4.5	20.57	6	13	81	38	15	23	CL	697.7	
14451	10.20	12.0	22.00	0	41	59	26	13	13	CL	844.0	
14579	2.48	19.2	19.55	3	37	60	42	12	30	CL	534.0	
14666	14.38	16.5	21.16	0	43	57	35	17	18	CL	774.5	
16688	22.88	7.5	17.92	0	24	76	39	16	23	CL	664.1	
19986	2.23	18.6	19.39	1	39	60	39	17	22	CL	715.4	
19987	2.45		18.94	4	36	60	43	20	23	CL	591.1	
20256	2.88		20.43	0	33	67	42	19	23	CL	612.6	
	Vmax	22.7	22.7	14.0	47.0	96.0	48.0	22.0	31.0		2515.1	
	Vmin	4.5	17.3	0.0	4.0	53.0	22.0	8.0	10.0		514.1	
	σ	4.3	1.0	2.5	11.9	12.2	7.2	3.0	6.1		374.7	
	Vest	13.6	20.0	7.0	25.5	74.5	35.0	15.0	20.5		700.0	
	COV	0.32	0.05	0.35	0.47	0.16	0.21	0.20	0.30		0.54	

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA





ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
2	0.68	CH	15.1	19.2
5	1.80	CH	13.8	18.0
11	1.50	CH	14.1	19.0
25	1.58	CH	15.0	19.4
27	2.10	CH	13.5	18.0
36	1.13	CH	13.3	17.3
38	1.80	CH	13.7	18.2
41	2.93	CH	13.4	18.1
44	1.13	CH	15.5	19.3
53	2.03	CH	12.0	17.3
91	1.13	CH	13.1	18.1
94	2.48	CH	13.6	18.4
98	3.83	CH	14.0	18.4
99	5.18	CH	12.8	18.2
130	3.53	CH	13.3	18.0
131	4.05	CH	13.7	18.6
157	0.68	CH	14.1	18.2
161	2.03	CH	13.1	17.6
164	3.38	CH	14.3	19.1
168	1.13	CH	13.1	18.1
171	2.10	CH	13.0	18.2
172	2.48	CH	13.6	18.4
175	3.83	CH	14.0	18.4
178	5.18	CH	12.8	18.1
192	4.35	CH	14.0	18.7
199	2.93	CH	12.4	17.1
201	3.83	CH	11.2	17.3
202	4.35	CH	12.4	17.9
206	1.58	CH	15.2	18.2
210	3.38	CH	14.0	18.4
212	4.35	CH	12.1	16.6
247	5.75	CH	14.2	18.8
250	1.13	CH	12.3	17.1
251	1.65	CH	12.5	17.7
255	3.60	CH	11.9	17.4
269	1.13	CH	10.9	16.0
271	1.58	CH	11.2	16.8
272	2.10	CH	11.7	16.9
275	3.53	CH	13.2	18.9
276	3.98	CH	11.4	17.2
277	4.50	CH	11.4	16.8
278	5.03	CH	13.8	18.2
280	7.20	CH	14.5	18.9
281	7.93	CH	11.1	16.7
284	9.28	CH	12.0	17.5
307	3.38	CH	13.8	18.0
330	4.88	CH	10.9	17.4
336	2.625	CH	13.9	18.6
344	2.93	CH	13.9	19.2
351	2.93	CH	10.7	16.1
353	0.68	CH	15.1	18.4
355	1.58	CH	12.9	17.4
357	2.48	CH	11.7	17.2
363	2.03	CH	14.3	15.6
383	3.83	CH	15.2	20.5
409	2.93	CH	12.3	17.4
420	3.83	CH	12.7	16.9
470	5.78	CH	12.3	17.4
474	1.58	CH	15.6	19.0
514	4.05	CH	12.7	18.0
542	3.45	CH	12.7	17.0
550	3.38	CH	13.9	18.6
565	2.93	CH	14.3	18.5
568	4.00	CH	14.6	19.2
586	2.10	CH	13.6	18.2
587	2.63	CH	14.1	18.6
620	5.30	CH	14.5	19.0
640	3.08	CH	10.6	16.5
675	2.03	CH	12.5	17.8
695	1.65	CH	13.4	18.0
895	3.53	CH	10.9	16.5
899	1.13	CH	12.3	17.3
901	1.65	CH	12.1	17.3
902	2.18	CH	11.8	17.2
934	2.10	CH	14.0	18.4
946	2.48	CH	11.2	16.9
969	2.15	CH	12.5	17.2
970	2.70	CH	13.2	17.9
971	3.23	CH	15.4	19.4
977	1.73	CH	13.1	18.0
1026	3.53	CH	14.9	19.0
1031	8.23	CH	11.2	17.0
1070	2.93	CH	15.6	19.3
1078	0.68	CH	13.7	17.9

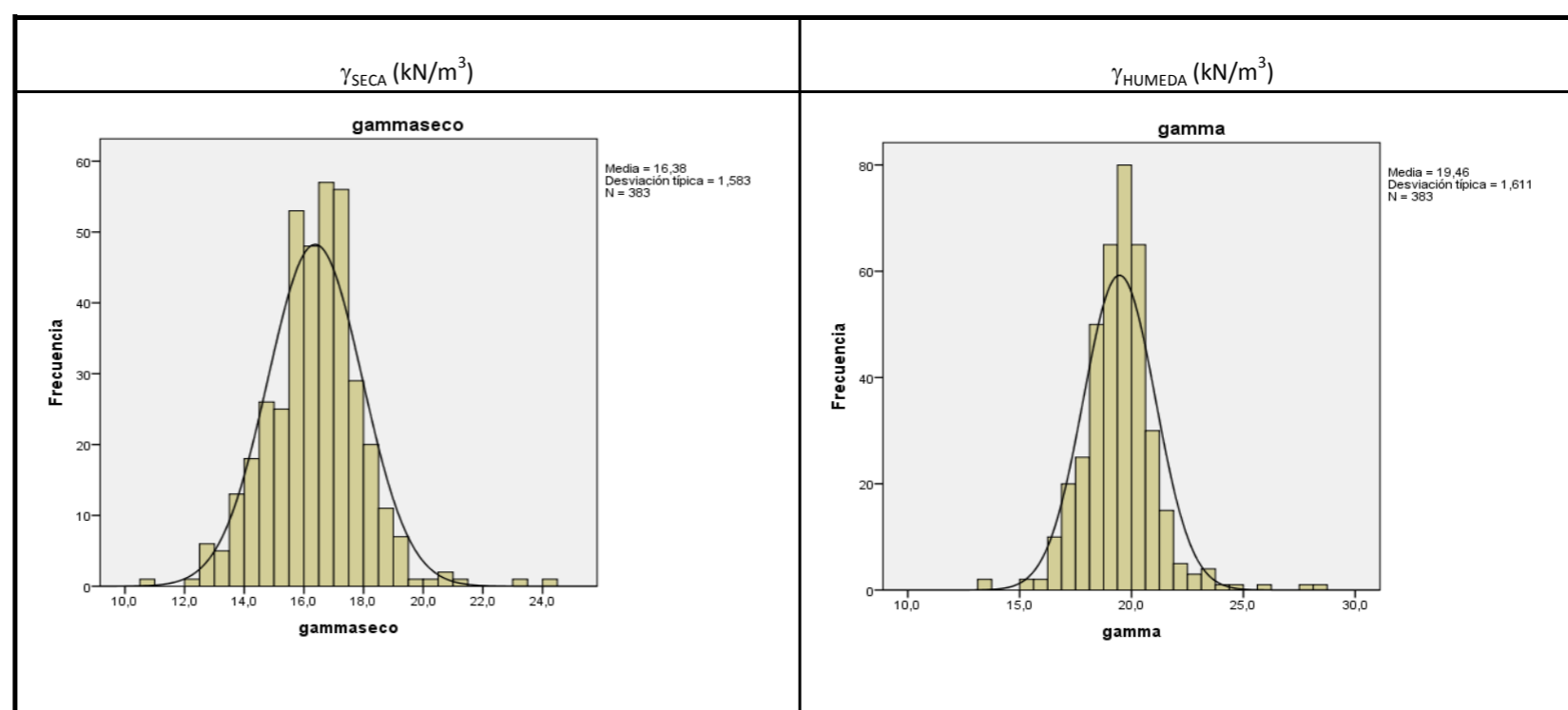


1081	2.03	CH	12.7	17.8
1091	1.58	CH	13.0	17.5
1106	2.03	CH	12.4	17.3
1117	3.83	CH	11.0	17.1
1136	2.03	CH	12.8	16.4
1152	3.00	CH	15.3	19.4
1158	2.48	CH	13.9	18.6
1278	1.80	CH	14.9	19.6
1282	3.68	CH	14.7	20.5
1294	2.78	CH	13.4	19.2
1298	4.50	CH	16.5	20.0
1299	6.00	CH	12.8	18.1
1300	1.73	CH	13.4	18.5
1301	2.25	CH	14.4	19.0
1311	4.13	CH	14.0	18.3
1321	2.18	CH	13.5	17.8
1326	4.80	CH	13.4	18.3
1334	3.15	CH	12.8	17.8
1342	2.63	CH	13.5	17.8
1346	1.80	CH	12.0	16.4
1349	3.30	CH	11.2	16.6
1360	5.33	CH	12.8	18.3
1362	6.30	CH	12.7	17.7
1364	7.28	CH	12.0	17.7
1368	2.63	CH	13.1	17.8
1388	4.13	CH	10.1	16.0
1389	4.65	CH	10.4	16.3
1398	2.78	CH	13.4	18.3
1402	4.80	CH	13.2	17.9
1407	3.75	CH	13.6	18.6
1416	1.80	CH	11.1	16.5
1419	3.23	CH	11.4	17.1
1421	4.13	CH	11.2	17.2
1426	2.33	CH	13.5	18.2
1430	4.20	CH	13.0	18.0
1434	2.33	CH	12.6	17.7
1437	3.75	CH	11.4	17.0
1455	3.75	CH	12.8	17.4
1464	2.33	CH	12.5	17.3
1467	3.75	CH	14.8	19.5
1469	4.73	CH	15.8	20.1
1482	6.33	CH	11.9	17.4
1507	3.30	CH	15.5	18.9
1519	3.60	CH	16.3	18.5
1522	5.10	CH	12.6	17.5
1529	2.18	CH	14.9	18.9
1572	2.03	CH	13.1	17.3
1573	2.93	CH	13.2	18.0
1575	3.83	CH	13.2	18.3
1594	1.80	CH	13.5	18.2
1618	1.80	CH	14.9	18.8
1627	1.80	CH	16.7	20.5
1664	3.75	CH	12.7	18.6
1691	6.28	CH	12.3	17.6
1692	1.80	CH	12.2	17.7
1696	3.75	CH	12.6	18.1
1725	1.80	CH	14.2	19.2
1733	1.80	CH	10.4	15.9
1748	5.25	CH	11.7	17.5
1756	1.80	CH	13.3	17.1
1764	2.78	CH	11.7	17.2
1772	3.30	CH	10.5	15.5
1776	1.80	CH	11.5	16.7
1779	3.30	CH	11.3	16.7
1802	1.80	CH	14.0	18.5
1806	3.75	CH	10.4	16.5
1811	1.80	CH	14.9	19.0
1818	1.80	CH	16.2	19.7
1841	5.18	CH	10.7	16.2
1847	3.08	CH	16.0	19.8
1849	3.98	CH	15.3	19.5
1854	3.30	CH	12.8	21.0
1862	4.20	CH	12.7	18.0
1915	3.30	CH	12.6	17.7
1977	1.73	CH	15.8	19.4
2011	1.13	CH	12.9	17.0
2012	1.65	CH	13.2	18.0
2014	2.70	CH	17.4	20.1
2015	3.23	CH	13.3	17.8
2021	1.13	CH	15.9	19.0
2039	3.83	CH	14.4	18.2
2040	0.23	CH	13.9	18.1
2043	1.58	CH	14.8	18.8
2048	3.83	CH	14.6	19.0
2051	1.13	CH	14.2	18.5
2082	1.80	CH	14.9	18.8
2088	1.80	CH	15.1	18.8

2092	3.68	CH	14.4	18.9
2128	1.58	CH	12.8	17.2
2133	3.83	CH	15.3	19.7
2517	1.13	CH	16.2	19.6
2527	14.58	CH	15.1	19.9
2601	3.83	CH	17.8	21.8
2633	0.95	CH	15.0	18.6
2635	1.80	CH	14.6	18.5
2641	3.00	CH	16.1	19.7
2698	1.90	CH	18.1	20.2
2801	1.80	CH	18.1	20.8
2804	0.90	CH	15.7	19.0
2880	0.20	CH	19.0	22.2
2881	0.55	CH	16.5	19.5
2928	1.23	CH	17.7	20.5
2945	6.18	CH	16.4	19.3
2947	8.88	CH	15.9	18.6
3067	1.80	CH	16.6	20.3
3150	1.25	CH	12.1	15.3
3158	1.50	CH	16.8	19.0
3214	1.05	CH	14.5	16.6
3234	1.20	CH	17.1	19.3
3240	1.20	CH	17.9	20.0
3447	7.13	CH	17.3	19.5
3913	1.50	CH	16.9	19.2
3951	0.58	CH	17.7	20.1
4221	1.20	CH	15.4	17.5
4236	1.20	CH	14.7	16.5
4255	1.20	CH	14.7	17.1
4280	0.23	CH	17.3	20.2
4281	0.68	CH	16.6	19.5
4287	3.75	CH	16.4	20.4
4297	0.23	CH	15.8	19.3
4302	2.03	CH	16.5	19.7
4306	4.25	CH	16.8	20.5
4337	6.08	CH	16.9	19.1
4344	11.28	CH	18.3	21.0
4354	4.28	CH	19.4	21.0
4355	4.73	CH	19.2	21.0
4357	6.15	CH	13.4	16.6
4364	13.43	CH	12.6	17.3
4366	0.23	CH	15.2	18.9
4372	2.93	CH	14.2	18.0
4381	7.85	CH	14.3	19.6
4382	8.50	CH	17.8	21.2
4408	12.60	CH	15.0	19.3
4471	2.93	CH	15.8	18.6
4474	4.27	CH	19.3	22.9
4482	8.11	CH	17.9	21.3
4622	1.50	CH	17.0	20.3
4734	1.50	CH	15.6	19.4
4747	1.50	CH	15.1	19.2
4787	2.00	CH	16.0	19.7
4806	1.50	CH	16.0	19.6
4858	1.50	CH	14.0	18.3
4881	1.75	CH	15.6	19.6
4982	1.50	CH	15.5	17.9
4983	1.50	CH	12.9	17.0
4989	1.50	CH	15.9	19.4
4992	1.50	CH	15.8	18.3
5002	1.50	CH	15.6	18.6
5015	1.50	CH	14.9	16.9
5019	1.50	CH	15.9	18.9
5022	1.50	CH	15.4	17.4
5025	1.50	CH	15.5	19.0
5034	1.50	CH	15.7	18.0
5044	1.50	CH	16.3	18.6
5047	1.50	CH	14.5	18.2
5050	1.50	CH	15.1	18.8
5057	1.50	CH	15.2	17.3
5066	1.50	CH	15.2	17.4
5069	1.50	CH	15.4	17.5
5075	1.50	CH	16.9	19.2
5094	1.50	CH	15.2	17.4
5097	1.50	CH	16.4	18.6
5109	1.50	CH	17.0	19.3
5120	1.50	CH	15.7	17.9
5137	2.28	CH	15.6	18.9
5138	3.18	CH	17.3	21.3
5172	18.43	CH	16.8	20.5
5173	19.33	CH	17.1	19.5
5192	9.60	CH	17.1	20.9
5198	4.28	CH	17.1	19.4
5212	0.23	CH	15.0	18.9
5216	2.03	CH	15.7	19.4
5225	0.23	CH	15.9	19.6
5229	2.03	CH	19.0	21.4

5238	0.23	CH	18.2	20.6
5266	0.70	CH	15.1	19.1
5268	1.63	CH	16.0	20.0
5290	1.20	CH	15.5	19.1
5292	2.28	CH	16.1	19.7
5295	3.63	CH	16.1	20.4
5312	1.05	CH	15.5	19.6
5313	1.75	CH	15.6	19.0
5314	2.55	CH	16.9	20.4
5320	5.80	CH	13.9	18.5
5329	6.80	CH	15.1	19.4
5439	1.80	CH	15.8	19.5
5462	1.80	CH	16.1	20.0
5470	1.70	CH	18.2	21.0
5473	1.20	CH	18.6	21.1
5476	1.20	CH	16.6	18.8
5479	1.20	CH	16.8	19.5
5482	1.20	CH	16.2	19.0
5485	1.20	CH	16.4	18.8
5489	1.20	CH	15.8	19.4
5493	1.20	CH	16.1	18.6
5494	1.50	CH	13.6	18.0
5497	1.20	CH	17.1	18.8
5500	1.20	CH	17.2	19.3
5503	1.20	CH	16.8	18.9
5507	1.20	CH	16.7	18.5
5511	1.50	CH	16.1	19.3
5518	1.20	CH	15.6	17.5
5527	1.20	CH	15.2	17.4
5535	1.20	CH	14.6	18.2
5553	1.50	CH	16.5	18.6
5560	1.50	CH	14.6	18.5
5621	5.23	CH	16.5	21.5
5629	2.93	CH	16.2	20.6
5634	8.48	CH	16.1	20.1
5649	5.75	CH	14.5	18.6
5679	0.75	CH	16.0	19.4
6141	0.90	CH	14.4	16.3
6189	1.50	CH	11.7	15.1
6209	1.30	CH	14.2	18.5
6212	1.50	CH	13.9	18.0
6215	1.50	CH	13.6	18.0
6231	0.90	CH	14.3	18.7
6930	3.00	CH	17.3	20.8
7006	1.00	CH	15.9	20.0
14659	3.78	CH	15.3	19.7
14664	11.68	CH	17.9	21.0
14669	4.55	CH	16.5	20.4
14674	13.03	CH	16.9	21.2
14675	14.83	CH	15.8	18.9
14854	1.18	CH	15.2	19.5
14860	5.00	CH	13.3	18.3
16716	18.43	CH	15.2	18.8
17522	1.15	CH	12.9	18.0
17524	2.10	CH	13.7	18.1
17814	0.75	CH	17.1	19.9
17866	0.90	CH	14.0	18.4
17912	3.70	CH	14.6	18.5
17982	2.33	CH	16.2	19.2
18002	1.13	CH	16.2	18.3
18024	1.30	CH	15.2	19.3
18025	1.90	CH	16.8	20.2
18026	2.50	CH	13.7	18.2
18027	3.10	CH	15.2	19.4
18112	0.95	CH	12.0	17.1
18140	1.35	CH	12.0	16.8
18161	1.20	CH	18.7	21.3
18184	0.90	CH	13.0	17.2
19001	3.30	CH	12.5	17.7
19059	3.30	CH	14.2	18.9
19145	3.65	CH	13.2	18.2
19248	9.78	CH	15.4	21.0
19358	6.23	CH	17.3	19.0
	Vmax		19.4	22.9
	Vmin		10.1	15.1
	σ		1.97	1.29
	Vest		14.5	18.6
	COV		0.136	0.070

ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
29	2.93	CL	14.60	18.93
73	1.13	CL	13.93	18.96
80	4.50	CL	15.49	19.37
105	2.03	CL	14.24	17.59
146	5.23	CL	13.44	18.43
147	5.75	CL	15.51	19.58
182	1.58	CL	17.62	20.95
195	1.13	CL	17.27	21.37
204	0.68	CL	15.77	18.61
214	0.68	CL	16.54	20.16
240	1.65	CL	13.54	18.43
243	3.15	CL	14.03	18.43
303	2.03	CL	14.62	18.97
304	1.90	CL	14.63	18.68
315	0.68	CL	14.91	19.03
317	1.58	CL	15.29	19.54
327	3.45	CL	15.87	20.47
346	0.68	CL	17.86	20.63
393	4.35	CL	15.00	19.14
467	3.00	CL	12.53	17.37
479	3.38	CL	14.89	18.76
487	3.08	CL	14.33	19.66
489	4.13	CL	14.88	19.34
500	0.68	CL	16.45	19.20
509	1.13	CL	16.52	20.03
532	3.38	CL	14.96	18.71
533	3.90	CL	16.55	20.31
562	1.58	CL	17.83	21.42
571	5.18	CL	14.52	19.56
628	2.03	CL	17.68	19.60
652	4.30	CL	10.55	17.26
666	1.58	CL	13.57	17.92
694	1.13	CL	13.23	18.24
715	2.63	CL	13.95	19.60
746	4.28	CL	18.86	21.31
763	2.48	CL	15.09	18.56
770	2.48	CL	15.22	19.26
779	2.48	CL	16.49	20.86
841	2.98	CL	13.15	17.13
859	2.03	CL	16.30	19.16
869	1.58	CL	18.26	20.45
878	1.20	CL	14.42	18.49
880	2.40	CL	13.57	18.46
936	2.63	CL	15.54	19.50
956	2.40	CL	16.74	19.55
958	3.45	CL	15.44	19.54
968	1.65	CL	14.87	19.32
975	1.20	CL	14.48	18.49
986	0.68	CL	17.17	20.23
993	1.58	CL	16.31	19.53
1006	1.13	CL	16.40	19.96
1028	4.43	CL	13.89	17.87
1046	2.48	CL	15.68	19.54
1058	0.68	CL	15.51	19.08
1111	1.13	CL	16.57	19.94
1141	0.68	CL	14.97	18.24
1160	3.38	CL	14.26	18.80
1308	2.63	CL	17.11	20.19
1310	3.60	CL	16.97	20.17
1328	1.80	CL	14.71	18.87
1331	1.73	CL	15.46	17.78
1401	4.28	CL	12.62	17.84
1408	1.73	CL	15.95	20.51
1410	2.63	CL	13.53	16.35
1576	1.73	CL	16.48	20.87
1592	3.00	CL	13.60	15.80
1615	5.75	CL	18.26	22.10
1759	3.30	CL	15.52	19.25
1821	3.30	CL	16.00	19.34
1888	4.73	CL	17.26	20.16
1925	2.78	CL	16.86	20.40
1927	4.03	CL	20.84	24.97
1930	1.78	CL	15.90	18.50
1941	1.78	CL	15.80	18.30
1945	3.78	CL	16.50	19.00
1948	1.78	CL	19.30	22.60
1964	2.95	CL	14.69	18.72
1987	3.30	CL	16.79	20.27
1993	6.08	CL	17.30	20.89
2023	2.03	CL	15.69	18.29
2025	2.93	CL	14.78	18.35
2030	5.73	CL	13.95	17.16
2054	2.48	CL	15.59	18.88
2062	1.25	CL	15.74	18.23



2065	2.78	CL	19.21	23.30
2067	3.78	CL	17.16	20.21
2085	3.30	CL	16.18	20.00
2107	1.80	CL	13.74	18.22
2122	3.23	CL	15.75	19.76
2132	3.38	CL	17.06	20.04
2138	1.13	CL	15.92	19.52
2151	2.10	CL	13.10	18.31
2153	2.93	CL	13.59	18.47
2182	3.43	CL	17.12	20.87
2183	3.88	CL	15.89	20.06
2199	1.10	CL	15.70	19.36
2203	0.50	CL	15.94	19.43
2207	0.70	CL	16.86	21.17
2210	0.50	CL	16.66	20.26
2264	0.75	CL	16.03	19.47
2313	1.50	CL	16.92	19.07
2316	1.50	CL	16.45	18.29
2323	1.50	CL	17.06	19.86
2326	1.50	CL	16.56	18.91
2330	1.50	CL	17.20	19.12
2334	1.50	CL	16.44	19.06
2338	1.50	CL	16.44	19.06
2347	1.50	CL	14.79	16.95
2358	1.50	CL	14.24	16.50
2366	1.50	CL	16.71	18.71
2399	0.23	CL	16.52	19.47
2400	0.68	CL	17.33	20.40
2401	1.58	CL	16.09	20.03
2418	4.58	CL	21.42	25.86
2421	5.95	CL	15.67	19.09
2461	2.00	CL	17.33	20.11
2484	2.45	CL	16.80	20.50
2502	1.13	CL	17.14	20.00
2503	1.80	CL	17.26	20.22
2512	11.13	CL	17.91	21.06
2516	0.68	CL	17.18	20.18
2522	6.80	CL	17.16	21.76
2523	8.34	CL	17.65	22.22
2525	11.85	CL	15.58	20.16
2530	2.03	CL	18.47	20.95
2534	7.03	CL	19.32	21.52
2535	8.38	CL	17.44	19.61
2536	9.73	CL	18.48	21.49
2537	11.08	CL	18.22	21.02
2538	11.98	CL	17.59	20.72
2539	13.33	CL	18.31	21.04
2540	15.13	CL	18.93	21.34
2614	0.65	CL	15.05	17.66
2628	1.15	CL	15.47	19.51
2631	0.70	CL	15.14	19.17
2640	1.20	CL	16.87	20.34
2642	1.20	CL	17.07	20.19
2648	1.80	CL	18.49	21.09
2650	3.85	CL	18.64	20.68
2666	0.80	CL	16.40	19.35
2697	1.20	CL	17.24	19.67
2716	0.60	CL	19.48	21.22
2729	1.80	CL	18.72	21.15
2731	3.90	CL	18.02	19.88
2763	0.50	CL	16.48	18.80
2766	0.60	CL	17.40	19.83
2809	1.20	CL	17.00	20.45
2812	1.20	CL	17.32	19.80
2815	1.05	CL	15.11	19.70
2818	1.20	CL	15.50	18.60
2819	0.75	CL	12.45	15.22
2822	1.20	CL	15.31	19.00
2826	1.00	CL	15.97	18.44
2830	1.18	CL	15.90	17.00
2834	1.00	CL	16.20	17.80
2840	1.20	CL	16.60	19.70
2841	0.75	CL	17.59	20.38
2844	1.20	CL	15.80	17.30
2847	1.20	CL	16.92	19.00
2851	1.20	CL	16.69	18.50
2854	1.20	CL	17.91	19.70
2855	0.75	CL	18.94	21.48
2858	1.20	CL	15.45	16.80
2861	1.20	CL	14.23	15.90
2865	0.75	CL	17.91	21.21
2868	1.20	CL	17.20	19.50
2875	1.20	CL	15.99	17.80
2903	0.25	CL	12.62	19.66
3007	1.80	CL	18.72	20.72
3022	1.80	CL	16.56	19.97
3035	0.65	CL	16.54	19.77

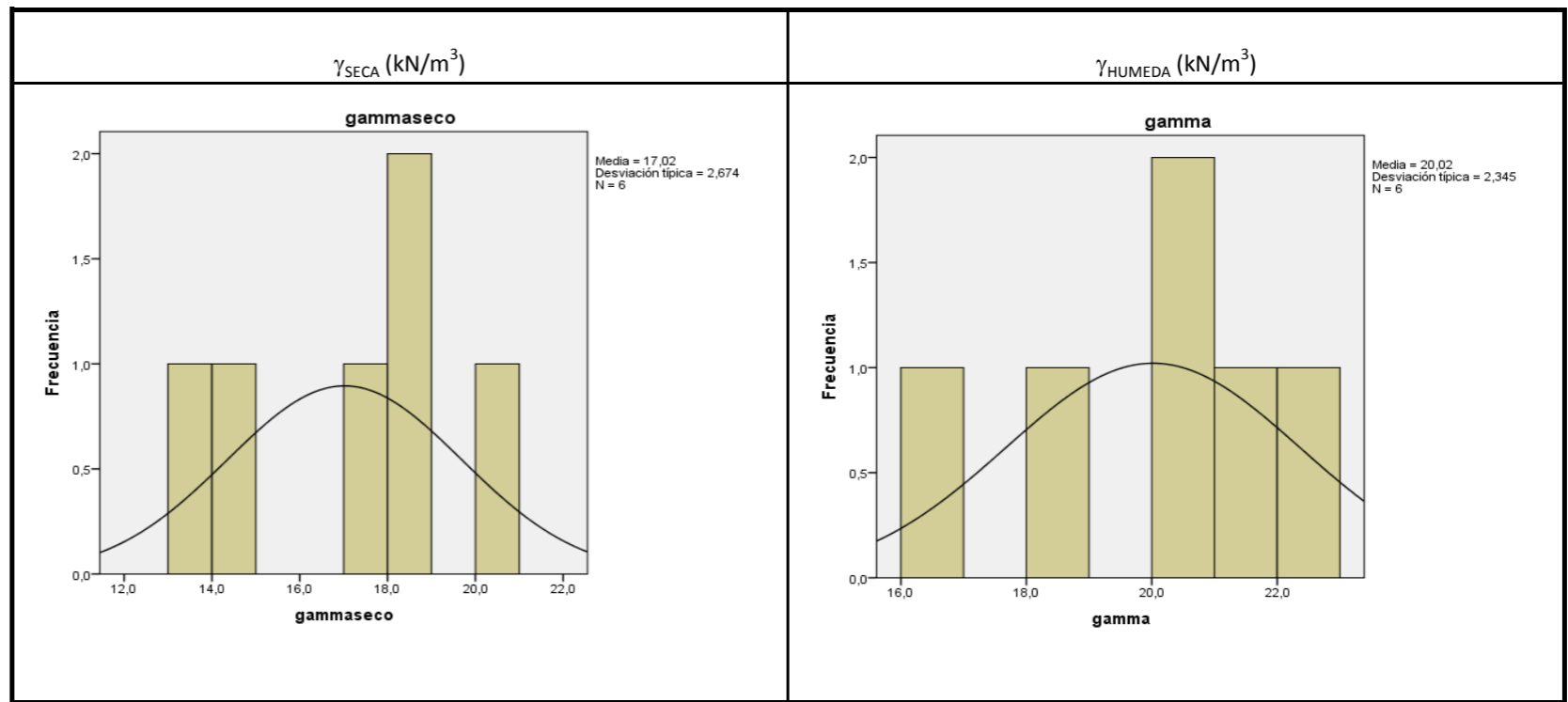
3041	1.80	CL	15.91	20.31
3045	1.80	CL	17.52	20.03
3046	3.00	CL	16.87	20.70
3048	1.80	CL	14.89	20.36
3058	1.80	CL	15.69	18.53
3074	1.80	CL	18.77	22.08
3079	3.00	CL	17.48	21.44
3128	0.50	CL	18.88	23.52
3174	1.50	CL	16.77	18.82
3178	1.50	CL	17.40	19.08
3210	1.05	CL	14.65	16.72
3257	1.50	CL	17.36	19.51
3260	1.20	CL	17.29	19.12
3263	1.50	CL	17.19	19.14
3278	1.50	CL	17.19	19.48
3288	0.68	CL	16.23	19.28
3289	1.58	CL	16.45	19.54
3290	2.03	CL	16.58	20.43
3291	2.93	CL	16.68	20.24
3292	3.38	CL	15.95	19.58
3294	4.73	CL	16.14	19.78
3298	7.88	CL	17.56	20.56
3406	0.23	CL	17.89	20.21
3407	0.68	CL	19.62	21.64
3413	3.38	CL	17.57	20.05
3416	4.73	CL	17.37	19.56
3441	2.48	CL	16.78	19.31
3442	2.93	CL	18.27	19.92
3444	4.25	CL	16.94	19.97
3446	6.50	CL	16.80	19.57
3448	8.85	CL	17.22	20.12
3495	0.23	CL	14.17	18.39
3500	3.38	CL	16.73	19.61
3710	0.80	CL	16.83	19.55
3879	1.50	CL	15.65	19.38
3889	1.50	CL	17.05	19.20
3905	1.50	CL	16.57	18.88
3926	1.50	CL	16.70	18.99
3930	1.50	CL	17.15	19.30
3934	1.50	CL	16.87	18.40
3942	1.50	CL	14.25	16.77
4217	0.80	CL	14.39	16.51
4225	1.20	CL	15.54	17.28
4232	1.20	CL	15.44	17.26
4240	1.20	CL	14.72	16.72
4244	1.20	CL	14.68	16.57
4270	1.20	CL	15.44	17.66
4283	1.58	CL	17.71	20.21
4290	5.60	CL	16.49	19.81
4324	0.23	CL	19.22	20.87
4332	3.83	CL	15.82	17.71
4339	7.20	CL	17.00	19.94
4348	14.75	CL	17.11	20.00
4356	5.60	CL	18.91	20.58
4359	7.73	CL	17.47	19.66
4416	0.23	CL	14.40	17.30
4417	0.68	CL	13.80	16.80
4424	4.40	CL	17.10	17.90
4434	9.38	CL	14.90	18.50
4439	1.58	CL	16.50	19.90
4441	2.93	CL	15.70	19.10
4449	6.08	CL	15.70	19.40
4455	8.98	CL	16.10	19.90
4458	10.15	CL	18.40	21.60
4513	12.23	CL	14.40	17.90
4571	1.50	CL	15.91	19.00
4681	1.50	CL	16.39	19.69
4708	1.60	CL	15.34	18.97
4760	1.50	CL	15.96	19.62
4766	1.50	CL	14.78	18.85
4923	1.50	CL	16.84	20.20
4986	1.50	CL	16.01	20.63
4999	1.50	CL	15.19	17.17
5009	1.50	CL	15.77	19.70
5012	1.50	CL	16.00	18.05
5040	1.50	CL	14.96	17.08
5054	1.50	CL	17.67	23.53
5072	1.50	CL	15.88	18.14
5084	1.50	CL	15.37	17.50
5087	1.50	CL	15.23	18.74
5090	1.50	CL	15.72	17.93
5100	1.50	CL	16.70	23.64
5117	1.50	CL	15.96	13.50
5123	1.50	CL	16.17	18.39
5129	1.50	CL	16.27	18.44
5141	4.98	CL	23.05	27.61
5146	9.18	CL	12.92	15.44

5187	4.80	CL	16.49	19.62
5188	5.45	CL	17.76	19.91
5253	0.23	CL	15.90	18.80
5254	0.68	CL	16.20	19.40
5275	4.78	CL	17.80	20.79
5280	7.03	CL	16.97	20.38
5308	4.88	CL	16.70	18.10
5311	0.35	CL	14.61	18.25
5345	0.23	CL	15.70	18.12
5346	0.83	CL	14.77	17.04
5353	5.65	CL	17.25	21.03
5382	2.00	CL	18.10	20.95
5446	0.60	CL	15.44	19.64
5453	1.80	CL	17.75	20.55
5460	1.80	CL	17.11	20.12
5464	1.80	CL	16.34	19.63
5466	1.80	CL	17.10	20.51
5469	1.30	CL	17.14	18.70
5490	1.50	CL	16.75	20.24
5510	1.20	CL	15.60	18.90
5514	1.20	CL	16.13	18.80
5521	1.20	CL	15.17	16.90
5524	1.20	CL	16.10	17.40
5528	1.50	CL	17.02	20.47
5531	1.20	CL	15.11	17.20
5539	1.20	CL	16.14	19.00
5543	1.20	CL	17.17	19.70
5546	1.20	CL	15.82	18.26
5550	1.50	CL	16.63	19.83
5557	1.50	CL	14.40	17.37
5566	1.50	CL	15.97	18.43
5615	8.00	CL	20.54	22.91
5652	7.10	CL	17.28	20.50
5689	0.75	CL	18.13	20.99
5717	0.75	CL	17.03	20.47
5785	0.75	CL	16.08	19.53
5791	0.75	CL	16.34	19.78
5796	0.75	CL	16.45	19.90
5991	0.75	CL	17.39	20.65
5996	0.75	CL	15.64	19.18
6018	0.75	CL	15.57	18.52
6048	0.75	CL	17.54	19.89
6057	0.75	CL	12.93	16.65
6073	0.75	CL	15.90	19.49
6079	0.75	CL	16.09	19.58
6084	0.75	CL	14.19	17.60
6094	1.50	CL	16.70	19.21
6116	0.90	CL	15.61	17.34
6135	1.50	CL	16.47	18.25
6138	1.50	CL	16.57	18.37
6145	1.50	CL	16.68	18.45
6180	0.70	CL	17.20	18.97
6592	0.68	CL	17.38	19.90
6594	1.58	CL	16.68	19.83
6595	2.03	CL	16.57	19.79
6597	2.93	CL	18.13	21.11
6609	0.23	CL	16.47	19.72
6610	0.58	CL	24.22	28.15
6709	6.98	CL	15.66	18.72
6716	10.13	CL	19.19	21.68
6717	0.20	CL	17.34	18.60
6720	1.60	CL	18.38	19.96
6745	0.40	CL	16.45	19.28
6782	1.20	CL	16.05	18.28
6785	1.20	CL	17.68	18.21
6788	1.20	CL	16.56	17.90
6815	1.50	CL	14.77	16.98
6935	4.10	CL	18.61	21.33
6937	1.80	CL	17.14	20.26
6943	1.15	CL	17.42	19.93
6951	1.40	CL	17.32	20.37
6954	1.05	CL	15.40	18.90
6956	0.55	CL	13.75	17.65
6992	2.50	CL	17.75	20.43
6994	4.50	CL	17.75	20.43
7002	1.00	CL	14.68	18.12
7003	3.00	CL	16.82	20.16
7007	3.00	CL	18.16	21.98
7076	0.55	CL	15.09	18.67
7081	1.50	CL	16.45	19.35
7083	0.60	CL	15.82	19.15
7091	0.55	CL	19.34	23.82
7098	0.70	CL	18.16	21.43
14666	14.38	CL	18.16	21.16
14718	0.70	CL	17.61	20.33
15998	0.23	CL	20.10	17.20
16480	9.80	CL	16.40	19.01

16642	21.03	CL	14.31	18.09
16643	21.78	CL	16.61	18.82
16688	22.88	CL	16.67	17.92
16746	18.00	CL	17.26	19.73
16750	20.73	CL	16.97	19.79
17503	0.20	CL	16.67	19.48
17594	0.68	CL	16.02	18.88
17595	1.20	CL	16.78	19.25
17622	2.03	CL	16.42	19.30
17717	0.75	CL	15.66	19.30
17720	2.25	CL	18.03	22.59
17770	2.58	CL	17.54	13.32
17831	2.70	CL	12.78	18.02
18006	2.93	CL	17.15	19.14
18028	3.70	CL	14.23	20.01
18038	0.60	CL	17.53	20.62
18039	1.13	CL	17.66	20.07
18044	3.53	CL	15.46	19.17
18062	2.28	CL	16.23	19.98
18065	3.43	CL	18.28	20.24
18084	0.23	CL	17.83	20.13
18108	0.95	CL	13.49	18.40
18119	1.58	CL	16.38	20.18
18141	1.88	CL	16.96	21.13
18224	0.70	CL	14.77	17.88
18450	7.43	CL	17.94	21.16
18509	3.03	CL	17.49	19.62
18634	8.28	CL	18.30	21.30
18647	1.00	CL	15.52	18.25
18669	1.60	CL	16.59	20.25
18671	1.63	CL	18.92	22.36
18675	1.85	CL	14.46	18.18
18699	0.80	CL	16.43	19.74
18981	4.28	CL	16.79	19.65
19005	5.87	CL	16.68	20.30
19046	1.13	CL	17.06	19.55
19231	2.50	CL	15.73	18.94
19236	15.65	CL	16.47	20.43
	Vmax		24.2	28.2
	Vmin		10.6	13.3
	σ		1.58	1.61
	Vest		16.4	19.5
	COV		0.097	0.083

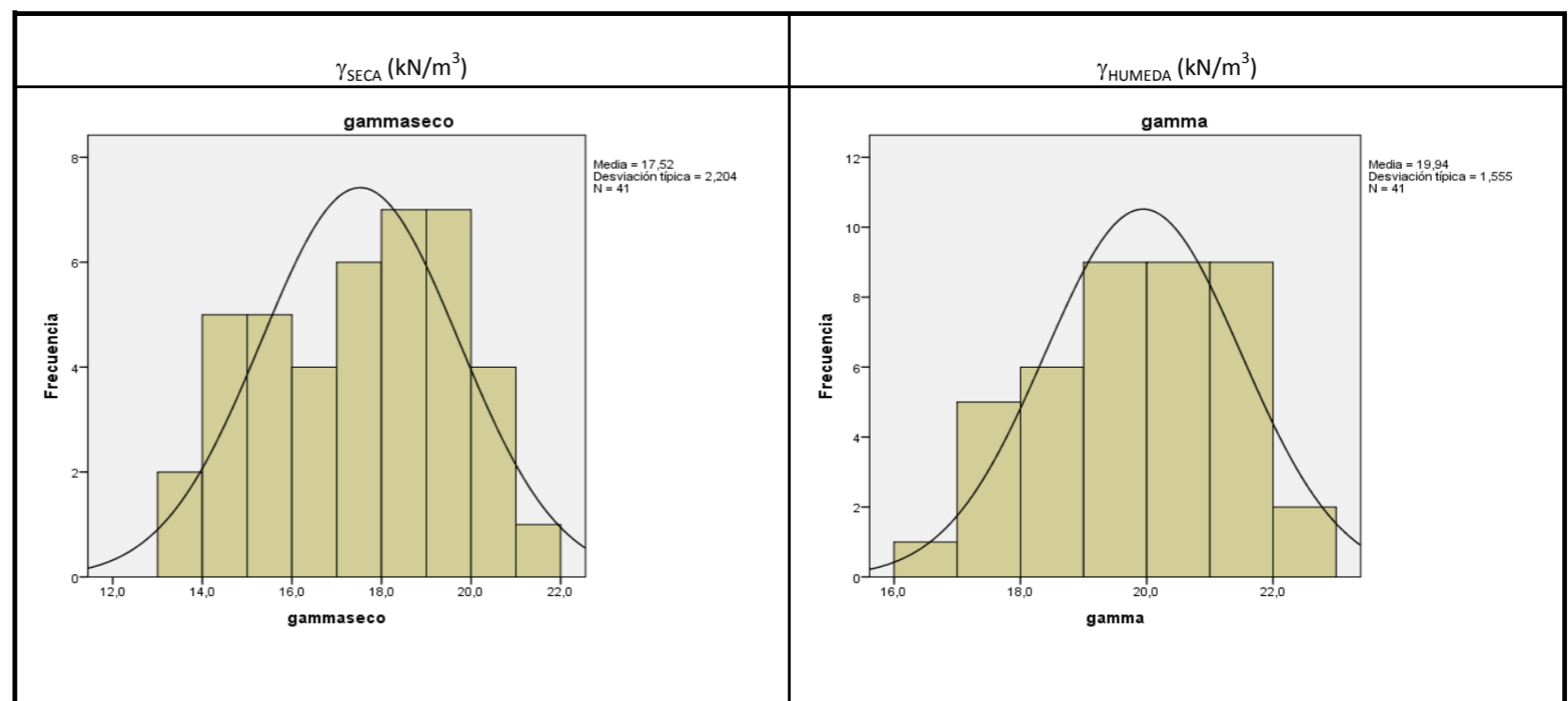
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
421	4.35	CL-ML	13.49	18.21
2342	1.50	CL-ML	14.06	16.29
2501	0.23	CL-ML	18.77	21.79
2583	5.33	CL-ML	18.49	20.85
6949	5.40	CL-ML	17.25	20.44
18428	1.78	CL-ML	20.06	22.53

Vmax	20.1	22.5
Vmin	13.5	16.3
σ	2.67	2.34
Vest	17.0	20.0
COV	0.157	0.117



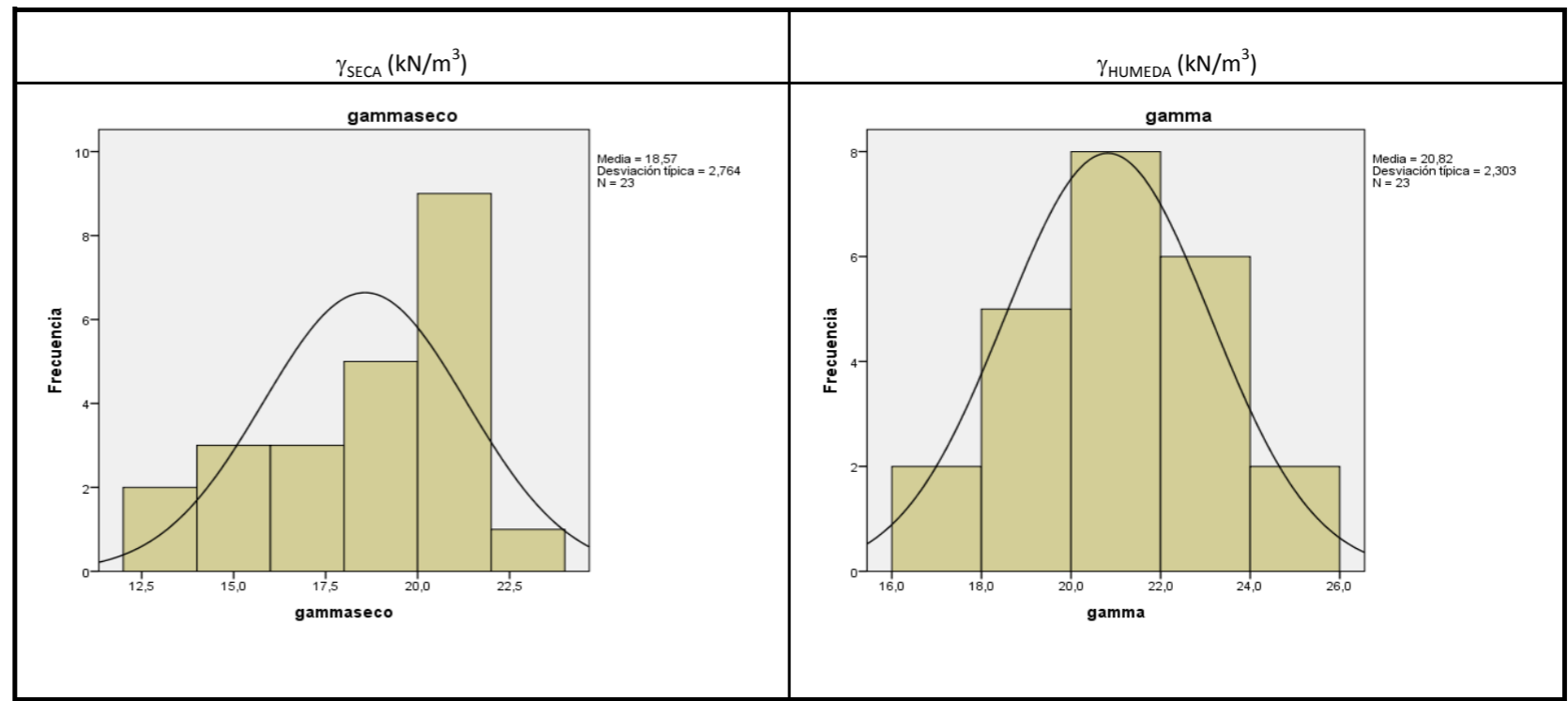
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
261	1.13	GC	17.27	19.97
456	2.63	GC	16.72	19.41
493	1.13	GC	15.31	17.48
536	1.13	GC	16.39	19.57
541	2.93	GC	14.88	18.03
588	4.03	GC	16.57	19.69
613	1.125	GC	18.69	20.9
616	2.825	GC	17.35	17.49
622	6.65	GC	14.15	17.84
657	2.03	GC	15.71	16.6
721	1.13	GC	14.64	17.67
787	1.13	GC	14.5	18.17
798	1.13	GC	18.54	20.4
858	1.58	GC	18.98	20.36
863	3.98	GC	20.57	22.52
864	5.10	GC	15.1	17.41
874	3.98	GC	19	20.71
932	1.13	GC	14.34	19.8
967	1.65	GC	13.86	18.51
1048	3.38	GC	15.74	19.46
1366	1.73	GC	13.07	18.47
1875	1.80	GC	17.89	20.67
2037	2.93	GC	16.3	18.97
2119	1.80	GC	15.19	18.91
2308	1.50	GC	17.9	19.74
3164	1.20	GC	18.67	20.59
3185	1.20	GC	17.99	19.61
3190	0.70	GC	18.52	20.59
3907	1.50	GC	19.2	20.9
6118	0.70	GC	19.94	21.69
6121	0.70	GC	20.51	21.82
6123	0.70	GC	19.56	21.33
6125	0.90	GC	20.63	21.96
6127	1.00	GC	20.62	21.94
6129	0.90	GC	19.23	21.18
6131	0.70	GC	19.11	21.04
6802	0.70	GC	19.64	21.29
6804	0.83	GC	21.6	22.9
6809	1.10	GC	18.7	20.85
16094	4.18	GC	17.73	19.85
18592	9.25	GC	18.1	21.39

Vmax	21.6	22.9
Vmin	13.1	16.6
σ	2.20	1.56
Vest	17.5	19.6
COV	0.126	0.079

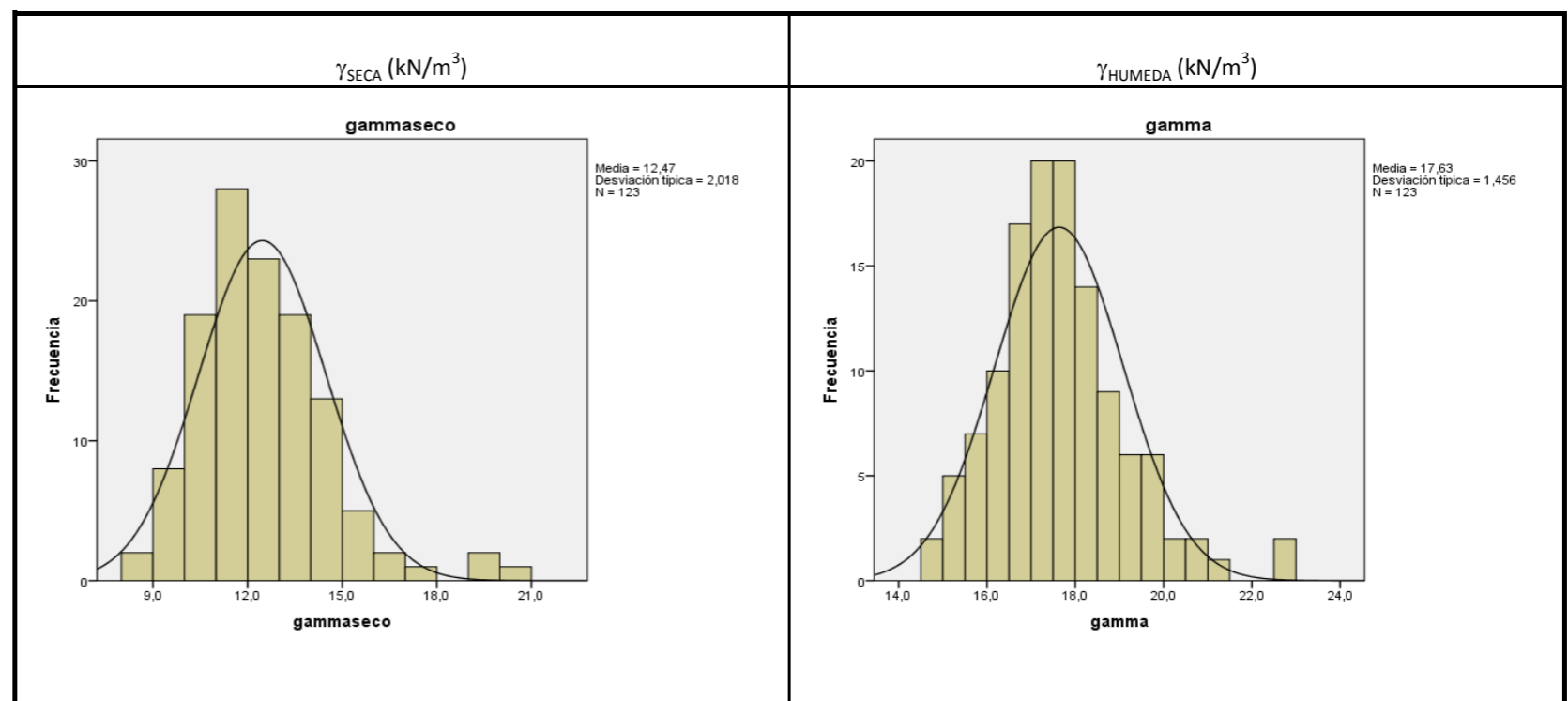


ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
366	3.45	GM	18.91	20.033
418	2.93	GM	13.67	16.75
449	3.83	GM	12.33	16.33
497	2.93	GM	15.6	18.26
642	3.98	GM	20.98	22.98
697	2.63	GM	19.07	20.08
717	3.53	GM	22.09	24.1
780	2.93	GM	20.38	21.88
805	5.55	GM	16.35	18.28
888	0.68	GM	20.86	22.34
889	1.13	GM	20.29	22.44
890	1.58	GM	21.35	23.16
904	3.08	GM	20.17	21.66
927	3.53	GM	20.34	22.09
1344	3.83	GM	17.82	19.21
1411	3.08	GM	21.85	25.52
2096	2.63	GM	15.66	19.57
2117	3.68	GM	14.03	18.08
3153	0.70	GM	19.12	21.06
3167	0.90	GM	19.12	21.09
6154	0.90	GM	20.76	22.08
16685	20.23	GM	17.23	20.23
18494	8.23	GM	19.08	21.64

Vmax	22.1	25.5
Vmin	12.3	16.3
σ	2.76	2.30
Vest	18.6	20.8
COV	0.149	0.111



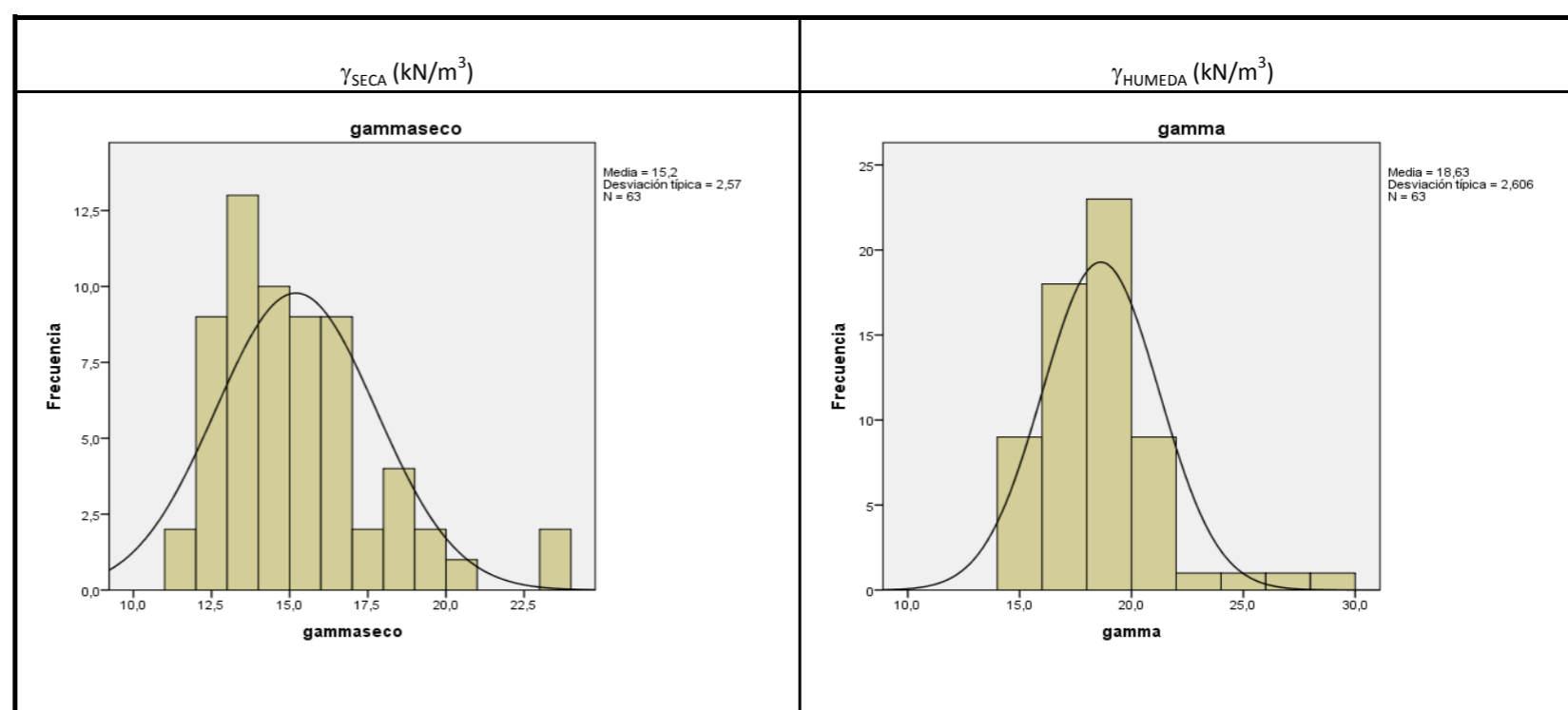
ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
7	2.48	MH	12.26	16.75
13	2.03	MH	10.1	15.93
20	5.18	MH	13.89	18.77
33	4.73	MH	12.4	17.14
39	2.03	MH	12.8	18.11
48	2.93	MH	12.08	18.03
50	0.68	MH	12.0	16.92
59	4.80	MH	11.1	16.99
83	0.68	MH	14.15	18.36
97	3.90	MH	11.76	17.00
100	5.70	MH	10.90	16.41
108	0.68	MH	13.17	17.29
111	2.10	MH	13.74	18.40
126	1.65	MH	15.26	19.67
135	6.75	MH	9.91	15.94
149	0.68	MH	11.95	17
151	1.58	MH	11.35	16.9
152	1.90	MH	10.23	15.52
155	2.93	MH	10.46	15.85
184	0.68	MH	14.07	19.18
187	2.03	MH	14.18	19.38
189	2.93	MH	9.87	16.08
217	2.03	MH	12.62	17.61
221	3.83	MH	11.02	17.13
222	4.35	MH	12.91	17.97
254	3.08	MH	10.03	16.54
256	4.05	MH	10.85	16.19
258	5.75	MH	11.11	16.75
262	1.58	MH	11.42	17.14
273	2.63	MH	13.31	17.96
348	1.58	MH	10.73	16.72
370	1.58	MH	10.85	16.41
392	3.83	MH	11.11	17.05
400	2.93	MH	10.51	16.54
402	3.83	MH	8.92	15.73
426	2.03	MH	12.92	17.83
429	3.38	MH	11.30	17.00
430	3.85	MH	11.78	16.78
434	1.58	MH	11.72	16.89
439	3.83	MH	10.33	16.35
440	4.35	MH	11.86	17.13
446	2.48	MH	10.15	16.26
524	4.35	MH	14.22	20.10
529	2.03	MH	10.95	16.35
605	1.58	MH	12.35	16.76
668	2.63	MH	11.80	15.08
803	3.28	MH	14.29	17.13
879	1.80	MH	10.42	14.87
914	1.58	MH	16.05	20.32
935	2.10	MH	12.90	17.88
1086	4.28	MH	10.8	16.81
1100	5.63	MH	11.18	16.85
1108	2.93	MH	11.79	17.16
1120	5.18	MH	12.44	17.86
1139	3.38	MH	14.07	18.56
1181	1.125	MH	15.57	20.57
1271	1.73	MH	12.31	17.59
1273	2.63	MH	11.76	17.69
1274	3.15	MH	11.23	17.63
1276	4.13	MH	9.78	16.27
1286	1.73	MH	15.41	19.73
1288	2.63	MH	15.55	19.52
1290	3.53	MH	15.33	19.66
1292	1.80	MH	11.17	17.32
1296	1.50	MH	9.03	15.20
1297	3.00	MH	14.59	18.42
1325	4.20	MH	12.58	17.58
1336	4.13	MH	13.00	17.96
1357	3.75	MH	12.84	17.14
1386	3.15	MH	11.10	16.45
1391	2.25	MH	10.95	16.88
1394	4.05	MH	11.45	17.41
1404	2.33	MH	9.45	15.39
1443	1.80	MH	12.22	18.06
1447	3.83	MH	8.97	15.37
1450	5.78	MH	9.73	15.91
1451	1.80	MH	13.03	18.38
1458	2.33	MH	11.77	17.59
1473	1.80	MH	14.77	19.13
1477	3.83	MH	13.82	18.62
1479	4.90	MH	12.78	17.53
1487	1.73	MH	14.67	19.58
1490	3.08	MH	13.45	18.95
1493	4.43	MH	11.53	17.92



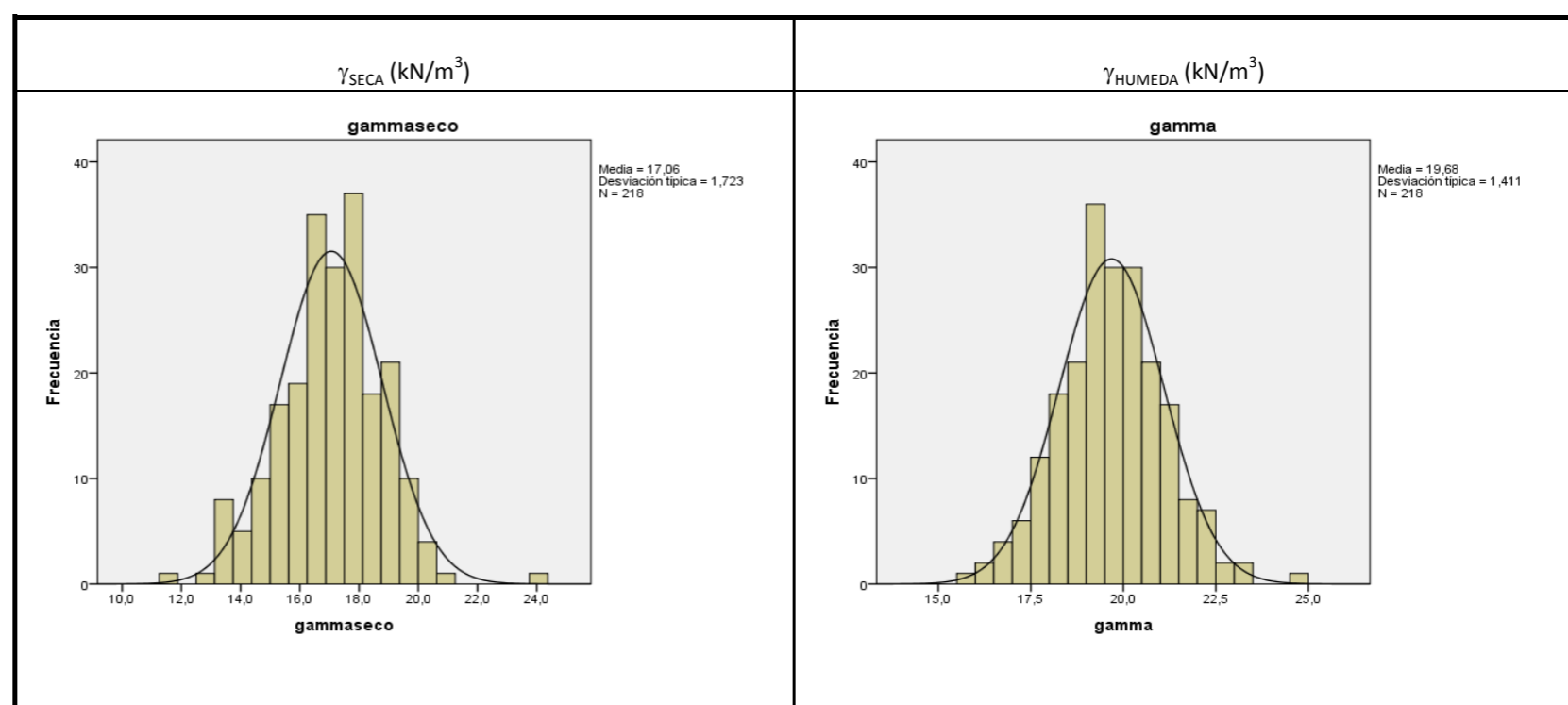
1504	1.80	MH	14.13	18.21
1560	1.25	MH	13.13	14.72
1565	4.03	MH	14.26	16.55
1601	1.75	MH	20.1	22.9
1605	4.15	MH	19.4	21.1
1611	2.78	MH	19.2	22.8
1674	4.05	MH	13.09	17.76
1676	1.80	MH	13.97	19.07
1680	3.75	MH	11.94	17.38
1700	1.80	MH	12.61	18.14
1705	4.20	MH	10.96	17.36
1712	3.75	MH	14.38	18.41
1716	5.70	MH	12.21	17.06
1724	3.75	MH	11.97	18.06
1726	2.33	MH	13.94	18.75
1738	4.20	MH	10.43	16.40
1742	2.25	MH	12.78	18.18
1750	1.80	MH	10.85	15.28
1788	2.33	MH	9.50	15.96
1795	1.80	MH	13.05	18.59
1798	3.30	MH	12.65	19.19
1815	3.75	MH	12.2	17.7
1834	1.80	MH	11.6	17.8
1838	3.75	MH	9.8	16.5
1851	1.80	MH	10.5	16.6
1868	3.75	MH	11.1	17.1
1912	1.80	MH	12.9	18.3
1920	3.30	MH	13.6	19.1
1972	3.73	MH	17.1	19.9
17570	2.20	MH	11.99	17.17
17847	1.50	MH	13.4	17.89
17885	0.90	MH	11.91	17.07
17932	0.75	MH	13.22	18.54
18865	1.80	MH	12.73	17.96
18889	1.50	MH	13.69	18.14
18899	1.45	MH	13.16	18.94
18954	3.45	MH	16.22	20.98
18959	5.78	MH	14.22	18.68
19076	5.30	MH	13.29	17.63

Vmax	20.1	22.9
Vmin	8.9	14.7
σ	2.02	1.46
Vest	12.5	17.6
COV	0.162	0.083

ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
67	2.48	ML	12.99	17.99
76	2.55	ML	16.08	19.38
79	3.98	ML	14.33	18.62
85	1.65	ML	15.38	19.12
88	3.08	ML	12.91	15.57
106	2.48	ML	17.79	20.12
113	3.08	ML	12.97	15.96
117	1.58	ML	14.04	17.86
121	3.38	ML	15.62	19.30
140	1.65	ML	13.43	18.14
144	3.60	ML	15.18	19.42
333	1.125	ML	13.06	17.47
495	2.03	ML	12.17	16.21
503	2.03	ML	14.96	17.92
505	2.93	ML	13.12	17.80
506	3.45	ML	15.88	18.84
538	1.58	ML	13.62	17.50
606	2.10	ML	12.54	17.45
607	2.63	ML	15.05	19.10
838	1.58	ML	13.98	18.16
870	2.03	ML	13.28	14.43
924	2.10	ML	16.14	20.08
1096	3.83	ML	12.95	17.27
1198	2.475	ML	16.83	20.75
1302	2.78	ML	13.66	18.18
1317	3.53	ML	14.29	18.25
1329	2.33	ML	14.03	18.69
1563	2.78	ML	13.58	15.28
1567	5.78	ML	13.18	15.52
1591	1.50	ML	14.37	18.94
1593	4.50	ML	12.10	17.48
1683	1.80	ML	12.02	17.04
1825	1.80	ML	11.93	16.73
1943	2.78	ML	19.70	23.30
1950	2.78	ML	23.40	28.20
1974	5.23	ML	13.27	15.82
1976	7.00	ML	11.97	14.58
2056	1.25	ML	20.38	25.62
2061	3.78	ML	23.93	27.46
2531	3.43	ML	18.14	19.65
2562	3.98	ML	16.40	21.50
3427	0.68	ML	14.20	17.59
4263	1.20	ML	16.58	18.24
4274	1.20	ML	16.51	18.28
4278	1.20	ML	16.65	18.28
4488	0.68	ML	15.00	16.50
4609	1.55	ML	15.10	19.12
5005	1.50	ML	16.27	18.21
5178	25.75	ML	19.25	21.59
5323	0.90	ML	18.59	20.89
6114	1.50	ML	13.75	15.80
6167	1.50	ML	13.77	15.80
6244	1.50	ML	15.76	17.18
6452	0.23	ML	16.14	19.00
6732	6.55	ML	17.96	21.12
16458	18.43	ML	13.56	18.37
17574	4.70	ML	14.00	18.49
17984	3.23	ML	18.73	20.89
18004	2.03	ML	18.21	20.21
18854	3.23	ML	14.23	17.04
18933	3.00	ML	12.64	17.46
19079	7.30	ML	15.29	19.48
19136	1.18	ML	14.67	17.26
	Vmax		23.9	28.2
	Vmin		11.9	14.4
	σ		2.57	2.61
	Vest		15.2	18.6
	COV		0.169	0.140



ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
160	1.80	SC	16.8	18.61
179	0.23	SC	17.96	20.67
291	2.93	SC	16.47	19.91
300	0.68	SC	17.21	19.2
311	1.13	SC	17.81	20.92
313	1.95	SC	17.54	20.65
341	1.58	SC	15.14	19.34
368	0.68	SC	16.72	20.29
397	1.58	SC	14.01	17.24
411	3.83	SC	13.66	16.12
416	2.03	SC	14.62	18.51
450	4.35	SC	18.08	20.48
457	3.98	SC	17.9	21.32
459	4.83	SC	17.06	20.01
460	7.25	SC	18.23	18.76
478	2.93	SC	16.02	19.34
488	3.60	SC	15.48	19.41
490	5.90	SC	14.2	19.25
544	0.68	SC	16.22	19.04
547	2.03	SC	16.47	19.24
619	4.70	SC	16.76	19.18
630	2.93	SC	17.63	19.72
667	2.10	SC	18.16	21.03
690	4.35	SC	14.73	18.12
699	3.53	SC	14.56	18.07
712	1.13	SC	18.03	21.52
714	2.10	SC	15.52	18.95
739	1.13	SC	17.22	19.64
786	0.68	SC	16.22	19.25
810	1.58	SC	17.64	20.76
812	2.48	SC	17.48	21.64
822	2.93	SC	19.13	20.92
836	1.13	SC	13.6	17.93
840	2.45	SC	15.29	19.56
842	3.53	SC	13.32	17.83
951	0.75	SC	19.87	22.11
955	1.80	SC	16.62	19.61
960	4.43	SC	16.94	19.76
961	4.88	SC	14.77	17.42
972	3.75	SC	16.13	19.83
981	3.68	SC	13.63	17.12
987	1.13	SC	18.87	20.92
997	1.13	SC	18.46	21.56
1015	1.58	SC	15.02	18.58
1017	2.48	SC	15.38	18.97
1023	2.03	SC	16.37	19.85
1063	2.40	SC	20.25	23.45
1144	2.03	SC	19.61	22.16
1202	4.275	SC	16.62	19.83
1206	6.075	SC	18.15	21.07
1218	2.48	SC	17.76	20.75
1226	1.13	SC	20.34	22.64
1261	0.68	SC	16.11	20.39
1270	4.73	SC	18.75	22.22
1306	1.73	SC	16.93	20.63
1370	3.53	SC	13.32	17.62
1471	5.78	SC	16.52	20.5
1484	7.25	SC	13.29	17.41
1500	3.08	SC	16.85	19.19
1585	2.25	SC	16.9	19.985
1630	3.30	SC	16.3	20.21
1753	3.30	SC	14.0	18.95
1783	2.25	SC	13.92	18.37
1879	1.80	SC	17.09	20.68
1899	2.25	SC	17.31	19.95
1932	2.78	SC	19.2	22.4
1934	3.78	SC	16.9	20.2
1952	3.78	SC	20.5	24.8
1962	1.83	SC	15.69	19.38
1963	2.35	SC	18.06	21.06
1966	4.00	SC	13.94	18.17
1982	3.98	SC	18.31	20.28
1994	1.80	SC	16.8	19.945
2004	2.18	SC	16.91	19.49
2018	4.73	SC	11.71	16.81
2034	1.58	SC	16.2	19.07
2070	2.63	SC	12.59	19.37
2073	3.98	SC	15.18	18.77
2076	2.25	SC	17.7	20.46
2098	3.33	SC	15.42	19.2
2113	1.80	SC	14.91	18.99
2140	2.10	SC	17.9	21.28
2144	3.98	SC	15.61	18.79
2145	4.43	SC	15.86	20.37



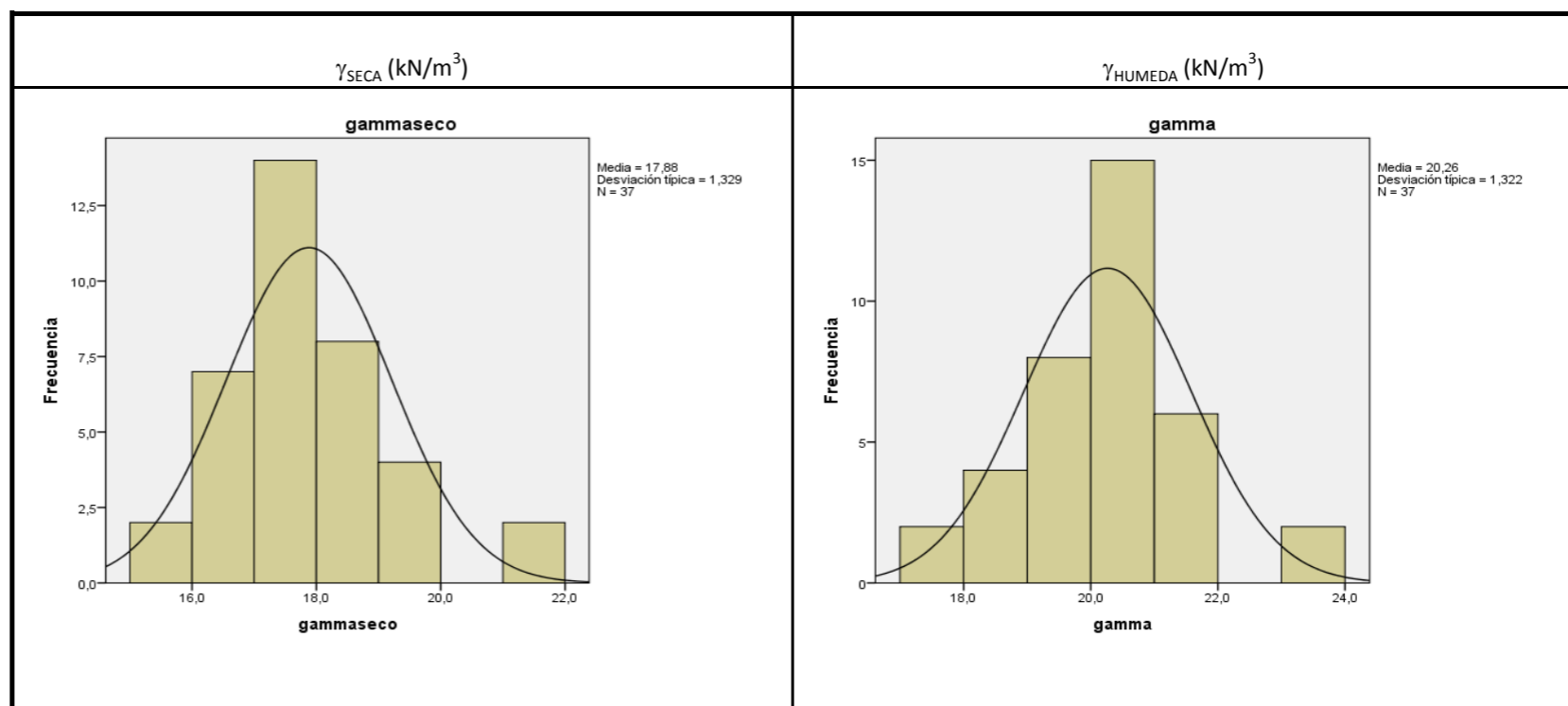
2149	1.20	SC	17.88	20.02
2159	2.63	SC	13.38	18.23
2165	2.03	SC	17.54	19.85
2166	2.48	SC	18.47	22.27
2169	0.68	SC	16.18	19.25
2173	3.03	SC	18.74	22.92
2175	3.93	SC	15.22	19
2178	1.18	SC	16.68	19.96
2254	3.00	SC	19.36	20.42
2362	1.50	SC	13.64	15.76
2370	1.50	SC	17.53	19.85
2373	1.50	SC	18.33	20.25
2416	3.68	SC	16.42	19.48
2532	4.78	SC	18.83	21.1
2533	6.13	SC	18.17	19.97
2543	2.68	SC	19.84	21.5
2578	2.48	SC	19.19	20.45
2837	1.00	SC	16.99	18.1
2872	0.75	SC	17.43	19.37
2879	1.20	SC	16.6	18.4
2996	1.60	SC	18.89	21.48
3018	1.80	SC	17.5	20.07
3024	1.50	SC	19.57	21.35
3025	1.80	SC	19.48	21.47
3026	1.80	SC	17.68	20.05
3027	2.75	SC	15.19	16.98
3032	1.80	SC	19.11	21.38
3033	2.75	SC	18.85	20.63
3037	1.00	SC	18.11	20.83
3038	1.80	SC	18.51	21.76
3188	1.50	SC	18.91	21.27
3198	1.50	SC	17.86	19.41
3207	1.20	SC	16.33	17.97
3217	1.20	SC	15.92	17.77
3223	1.20	SC	16.82	19.22
3224	1.50	SC	15.73	17.83
3230	1.50	SC	17.22	19.4
3253	1.20	SC	17.16	18.53
3281	1.50	SC	17.88	19.52
3297	7.43	SC	19.28	22.08
3318	0.23	SC	19.38	21.34
3375	3.38	SC	17.51	18.15
3382	6.08	SC	19.32	20.44
3392	0.23	SC	19.48	20.15
3400	6.53	SC	18.76	19.75
3402	8.33	SC	18.2	18.9
3410	2.03	SC	20.01	21.53
3420	6.53	SC	18.42	20.17
3439	0.23	SC	18.2	19.8
3440	1.13	SC	17.24	18.24
3449	9.65	SC	18.34	21.2
3451	0.68	SC	17.69	20.03
3460	4.73	SC	17.08	19.23
3469	8.78	SC	18.33	20.44
3564	1.60	SC	16.69	20.01
3692	1.70	SC	19.24	21.28
3704	0.70	SC	17.65	20.17
3795	1.20	SC	16.36	18.08
3798	1.35	SC	15.05	18.52
3878	1.50	SC	17.65	19.55
3886	1.50	SC	18.03	19.85
3898	1.50	SC	17.62	19.46
3902	1.50	SC	17.92	19.75
3923	1.50	SC	18.23	20.08
3941	1.50	SC	17.44	19.9
3945	1.50	SC	17.75	20.02
3949	1.50	SC	17.79	19.6
4248	1.20	SC	15.76	17.52
4314	0.68	SC	16.94	18.20
4676	1.50	SC	17.36	20.72
5169	14.28	SC	15.6	18.42
5193	0.23	SC	17.19	18.15
5348	2.03	SC	15.92	18.00
5349	2.63	SC	17.1	20.28
5350	3.23	SC	18.81	22.19
5581	4.73	SC	17.26	17.94
5703	0.75	SC	17.71	20.44
6139	0.50	SC	17.11	18.85
6148	1.20	SC	18.07	19.81
6152	1.20	SC	18.25	20.42
6157	1.50	SC	17.90	17.94
6160	0.90	SC	18.05	19.83
6177	1.50	SC	19.21	20.77
6185	0.90	SC	16.57	18.36
6599	3.83	SC	17.75	19.46
6606	6.80	SC	16.37	19.41
6608	7.70	SC	16.31	19.47

6697	1.58	SC	18.42	20.63
6723	2.50	SC	18.79	20.63
6779	1.10	SC	18.98	21.00
6792	1.50	SC	17.79	18.32
6966	1.85	SC	15.86	18.59
14673	10.78	SC	16.43	20.00
16247	7.53	SC	19.07	20.78
16271	1.65	SC	16.49	18.95
16313	3.83	SC	17.43	20.24
16413	9.13	SC	16.3	18.99
16524	20.73	SC	15.47	19.09
16556	19.78	SC	15.14	18.62
16559	1.53	SC	16.77	19.48
16579	19.08	SC	16.15	17.77
16589	2.23	SC	15.57	17.31
16600	10.50	SC	16.71	18.52
16616	1.23	SC	14.83	16.46
16618	2.73	SC	15.96	17.86
16627	8.43	SC	16.5	20.1
16648	0.73	SC	14.99	18.49
16677	15.75	SC	16.4	19.09
16693	1.23	SC	16.77	19.51
16722	1.23	SC	16.95	19.27
16724	2.78	SC	16.95	20.54
16747	18.38	SC	17.42	19.83
16979	0.68	SC	17.30	18.40
16998	1.13	SC	17.90	21.60
17012	0.68	SC	16.50	19.10
17080	0.85	SC	14.8	16.9
17087	1.75	SC	15.9	17.6
17097	0.85	SC	14.8	16.9
17119	0.68	SC	19.80	21.40
17120	1.10	SC	19.30	20.70
17122	2.93	SC	19.80	23.10
17123	3.83	SC	17.50	20.50
17124	4.73	SC	16.70	19.80
17126	6.53	SC	14.90	18.70
17313	5.50	SC	15.10	19.10
17328	6.20	SC	15.80	19.20
17329	9.35	SC	16.30	19.40
17354	0.23	SC	16.20	19.00
17359	2.48	SC	16.60	18.70
17377	1.73	SC	17.40	20.50
17424	11.15	SC	16.30	21.00
18515	9.23	SC	24.09	21.94
18610	9.75	SC	21.01	19.94
19199	4.25	SC	19.93	17.03

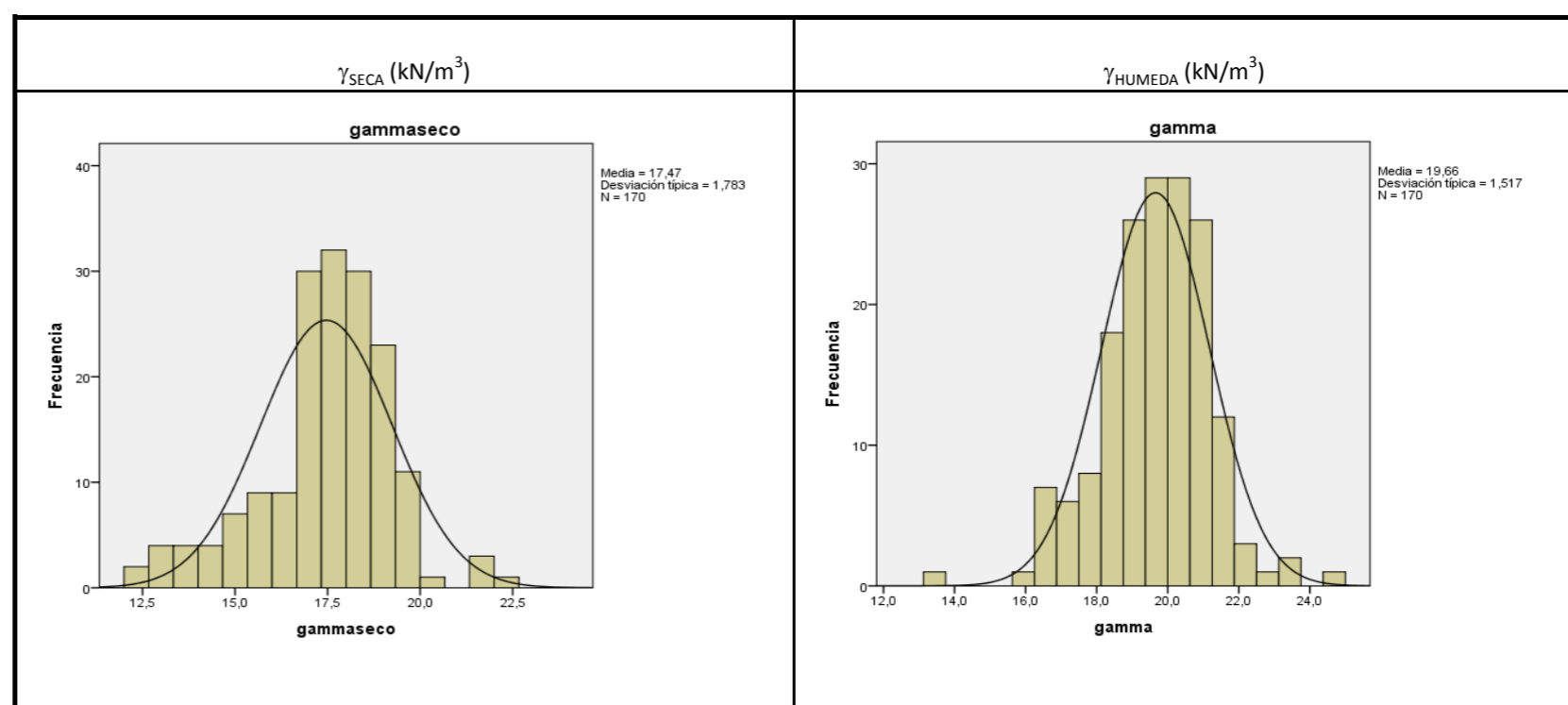
Vmax	24.1	24.8
Vmin	11.7	15.8
σ	1.72	1.41
Vest	17.1	19.7
COV	0.101	0.072

ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
294	4.28	SC-SM	17.54	21.5
298	6.08	SC-SM	16.95	20.26
319	2.48	SC-SM	15.73	18.45
385	0.68	SC-SM	15.33	17.4
873	3.53	SC-SM	16.78	17.95
1193	0.225	SC-SM	18.55	20.72
1212	2.48	SC-SM	21.08	23.67
1214	0.68	SC-SM	18.74	21.25
1233	0.68	SC-SM	17.8	21.04
1259	2.925	SC-SM	18.89	20.83
1625	5.33	SC-SM	17.14	19.35
2000	4.58	SC-SM	18.82	20.61
2528	0.23	SC-SM	19.02	20.84
2529	1.13	SC-SM	21.53	23.08
2575	1.13	SC-SM	17.66	18.08
3036	1.80	SC-SM	19.51	21.78
3275	1.50	SC-SM	18.21	19.81
6698	2.03	SC-SM	16.67	18.53
6799	0.65	SC-SM	19.55	21.65
7036	4.20	SC-SM	16.25	19.41
16200	3.80	SC-SM	17.63	19.81
16349	3.23	SC-SM	17.58	20.48
16469	2.23	SC-SM	18.83	20.53
16472	4.50	SC-SM	17.69	19.44
16500	1.78	SC-SM	18.6	20.93
16536	3.03	SC-SM	17.84	20.57
16541	7.23	SC-SM	17.68	20.6
16564	5.60	SC-SM	16.15	18.54
16610	19.43	SC-SM	18.01	20.41
16622	5.73	SC-SM	17.72	19.72
16624	6.30	SC-SM	17.33	19.17
16668	10.63	SC-SM	16.63	20.68
16697	4.23	SC-SM	19.54	21.55
16699	5.35	SC-SM	17.38	20.45
16717	19.43	SC-SM	16.46	19.55
16730	7.50	SC-SM	17.44	20.54
16733	8.55	SC-SM	17.35	20.6

Vmax	21.5	23.7
Vmin	15.3	17.4
σ	1.33	1.32
Vest	17.9	20.3
COV	0.074	0.065



ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
387	1.58	SM	15.11	19.55
443	1.13	SM	18.21	21.16
469	3.98	SM	21.74	23.58
526	0.68	SM	16.64	19.63
535	0.68	SM	12.54	15.95
537	1.58	SM	12.49	16.59
553	0.68	SM	19.10	21.01
556	2.03	SM	19.11	20.73
558	2.93	SM	18.60	20.94
600	3.38	SM	17.36	20.11
680	4.35	SM	14.00	16.46
703	1.13	SM	16.21	17.42
725	3.53	SM	18.65	21.16
743	2.92	SM	17.29	19.33
808	1.13	SM	19.33	22.46
820	2.03	SM	19.33	20.56
882	3.38	SM	18.79	21.38
883	3.83	SM	17.81	20.91
892	2.03	SM	18.76	21.49
893	2.55	SM	17.88	21.39
894	3.08	SM	15.67	18.52
906	3.98	SM	19.53	21.49
912	1.13	SM	18.83	20.09
921	1.13	SM	18.02	20.92
925	2.63	SM	21.98	24.61
953	1.80	SM	14.57	18.63
959	3.98	SM	18.90	21.02
1060	1.58	SM	16.99	20.13
1223	4.73	SM	20.42	22.77
1244	2.93	SM	13.44	16.70
1258	2.475	SM	17.39	19.03
1263	1.58	SM	17.27	21.44
1396	1.73	SM	16.56	19.84
1648	1.73	SM	18.98	20.86
1661	2.25	SM	13.88	18.86
1883	1.80	SM	17.05	20.56
1895	3.08	SM	15.25	17.75
1904	1.80	SM	13.07	16.46
1917	1.80	SM	13.36	18.51
2080	4.33	SM	15.42	19.04
2101	2.63	SM	15.45	18.63
2104	3.98	SM	16.66	19.71
2158	2.10	SM	12.77	17.87
2160	3.08	SM	14.52	18.84
2319	1.50	SM	17.08	18.56
2350	1.50	SM	14.79	17.16
2377	1.50	SM	16.69	19.25
2549	5.28	SM	18.49	20.86
2553	7.08	SM	19.04	20.95
2556	8.43	SM	19.05	21.28
3016	1.80	SM	19.18	20.40
3161	0.70	SM	19.83	21.38
3171	1.20	SM	18.62	20.89
3182	1.50	SM	18.32	20.22
3194	1.20	SM	17.93	19.59
3201	1.50	SM	18.12	19.58
3227	1.50	SM	17.67	19.44
3237	1.50	SM	18.11	19.81
3243	1.50	SM	17.14	18.64
3247	1.50	SM	17.86	19.20
3250	1.50	SM	17.67	18.86
3266	1.50	SM	16.68	18.33
3269	1.50	SM	16.79	18.80
3272	1.20	SM	16.72	18.49
3338	6.20	SM	17.54	20.45
3393	0.68	SM	16.19	17.92
3401	7.43	SM	19.40	19.90
3403	8.78	SM	19.90	20.30
3430	2.93	SM	21.86	22.16
3450	0.23	SM	19.07	19.89
3457	3.38	SM	18.73	20.95
3473	0.23	SM	18.81	19.38
3484	5.18	SM	18.51	20.79
3497	2.03	SM	17.29	19.81
3863	1.20	SM	18.85	20.37
3869	1.20	SM	18.34	19.08
3872	1.20	SM	17.25	18.90
3875	1.20	SM	18.15	18.91
3882	1.50	SM	16.94	18.41
3883	1.50	SM	15.28	16.74
3895	1.50	SM	17.74	19.45
3910	1.50	SM	17.53	19.02
3917	1.50	SM	17.74	19.35
3937	1.00	SM	17.26	18.98

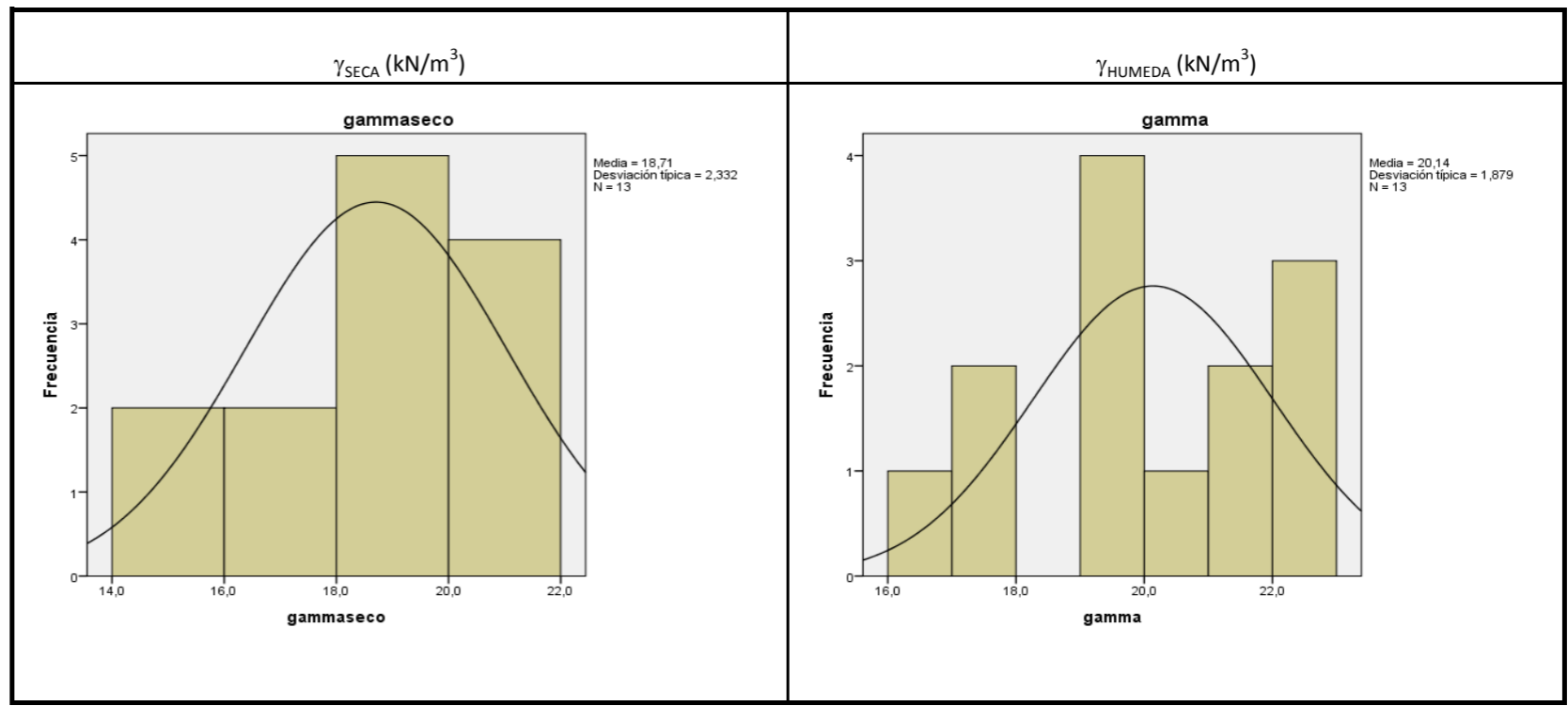


4228	0.60	SM	15.49	17.40
4259	1.20	SM	15.78	17.36
4267	1.20	SM	15.96	17.64
4316	2.48	SM	22.30	23.17
4561	0.85	SM	16.96	18.96
4643	1.50	SM	15.71	19.67
4996	1.50	SM	16.46	18.24
5006	1.50	SM	15.98	17.34
5037	1.50	SM	17.67	19.29
5041	1.50	SM	12.86	13.71
5078	1.50	SM	16.63	18.76
5080	0.90	SM	18.11	19.86
5081	1.50	SM	14.99	16.27
5112	1.50	SM	16.86	17.95
5132	1.50	SM	17.44	19.38
5134	0.70	SM	17.62	19.35
5197	3.83	SM	17.66	18.25
5203	0.23	SM	17.90	18.40
5204	0.68	SM	16.97	17.58
5271	2.98	SM	17.43	20.62
6171	1.50	SM	17.24	19.05
6174	1.20	SM	17.66	19.43
6183	1.50	SM	17.77	19.48
6195	1.00	SM	17.83	19.62
6199	1.50	SM	16.90	18.74
6219	1.50	SM	18.24	19.98
6226	1.50	SM	18.24	19.95
6229	1.10	SM	16.70	18.50
6234	1.50	SM	18.38	20.07
6238	1.50	SM	18.27	20.04
6453	0.68	SM	17.04	19.20
6454	1.13	SM	16.75	19.18
6614	1.70	SM	19.13	21.29
6694	0.23	SM	18.21	20.89
6812	1.50	SM	18.41	20.06
15978	0.68	SM	19.60	18.90
16021	2.83	SM	19.01	21.50
16032	10.75	SM	16.67	18.05
16072	14.23	SM	19.20	21.23
16092	2.73	SM	17.60	19.71
16100	9.23	SM	19.49	21.63
16133	10.23	SM	17.83	20.19
16165	5.15	SM	17.29	21.01
16251	10.88	SM	19.77	21.51
16284	11.33	SM	16.00	19.64
16323	9.83	SM	18.75	20.29
16325	11.73	SM	16.84	19.42
16327	13.73	SM	16.91	19.44
16329	15.93	SM	18.20	20.53
16354	7.18	SM	17.59	20.38
16364	14.73	SM	18.16	20.70
16367	16.63	SM	18.71	20.98
16422	16.88	SM	19.36	18.15
16423	17.80	SM	17.62	19.58
16454	15.53	SM	18.34	20.67
16471	3.78	SM	18.23	20.57
16485	14.50	SM	14.03	17.37
16488	16.50	SM	18.09	19.70
16508	7.45	SM	17.41	20.28
16518	16.38	SM	17.04	19.20
16521	18.48	SM	19.21	21.11
16522	19.35	SM	17.92	20.11
16550	13.73	SM	16.09	18.47
16553	16.83	SM	18.03	20.43
16568	9.20	SM	18.45	21.21
16571	12.33	SM	19.37	20.80
16576	16.23	SM	18.07	20.22
16593	5.23	SM	17.76	20.40
16605	14.73	SM	18.00	19.82
16607	16.78	SM	18.24	20.16
16638	17.48	SM	18.32	20.86
16640	19.48	SM	17.98	20.44
16718	20.40	SM	14.97	18.00
16728	5.73	SM	18.38	20.95
16744	16.53	SM	14.43	18.37
16751	21.73	SM	17.84	20.45
16876	2.03	SM	15.00	18.30
16918	0.23	SM	19.50	21.20
16951	0.68	SM	20.00	22.00
17112	2.40	SM	18.00	19.10
17125	5.63	SM	12.70	16.80
17199	11.55	SM	17.20	19.20
17215	14.15	SM	17.20	20.10
17221	27.60	SM	19.00	21.50
17392	0.68	SM	16.90	19.80
19034	3.38	SM	16.13	20.01
	Vmax		22.3	24.6

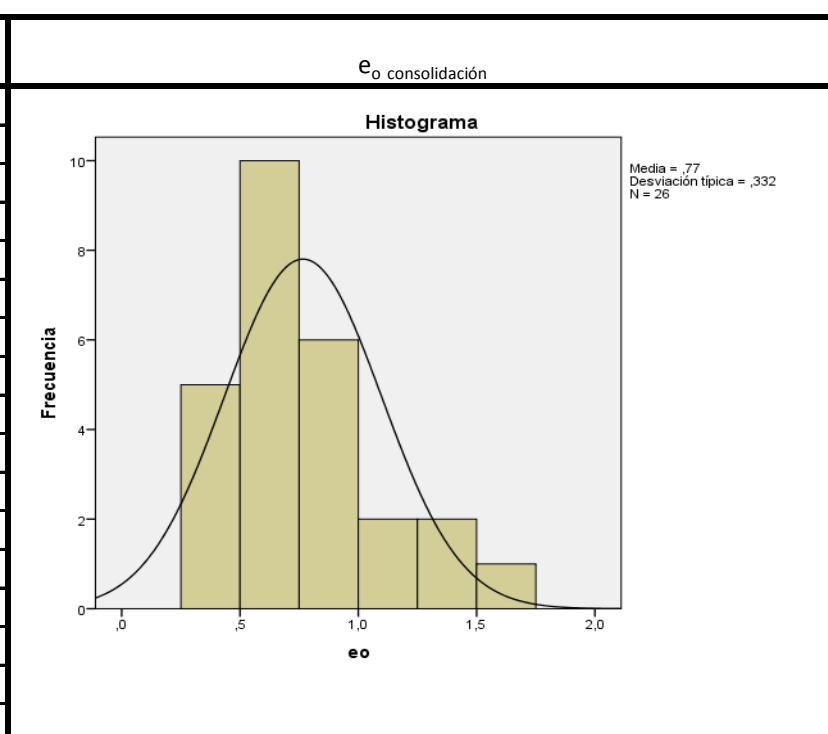
Vmin	12.5	13.7
σ	1.78	1.52
Vest	17.5	19.7
COV	0.102	0.077

ID	PROF. PROMEDIO	USCS	γ_{SECA} (kN/m ³)	γ_{HUMEDA} (kN/m ³)
609	3.53	SP-SM	20.5	22.68
727	4.43	SP-SM	19.78	22.23
2354	1.50	SP-SM	15.7	17.99
3204	1.50	SP-SM	14.54	19.65
3404	9.23	SP-SM	18.7	19.3
3405	10.13	SP-SM	19.2	19.4
3429	2.03	SP-SM	21.45	21.62
3431	3.38	SP-SM	21.66	21.81
3432	3.83	SP-SM	21.49	22.18
3465	6.98	SP-SM	18.85	20.3
3866	1.20	SP-SM	16.18	16.82
3920	1.50	SP-SM	18.34	19.92
5114	0.70	SP-SM	16.78	17.86

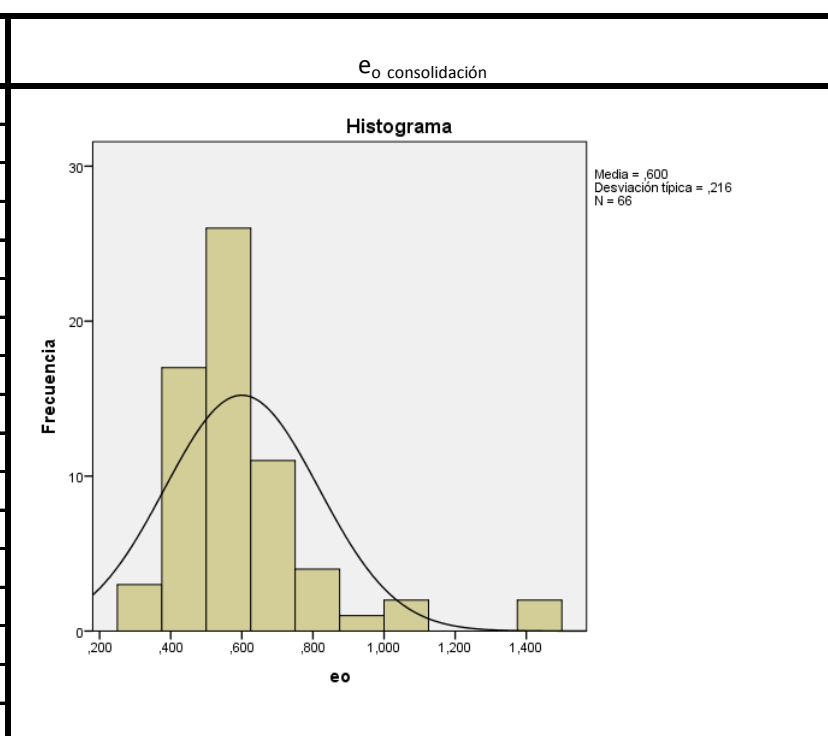
Vmax	21.7	22.7
Vmin	14.5	16.8
σ	2.33	1.88
Vest	18.7	20.1
COV	0.125	0.093



ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	e_o consolidación
131	CENTRO PARRILLA	4.05	CH	1.74
247	CENTRO PARRILLA	5.75	CH	1.20
695	CENTRO PARRILLA	1.65	CH	1.07
2633	RUTA DEL SOL	0.95	CH	0.53
3134	RUTA DEL SOL	1.05	CH	0.68
3150	RUTA DEL SOL	1.25	CH	0.79
4527	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.66
4622	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.47
4734	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.57
4747	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.75
4787	RUTA DEL SOL	2.00	CH	0.63
4858	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.66
4881	RUTA DEL SOL	1.75	CH	0.76
4909	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.45
4918	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.46
5091	RUTA DEL SOL	1.50	CH	0.47
5303	RUTA DEL SOL	0.75	CH	0.62
5470	RUTA DEL SOL	1.70	CH	0.38
5679	RUTA DEL SOL	0.75	CH	0.59
14661	RUTA DEL SOL	7.05	CH	0.68
14670	RUTA DEL SOL	6.20	CH	0.57
14857	OLECAR	2.73	CH	1.49
15840	OLECAR	7.28	CH	1.25
19165	MPX	2.20	CH	0.78
19166	MPX	4.20	CH	0.79
19980	AUTOPISTAS DE LA MONTAÑA	3.90	CH	0.88
			Vmax	1.74
			Vmin	0.38
			s	0.33
			Vest	0.77
			COV	0.431

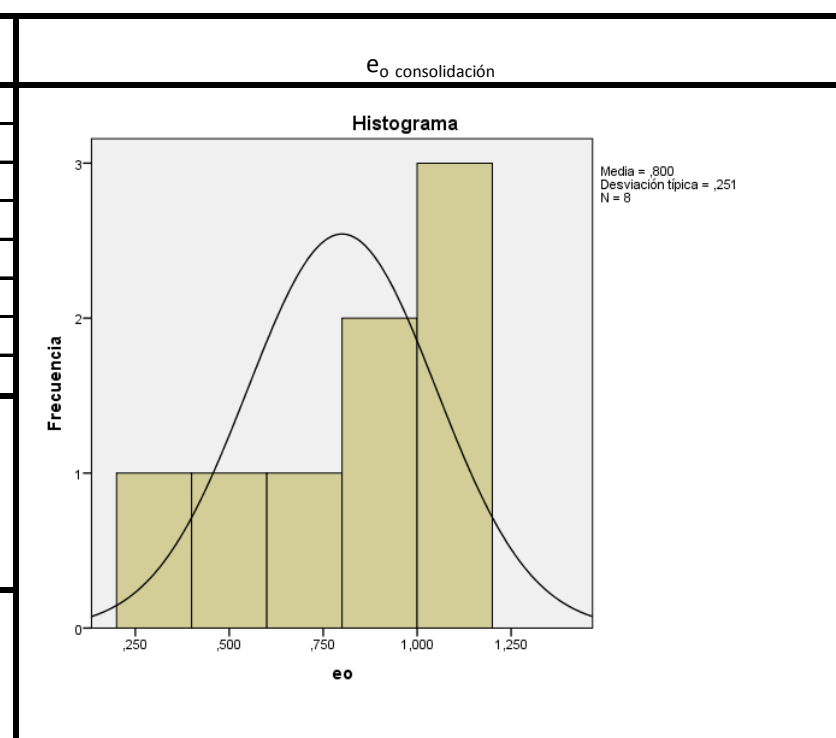


ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	e_o consolidación
240	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	0.82
652	CENTRO PARRILLA	4.30	CL	1.47
968	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	1.07
2203	RUTA DEL SOL	0.50	CL	0.63
2210	RUTA DEL SOL	0.50	CL	0.52
2264	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.63
2313	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.59
2330	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.65
2334	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.53
2366	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.47
2614	RUTA DEL SOL	0.65	CL	0.67
2666	RUTA DEL SOL	0.80	CL	0.36
2763	RUTA DEL SOL	0.50	CL	0.49
2823	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.61
2841	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.39
3031	RUTA DEL SOL	0.70	CL	0.71
3035	RUTA DEL SOL	0.65	CL	0.46
3128	RUTA DEL SOL	0.50	CL	0.55
3155	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.56
3159	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.57
3710	RUTA DEL SOL	0.80	CL	0.41
3879	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.55
3899	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.33
3942	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.51
4553	RUTA DEL SOL	1.40	CL	0.71
4662	RUTA DEL SOL	1.45	CL	0.54
4681	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.61



4695	RUTA DEL SOL	1.60	CL	0.46	
4708	RUTA DEL SOL	1.60	CL	0.59	
4760	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.67	
4766	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.65	
4812	RUTA DEL SOL	1.75	CL	0.66	
4929	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.45	
5446	RUTA DEL SOL	0.60	CL	0.66	
5528	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.36	
5550	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.45	
5689	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.44	
5708	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.58	
5781	RUTA DEL SOL	1.30	CL	0.52	
5813	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.56	
5919	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.40	
6018	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.64	
6048	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.47	
6057	RUTA DEL SOL	0.75	CL	1.00	
6073	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.58	
6079	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.59	
6084	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.87	
6094	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.52	
6745	RUTA DEL SOL	0.40	CL	0.57	
7081	RUTA DEL SOL	1.50	CL	0.51	
7975	RUTA DEL SOL	0.80	CL	0.60	
10425	RUTA DEL SOL	8.15	CL	0.40	
10818	RUTA DEL SOL	1.30	CL	0.54	
11881	RUTA DEL SOL	0.76	CL	0.49	
13273	RUTA DEL SOL	1.80	CL	0.43	
13924	RUTA DEL SOL	8.35	CL	0.58	
13957	RUTA DEL SOL	4.65	CL	0.51	
15155	OLECAR	2.43	CL	0.87	
15260	OLECAR	2.60	CL	0.93	
15350	OLECAR	2.28	CL	0.40	
15378	OLECAR	3.88	CL	0.45	
16688	SUSTITUTIVASQUIMBO	22.88	CL	0.52	
19276	MPX	3.00	CL	0.57	
19290	MPX	1.30	CL	0.39	
19295	MPX	7.70	CL	0.82	
20016	AUTOPISTAS DE LA MONTAÑA	2.48	CL	1.48	
				Vmax	1.48
				Vmin	0.33
				s	0.22
				Vest	0.60
				COV	0.360

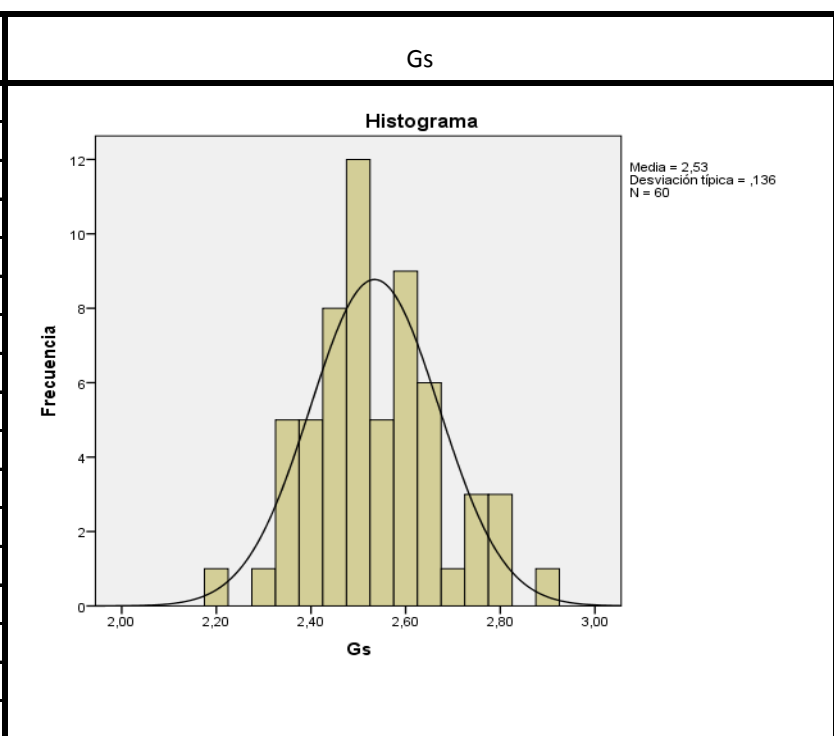
ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	e _o consolidación	
76	CENTRO PARRILLA	2.55	ML	0.85	
140	CENTRO PARRILLA	1.65	ML	1.01	
606	CENTRO PARRILLA	2.10	ML	1.02	
2378	RUTA DEL SOL	1.50	ML	0.37	
3049	RUTA DEL SOL	0.55	ML	0.63	
4609	RUTA DEL SOL	1.55	ML	0.57	
15806	OLECAR	2.75	ML	1.07	
16458	SUSTITUTIVASQUIMBO	18.43	ML	0.88	
				Vmax	1.07
				Vmin	0.37
				s	0.25
				Vest	0.8
				COV	0.314



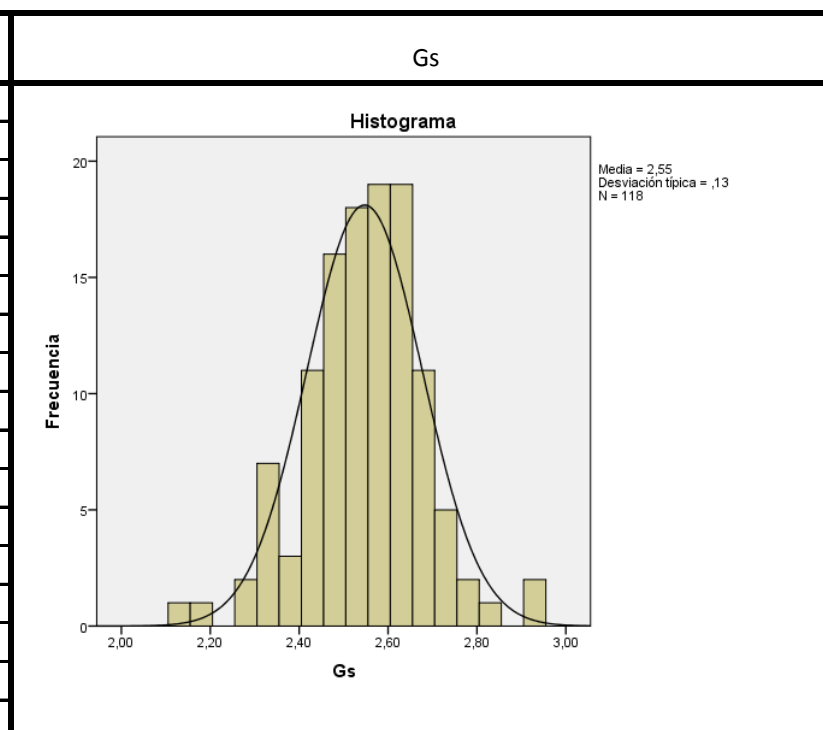
ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	e_o consolidación	e_o consolidación
490	CENTRO PARRILLA	5.90	SC	0.85	<p>Histograma</p> <p>Media = ,605 Desviación típica = ,217 N = 13</p>
2370	RUTA DEL SOL	1.50	SC	0.52	
3224	RUTA DEL SOL	1.50	SC	0.51	
3253	RUTA DEL SOL	1.20	SC	0.20	
3254	RUTA DEL SOL	1.50	SC	0.49	
3564	RUTA DEL SOL	1.60	SC	0.53	
3704	RUTA DEL SOL	0.70	SC	0.33	
10053	RUTA DEL SOL	0.75	SC	0.56	
16061	SUSTITUTIVASQUIMBO	7.25	SC	0.65	
17062	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.40	SC	0.93	
17068	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.05	SC	1.00	
17075	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.45	SC	0.66	
17097	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.85	SC	0.43	
			Vmax	1.00	
			Vmin	0.20	
			s	0.23	
			Vest	0.605	
			COV	0.379	

ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	e_o consolidación	e_o consolidación
2319	RUTA DEL SOL	1.50	SM	0.50	<p>Histograma</p> <p>Media = ,609 Desviación típica = ,228 N = 12</p>
2377	RUTA DEL SOL	1.50	SM	0.40	
3272	RUTA DEL SOL	1.20	SM	0.66	
3883	RUTA DEL SOL	1.50	SM	0.59	
4561	RUTA DEL SOL	0.85	SM	0.43	
4576	RUTA DEL SOL	1.50	SM	0.60	
5006	RUTA DEL SOL	1.50	SM	0.65	
10099	RUTA DEL SOL	1.58	SM	0.43	
16488	SUSTITUTIVASQUIMBO	16.50	SM	0.56	
16518	SUSTITUTIVASQUIMBO	16.38	SM	0.54	
16550	SUSTITUTIVASQUIMBO	13.73	SM	0.68	
17020	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.30	SM	1.27	
			Vmax	1.27	
			Vmin	0.40	
			s	0.23	
			Vest	0.609	
			COV	0.375	

ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs
131	CENTRO PARRILLA	4.05	CH	2.67
202	CENTRO PARRILLA	4.35	CH	2.62
514	CENTRO PARRILLA	4.05	CH	2.59
542	CENTRO PARRILLA	3.45	CH	2.55
695	CENTRO PARRILLA	1.65	CH	2.64
1301	HATO / SEÑORITA	2.25	CH	2.76
1416	HATO / SEÑORITA	1.80	CH	2.64
1618	HATO / SEÑORITA	1.80	CH	2.80
1725	HATO / SEÑORITA	1.80	CH	2.88
1772	HATO / SEÑORITA	3.30	CH	2.79
2088	HATO / SEÑORITA	1.80	CH	2.54
2629	RUTA DEL SOL	1.80	CH	2.51
2633	RUTA DEL SOL	0.95	CH	2.36
3134	RUTA DEL SOL	1.05	CH	2.47
3150	RUTA DEL SOL	1.25	CH	2.53
4382	RUTA DEL SOL	8.50	CH	2.50
4403	RUTA DEL SOL	6.55	CH	2.42
4482	RUTA DEL SOL	8.11	CH	2.28
4527	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.46
4622	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.45
4734	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.46
4747	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.40
4787	RUTA DEL SOL	2.00	CH	2.53
4858	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.40
4881	RUTA DEL SOL	1.75	CH	2.34
4909	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.49
4918	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.20
4983	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.45
4993	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.47
5026	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.49
5027	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.47
5051	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.49
5058	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.51
5059	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.50
5091	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.59
5303	RUTA DEL SOL	0.75	CH	2.48
5421	RUTA DEL SOL	1.80	CH	2.50
5470	RUTA DEL SOL	1.70	CH	2.49
5540	RUTA DEL SOL	1.50	CH	2.49
5679	RUTA DEL SOL	0.75	CH	2.58
14661	RUTA DEL SOL	7.05	CH	2.59
14670	RUTA DEL SOL	6.20	CH	2.58
14750	OLECAR	2.70	CH	2.66
14857	OLECAR	2.73	CH	2.45
15420	OLECAR	7.23	CH	2.71
15595	OLECAR	2.03	CH	2.57
15830	OLECAR	0.78	CH	2.73
15838	OLECAR	4.40	CH	2.61
15851	OLECAR	24.23	CH	2.76
17061	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.45	CH	2.51
17064	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.45	CH	2.59
17074	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.45	CH	2.40
17980	ECOPETROL	1.43	CH	2.63
19001	ECOPETROL	3.30	CH	2.78
19149	ECOPETROL	6.23	CH	2.67
19165	MPX	2.20	CH	2.42
19166	MPX	4.20	CH	2.35
19202	MPX	9.50	CH	2.35
19309	MPX	2.55	CH	2.34
19980	AUTOPISTAS DE LA MONTAÑA	3.90	CH	2.58
		Vmax		2.88
		Vmin		2.20
		s		0.14
		Vest		2.53
		COV		0.05

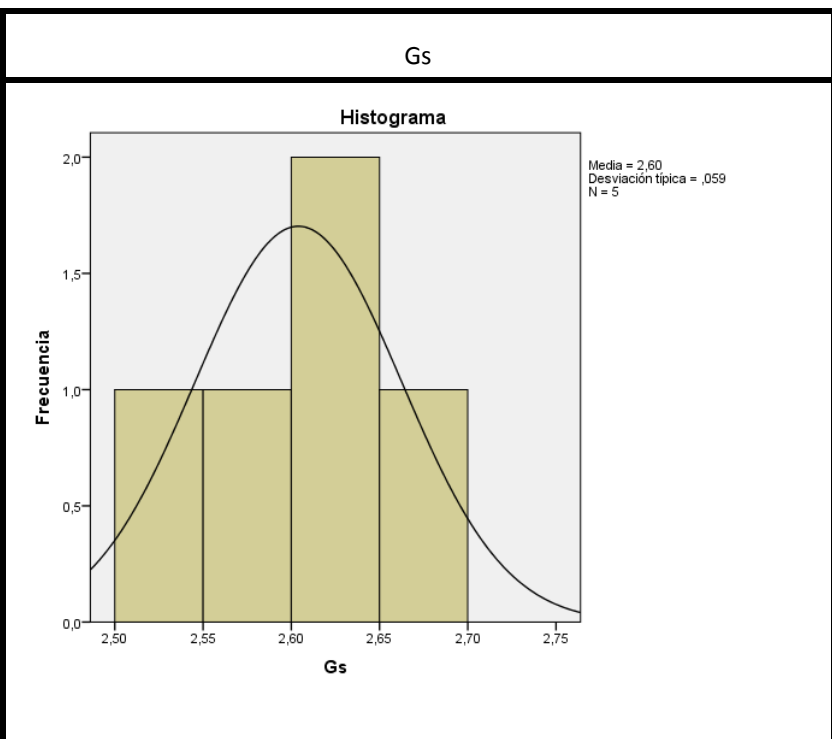


ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs
240	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	2.91
652	CENTRO PARRILLA	4.30	CL	2.62
968	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	2.71
1328	HATO / SEÑORITA	1.80	CL	2.61
1759	HATO / SEÑORITA	3.30	CL	2.85
2085	HATO / SEÑORITA	3.30	CL	2.60
2107	HATO / SEÑORITA	1.80	CL	2.76
2203	RUTA DEL SOL	0.50	CL	2.49
2210	RUTA DEL SOL	0.50	CL	2.54
2264	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.70
2295	RUTA DEL SOL	0.65	CL	2.56
2313	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.53
2323	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.63
2330	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.58
2334	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.69
2366	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.51
2384	RUTA DEL SOL	2.63	CL	2.48
2614	RUTA DEL SOL	0.65	CL	2.56
2666	RUTA DEL SOL	0.80	CL	2.39
2697	RUTA DEL SOL	1.20	CL	2.28
2733	RUTA DEL SOL	1.40	CL	2.35
2736	RUTA DEL SOL	1.40	CL	2.61
2739	RUTA DEL SOL	0.95	CL	2.53
2748	RUTA DEL SOL	1.20	CL	2.29
2758	RUTA DEL SOL	0.55	CL	2.47
2763	RUTA DEL SOL	0.50	CL	2.44
2765	RUTA DEL SOL	0.65	CL	2.44
2774	RUTA DEL SOL	0.45	CL	2.50
2819	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.42
2823	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.66
2855	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.50
2865	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.52
2971	RUTA DEL SOL	0.55	CL	2.58
2982	RUTA DEL SOL	0.70	CL	2.52
2986	RUTA DEL SOL	0.95	CL	2.55
3031	RUTA DEL SOL	0.70	CL	2.45
3035	RUTA DEL SOL	0.65	CL	2.54
3128	RUTA DEL SOL	0.50	CL	2.47
3155	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.57
3159	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.61
3165	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.54
3168	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.46
3179	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.52
3195	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.52
3211	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.57
3572	RUTA DEL SOL	0.85	CL	2.61
3710	RUTA DEL SOL	0.80	CL	2.44
3743	RUTA DEL SOL	0.85	CL	2.67
3744	RUTA DEL SOL	1.80	CL	2.67
3746	RUTA DEL SOL	1.80	CL	2.72
3799	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.60
3879	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.55
3899	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.55
3927	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.67
3935	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.66
4424	RUTA DEL SOL	4.40	CL	2.13
4431	RUTA DEL SOL	8.03	CL	2.19
4513	RUTA DEL SOL	12.23	CL	2.44
4553	RUTA DEL SOL	1.40	CL	2.46
4662	RUTA DEL SOL	1.45	CL	2.46
4681	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.49
4695	RUTA DEL SOL	1.60	CL	2.34
4708	RUTA DEL SOL	1.60	CL	2.48
4760	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.32

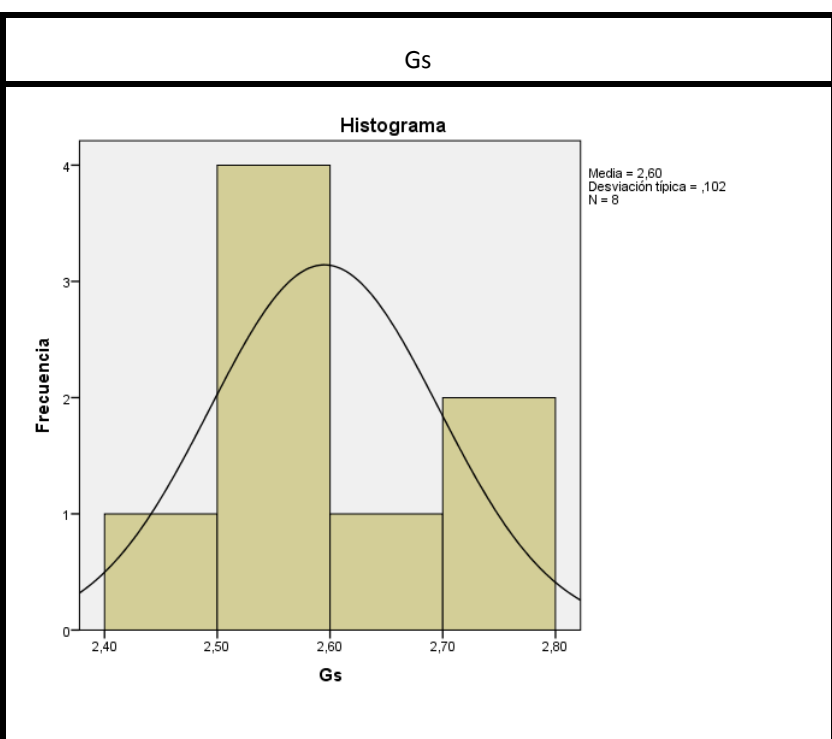


4766	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.40
4812	RUTA DEL SOL	1.75	CL	2.44
4929	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.61
5101	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.48
5102	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.59
5382	RUTA DEL SOL	2.00	CL	2.61
5446	RUTA DEL SOL	0.60	CL	2.49
5453	RUTA DEL SOL	1.80	CL	2.49
5528	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.38
5550	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.49
5689	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.61
5708	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.56
5781	RUTA DEL SOL	1.30	CL	2.53
5813	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.61
5919	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.60
6018	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.55
6048	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.62
6057	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.61
6073	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.53
6079	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.58
6084	RUTA DEL SOL	0.75	CL	2.55
6094	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.60
6158	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.58
6168	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.62
6216	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.58
6745	RUTA DEL SOL	0.40	CL	2.63
6752	RUTA DEL SOL	2.10	CL	2.60
6753	RUTA DEL SOL	0.50	CL	2.43
6770	RUTA DEL SOL	0.65	CL	2.34
7081	RUTA DEL SOL	1.50	CL	2.56
7975	RUTA DEL SOL	0.80	CL	2.68
10425	RUTA DEL SOL	8.15	CL	2.52
10818	RUTA DEL SOL	1.30	CL	2.46
11881	RUTA DEL SOL	0.76	CL	2.92
13273	RUTA DEL SOL	1.80	CL	2.43
13924	RUTA DEL SOL	8.35	CL	2.63
13957	RUTA DEL SOL	4.65	CL	2.61
18005	ECOPETROL	2.48	CL	2.60
18029	ECOPETROL	4.23	CL	2.61
18040	ECOPETROL	1.58	CL	2.76
18060	ECOPETROL	1.58	CL	2.71
18639	ECOPETROL	11.68	CL	2.75
18669	ECOPETROL	1.60	CL	2.69
18671	ECOPETROL	1.63	CL	2.74
18935	ECOPETROL	4.20	CL	2.70
18975	ECOPETROL	1.58	CL	2.66
19156	MPX	3.10	CL	2.45
19189	MPX	4.50	CL	2.64
19276	MPX	3.00	CL	2.42
19290	MPX	1.30	CL	2.34
19295	MPX	7.70	CL	2.31
19335	MPX	9.05	CL	2.60
19337	MPX	18.10	CL	2.64
20016	AUTOPISTAS DE LA MONTAÑA	2.48	CL	2.35
		Vmax		2.92
		Vmin		2.13
		s		0.13
		Vest		2.55
		COV		0.05

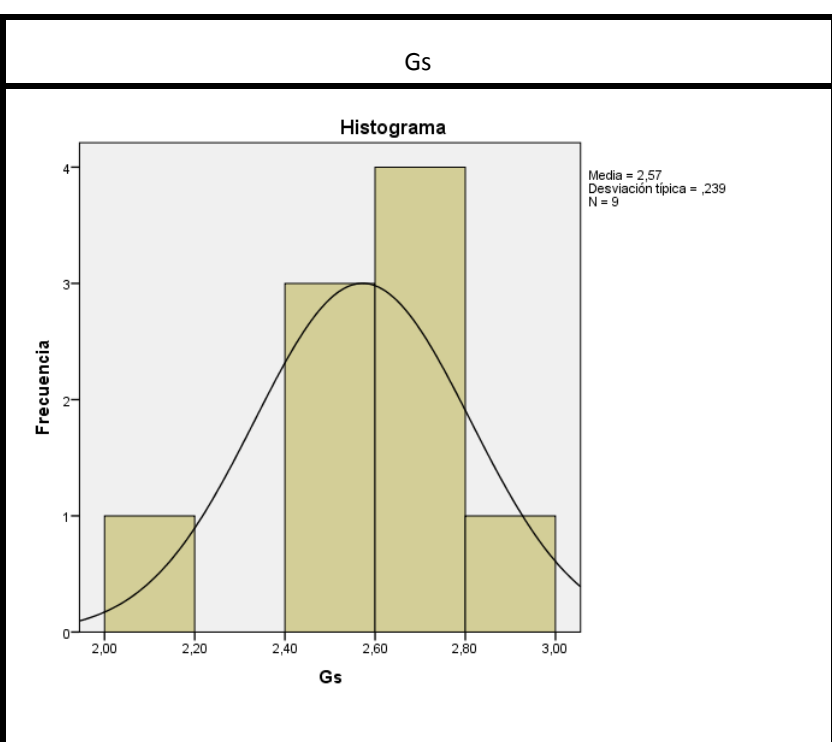
ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs	
2343	RUTA DEL SOL	1.50	CL-ML	2.54	
3000	RUTA DEL SOL	1.80	CL-ML	2.56	
3931	RUTA DEL SOL	1.50	CL-ML	2.69	
6119	RUTA DEL SOL	1.50	CL-ML	2.61	
6196	RUTA DEL SOL	1.50	CL-ML	2.62	
				Vmax	2.69
				Vmin	2.54
				s	0.06
				Vest	2.60
				COV	0.02



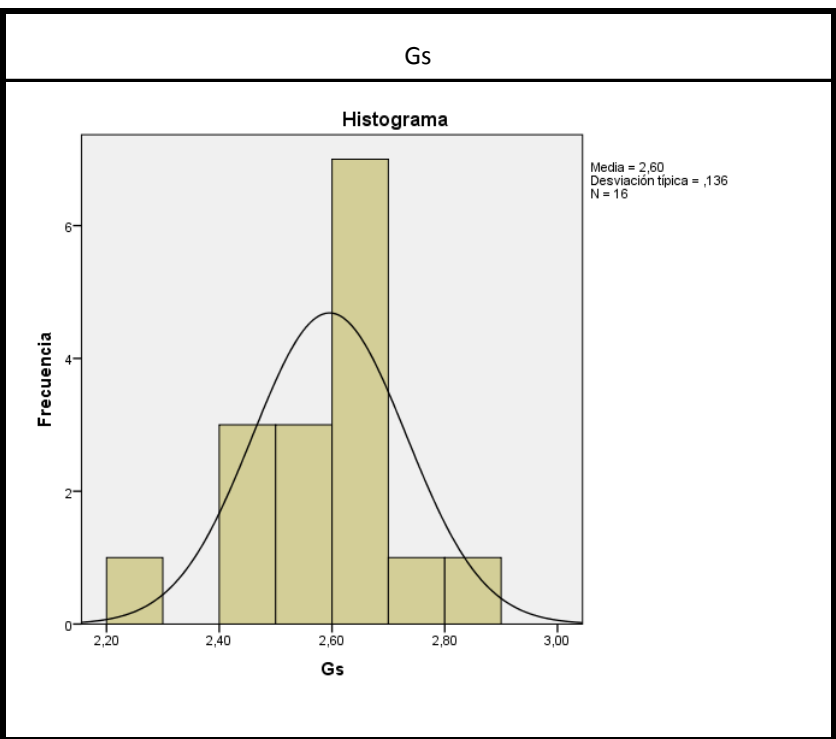
ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs	
1875	HATO / SEÑORITA	1.80	GC	2.75	
2308	RUTA DEL SOL	1.50	GC	2.57	
2309	RUTA DEL SOL	1.50	GC	2.58	
6126	RUTA DEL SOL	1.50	GC	2.63	
17065	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.05	GC	2.42	
17105	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.30	GC	2.53	
18592	ECOPETROL	9.25	GC	2.70	
19965	AUTOPISTAS DE LA MONTAÑA	3.90	GC	2.58	
				Vmax	2.75
				Vmin	2.42
				s	0.10
				Vest	2.60
				COV	0.04



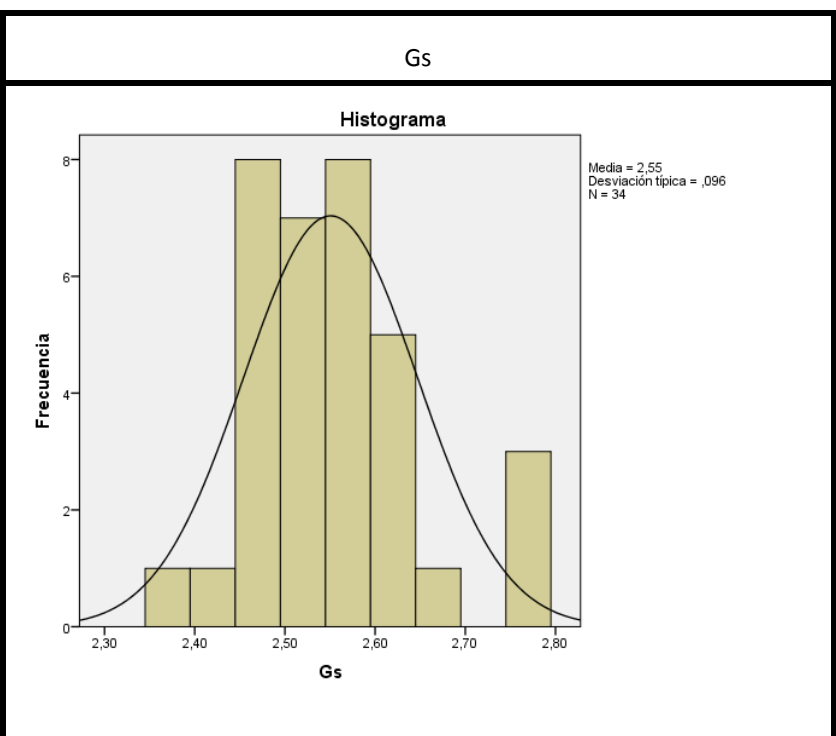
ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs	
97	CENTRO PARRILLA	3.90	MH	2.41	
126	CENTRO PARRILLA	1.65	MH	2.66	
1274	HATO / SEÑORITA	3.15	MH	2.12	
1325	HATO / SEÑORITA	4.20	MH	2.46	
1386	HATO / SEÑORITA	3.15	MH	2.69	
1479	HATO / SEÑORITA	4.90	MH	2.46	
1834	HATO / SEÑORITA	1.80	MH	2.69	
1868	HATO / SEÑORITA	3.75	MH	2.96	
19060	ECOPETROL	3.83	MH	2.70	
				Vmax	2.96
				Vmin	2.12
				s	0.24
				Vest	2.57
				COV	0.09



ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs
76	CENTRO PARRILLA	2.55	ML	2.76
140	CENTRO PARRILLA	1.65	ML	2.57
606	CENTRO PARRILLA	2.10	ML	2.69
1683	HATO / SEÑORITA	1.80	ML	2.83
2378	RUTA DEL SOL	1.50	ML	2.61
2491	RUTA DEL SOL	5.95	ML	2.49
2500	RUTA DEL SOL	10.00	ML	2.53
2615	RUTA DEL SOL	1.00	ML	2.69
3049	RUTA DEL SOL	0.55	ML	2.64
4488	RUTA DEL SOL	0.68	ML	2.66
4518	RUTA DEL SOL	15.15	ML	2.45
4609	RUTA DEL SOL	1.55	ML	2.27
5016	RUTA DEL SOL	1.50	ML	2.45
16458	SUSTITUTIVASQUIMBO	18.43	ML	2.67
18085	ECOPETROL	0.60	ML	2.58
19136	ECOPETROL	1.18	ML	2.64
		Vmax		2.83
		Vmin		2.27
		s		0.14
		Vest		2.60
		COV		0.05



ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs
490	CENTRO PARRILLA	5.90	SC	2.78
1630	HATO / SEÑORITA	3.30	SC	2.60
2370	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.62
3224	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.59
3231	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.44
3244	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.58
3253	RUTA DEL SOL	1.20	SC	2.50
3254	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.59
3564	RUTA DEL SOL	1.60	SC	2.58
3692	RUTA DEL SOL	1.70	SC	2.51
3704	RUTA DEL SOL	0.70	SC	2.45
3719	RUTA DEL SOL	1.80	SC	2.45
3728	RUTA DEL SOL	3.00	SC	2.61
3750	RUTA DEL SOL	1.80	SC	2.67
3938	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.55
6111	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.47
6142	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.58
6149	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.52
6235	RUTA DEL SOL	1.50	SC	2.60
6764	RUTA DEL SOL	0.50	SC	2.37
10053	RUTA DEL SOL	0.75	SC	2.61
16061	SUSTITUTIVASQUIMBO	7.25	SC	2.58
16677	SUSTITUTIVASQUIMBO	15.75	SC	2.54
17059	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.25	SC	2.50
17062	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.40	SC	2.46
17068	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.05	SC	2.50
17071	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.40	SC	2.49
17073	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.70	SC	2.50
17075	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.45	SC	2.47
17076	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.50	SC	2.45
17077	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.50	SC	2.45
18515	ECOPETROL	9.23	SC	2.75
18607	ECOPETROL	5.98	SC	2.78
19199	MPX	4.25	SC	2.58
		Vmax		2.78
		Vmin		2.37
		s		0.10
		Vest		2.55
		COV		0.04



ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Gs	Gs
1904	HATO / SEÑORITA	1.80	SM	2.54	
2319	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.58	
2377	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.62	
2452	RUTA DEL SOL	8.30	SM	2.66	
2606	RUTA DEL SOL	6.78	SM	2.61	
2705	RUTA DEL SOL	0.55	SM	2.50	
2997	RUTA DEL SOL	0.15	SM	2.52	
3191	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.55	
3272	RUTA DEL SOL	1.20	SM	2.64	
3720	RUTA DEL SOL	3.00	SM	2.72	
3749	RUTA DEL SOL	0.40	SM	2.70	
3883	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.67	
4499	RUTA DEL SOL	5.63	SM	2.54	
4561	RUTA DEL SOL	0.85	SM	2.41	
4576	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.70	
5006	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.62	
5041	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.49	
5081	RUTA DEL SOL	1.50	SM	2.52	
10099	RUTA DEL SOL	1.58	SM	2.57	
16032	SUSTITUTIVASQUIMBO	10.75	SM	2.69	
16485	SUSTITUTIVASQUIMBO	14.50	SM	2.38	
16518	SUSTITUTIVASQUIMBO	16.38	SM	2.67	
16701	SUSTITUTIVASQUIMBO	7.05	SM	2.52	
17020	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.30	SM	2.73	
18568	ECOPETROL	8.13	SM	2.61	
18965	ECOPETROL	8.48	SM	2.69	
19036	ECOPETROL	4.28	SM	2.58	
			Vmax	2.73	
			Vmin	2.38	
			s	0.09	
			Vest	2.59	
			COV	0.04	

ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Cc consolidación	Cr consolidación
131	CENTRO PARRILLA	4.05	CH	0.330	0.030
247	CENTRO PARRILLA	5.75	CH	0.350	0.070
695	CENTRO PARRILLA	1.65	CH	0.410	0.060
5679	RUTA DEL SOL	0.75	CH	0.026	0.007
14857	OLECAR	2.73	CH	0.580	0.140
15840	OLECAR	7.28	CH	0.380	0.050
19165	MPX	2.20	CH	1.090	0.042
19166	MPX	4.20	CH	0.130	0.035
19309	MPX	2.55	CH	0.150	0.019
			Vmax	1.090	0.140
			Vmin	0.026	0.007
			s	0.177	0.022
			Vest	0.261	0.038
			COV	0.679	0.579

240	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	0.270	0.030
652	CENTRO PARRILLA	4.30	CL	0.540	0.130
968	CENTRO PARRILLA	1.65	CL	0.410	0.050
5689	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.026	0.027
5708	RUTA DEL SOL	0.75	CL	0.015	0.013
15155	OLECAR	2.43	CL	0.320	0.060
15260	OLECAR	2.60	CL	0.330	0.050
15350	OLECAR	2.28	CL	0.100	0.010
15378	OLECAR	3.88	CL	0.120	0.010
16688	SUSTITUTIVASQUIMBO	22.88	CL	0.130	0.020
19276	MPX	3.00	CL	0.130	0.034
19290	MPX	1.30	CL	0.170	0.025
19295	MPX	7.70	CL	0.548	0.030
			Vmax	0.548	0.130
			Vmin	0.015	0.010
			s	0.089	0.020
			Vest	0.160	0.029
			COV	0.553	0.691

76	CENTRO PARRILLA	2.55	ML	0.390	0.030
140	CENTRO PARRILLA	1.65	ML	0.240	0.030
606	CENTRO PARRILLA	2.10	ML	0.380	0.030
15806	OLECAR	2.75	ML	0.260	0.020
16458	SUSTITUTIVASQUIMBO	18.43	ML	0.230	0.033
			Vmax	0.390	0.033
			Vmin	0.230	0.020
			s	0.027	0.002
			Vest	0.292	0.028

ID	PROYECTO	PROF. PROMEDIO	USCS	Cc consolidación	Cr consolidación
			COV	0.091	0.077

490	CENTRO PARRILLA	5.90	SC	0.140	0.016
16061	SUSTITUTIVASQUIMBO	7.25	SC	0.160	0.033
17062	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.40	SC	0.286	0.044
17068	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.05	SC	0.316	0.072
17075	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.45	SC	0.233	0.017
17097	SUSTITUTIVASQUIMBO	0.85	SC	0.200	0.017
			Vmax	0.316	0.072
			Vmin	0.140	0.016
			s	0.029	0.009
			Vest	0.213	0.028
			COV	0.137	0.334

16472	SUSTITUTIVASQUIMBO	4.50	SC-SM	0.183	0.015
16564	SUSTITUTIVASQUIMBO	5.60	SC-SM	0.236	0.013
16610	SUSTITUTIVASQUIMBO	19.43	SC-SM	0.266	0.019
			Vmax	0.266	0.019
			Vmin	0.183	0.013
			s	0.014	0.001
			Vest	0.226	0.015
			COV	0.061	0.065

16488	SUSTITUTIVASQUIMBO	16.50	SM	0.154	0.014
16518	SUSTITUTIVASQUIMBO	16.38	SM	0.300	0.033
16550	SUSTITUTIVASQUIMBO	13.73	SM	0.169	0.015
17020	SUSTITUTIVASQUIMBO	1.30	SM	0.232	0.025
			Vmax	0.300	0.033
			Vmin	0.154	0.014
			s	0.024	0.003
			Vest	0.206	0.020
			COV	0.118	0.155

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	P (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₋₆₀	φ
6955	0.1	1.0	0.55					4.1	87	11	2	NP	NP	NP	GW		
12678	2.90	4.00	3.45	19	15	13	28	4.6	66	30	4	NP	NP	NP	GW	24	36
13917	4.60	5.05	4.83	7	9	11	20	4.1	58	39	3	NP	NP	NP	GW	15	32
13937	17.15	17.60	17.38	30	42	50/4	72	6	52	47	1	NP	NP	NP	GW	31	39
16001	1.35	6.60	3.98						71	27	2	NL	NP	NP	GW		
16002	6.60	10.00	8.30						76	22	2	NL	NP	NP	GW		
16356	8.10	8.18	8.14	30	R		60	7	77	20	3	NL	NP	NP	GW	38	41
17312	0.90	5.00	2.95					12	68	28	4				GW		
21061	10.5	11	10.75					3.1	60	38	2	NL	NP	NP	GW		
21062	12		6					1.1	75	24	1	NL	NP	NP	GW		
Vmax							72	12	87	47	4					38	41
Vmin							20	1	52	11	1					15	32
s							25	3	10	10	1					10	4
Vest							39	4	68	27	2					26	36
COV							0.633	0.745	0.153	0.393	0.496					0.385	0.112

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
718	3.75	6.00	4.88						91	6	3	NL	NP	NP	GP		
756	3.30	3.75	3.53	20	30	30	60		91	5	4	NL	NP	NP	GP	50	46
795	5.65	9.00	7.33						83	12	5	33	21	12	GP		
832	3.30	3.75	3.53	17	18	24	42		96	2	2	NL	NP	NP	GP	35	40
929	4.20	7.50	5.85						90	6	4	NL	NP	NP	GP		
1126	1.50	1.50	1.50						70	22	8	NL	NP	NP	GP		
1305	3.90	4.50	4.20						81	14	5	NL	NP	NP	GP		
1598	3.45	4.70	4.08						84	15	1	NL	NP	NP	GP		
3810	0.9	1.8	1.35					13.1	63	33	4	34.0	23	11	GP		
6442	1.2	2.4	1.80					4.1	67	31	2	NP	NP	NP	GP		
6443	2.4	3.2	2.80					7.6	74	24	2	NP	NP	NP	GP		
6444	3.2	4.2	3.70					4	58	40	2	NP	NP	NP	GP		
6446	5.7	6.3	6.00					9.5	55	40	5	NP	NP	NP	GP		
6447	6.3	7	6.65					9.7	57	39	4	NP	NP	NP	GP		
6451	9.3	10	9.65					6.7	73	22	5	NP	NP	NP	GP		
6875	1.8	1.8	1.8					9.4	63	34	3	NP	NP	NP	GP		
6953	0.1	0.8	0.45					5.5	84	13	3	NP	NP	NP	GP		
9707	6.75	7.20	6.98	24	18	25	43	6.30	55	40	5	NP	NP	NP	GP	29	38
12371	4.55	6.50	5.53					0.1	100						GP		
14267	4.45	4.90	4.68	17	23	35	58	5.50	62	33	5	NP	NP	NP	GP	44	44
14490	20.70	21.70	21.20					1.40	100		0.1	NP	NP	NP	GP		
14520	9.85	10.25	10.05					6.00	67	30	3	NP	NP	NP	GP		
15957	1.70	2.15	1.93					5.30	65	32	3	NL	NP	NP	GP		
15958	2.15	14.90	8.53						79	20	1	NL	NP	NP	GP		
15966	19.00	19.50	19.25						80	18	2	NL	NP	NP	GP		
15969	22.10	23.60	22.85						70	28	2	NL	NP	NP	GP		
15971	24.00	29.50	26.75						79	19	2	NL	NP	NP	GP		
15976	30.80	40.05	35.43						67	29	4	NL	NP	NP	GP		
15981	5.60	8.55	7.08						83	16	1	NL	NP	NP	GP		
16003	0.00	0.45	0.23					2.40	83	14	3				GP		
16004	0.45	0.90	0.68					1.10	80	18	2	NL	NP	NP	GP		
16007	1.80	6.65	4.23						73	25	2	NL	NP	NP	GP		
16008	6.65	10.00	8.33						73	26	1	NL	NP	NP	GP		
16860	2.20	2.65	2.43					26.2	65	31	4	NL	NP	NP	GP		
16886	12.50	21.00	16.75					0.80	100			NL	NP	NP	GP		
16943	7.00	21.00	14.00						91	8	1	NL	NP	NP	GP		
16954	3.05	16.00	9.53						95	5		NL	NP	NP	GP		
17001	7.00	24.00	15.50						91	8	1				GP		
17314	6.00	14.00	10.00					14.00	75	23	2				GP		
17396	5.50	13.05	9.28					10.00	57	40	3	NL	NP	NP	GP		
20232	8.60	8.70	8.65						73	23	4	NL	NP	NP	GP		
20293	13.75	13.95	13.85						60	38	2				GP		
20309	5.00	5.70	5.35						64	31	5	NL	NP	NP	GP		
20310	6.00	6.50	6.25						47	46	7	NL	NP	NP	GP		
Vmax								60	26	100	46	8				50	46
Vmin								42	0	47	2	0				29	38
s								10	6	14	12	2				9	4
Vest								50	5	74	19	3				39	42
COV								0.191	1.288	0.187	0.608	0.683				0.241	0.090

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
463	0.90	1.35	1.13	4	6	7	13	3.7	66	24	10	NL	NP	NP	GP-GM	15	32
594	0.45	0.90	0.68	3	3	3	6	3.0	63	27	10	NL	NP	NP	GP-GM	8	29
660	3.15	3.60	3.38	10	17	13	30	3.4	48	44	8	NL	NP	NP	GP-GM	26	37
679	3.60	4.05	3.83	17	24	30	54	4.9	54	38	8	NL	NP	NP	GP-GM	44	44
706	2.85	3.30	3.08	14	20	20	40	9.5	50	41	9	NL	NP	NP	GP-GM	35	40
831	2.85	3.30	3.08	36	16	13	29	2.1	58	31	11	NL	NP	NP	GM-GP	26	37
886	4.50	6.00	5.25						67	26	7	NL	NP	NP	GP-GM		
908	4.65	5.10	4.88	17	24	45	69	7.1	47	42	11	NL	NP	NP	GM-GP	52	47
962	5.10	6.00	5.55						84	9	7	NL	NP	NP	GP-GM		
1013	0.90	1.35	1.13	5	5	8	13	9.10	54	36	10	NL	NP	NP	GM-GP	15	32
1030	5.10	8.00	6.55						90	3	7	NL	NP	NP	GP-GM		
1129	2.25	2.70	2.48	23	30	45	75	7.30	50	43	7	NL	NP	NP	GM-GP	69	53
1131	4.20	5.10	4.65					8.50	53	35	12	NL	NP	NP	GM-GP		
1248	4.50	4.95	4.73	11	12	10	22	7.2	70	19	11	NL	NP	NP	GM-GP	17	33
1252	1.35	1.80	1.58	12	28	50	78	6.6	58	30	12	NL	NP	NP	GP-GM	81	57
1582	8.80	10.50	9.65						81	8	11	31	24	7	GP-GM		
1637	8.00	9.50	8.75						55	35	10	NL	NP	NP	GP-GM		
1646	4.90	6.00	5.45						54	36	10	NL	NP	NP	GP-GM		
1655	5.75	6.20	5.98	35	40	50	90	6.6	70	20	10	20	18	2	GP-GM	63	51
1890	5.40	7.00	6.20	30	38	50	88		69	21	10	32	26	6	GP-GM	61	50
3172	0.00	0.50	0.25					15.89	74	17	9	N.P	N.P	N.P	GP-GM		
3183	0.00	0.50	0.25					3.92	68	25	7	N.P	N.P	N.P	GP-GM		
3619	0.9	1.5	1.20					5.2	55	37	8	NP	NP	NP	GP-GM		
3958	1.35	1.8	1.58					3.9	51	40	9	NP	NP	NP	GP-GM		
6163	0.90	0.90	0.90					6.23	58	32	10	NP	NP	NP	GP-GM		
6445	4.2	5.7	4.95					2.3	64	30	6	NP	NP	NP	GP-GM		
6449	7.8	8.5	8.15					6.4	75	19	6	NP	NP	NP	GP-GM		
6654	8.3	9.1	8.70					5.3	71	18	11	25	17	8	GP-GM		
7033	0.7	0.9	0.80					5.3	57	38	5	NP	NP	NP	GP-GM		
9475	0.15	1.50	0.83					3.00	47.00	45.00	8.00	NP	NP	NP	GP-GM		
9650	5.40	5.85	5.63	7	7	8	15	7.30	47.00	45.00	8.00	NP	NP	NP	GM-GP	11	30
11671	2.25	2.70	2.48	18	22	31	53	2.5	51.00	38.00	11.00	NP	NP	NP	GM-GP	49	46
12366	1.80	2.25	2.03	17	23	16	39	0.8	50.00	42.00	8.00	NP	NP	NP	GP-GM	38	41
12367	2.25	2.70	2.48	32	38	29	67	1.2	47.00	44.00	9.00	NP	NP	NP	GP-GM	62	51
12676	2.25	2.70	2.48	15	28	40	68	4.10	51.00	41.00	8.00	NP	NP	NP	GM-GP	63	51
12698	2.70	3.15	2.93	10	12	14	26	1.00	48.00	45.00	7.00	NP	NP	NP	GM-GP	23	35
14201	3.60	4.10	3.85					12.00	46.00	45.00	9.00	NP	NP	NP	GP-GM		
14202	4.10	4.40	4.25	39	50/R		78	11.80	48.00	41.00	11.00	NP	NP	NP	GP-GM	61	50
14519	7.60	7.95	7.78					10.00	58.00	33.00	9.00	NP	NP	NP	GM-GP		
15980	1.35	5.60	3.48						50	38	12	NL	NP	NP	GM-GP		
17098	0.60	1.70	1.15						63	26	11	NL	NP	NP	GM-GP		
17395	1.80	5.50	3.65					10.00	54	41	5	NL	NP	NP	GP-GM		
19734	11.20	11.70	11.45						50.00	39.00	11.00	NL	NP	NP	GM-GP		
19735	12.70	13.20	12.95						57.00	31.00	12.00	NL	NP	NP	GM-GP		
19740	23.70	24.20	23.95						67.00	26.00	7.00	NL	NP	NP	GM-GP		
19741	24.20	24.90	24.55						66.00	27.00	7.00	NL	NP	NP	GM-GP		
19778	1.35	1.80	1.58	20	30	45	75	3.20	51	37	12	NP	NP	NP	GM-GP	78	56
20136	0.45	0.90	0.68	9	9	12	21		67	22	11	NL	NP	NP	GM-GP	27	37
20137	1.50	1.95	1.73	7	15	13	28	5.5	72	17	11	NL	NP	NP	GM-GP	29	38
20229	0.50	1.00	0.75						47	42	11	NL	NP	NP	GM-GP		
20294	1.00	1.50	1.25						57	35	8	24	19	5	GM-GP		
20843	1	3.5	2.25					10			9.8	39	26.3	12.7	GP-GM		
21024	0.45	0.9	0.675					5	56	33	11	26	23	3	GM-GP		
Vmax								90	16	90	45	12				81	57
Vmin								6	1	46	3	5				8	29
s								27	3	11	11	2				23	9
Vest								38	5	58	29	9				35	41
COV								0.723	0.695	0.183	0.361	0.213				0.654	0.213

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	F (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
610	3.75	6.00	4.88						73	18	9	32	22	10	GP-GC		
918	3.60	6.00	4.80						66	23	11	23	19	4	GP-GC		
949	3.60	4.05	3.83	20	23	20	43	8.4	66	23	11	33	18	15	GP-GC	35	40
1049	3.15	8.20	5.68	R		100	100		78	12	10	36	20	16	GP-GC	71	54
1231	4.70	6.00	5.35						60	28	12	30	22	8	GP-GC		
1775	4.50	6.00	5.25						69	20	11	65	26	39	GP-GC		
3001	0.3	1	0.65					6.7	59	32	9	28	15	13	GP-GC		
3163	0.50	0.90	0.70					7.80	81	13	6	29	16	13	GP-GC		
3184	0.50	0.90	0.70					5.22	56	32	12	28	15	13	GP-GC		
3186	0.50	0.50	0.50					7.65	67	24	9	24	13	11	GP-GC		
5663	0.0	0.5	0.25					15.36	48	41	11	37	21	16	GP-GC		
5749	0.0	0.7	0.35					6.76	47	41	12	32	21	11	GP-GC		
5750	0.0	0.5	0.25					14.14	65	23	12	33	18	15	GP-GC		
5755	0.5	1.0	0.75						53	38	9	31	17	14	GP-GC		
5836	2	3.5	2.75						66	22	12	36	15	21	GP-GC		
5961	0	0.5	0.25					13.98	65	27	8	27	20	7	GP-GC		
5962	0.5	1	0.75						60	31	9	27	20	7	GP-GC		
5966	2	3	2.50						51	38	11	25	18	7	GP-GC		
6794	0.7	1.5	1.10					8.59	71	18	11	24	13	11	GP-GC		
6795	0.3	1	0.65					10.02	65	24	11	31	16	15	GP-GC		
6796	1	1.4	1.20					6.03	67	22	11	24	13	11	GP-GC		
11295	3.95	4.25	4.10	30	55 R		60	17.0	56.00	35.00	9.00	29.00	20.00	9.00	GP-GC	48	45
14282	4.00	4.45	4.23	17	33	50/5	50	7.60	61.00	29.00	10.00	29.00	15.00	14.00	GP-GC	40	42
17252	4.00	5.00	4.50						74	17	9	25	15	10	GP-GC		
17397	13.05	19.30	16.18					10.00	63	30	7	41	25	16	GP-GC		
20267	0.45	1.50	0.98	2	3	4	7		68	22	10	33	17	16	GP-GC	9	30
20295	2.50	2.90	2.70						54	34	12	27	19	8	GP-GC		
20849	1	2.5	1.75					6			16.15	33	19.5	13.5	GP-GC		
20851	4.5	5	4.75					5			16.13				GP-GC		
Vmax							100	17	81	41	16					71	54
Vmin							7	5	47	12	6					9	30
s							33	4	9	8	2					22	9
Vest							39	9	63	25	10					34	41
COV							0.858	0.427	0.136	0.319	0.212					0.667	0.211

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	T (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₋₆₀	φ
485	1.80	2.40	2.10					7.4	46	34	20	26	20	6	GC-GM		
773	3.60	4.05	3.83	21	20	16	36	5.0	43	39	18	26	20	6	GC-GM	30	38
875	4.20	7.50	5.85	R		100			43	25	32	27	21	6	GC-GM		
896	5.00	6.80	5.90						56	30	14	26	20	6	GC-GM		
952	1.05	1.50	1.28	6	2	2	4	10.3	43	38	19	23	19	4	GC-GM	5	28
2769	0.4	0.9	0.65					5.9	61	24	15	16	9	7	GC-GM		
3657	1.5	2.4	1.95					3.3	39	37	24	23	18	5	GC-GM		
5934	2	3	2.50						37	15	48	25	19	6	GC-GM		
5936	0.5	1	0.75						42	29	29	24	17	7	GC-GM		
6463	4.95	5.4	5.18	36	28	25	53	6.5	48	30	22	24	20	4	GC-GM	39	42
6800	0.2	0.5	0.35					9.39	50	33	17	20	14	6	GC-GM		
12705	5.85	6.30	6.08	26	28	21	49	10.70	43.00	39.00	18.00	26.00	20.00	6.00	GC-GM	34	40
16473	5.00	5.30	5.15	24	33	45	78	8.7	50	31	19	22	18	4	GC-GM	58	49
16654	4.15	4.60	4.38	24	20	19	39	8.7	46	32	22	21	17	4	GC-GM	31	39
17171	0.45	1.80	1.13	22	45	48	93	1.90	40	33	27	23	17	6	GC-GM	90	60
21023	0	0.45	0.225					6	53	31	16	31	25	6	GC-GM		
21025	0.9	1.35	1.125					7	50	34	16	27	23	4	GC-GM		
Vmax								93	11	61	39	48				90	60
Vmin								4	2	37	15	14				5	28
s								29	3	6	6	8				27	10
Vest								38	6	46	31	21				32	41
COV								0.774	0.413	0.137	0.197	0.398				0.840	0.244

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	P (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₋₆₀	φ
3351	10.20	11.70	10.95					5.50	32	64	4	N.P	N.P	N.P	SW		
3678	0.7	1.3	1.00					4.00	12	86	2	NP	NP	NP	SW		
10801	18.00	18.30	18.15	33	46		79	10.00		98	2				SW	33	39
12579	6.70	7.15	6.93	10	21	26	47	6.00	17	80	3	NP	NP	NP	SW	31	39
13943	21.50	21.95	21.73	29	38	50/4	67	5.90	45	54	1	NP	NP	NP	SW	25	36
15956	0.90	1.35	1.13					8.60	33	63	4	NL	NP	NP	SW		
17115	6.40	6.85	6.63					16.00		96	4	NL	NP	NP	SW		
17116	7.30	7.75	7.53					16.80		96	4	NL	NP	NP	SW		
17117	8.20	8.65	8.43					19.50		96	4	NL	NP	NP	SW		
17118	9.10	9.55	9.33					15.00		96	4	NL	NP	NP	SW		
Vmax							79	20	45	98	4					33	39
Vmin							47	4	12	54	1					25	36
s							16	6	13	17	1					4	2
Vest							63	9	25	81	3					29	38
COV							0.257	0.598	0.530	0.206	0.382					0.141	0.043

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	Q (%)	R (%)	P (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
2874	0.50	0.90	0.70					15	1	95	3	38	14	24	SP		
3218	0.00	0.50	0.25					10	44	66	10	N.P	N.P	N.P	SP		
3220	0.90	1.20	1.05					11	37	59	4	N.P	N.P	N.P	SP		
3282	0.00	0.45	0.23					5	31	65	4	28	15	13	SP		
3324	4.60	5.40	5.00					5	22	76	2	N.P	N.P	N.P	SP		
3346	4.50	4.95	4.73					2	42	54	4	N.P	N.P	N.P	SP		
3428	1.35	1.8	1.58						36	59	5	N.P	N.P	N.P	SP		
3434	5.40	5.85	5.63						13	84	3	N.P	N.P	N.P	SP		
3435	6.75	8.1	7.43					7	13	84	3	N.P	N.P	N.P	SP		
3437	8.55	9	8.78					1	14	82	4	N.P	N.P	N.P	SP		
3523	1.25	1.8	1.53					4	16	81	3	N.P	N.P	N.P	SP		
3702	1.2	2.4	1.80					11	4	92	4	NP	NP	NP	SP		
3786	0.5	0.9	0.70					9	2	94	4	NP	NP	NP	SP		
3787	0.9	1.5	1.20					9	1	96	3	NP	NP	NP	SP		
3814	0.9	1.5	1.20					11		97	3	NP	NP	NP	SP		
3828	0.0	0.5	0.25					6	46	51	3	NP	NP	NP	SP		
5841	0	0.5	0.25					19	23	75	2	33	15	18	SP		
5842	0.5	1	0.75						12	83	5	39	19	20	SP		
5844	1	2	1.50					9		96	4	40	19	21	SP		
5984	2	3	2.50						2	102	4	NP	NP	NP	SP		
6441	0	1.2	0.60					14	21	75	4	NP	NP	NP	SP		
6960	0.0	0.9	0.45					13	10	87	3	NP	NP	NP	SP		
7017	2.4	3.6	3.00					13		96	4	NP	NP	NP	SP		
7714	21.15	21.60	21.38					17		96	4	NP	NP	NP	SP		
7856	22.55	24.05	23.30					23		98	2	NP	NP	NP	SP		
8283	29.45	29.90	29.68	12	17	17	34	14	7	89	4				SP	10	30
8872	11.30	11.70	11.50	28	26	37	63	23		97	3	NP	NP	NP	SP	34	40
8882	15.80	16.20	16.00	24	33	46	79	21		95	5	NP	NP	NP	SP	36	40
8885	17.10	17.60	17.35	26	35	43	78	23		97	3	NP	NP	NP	SP	34	40
9315	16.50	16.95	16.73	25	25	26	51	19		95	5				SP	23	35
9319	18.30	18.75	18.53	25	24	25	49	18		96	4				SP	21	34
9347	12.50	12.95	12.73	19	29	35	64	25		98	2	NP	NP	NP	SP	33	39
9350	13.85	14.30	14.08	19	17	16	33	24		94	6	NP	NP	NP	SP	16	33
9826	1.25	1.80	1.53					4	16	81	3	NP	NP	NP	SP		
9878	4.55	5.00	4.78	5	6	8	14	26		99	1	NP	NP	NP	SP	11	30
9880	5.45	5.90	5.68	9	7	10	17	10	41	54	5	NP	NP	NP	SP	13	31
9919	25.45	25.90	25.68	12	20	36	56	17		95	5	NP	NP	NP	SP	19	34
9993	0.90	1.35	1.13	12	15	17	32	13		100		NP	NP	NP	SP	36	40
9996	2.40	2.85	2.63	19	21	23	44	8	2	96	2	NP	NP	NP	SP	40	42
10085	15.80	16.25	16.03	8	12	20	32	22		97	3	NP	NP	NP	SP	15	32
10214	5.20	5.60	5.40					15	18	78	4	30	22	8	SP		
10247	0.00	0.45	0.23	12	13	15	28	19	3	95	2	NP	NP	NP	SP	42	43
10249	0.90	1.35	1.13	13	10	10	20	18		95	5	NP	NP	NP	SP	23	35
10251	1.80	2.25	2.03	14	15	12	27	17	4	94	2	NP	NP	NP	SP	27	37
10253	2.70	3.15	2.93	14	14	14	28	18	3	94	3	NP	NP	NP	SP	25	36
10255	3.60	4.05	3.83	15	17	18	35	17		99	1	NP	NP	NP	SP	29	38
10257	4.50	4.95	4.73	20	20	22	42	17	1	99		NP	NP	NP	SP	32	39
10382	9.85	10.30	10.08	7	10	13	23	18		97	3	NP	NP	NP	SP	13	31
10445	18.25	18.70	18.48	20	23	27	50	3	16	83	1	NP	NP	NP	SP	21	34
10466	8.70	9.15	8.93	17	29	37	66	15	23	74	3	NP	NP	NP	SP	40	42
10485	17.25	17.70	17.48	23	30	33	63	22		95	5	NP	NP	NP	SP	27	37
10491	19.95	20.40	20.18	27	33	39	72	22		96	4	NP	NP	NP	SP	29	38
10509	7.75	7.90	7.83	50	R		100	24		96	4	NP	NP	NP	SP	63	51
10523	14.35	14.80	14.58	30	40	40	80	22		96	4	NP	NP	NP	SP	38	41
10532	18.40	18.85	18.63	32	36	39	75	21		97	3	NP	NP	NP	SP	31	39
10900	9.90	10.35	10.13	20	23	21	44	23	2	96	2	NP	NP	NP	SP	25	36
10926	21.60	22.05	21.83	23	26	21	47	21	5	91	4	NP	NP	NP	SP	18	33
10933	24.75	25.20	24.98	20	19	16	35	24	8	88	5	NP	NP	NP	SP	12	31
10941	28.35	28.80	28.58	19	24	30	54	21	6	90	4	NP	NP	NP	SP	17	33
10996	0.00	0.45	0.23	19	18	17	35	6	5	95		NP	NP	NP	SP	53	47
10998	0.90	1.35	1.13	17	19	21	40	19		99	1	NP	NP	NP	SP	45	44
11000	1.80	2.25	2.03	17	18	20	38	21		98	2	NP	NP	NP	SP	37	41
11130	1.35	1.80	1.58	6	7	8	15	16	3	95	2	NP	NP	NP	SP	16	33
11507	0.90	1.35	1.13	2	3	4	7	5	1	94	5	NP	NP	NP	SP	8	29
11551	0.45	0.90	0.68	12	12	13	25	25		98	2	NP	NP	NP	SP	32	39
11572	9.90	10.90	10.40					21	1	97	2	NP	NP	NP	SP		
11574	11.90	12.90	12.40					25		97	3	NP	NP	NP	SP		
11575	12.90	13.90	13.40					22		99	1	NP	NP	NP	SP		
11576	13.90	14.90	14.40					21		99	1	NP	NP	NP	SP		
11622	8.50	8.85	8.68	25	33	20/2"	58	13		97	3	NP	NP	NP	SP	35	40
11905	2.30	2.80	2.55	18	17	28	45	3		97	3	NP	NP	NP	SP	41	42
11912	6.20	6.70	6.45	19	19	28	47	10	21	74	5	NP	NP	NP	SP	32	39
12515	1.50	1.95	1.73	6	4	4	8	13	7	90	3	NP	NP	NP	SP	9	30
12636	23.00	23.45	23.23	32	38	43	81	13	11	87	2	NP	NP	NP	SP	29	38
12691	9.60	10.05	9.83	16	19	21	40	14		96	4	NP	NP	NP	SP	23	35
13939	18.60	19.05	18.83	33	45	50/5	78	8	38	57	5	NP	NP	NP	SP	32	39
13941	20.05	20.50	20.28	36	43	50/5	79	9	36	62	2	NP	NP	NP	SP	31	39
14266	4.00	4.45	4.23	18	25	32	57	21	5	92	3	NP	NP	NP	SP	45	44
14269	5.90	6.35	6.13	23	35	50/5	58	12	31	67	2	NP	NP	NP	SP	40	42
14288	8.50	8.95	8.73	23	39	50/5	62	9	44	54	2	NP	NP	NP	SP	38	41
14298	3.80	4.25	4.03	7	17	21	38	11	15	82	3	NP	NP	NP	SP	31	39
14893	4.55	5.00	4.78	22	35	35	70	14							SP	53	47
15315	5.00	5.20	5.10	17	50		50	11	6	92	3				SP	37	41
15316	6.50	6.60	6.55	50			50	25				NL	NP		SP	34	40
15317	6.60	8.00	7.30					28		96					SP		
15330	5.15	6.15	5.65					11				NL	NP		SP		
15353	5.55	6.00	5.78	8	11	24	35	9	19	78	4	NL	NP		SP	25	36
15404	5.50	5.95	5.73	6	6	10	16	18				NL	NP		SP	12	31
15945	0.40	0.90	0.65					1	1	95	4	NL	NP	NP	SP		
15954	0.00	0.45	0.23					5	9	89	2	NL	NP	NP	SP		
15955	0.45	0.90	0.68					19	6	9	4	NL	NP	NP	SP		
16843	10.40	11.60	11.00					24		95	5	NL	NP	NP	SP		
16927	21.20	22.30	21.75						33	62	5	NL	NP	NP	SP		
16952	2.30	2.75	2.53	9	9	12	21	3	10	86	4	NL	NP	NP	SP	20	34
17052	5.15	5.55	5.35					19	5	92	3	NL	NP	NP	SP		
17390	26.20	28.90	27.55						44	54	2	NL	NP	NP	SP		
17416	13.90	14.50	14.20					20	2	96	2	NL	NP	NP	SP		
19672	5.00	5.45	5.23	1	2	2	4										

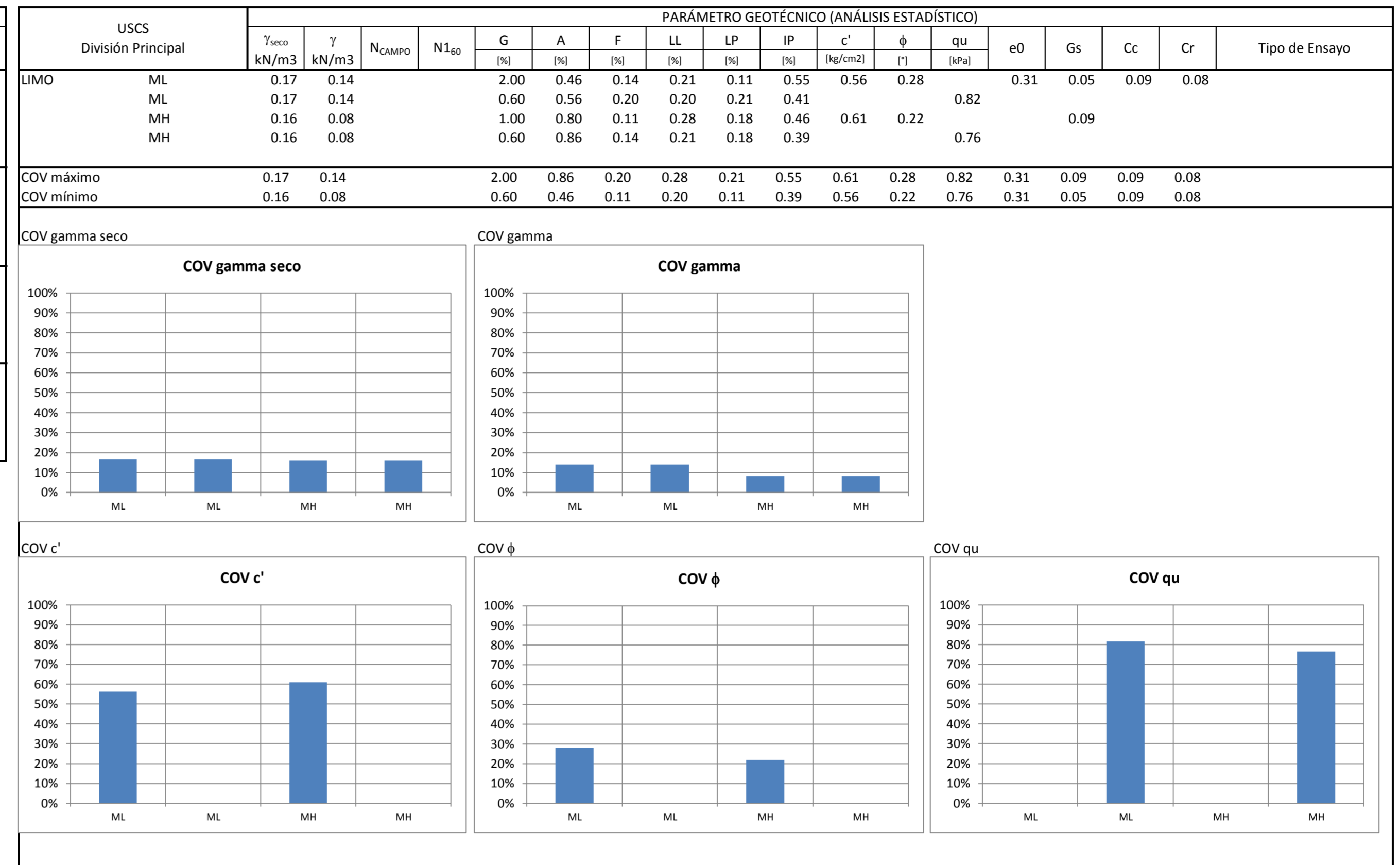
ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	P (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
881	2.70	3.15	2.93	7	8	6	14	18.9	4	87	9	NL	NP	NP	SW-SM	13	31
2931	4.15	4.6	4.38					16		90	10				SW-SM		
2935	6.85	7.3	7.08					17		91	10	NL	NP	NP	SW-SM		
2938	10	10.45	10.23					16		91	9	NL	NP	NP	SW-SM		
2940	11.8	12.25	12.03					20		91	9	NL	NP	NP	SW-SM		
3008	2.4	3.6	3.00					6.2	27	65	8	N.P	N.P	N.P	SM-SW		
3299	8.50	9.00	8.75					7.80	19	75	6	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3344	2.70	3.15	2.93					8.10	14	80	6	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3345	3.60	4.05	3.83					7.90	10	82	8	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3347	5.40	5.85	5.63					4.30	35	60	5	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3348	6.30	6.75	6.53					1.70	33	60	7	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3349	6.75	7.20	6.98					2.40	25	70	5	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3352	11.70	12.70	12.20					8.30	33	60	7	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3353	12.70	13.70	13.20					4.40	20	73	7	N.P	N.P	N.P	SW-SM		
3679	1.3	1.6	1.45					4.2	34	64	2	NP	NP	NP	SM-SW		
3700	0.6	1.2	0.90					15		91	10	NP	NP	NP	SW-SM		
3706	0.1	0.9	0.50					20		90	10	NP	NP	NP	SW-SM		
3708	1.4	1.6	1.50					17		89	11	NP	NP	NP	SW-SM		
3738	1.2	1.5	1.35					18		91	10	NP	NP	NP	SW-SM		
3885	0.9	0.9	0.90					9.61	15	74	11	NP	NP	NP	SW-SM		
3892	1.5	1.5	1.50					13.95	36	54	10	NP	NP	NP	SW-SM		
7147	10.80	11.25	11.03					11.00	13	80	7				SW-SM		
7463	10.80	11.25	11.03					21.00		88	12	NP	NP	NP	SW-SM		
7464	12.15	12.60	12.38					22.00		88	12	NP	NP	NP	SW-SM		
7847	11.75	12.20	11.98					25.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM		
7848	12.65	13.10	12.88					27.00		88	12	NP	NP	NP	SW-SM		
7849	14.00	14.45	14.23					27.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM		
7851	15.80	16.25	16.03					27.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM		
7859	27.40	27.85	27.63					21.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM		
7896	2.70	3.15	2.93					25.00	10	80	10	NP	NP	NP	SW-SM		
8178	7.70	8.15	7.93	6	8	12	20	13.00		90	10				SW-SM	13	31
8364	2.70	3.15	2.93	6	6	9	15	13.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	14	32
8419	2.85	3.30	3.08	4	6	6	12	39.00		93	7	NP	NP	NP	SW-SM	11	30
8422	4.20	4.65	4.43	3	4	4	8	39.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	7	29
8425	5.55	6.00	5.78	5	5	6	11	39.00		92	8				SW-SM	8	29
8495	0.00	0.45	0.23	3	8	10	18	8.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	27	37
8533	17.05	17.50	17.28	20	25	27	52	17.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	23	35
8541	20.65	21.10	20.88	18	22	23	45	15.00	4	86	10				SW-SM	18	33
8545	22.40	22.90	22.65	17	17	22	39	16.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	15	32
8550	24.70	25.15	24.93	20	19	23	42	15.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	15	32
8648	18.45	18.90	18.68	20	25	21	46	12.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM	19	34
8649	18.90	19.35	19.13	20	20	23	43	13.00		88	12				SW-SM	18	33
8654	21.15	21.60	21.38	20	19	21	40	13.00		88	12				SW-SM	16	33
8684	34.65	35.10	34.88	20	29	37	66	17.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
8726	19.50	19.95	19.73	30	22	21	43	24.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM	18	33
8737	24.40	24.85	24.63	22	25	24	49	26.00		91	10	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
8750	30.30	30.70	30.50	17	22	24	46	29.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	14	32
8947	9.00	9.45	9.23	18	12	15	27	17.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	16	33
8952	11.25	11.70	11.48	20	22	26	48	18.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	26	37
8958	13.95	14.40	14.18	21	27	32	59	19.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	29	38
8979	3.15	3.60	3.38	7	9	15	24	13.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	21	34
8987	6.75	7.20	6.98	14	18	24	42	20.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	28	37
8993	9.45	9.90	9.68	17	20	22	42	25.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	25	36
9000	12.60	13.05	12.83	15	19	18	37	22.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	19	34
9023	5.40	5.85	5.63	5	10	14	24	21.00		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	18	33
9028	7.65	8.10	7.88	20	22	24	46	25.00		91	9	NP	NP	NP	SW-SM	29	38
9034	10.35	10.80	10.58	24	20	25	45	27.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM	25	36
9040	13.05	13.50	13.28	24	25	28	53	27.00		92	9	NP	NP	NP	SW-SM	27	37
9109	0.95	1.40	1.18	3	3	5	8	20.00		92	8	NP	NP	NP	SW-SM	9	30
9129	8.15	8.50	8.33					22.00		92	8	NP	NP	NP	SW-SM		
9218	7.65	8.10	7.88	17	25	28	53	30.00		89	11	NP	NP	NP	SW-SM	34	40
9233	13.95	14.40	14.18	26	32	47	79	7.00		89	12	NP	NP	NP	SW-SM	38	41
9235	14.85	15.30	15.08	27	38	45	83	34.00		90	10				SW-SM	39	42
9789	1.50	1.80	1.65	8	15	R	23	19.00		92	9	NP	NP	NP	SW-SM	24	36
10883	2.25	2.70	2.48	21	22	20	42	14.0	2	91	8	NP	NP	NP	SW-SM	39	42
10885	3.15	3.60	3.38	20	12	16	28	15.0	2	91	7	NP	NP	NP	SW-SM	24	36
10888	4.50	4.95	4.73	16	12	14	26	18.0	2	90	8	NP	NP	NP	SW-SM	20	34
10890	5.40	5.85	5.63	15	11	12	23	18.0	2	90	9	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
10892	6.30	6.75	6.53	16	10	9	19	19.0		93	7	NP	NP	NP	SW-SM	13	31
10894	7.20	7.65	7.43	17	19	22	41	21.0	2	91	7	NP	NP	NP	SW-SM	27	37
10896	8.10	8.55	8.33	16	17	22	39	22.0	4	89	7	NP	NP	NP	SW-SM	24	36
10898	9.00	9.45	9.23	21	23	25	48	23.0	4	88	8	NP	NP	NP	SW-SM	29	38
10902	10.80	11.25	11.03	18	20	22	42	24.0	8	85	7	NP	NP	NP	SW-SM	23	35
10904	11.70	12.15	11.93	25	22	21	43	23.0	4	88	8	NP	NP	NP	SW-SM	23	35
10906	12.60	13.05	12.83	18	21	24	45	24.0	4	89	7	NP	NP	NP	SW-SM	23	35
10908	13.50	13.95	13.73	19	16	18	34	24.0	3	89	7	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
10910	14.40	14.85	14.63	20	18	17	35	24.0		92	8	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
10912	15.30	15.75	15.53	16	19	21	40	25.0	2	88	10	NP	NP	NP	SW-SM	19	34
10914	16.20	16.65	16.43	18	19	22	41	25.0	5	87	8	NP	NP	NP	SW-SM	19	34
10916	17.10	17.55	17.33	19	15	17	32	25.0	5	87	8	NP	NP	NP	SW-SM	14	32
10918	18.00	18.45	18.23	26	20	21	41	26.0	9	84	7	NP	NP	NP	SW-SM	18	33
10920	18.90	19.35	19.13	24	21	19	40	25.0	11	82	8	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
10922	19.80	20.25	20.03	24	26	22	48	26.0	7	87	6	NP	NP	NP	SW-SM	19	34
10924	20.70	21.15	20.93	18	20	23	43	21.0		94	6	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
10928	22.50	22.95	22.73	16	18	17	35	20.0		88	12	NP	NP	NP	SW-SM	13	31
10930	23.40	23.85	23.63	15	19	16	35	20.0	4	85	12	NP	NP	NP	SW-SM	13	31
10935	25.65	26.10	25.88	19	16	18	34	24.0		90	11	NP	NP	NP	SW-SM	12	31
10937	26.55	27.00	26.78	23	27	28	55	22.0	6	86	9	NP	NP	NP	SW-SM	18	33
10939	27.45	27.90	27.68	25	17	19	36	20.0	6	88	6	NP	NP	NP	SW-SM	12	31
10943	29.25	29.70	29.48	21	25	32	57	22.0	4	89	7	NP	NP	NP	SW-SM	17	33
11628	13.50	13.95	13.73	18	26	30	56	6.0	33	60	7	NP	NP	NP	SW-SM	28	37
11936	8.32	8.75	8.54	22	22	25	47	18.0		90	10	NP	NP	NP	SW-SM	29	38
12524	5.95	6.40	6.18	9	8	8	16										

ID	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	PROF. PROMEDIO	SPT 06"	SPT 6"12"	SPT 12"18"	NCAMPO	w (%)	U (%)	A (%)	F (%)	LL	LP	IP	USCS	N ₁₆₀	φ
13859	2.75	3.20	2.98	13	19	23	42	24.00	33	58	9	NP	NP	NP	SW-SM	37	41
16098	7.00	7.45	7.23	12	19	13	32	13.9	1	93	6	NL	NP	NP	SW-SM	21	34
16249	8.80	9.25	9.03	10	15	13	28	9.8	20	70	10	NL	NP	NP	SW-SM	17	33
16340	22.00	23.00	22.50					7.8	3	88	9	NL	NP	NP	SW-SM		
16546	10.50	10.95	10.73	14	18	32	50	13.2	15	77	8	NL	NP	NP	SM-SW	28	37
16603	12.55	13.00	12.78	12	13	20	33	8.7		93	7	NL	NP	NP	SW-SM	17	33
16852	20.75	22.00	21.38					21.10		91	9	NL	NP	NP	SW-SM		
16912	11.00	11.80	11.40						35	57	8	NL	NP	NP	SM-SW		
17114	5.50	5.95	5.73					15.8		95	5	NL	NP	NP	SM-SW		
17285	7.70	9.20	8.45					15.00		91	9	NL	NP	NP	SW-SM		
17351	17.40	18.40	17.90					16.70	15	79	6	NL	NP	NP	SW-SM		
19804	0.80	1.10	0.95	22	35/R	R	44	3.20	28	67	5	NL	NP	NP	SM-SW	51	46
20231	3.60	3.80	3.70						7	87	6	NL	NP	NP	SM-SW		
20272	1.00	1.30	1.15						28	63	9	NL	NP	NP	SM-SW		
20273	1.90	2.10	2.00						41	50	8	NL	NP	NP	SM-SW		
20280	2.00	3.00	2.50						62	33	5	NL	NP	NP	SM-SW		
20443	0.60	1.05	0.83	4	4	6	10	8.9	38	52	10	NL	NP	NP	SM-SW	12	31
Vmax								89	39	62	95	12				51	46
Vmin								8	2	1	33	2				7	29
s								18	8	14	12	2				10	4
Vest								36	16	10	83	9				21	35
COV								0.495	0.508	1.473	0.138	0.219				0.497	0.120

Id	TIPO	USCS	DESCRIPCIÓN	Variable Estadística	PARÁMETRO GEOTÉCNICO (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)																Tipo de Ensayo	
					γ_{seco} kN/m ³	γ kN/m ³	N_{CAMPO}	N_{160}	G [N]	A [N]	F [N]	LL [N]	LP [N]	IP [N]	c' [kg/cm ²]	ϕ [°]	qu [kPa]	e0	Gs	Cc		Cr
34		SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	Vmax	79	33	45	98	4												SPT	
				Vmin	47	25	12	54	1													
				σ	16	4	1	13	17	1												
				Vest	63	29	25	81	3													
				COV	0.25	0.14	0.52	0.21	0.33													
35		SP	Arenas y Arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos	Vmax	100	63	46	102	10												SPT	
				Vmin	4	3	1	9	1													
				σ	22	12	15	16	1													
				Vest	39	25	9	84	3													
				COV	0.56	0.48	1.67	0.19	0.33													
36		SW-SM SM-SW		Vmax	89	51	62	95	12												SPT	
				Vmin	8	7	1	33	2													
				σ	18	10	14	12	2													
				Vest	36	21	10	83	9													
				COV	0.50	0.48	1.40	0.14	0.22													
6		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Vmax	22	25															Corte Directo	
				Vmin	13	14															Consolidación	
				σ	2	2																
				Vest	18	20																
				COV	0.10	0.08																
11		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Vmax	22	25	81	38	38	85	50	65	50	20								SPT
				Vmin	13	14	4	3	0	29	7	17	15	1								
				σ	2	2	19	10	11	13	10	10	6	5								
				Vest	18	20	43	20	14	60	27	33	25	8								
				COV	0.10	0.08	0.45	0.49	0.81	0.22	0.37	0.31	0.24	0.63								
20		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Vmax	22	25															Compresión Inconfinada	
				Vmin	13	14																
				σ	2	2																
				Vest	18	20																
				COV	0.10	0.08																
25		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Vmax	22	25	100	75	29	76	48	50	31	19							SPT (IGM)	
				Vmin	13	14	62	47	0	36	16	21	18	3								
				σ	2	2	14	10	10	10	11	11	5	6								
				Vest	18	20	81	61	15	56	32	36	24	11								
				COV	0.10	0.08	0.17	0.16	0.72	0.17	0.35	0.30	0.20	0.54								
10	ARENA	SC-SM	Arenas arcillo - limosas	Vmax	22	24	60	43	29	82	46	51	27	25							SPT	
				Vmin	15	17	4	3	0	43	15	17	13	4								
				σ	1	1	18	13	10	11	8	8	3	5								
				Vest	18	20	42	29	12	57	31	27	20	8								
				COV	0.07	0.07	0.43	0.45	0.83	0.19	0.26	0.29	0.15	0.66								
19		SC-SM	Arenas arcillo - limosas	Vmax	22	24															Compresión Inconfinada	
				Vmin	15	17																
				σ	1	1																
				Vest	18	20																
				COV	0.07	0.07																
24		SC-SM	Arenas arcillo - limosas	Vmax	22	24	100	73	23	67	44	26	20	6							SPT (IGM)	
				Vmin	15	17	80	50	0	53	15	22	18	4								
				σ	1	1	8	8	9	5	10	1	1	1								
				Vest	18	20	90	62	12	60	30	24	19	5								
				COV	0.07	0.07	0.09	0.13	0.81	0.08	0.33	0.05	0.05	0.16								
5		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Vmax	24	25															Corte Directo	
				Vmin	12	16															Consolidación	
				σ	2	1																
				Vest	17	20																
				COV	0.10	0.07																
9		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Vmax	24	25	100	50	39	88	49	75	31	59							SPT	
				Vmin	12	16	2	2	0	0	12	20	9	6								
				σ	2	1	19	13	11	13	10	10	5	8								
				Vest	17	20	34	25	13	51	35	36	18	18								
				COV	0.10	0.07	0.56	0.53	0.83	0.26	0.28	0.28	0.27	0.46								
18		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Vmax	24	25															Compresión Inconfinada	
				Vmin	12	16																
				σ	2	1																
				Vest	17	20																
				COV	0.10	0.07																
23		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Vmax	24	25	100	88	39	65	49	78	31	47							SPT (IGM)	
				Vmin	12	16	73	54	0	29	18	18	10	8								
				σ	2	1	9	8	13	11	9	14	5	11								
				Vest	17	20	87	71	20	47	34	48	21	28								
				COV	0.10	0.07	0.10	0.11	0.68	0.24	0.27	0.30	0.26	0.41								
28		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Vmax	24	25															Compresión Inconfinada (IGM)	
				Vmin	12	16																
				σ	2	1																
				Vest	17	20																
				COV	0.10	0.07																

USCS	División Principal	PARÁMETRO GEOTÉCNICO (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)																Tipo de Ensayo			
		γ_{seco} kN/m ³	γ kN/m ³	N_{CAMPO}	N_{160}	G [N]	A [N]	F [N]	LL [N]	LP [N]	IP [N]	c' [kg/cm ²]	ϕ [°]	qu [kPa]	e0	Gs	Cc		Cr		
ARENA	SW			0.25	0.14	0.52	0.21	0.33													SPT
	SP			0.56	0.48	1.67	0.19	0.33													
	SW-SM			0.50	0.48	1.40	0.14	0.22													
	SM	0.10	0.08			1.74	0.17	0.38	0.30	0.19	0.70	0.68	0.15		0.38	0.24	0.12	0.16			
	SM	0.10	0.08	0.45	0.49	0.81	0.22	0.37	0.31	0.24	0.63	0.14									
	SM	0.10	0.08			1.33	0.18	0.35	1.50	1.45											

Id	TIPO	USCS	DESCRIPCIÓN	Variable Estadística	PARÁMETRO GEOTÉCNICO (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)														Tipo de Ensayo		
					γ_{seco} kN/m ³	γ kN/m ³	N_{CAMPO}	N_{160}	G [N]	A [N]	F [N]	LL [N]	LP [N]	IP [N]	c' [kg/cm ²]	ϕ [°]	qu [kPa]	e ₀		G _s	C _c
4	LIMO	ML	Limos inorgánicos, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	Vmax	24	28			5	37	94	49	30	21	0.50	38	1.07	2.83	0.39	0.03	Corte Directo
				Vmin	12	14			0	6	60	24	21	3	0.05	14	0.37	2.27	0.23	0.02	
				σ	3	3			2	10	11	8	3	6	0.12	8	0.25	0.14	0.03	0.00	
				Vest	15	19			1	22	77	37	26	11	0.21	29	0.80	2.60	0.29	0.03	
				COV	0.17	0.14			2.00	0.46	0.14	0.21	0.11	0.55	0.56	0.28	0.31	0.05	0.09	0.08	
17	LIMO	ML	Limos inorgánicos, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	Vmax	24	28			13	50	97	56	44	27		460					Compresión Inconfinada
				Vmin	12	14			0	3	41	18	15	2		11					
				σ	3	3			3	14	15	8	6	5		101					
				Vest	15	19			5	25	73	41	29	12		124					
				COV	0.17	0.14			0.60	0.56	0.20	0.20	0.21	0.41	0.82						
3	LIMO	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos, limos elásticos	Vmax	20	23			3	31	100	146	56	90	0.80	39		2.96			Corte Directo
				Vmin	9	15			0	0	67	51	30	15	0.06	14		2.12			
				σ	2	1			1	9	10	20	7	15	0.18	6		0.24			
				Vest	13	18			1	11	88	71	38	32	0.30	27		2.57			
				COV	0.16	0.08			1.00	0.80	0.11	0.28	0.18	0.46	0.61	0.22	0.31	0.05	0.09	0.08	
16	LIMO	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos, limos elásticos	Vmax	20	23			13	43	100	146	64	90		393					Compresión Inconfinada
				Vmin	9	15			0	0	55	46	7	8		3					
				σ	2	1			3	12	12	15	7	12		78					
				Vest	13	18			5	14	85	70	39	31		102					
				COV	0.16	0.08			0.60	0.86	0.14	0.21	0.18	0.39	0.76						



Id	TIPO	USCS	DESCRIPCIÓN	Variable Estadística	PARÁMETRO GEOTÉCNICO (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)														Tipo de Ensayo		
					γ_{seco} kN/m ³	γ kN/m ³	N_{CAMPO}	N_{160}	G [N]	A [N]	F [N]	LL [N]	LP [N]	IP [N]	c' [kg/cm ²]	ϕ [°]	qu [kPa]	e ₀		G _s	C _c
2	ARCILLA	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.	Vmax	24	28			16	70	99	50	27	37	1.04	54	1.48	2.92	0.55	0.13	Corte Directo
				Vmin	11	13			0	1	30	24	10	9	0.07	11	0.33	2.13	0.02	0.01	
				σ	2	2			2	14	15	7	4	6	0.17	8	0.22	0.13	0.09	0.02	
				Vest	16	20			3	24	75	38	17	21	0.27	28	0.60	2.55	0.16	0.03	
				COV	0.10	0.08			0.67	0.58	0.20	0.18	0.23	0.29	0.64	0.29	0.37	0.05	0.56	0.69	
13	ARCILLA	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.	Vmax	24	28			17	68	100	56	30	37		495					Compresión Inconfinada
				Vmin	11	13			0	0	30	19	10	3		2					
				σ	2	2			3	14	15	7	4	6		117					
				Vest	16	20			5	26	73	38	18	20		239					
				COV	0.10	0.08			0.60	0.54	0.21	0.19	0.23	0.30	0.49						
27	ARCILLA	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas.	Vmax	24	28			14	47	96	48	22	31		2515					Compresión Inconfinada (IGM)
				Vmin	11	13			0	4	53	22	8	10		514					
				σ	2	2			3	12	12	7	3	6		375					
				Vest	16	20			7	26	75	35	15	21		700					
				COV	0.10	0.08			0.36	0.47	0.16	0.21	0.20	0.30	0.54						
1	ARCILLA	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	Vmax	19	23			19	47	100	108	36	83	0.65	40	1.74	2.88	1.09	0.14	Corte Directo
				Vmin	10	15			0	0	50	29	6	20	0.09	3	0.38	2.20	0.03	0.01	
				σ	2	1			4	11	13	16	7	14	0.13	7	0.33	0.14	0.18	0.02	
				Vest	15	19			4	12	87	71	24	46	0.30	22	0.77	2.53	0.26	0.04	
				COV	0.14	0.07			1.00	0.89	0.15	0.23	0.29	0.31	0.44	0.32	0.43	0.06	0.68	0.58	
12	ARCILLA	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	Vmax	19	23			21	49	100	157	44	120		499					Compresión Inconfinada
				Vmin	10	15			0	0	42	45	11	23		13					
				σ	2	1			1	11	12	15	6	12		120					
				Vest	15	19			1	25	71	101	28	72		207					
				COV	0.14	0.07			0.77	0.45	0.17	0.15	0.22	0.17	0.58						
26	ARCILLA	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas. (IGM)	Vmax	19	23			12	30	100	90	33	67		1114					Compresión Inconfinada (IGM)
				Vmin	10	15			0	0	60	30	13	7		525					
				σ	2	1			3	10	11	14	4	13		185					
				Vest	15	19			6	15	80	60	23	37		600					
				COV	0.14	0.07			0.45	0.63	0.14	0.23	0.19	0.35	0.31						
14	ARCILLA	CL-ML	Arcillas y limos inorgánicos	Vmax	20	23			9	47	73	34	27	7		600					Compresión Inconfinada
				Vmin	14	16			0	25	53	16	11	4		21					
				σ	3	2			2	8	7	5	4	1		169					
				Vest	17	20			2	36	62	22	16	6		203					
				COV	0.16	0.12			0.87	0.22	0.11	0.23	0.25	0.18	0.83						

Anexo 6 Calibración factores de resistencia

1. Valor medio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

x_i = Dato
 N = Número de datos

2. Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

\bar{x} = Valor medio
 x_i = Dato
 N = Número de datos

3. Coeficiente de variación

$$COV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

σ = Desviación Estándar
 \bar{x} = Valor medio

4. Valor medio para LogNormal

$$\xi = \ln \left[\frac{\bar{x}}{\sqrt{1 + COV^2}} \right]$$

\bar{x} = Valor medio
 COV = Coeficiente de variación

5. Desviación estándar LogNormal

$$\zeta = \sqrt{\ln(1 + COV^2)}$$

COV = Coeficiente de variación

6. Sesgo

$$\lambda = \frac{R_m}{R_n}$$

R_m = Valor Medido
 R_n = Valor Nominal

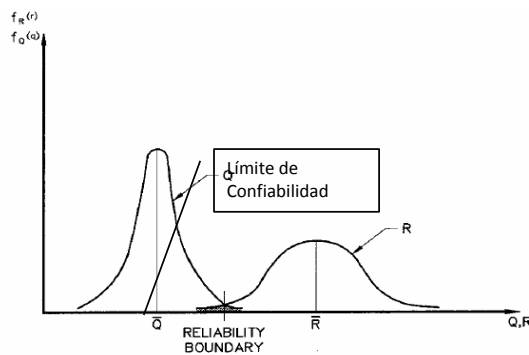


Figure 3-5

Probability Density Functions for Normally Distributed Load and Resistance

(Funciones de densidad de probabilidad para distribución normal en carga y resistencia).

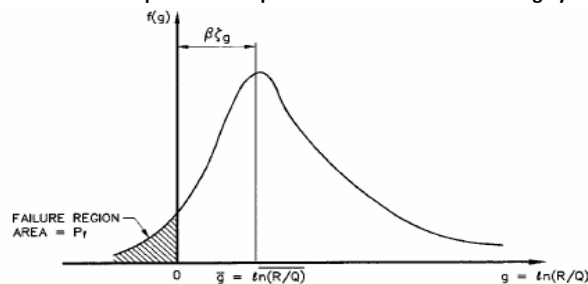


Figure 3-6

Definition of Reliability Index, β for Lognormal Distributions of R and Q

(Definición de índice de confiabilidad β , para distribuciones LogNormal de R y Q).

El índice de confiabilidad β , se define como el número de desviaciones estándar que el valor medio se separa de la region de falla.

Ejemplo No 1: Resistencia de Pilotes hincados

Resistencia Medida	Resistencia Estimada	λ
60	89	0.67
67	89	0.75
39	52	0.75
65	72	0.90
34	37	0.92
44	48	0.92
232	240	0.97
197	199	0.99
71	72	0.99
55	55	1.00
145	145	1.00
120	120	1.00
25	25	1.00
49	48	1.02
229	221	1.04
54	48	1.13
272	220	1.24
158	129	1.22
98	73	1.34
14	10	1.40
27	19	1.42
85	56	1.52
21	10	2.10
20	5	4.00

N	24	24
\bar{x}	90.88	86.75
σ	75.41	70.95
COV	0.830	0.818
ξ	4.248	4.207
ζ	0.724	0.716

CALIBRACIÓN DE LRFD A PARTIR DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL MÉTODO A.S.D

ESFUERZOS ADMISIBLES (A.S.D)

El Método A.S.D. considera que: $\frac{R_n}{FS} \geq \sum Q_i$

En donde:

- Rn : Resistencia Nominal
- FS : Factor de Seguridad
- Qi : Cargas impuestas en el sistema

FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (L.R.F.D.)

El Método L.R.F.D. considera que:

En donde: $\phi R_n \geq \sum \eta_i \gamma_i Q_i$

- ϕ : Factor de resistencia
- Rn : Resistencia nominal
- n : Modificadores de carga por efectos de ductilidad, redundancia e importancia operativa
- γ : Factor de carga
- Qi : Cargas impuestas en el sistema

Despejando: $R_n \geq FS \sum Q_i$

Despejando: $R_n \geq \frac{\sum \eta_i \gamma_i Q_i}{\phi}$

1. Igualando: $\frac{\sum \eta_i \gamma_i Q_i}{\phi} = FS \sum Q_i$

2. Despejando ϕ : $\phi = \frac{\sum \eta_i \gamma_i Q_i}{FS \sum Q_i}$

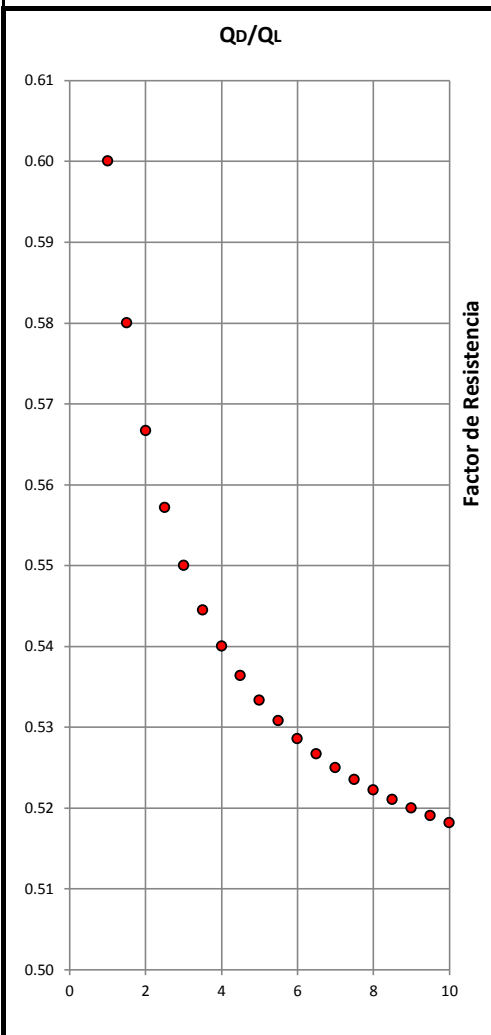
3. Asumiendo $\eta_i = 1.0$:

4. Las cargas aplicadas son Q_D y Q_L:

$$\phi = \frac{\gamma_D Q_D + \gamma_L Q_L}{FS(Q_D + Q_L)}$$

5. Simplificando por Q_L:

$$\phi = \frac{\gamma_D(Q_D/Q_L) + \gamma_L}{FS(Q_D/Q_L + 1)}$$



Q _D /Q _L	γ_D	γ_L	F.S.	ϕ
1.00	1.25	1.75	2.5	0.60
1.50	1.25	1.75	2.5	0.58
2.00	1.25	1.75	2.5	0.57
2.50	1.25	1.75	2.5	0.56
3.00	1.25	1.75	2.5	0.55
3.50	1.25	1.75	2.5	0.54
4.00	1.25	1.75	2.5	0.54
4.50	1.25	1.75	2.5	0.54
5.00	1.25	1.75	2.5	0.53
5.50	1.25	1.75	2.5	0.53
6.00	1.25	1.75	2.5	0.53
6.50	1.25	1.75	2.5	0.53
7.00	1.25	1.75	2.5	0.53
7.50	1.25	1.75	2.5	0.52
8.00	1.25	1.75	2.5	0.52
8.50	1.25	1.75	2.5	0.52
9.00	1.25	1.75	2.5	0.52
9.50	1.25	1.75	2.5	0.52
10.00	1.25	1.75	2.5	0.52
10.50	1.25	1.75	2.5	0.52
11.00	1.25	1.75	2.5	0.52
11.50	1.25	1.75	2.5	0.52
12.00	1.25	1.75	2.5	0.52
12.50	1.25	1.75	2.5	0.51
13.00	1.25	1.75	2.5	0.51
13.50	1.25	1.75	2.5	0.51
14.00	1.25	1.75	2.5	0.51

Q_D : Carga muerta aproximada 1 t/m² por piso más 0.3 t/m² de la cubierta
 Q_L : Carga viva. Tomada como 0.2 t/m², sin aplicar reducción

CALIBRACIÓN DE LRFD A PARTIR DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA Q Y R

Por definición $COV = \sigma/\bar{x}$

Para la función f(g)

$$COV_g = \frac{\sigma_g}{\bar{g}}; \rightarrow \bar{g} = \frac{\sigma_g}{COV_g}$$

La desviación estandar de f(g) es:

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}$$

Entonces el COVg es:

$$COV_g = \frac{\sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}{\bar{R} - \bar{Q}}$$

A partir de la definición de confiabilidad se tiene:

$$\bar{g} = \beta \cdot \sigma_g$$

Entonces β :

$$\beta = \frac{\bar{g}}{\sigma_g}; \rightarrow \frac{\sigma_g}{\sigma_g}; \rightarrow \frac{1}{COV_g}$$

Sustituyendo se tiene:

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}; \rightarrow \bar{R} = \bar{Q} + \beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}$$

Ecuación ①

A partir de la ecuación básica de L.R.F.D.:

$$\phi R_n \geq \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad \phi \geq \lambda_R \frac{\sum \gamma_i Q_i}{R} \quad \text{Ecuación ②}$$

Asumiendo $\eta_i=1.0$ y teniendo en cuenta el sesgo en la resistencia nominal

Sustituyendo ① en ②

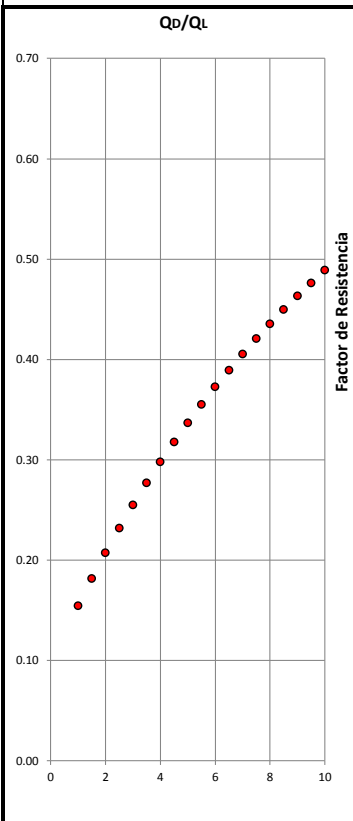
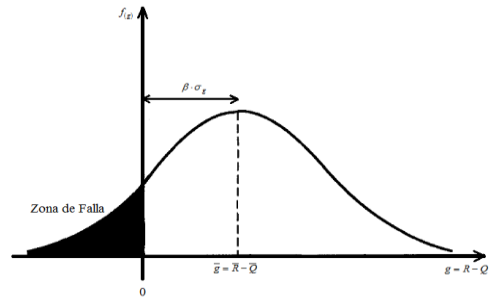
$$\phi = \frac{\lambda_R \sum \gamma_i Q_i}{\bar{Q} + \beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}$$

Aplicando factores de carga y sesgo se tiene:

$$\phi = \frac{\lambda_R (\gamma_D Q_D + \gamma_L Q_L)}{(\lambda_{QD} Q_D + \lambda_{QL} Q_L) + \beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2}}$$

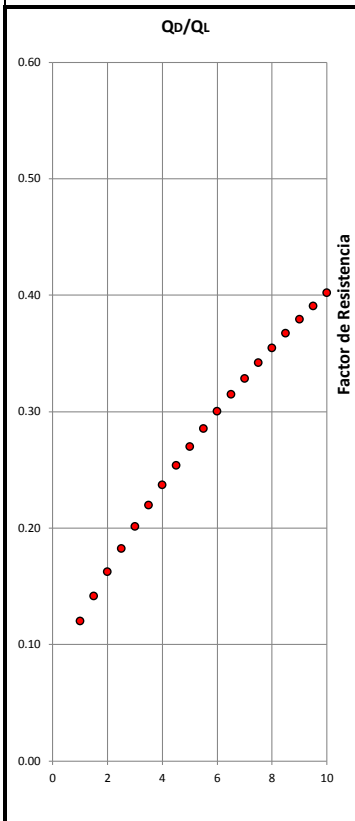
Simplificando para QL:

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right)}{\left(\lambda_{QD} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{QL} \right) + \left(\beta \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_R^2} / Q_L \right)}$$



Q _D /Q _L	γ_D	γ_L	λ_R	λ_{QD}	λ_{DL}	β	ϕ	
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.15	
1.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.18	
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.21	
2.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.23	
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.25	
3.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.28	
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.30	
4.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.32	
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.34	
5.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.36	
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.37	
6.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.39	
7.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.41	
7.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42	
8.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.44	
8.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.45	
9.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.46	
9.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.48	
10.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.49	
10.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.50	
11.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.51	
11.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.52	
12.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.53	
12.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.55	
13.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.56	
13.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.57	
14.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.58	
Q _D :	Carga muerta aproximada 1 t/m ² por piso más 0.3 t/m ² de la cubierta						σ_Q	4.00
Q _L :	Carga viva. Tomada como 0.2 t/m ² , sin aplicar reducción						σ_R	8.00

$$\phi \approx \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) [1 - k(COV_R)] \{1 - \ln[1 - k(COV_R)]\}}{\left(\lambda_{QD} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{QL} \right) + \beta_T \sqrt{\{\sigma_R [1 - k(COV_R)]\}^2 + \sigma_Q^2}}$$



Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	φ
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.12
1.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.14
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.16
2.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.18
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.20
3.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.22
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.24
4.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.25
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.27
5.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.29
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.30
6.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.31
7.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.33
7.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.34
8.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.35
8.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.37
9.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.38
9.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.39
10.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.40
10.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.41
11.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
11.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
12.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.44
12.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.45
13.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.46
13.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.47
14.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.48
Q _D :	Carga muerta.	σ _Q	4.00	COV _R	0.35	COV _{QD}	0.13
Q _L :	Carga viva.	σ _R	8.00	K	1.00	COV _{QL}	0.18

CALIBRACIÓN DE LRFD A PARTIR DE DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL PARA Q Y R

La desviación estandar para lognormal es: $\zeta = \sqrt{\ln(1 + COV^2)}$

Para f(g): $\zeta_g = \sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}\right]}$

El valor medio para lognormal es:

$$\bar{g} = \ln\left[\frac{\bar{R}}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}\right]$$

A partir de la definición de confiabilidad se tiene:

$$\bar{g} = \beta \cdot \sigma_g$$

Entonces β :

$$\beta = \frac{\bar{g}}{\sigma_g}; \rightarrow \frac{\bar{R}}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}; \rightarrow \frac{1}{COV_g}$$

Sustituyendo se tiene:

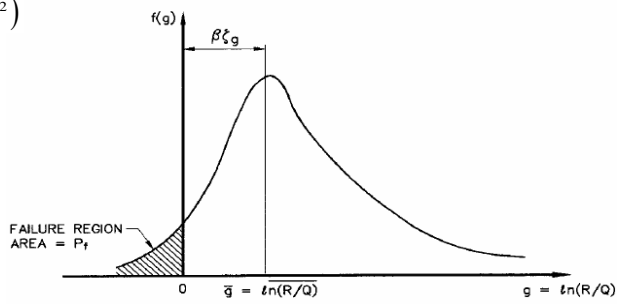
$$\beta = \frac{\ln\left[\frac{\bar{R}}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}\right]}{\sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}\right]}}; \text{Aplicando } e^{\ln(x)} = x$$

$$\exp\left[\beta \sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}\right]}\right] = \frac{\bar{R}}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}$$

Despejando R:

$$\bar{R} = \frac{\bar{Q} \cdot \exp\left\{\beta \cdot \sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}\right]}\right\}}{\sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}}$$

Ecuación ①



A partir de la ecuación básica de L.R.F.D.:

$$\phi R_n \geq \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad \phi \geq \lambda_R \frac{\sum \gamma_i Q_i}{R} \quad \text{Ecuación ②}$$

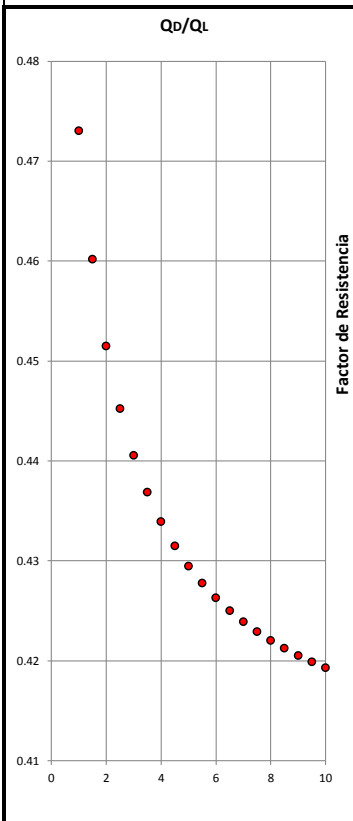
Asumiendo $\eta_i=1.0$ y teniendo en cuenta el sesgo en la resistencia nominal

Sustituyendo ① en ②

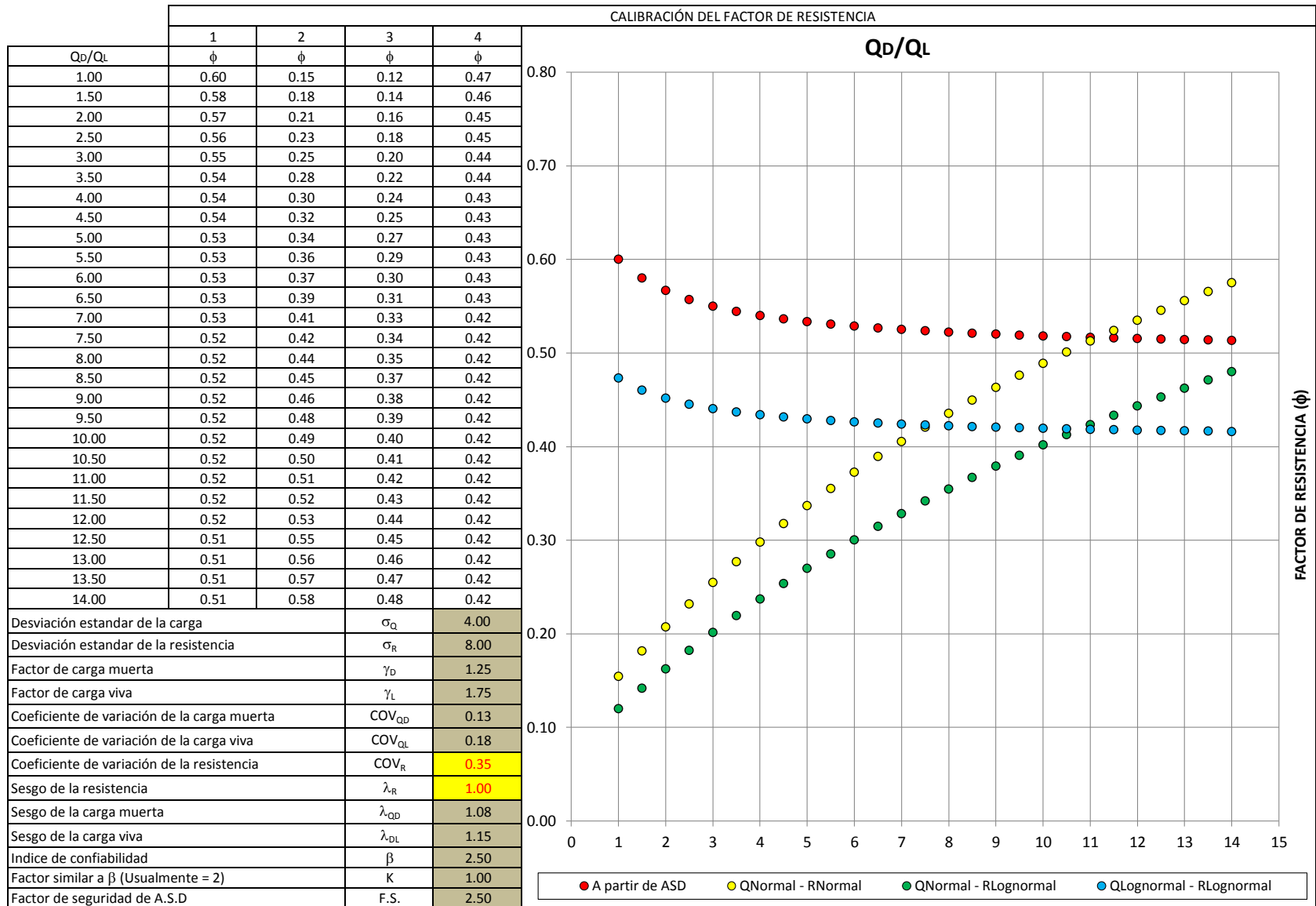
$$\phi = \frac{\lambda_R \sum \gamma_i Q_i \sqrt{\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}}}{\bar{Q} \cdot \exp\left\{\beta \cdot \sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_Q^2}{1 + COV_R^2}\right]}\right\}}$$

Aplicando factores de carga, sesgo y simplificando para QL se tiene:

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp\left\{\beta_T \sqrt{\ln\left[\frac{1 + COV_R^2}{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}\right]}\right\}}$$



Q _D /Q _L	γ_D	γ_L	λ_R	λ_{QD}	λ_{QL}	β	ϕ
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.47
1.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.46
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.45
2.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.45
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.44
3.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.44
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
4.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
5.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
6.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.43
7.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
7.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
8.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
8.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
9.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
9.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
10.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
10.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
11.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
11.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
12.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
12.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
13.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
13.50	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
14.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.5	0.42
Q _D :	Carga muerta.			COV _R	0.35	COV _{QD}	0.13
Q _L :	Carga viva.					COV _{QL}	0.18



	σ_Q	σ_R	γ_D	γ_L	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	λ_R	λ_{QD}	λ_{DL}	β	K	F.S.
A partir de ASD			1.25	1.75									2.5
Q _{Normal} - R _{Normal}	4.00	8.00	1.25	1.75				1.00	1.08	1.15	2.5		
Q _{Lognormal} - R _{Lognormal}			1.25	1.75	0.13	0.18	0.35	1.00	1.08	1.15	2.5		
Q _{Normal} - R _{Lognormal}	4.00	8.00	1.25	1.75	0.13	0.18	0.35	1.00	1.08	1.15	2.5	1.00	

PARÁMETRO ESTADÍSTICO		MÉTODO DE CALIBRACIÓN				VALORES TÍPICOS RECOMENDADOS		
		A.S.D.	$Q_N - R_N$	$Q_N - R_{LogN}$	$Q_{LogN} - R_{LogN}$			
Desviación estandar de la carga	σ_Q		X	X		Desviación estandar de la carga	σ_Q	4.00
Desviación estandar de la resistencia	σ_R		X	X		Desviación estandar de la resistencia	σ_R	8.00
Factor de carga muerta	γ_D	X	X	X	X	Factor de carga muerta	γ_D	1.25
factor de carga viva	γ_L	X	X	X	X	factor de carga viva	γ_L	1.75
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV_{QD}			X	X	Coefficiente de variación de la carga muerta	COV_{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV_{QL}			X	X	Coefficiente de variación de la carga viva	COV_{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV_R			X	X	Coefficiente de variación de la resistencia	COV_R	0.35
Sesgo de la resistencia	λ_R		X	X	X	Sesgo de la resistencia	λ_R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}		X	X	X	Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}		X	X	X	Sesgo de la carga viva	λ_{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β		X	X	X	Indice de confiabilidad	β	2.50
Factor similar a β (Usualmente = 2)	K			X		Factor similar a β (Usualmente = 2)	K	1.00
Factor de seguridad de A.S.D	F.S.	X				Factor de seguridad de A.S.D	F.S.	2.50

Anexo 7 Cálculo factores de resistencia – Presente Estudio

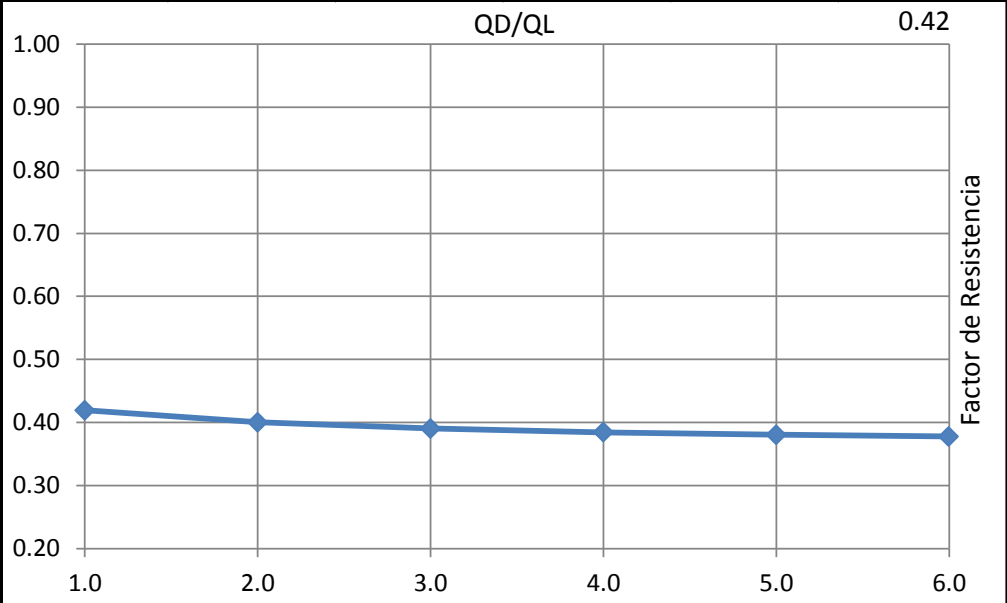
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA AASHTO

CIMENTOS SUPERFICIALES - ÁNGULO DE FRICCIÓN

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.42
2.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.40
3.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.39
4.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.38
5.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.38
6.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.38

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.25
Factor de carga viva	γ _L	1.75
Coficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.52
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



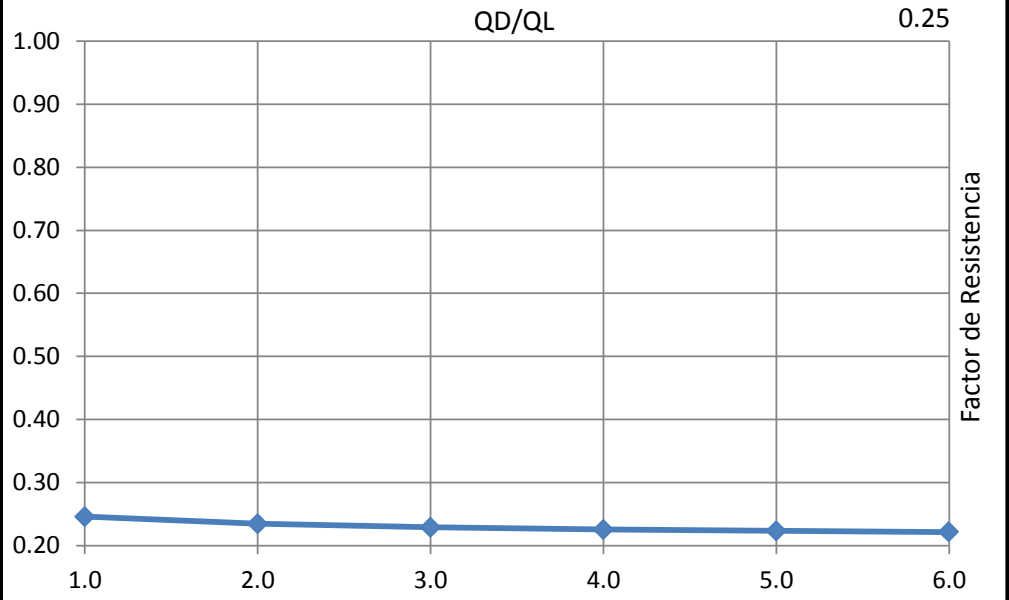
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA AASHTO

CIMENTOS SUPERFICIALES - RESISTENCIA NO DRENADA

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.25
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.23
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.23
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.23
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.22
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.22

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.25
Factor de carga viva	γ _L	1.75
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.63
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



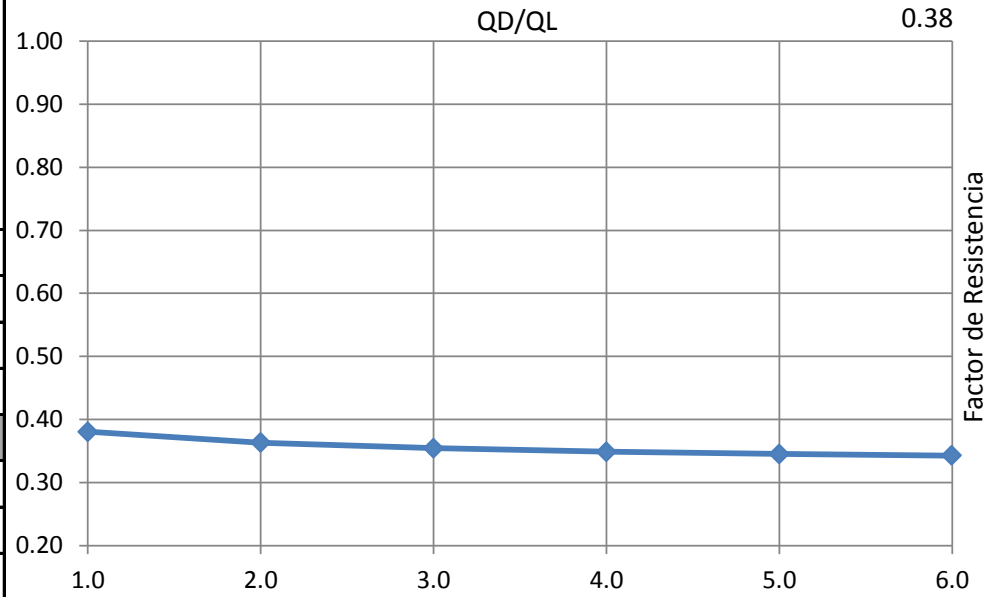
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA AASHTO

CIMENTOS SUPERFICIALES - c', f

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.38
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.36
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.35
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.35
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.35
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.34

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.25
Factor de carga viva	γ _L	1.75
Coficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.45
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



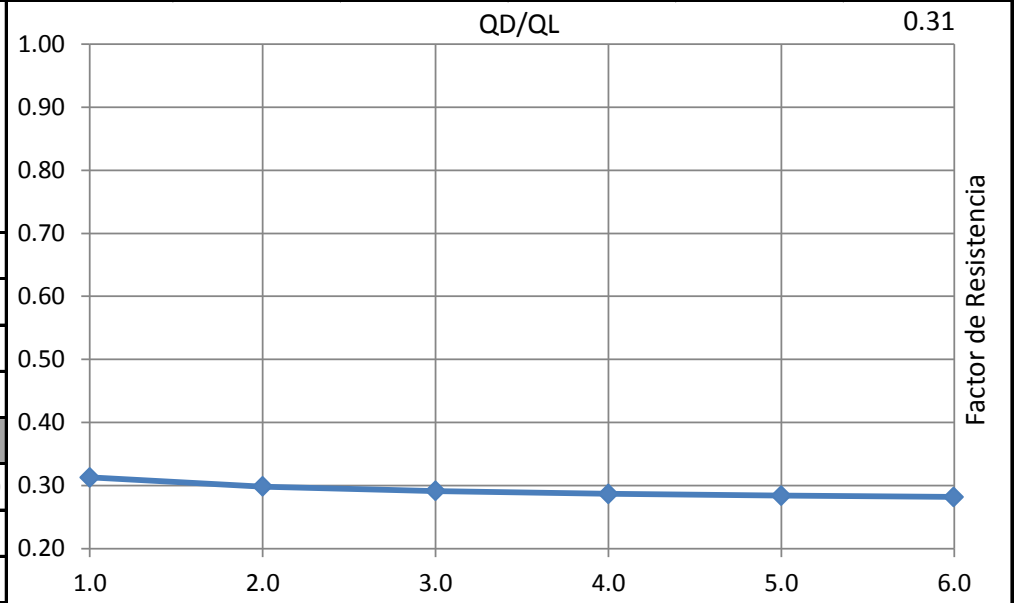
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA AASHTO

CIMENTOS PROFUNDOS - RESISTENCIA NO DRENADA

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.31
2.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.30
3.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.29
4.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.29
5.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.28
6.00	1.25	1.75	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.28

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.25
Factor de carga viva	γ _L	1.75
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.53
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



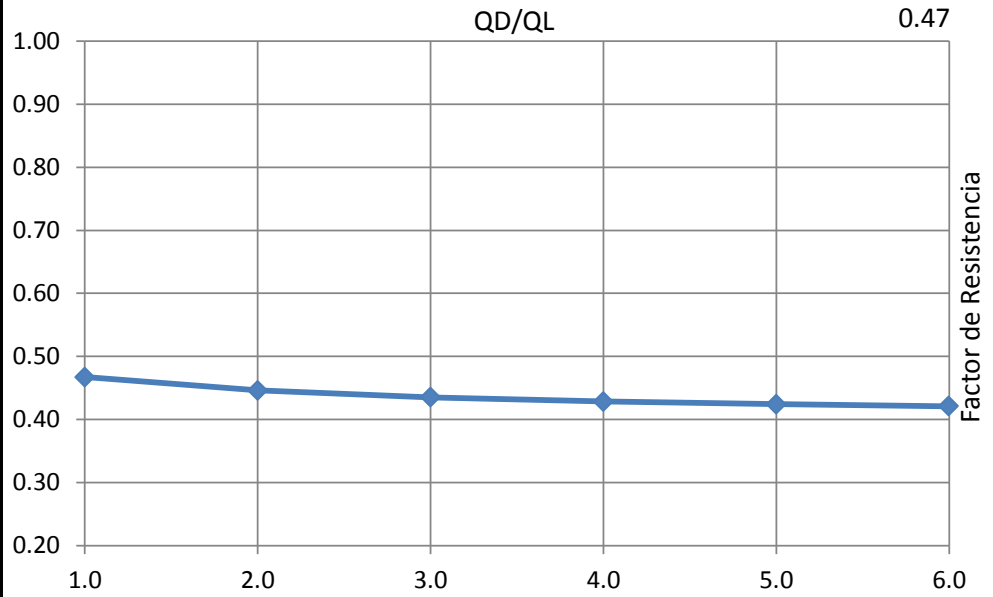
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA AASHTO

CIMENTOS PROFUNDOS - N160

QD/QL	γ_D	γ_L	λ_R	λ_{QD}	λ_{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	ϕ
1.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.47
2.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.45
3.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.44
4.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.43
5.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.42
6.00	1.25	1.75	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.42

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ_D	1.25
Factor de carga viva	γ_L	1.75
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.47
Sesgo de la resistencia	λ_R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



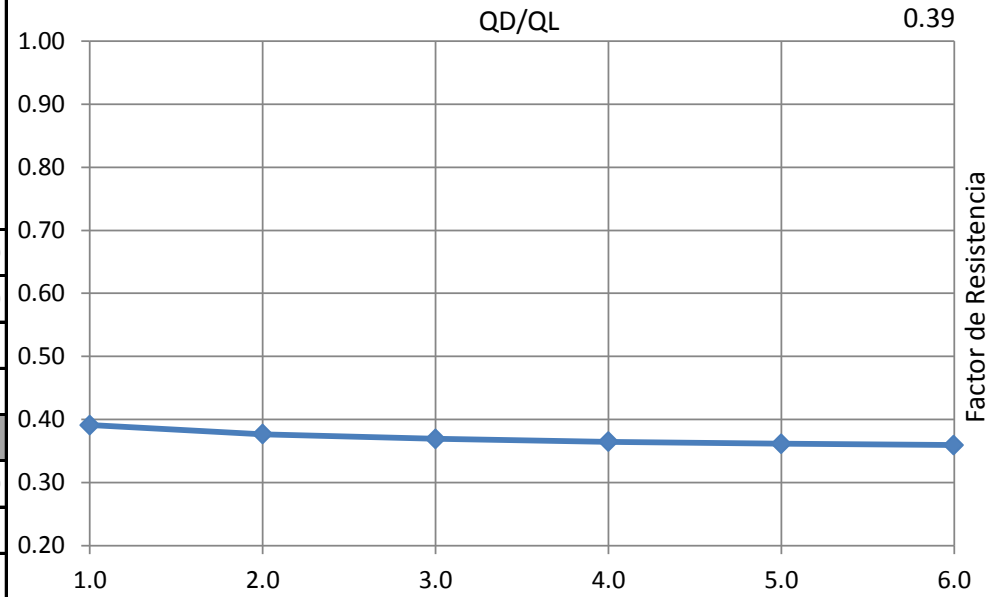
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA NSR-10

CIMENTOS SUPERFICIALES - ÁNGULO DE FRICCIÓN

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.39
2.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.38
3.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.37
4.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.36
5.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.36
6.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.36

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.20
Factor de carga viva	γ _L	1.60
Coficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.52
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



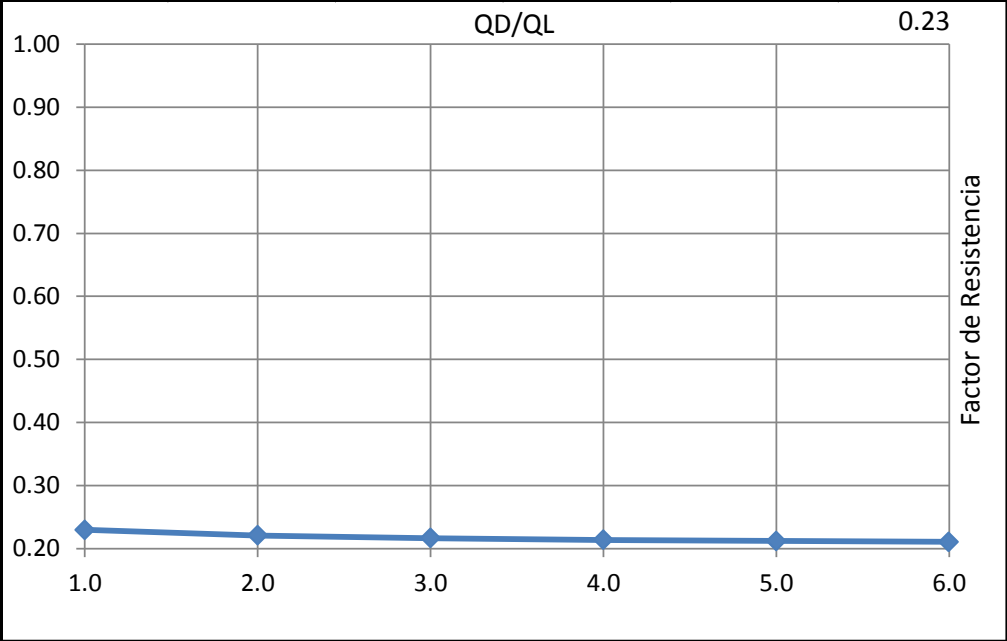
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA NSR-10

CIMENTOS SUPERFICIALES - RESISTENCIA NO DRENADA

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.23
2.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.22
3.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.22
4.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.21
5.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.21
6.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.21

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.20
Factor de carga viva	γ _L	1.60
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.63
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



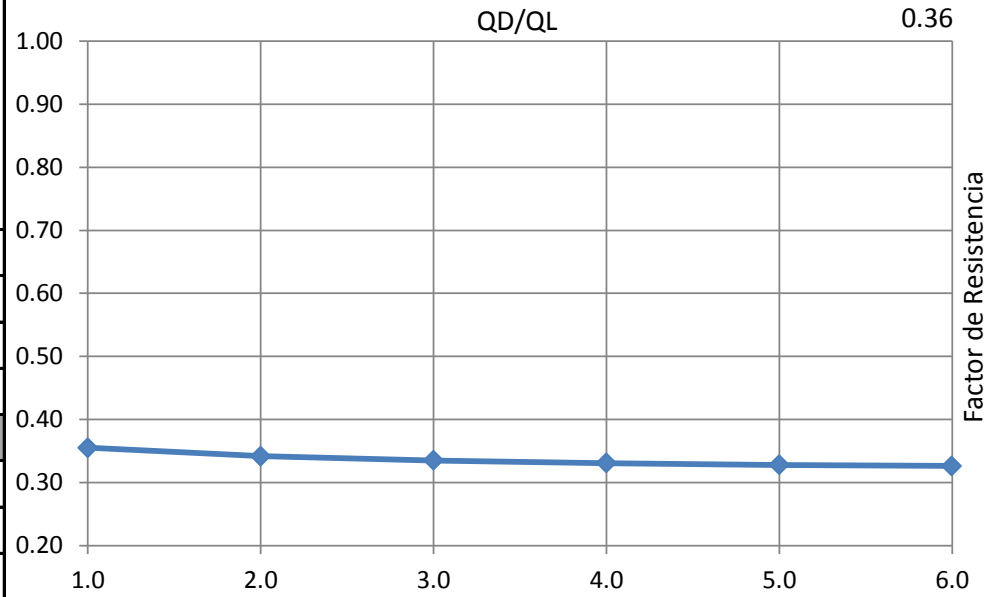
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA NSR-10

CIMENTOS SUPERFICIALES - c', f

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.36
2.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.34
3.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.33
4.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.33
5.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.33
6.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.33

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.20
Factor de carga viva	γ _L	1.60
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.45
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



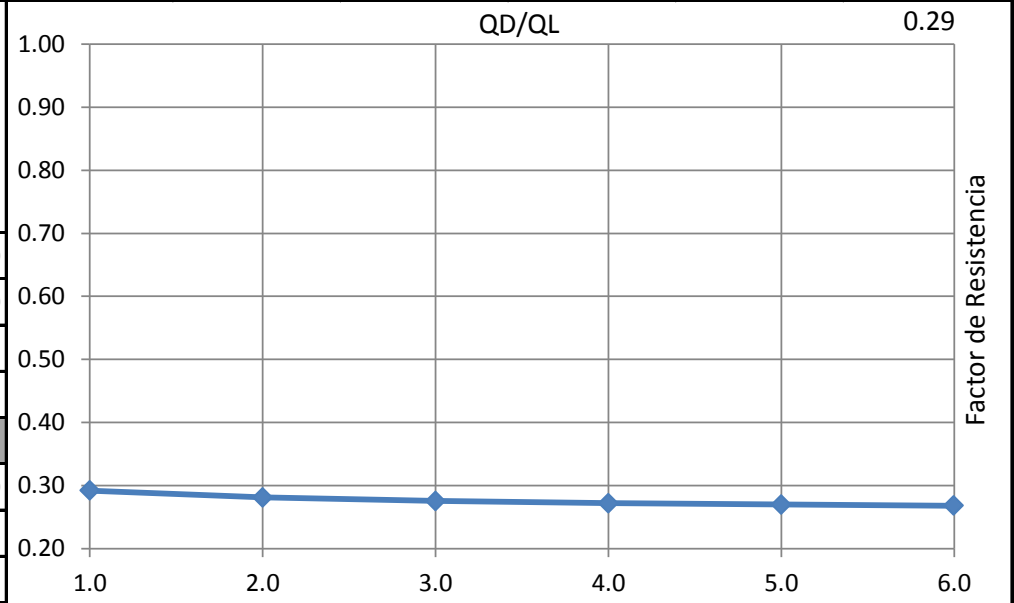
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA NSR-10

CIMENTOS PROFUNDOS - RESISTENCIA NO DRENADA

QD/QL	γ_D	γ_L	λ_R	λ_{QD}	λ_{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	ϕ
1.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.29
2.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.28
3.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.28
4.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.27
5.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.27
6.00	1.20	1.60	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.27

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ_D	1.20
Factor de carga viva	γ_L	1.60
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.53
Sesgo de la resistencia	λ_R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



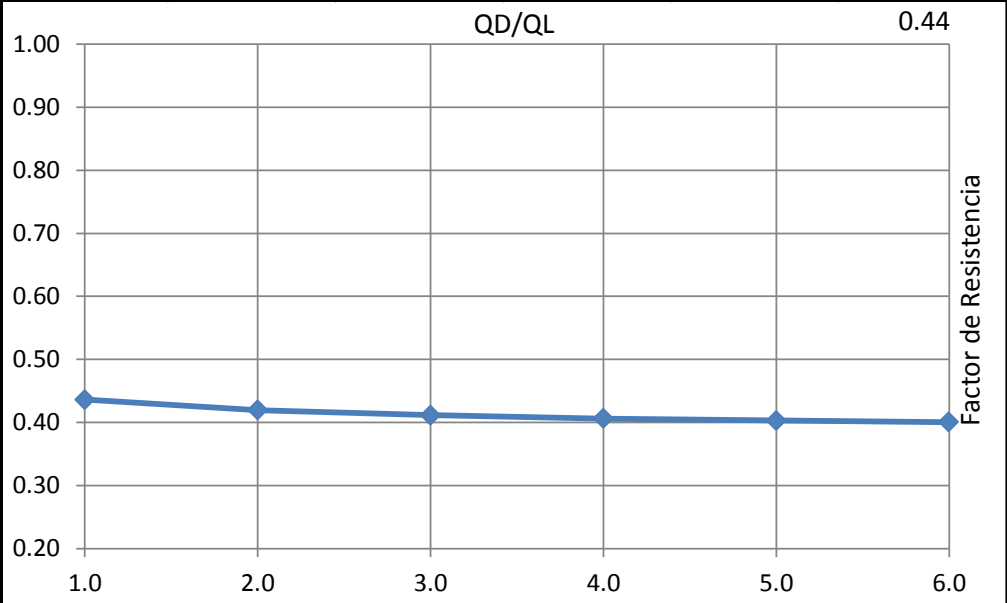
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DE LA NSR-10

CIMENTOS PROFUNDOS - N160

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.44
2.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.42
3.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.41
4.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.41
5.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.40
6.00	1.20	1.60	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.40

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.20
Factor de carga viva	γ _L	1.60
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.47
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



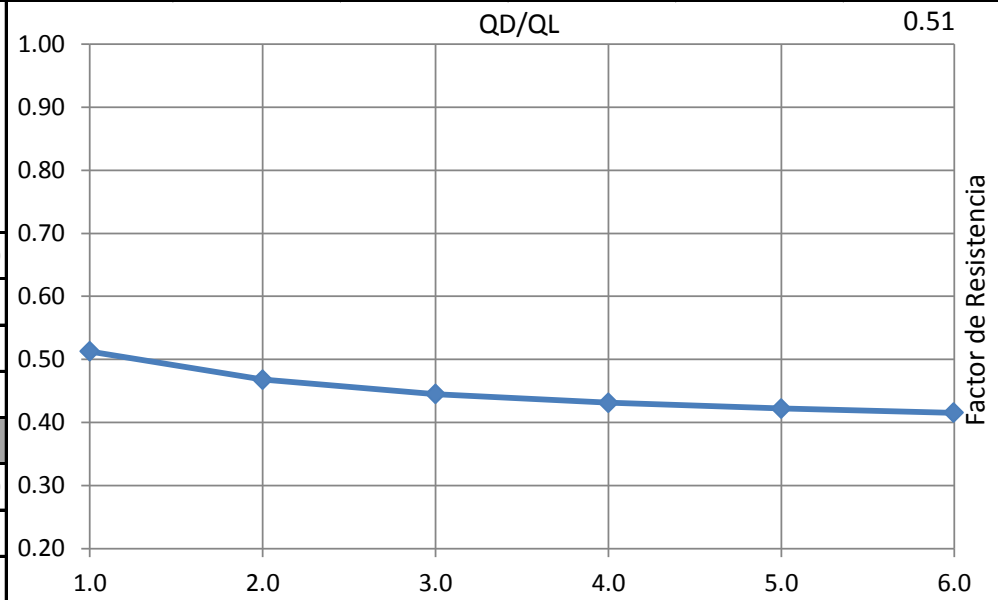
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DEL CCDSP-95

CIMENTOS SUPERFICIALES - ÁNGULO DE FRICCIÓN

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.51
2.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.47
3.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.45
4.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.43
5.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.42
6.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.52	0.42

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.30
Factor de carga viva	γ _L	2.37
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.52
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



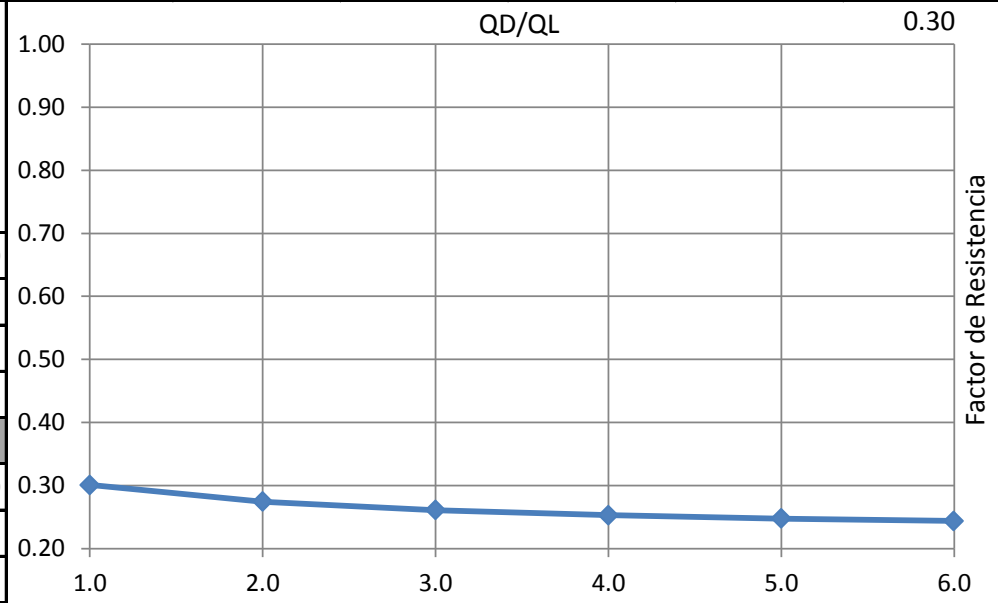
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DEL CCDSP-95

CIMENTOS SUPERFICIALES - RESISTENCIA NO DRENADA

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.30
2.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.27
3.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.26
4.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.25
5.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.25
6.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.63	0.24

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.30
Factor de carga viva	γ _L	2.37
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.63
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



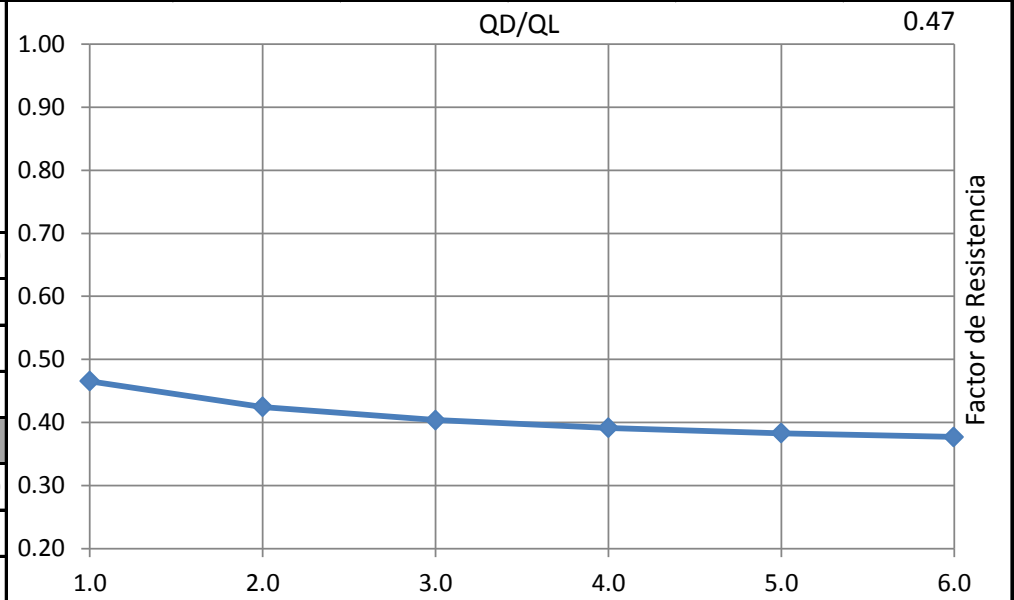
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DEL CCDSP-95

CIMENTOS SUPERFICIALES - c', f

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.47
2.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.42
3.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.40
4.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.39
5.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.38
6.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.45	0.38

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.30
Factor de carga viva	γ _L	2.37
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.45
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



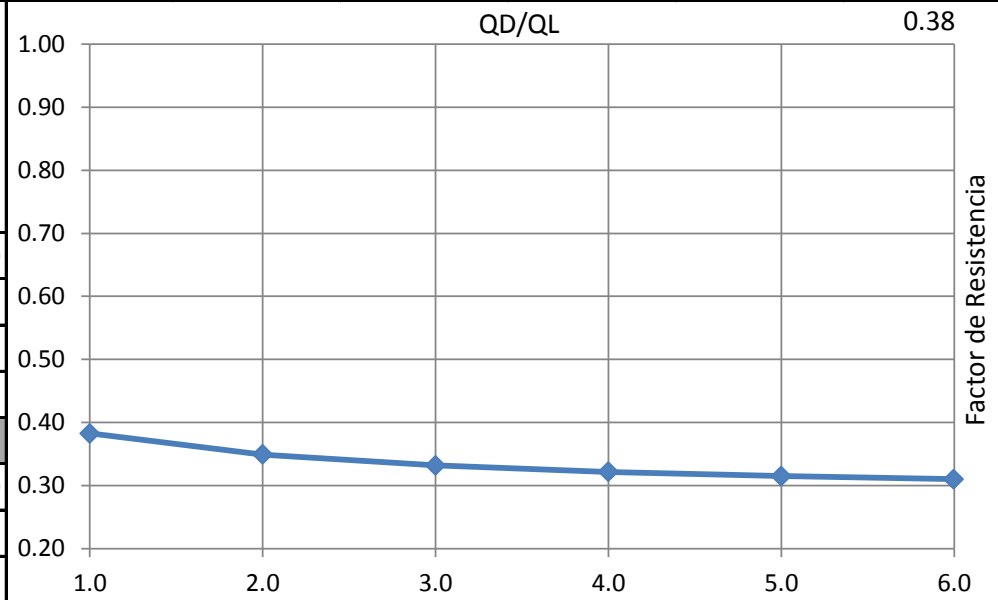
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DEL CCDSP-95

CIMENTOS PROFUNDOS - RESISTENCIA NO DRENADA

Q _D /Q _L	γ _D	γ _L	λ _R	λ _{QD}	λ _{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	φ
1.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.38
2.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.35
3.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.33
4.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.32
5.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.31
6.00	1.30	2.37	1.00	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.53	0.31

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ _D	1.30
Factor de carga viva	γ _L	2.37
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.53
Sesgo de la resistencia	λ _R	1.00
Sesgo de la carga muerta	λ _{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ _{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



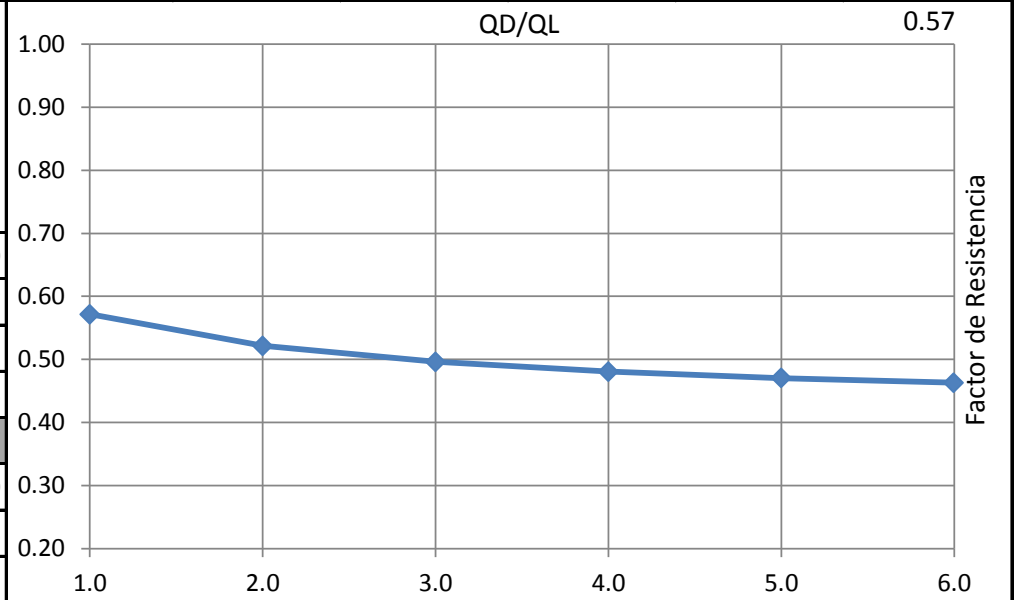
CALIBRACIÓN FACTORES DE RESISTENCIA A PARTIR DE FACTORES DE CARGA DEL CCDSP-95

CIMENTOS PROFUNDOS - N160

QD/QL	γ_D	γ_L	λ_R	λ_{QD}	λ_{DL}	β	COV _{QD}	COV _{QL}	COV _R	ϕ
1.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.57
2.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.52
3.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.50
4.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.48
5.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.47
6.00	1.30	2.37	1.30	1.08	1.15	2.50	0.13	0.18	0.47	0.46

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\gamma_D \frac{Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\frac{1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2}{1 + COV_R^2}}}{\left(\lambda_{Q_D} \frac{Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \cdot \exp \cdot \beta_T \cdot \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]}}$$

Factor de carga muerta	γ_D	1.30
Factor de carga viva	γ_L	2.37
Coefficiente de variación de la carga muerta	COV _{QD}	0.13
Coefficiente de variación de la carga viva	COV _{QL}	0.18
Coefficiente de variación de la resistencia	COV _R	0.47
Sesgo de la resistencia	λ_R	1.30
Sesgo de la carga muerta	λ_{QD}	1.08
Sesgo de la carga viva	λ_{DL}	1.15
Indice de confiabilidad	β	2.50



			CON FACTORES DE CARGA DE			AASHTO
			AASHTO	NSR-10	CCDSP-95	
TIPO DE CIMIENTO	Parámetro	COV	ϕ			ϕ
SUPERFICIAL	ϕ	0.52	0.42	0.39	0.51	0.45
	Su	0.63	0.25	0.23	0.30	0.45
	c', ϕ	0.45	0.38	0.36	0.47	0.45
PROFUNDO	Su	0.53	0.31	0.29	0.38	0.45
	N160	0.47	0.47	0.44	0.57	0.55
			0.37	0.34	0.45	0.47

CASO DE ANÁLISIS

Cimiento Superficial. Análisis NO Drenado, $S_u < 250$ kPa
 Análisis NO Drenado, $S_u > 250$ kPa
 Análisis Drenado, $\phi_{SPT} < 50$ g/pie
 Análisis Drenado, $\phi_{SPT} > 50$ g/pie
 Comportamiento Mixto (c' , ϕ)

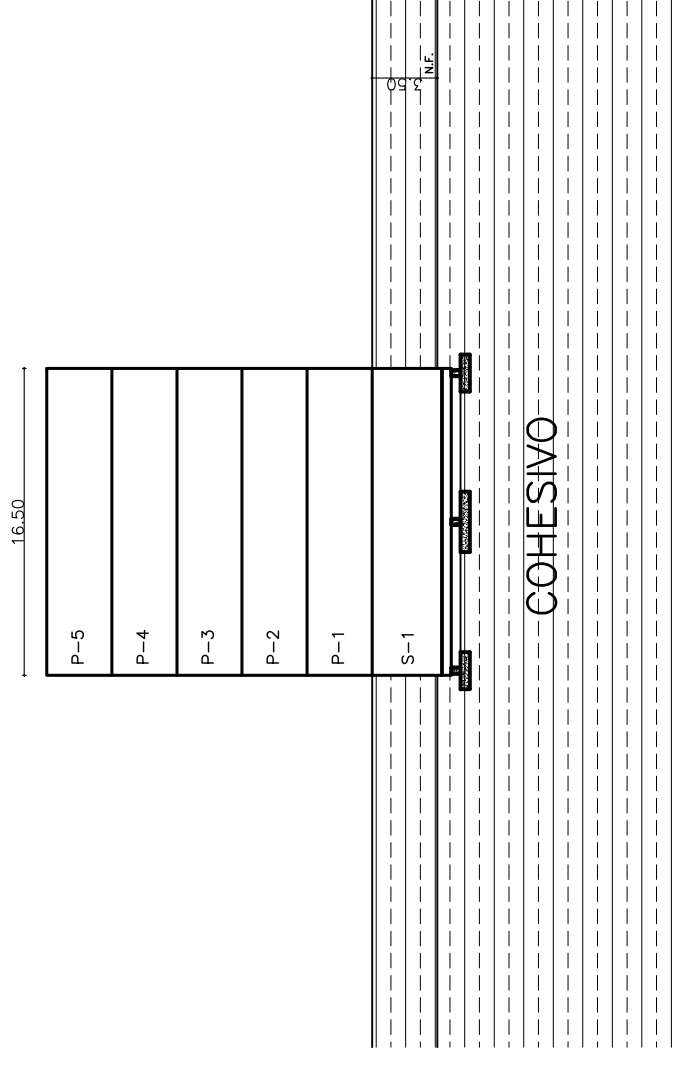
Cimiento Profundo
 Método α , $S_u < 250$ kPa
 Método α , $S_u > 250$ kPa
 Método β , $N_{160} < 50$ g/pie
 Método β , $N_{160} > 50$ g/pie

λ	COV _R		ϕ	
	A. Simple	S.M.	A. Simple	S.M.
1.0	0.63	0.64	0.25	0.25
1.0	0.42	0.64	0.40	0.25
1.3	0.13	0.52	0.72	0.42
1.3	0.05	0.52	0.78	0.42
1.0	0.42	0.45	0.40	0.38
1.0	0.63		0.25	
1.0	0.42		0.40	
1.3	0.47		0.36	
1.3	0.13		0.72	

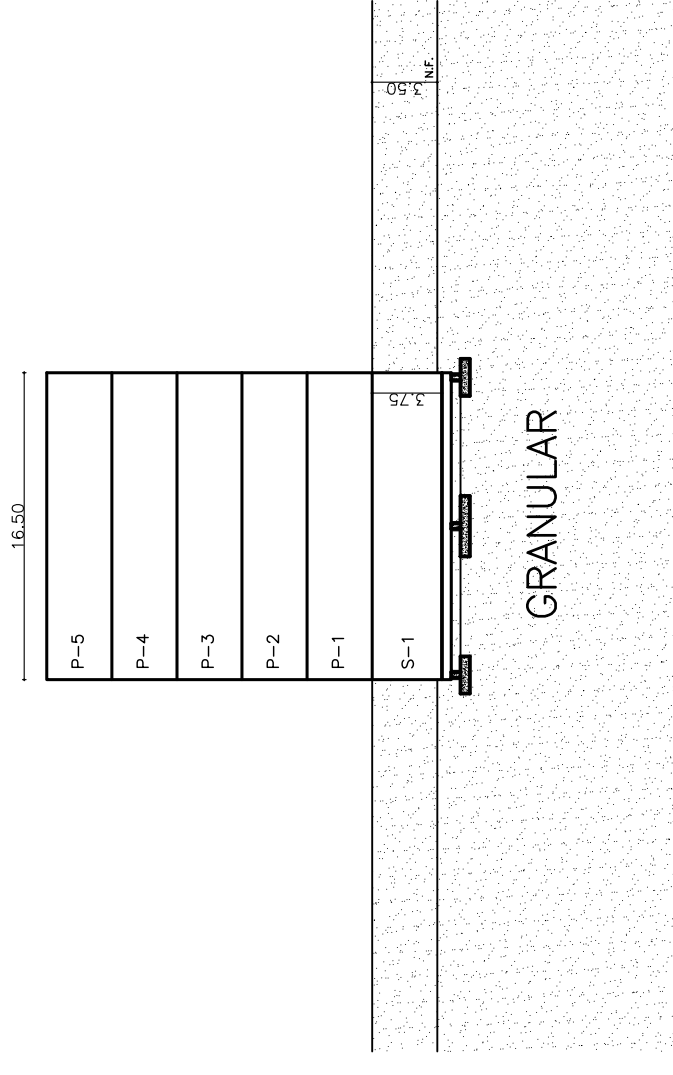
No	USCS	Ensayo	COV	Método	Parámetro
1	GW	SPT	0.321	Teórico	ϕ
2	GP	SPT	0.334	Teórico	ϕ
3	GM-GP	SPT	0.767	Teórico	ϕ
4	GM	SPT	0.605	Teórico	ϕ
5	GP-GC	SPT	0.766	Teórico	ϕ
6	GC-GM				
7	GC	SPT	0.769	Teórico	ϕ
8	GC	CI	0.579	Teórico	S_u
9	SW	SPT	0.128	Teórico	ϕ
10	SP	SPT	0.385	Teórico	ϕ
11	SM-SP	SPT	0.393	Teórico	ϕ
12	SW-SM	SPT	0.319	Teórico	ϕ
13	SM	CD	0.376	Teórico	c' , ϕ
14	SM	SPT	0.514	Teórico	ϕ
15	SM	CI	0.605	Teórico	S_u
16	SC-SM	SPT	0.780	Teórico	ϕ
17	SC-SM	CI	0.571	Teórico	S_u
18	SC	CD	0.381	Teórico	c' , ϕ
19	SC	SPT	0.637	Teórico	ϕ
20	SC	CI	0.700	Teórico	S_u
21	ML	CD	0.521	Teórico	c' , ϕ
22	ML	CI	0.589	Teórico	S_u
23	CL-ML	SU	0.611	Teórico	S_u
24	CL	CD	0.545	Teórico	c' , ϕ
25	CL	CI	0.764	Teórico	S_u
26	MH	CD	0.456	Teórico	c' , ϕ
27	MH	CI	0.571	Teórico	S_u
28	CH	CD	0.394	Teórico	c' , ϕ
29	CH	SU	0.723	Teórico	S_u

Anexo 8 Ejemplos de aplicación

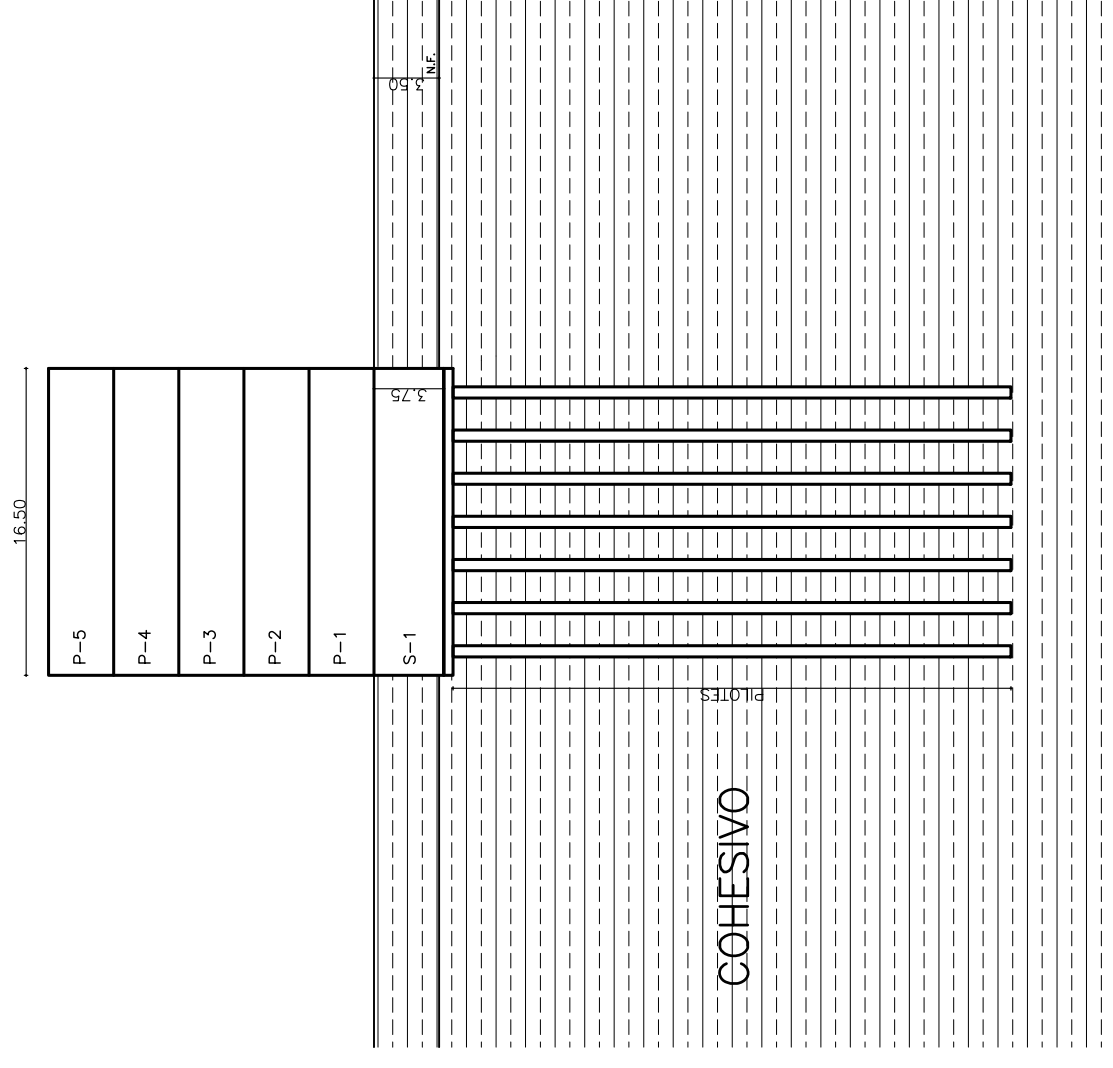
CASO I: Cimiento superficial en suelo cohesivo



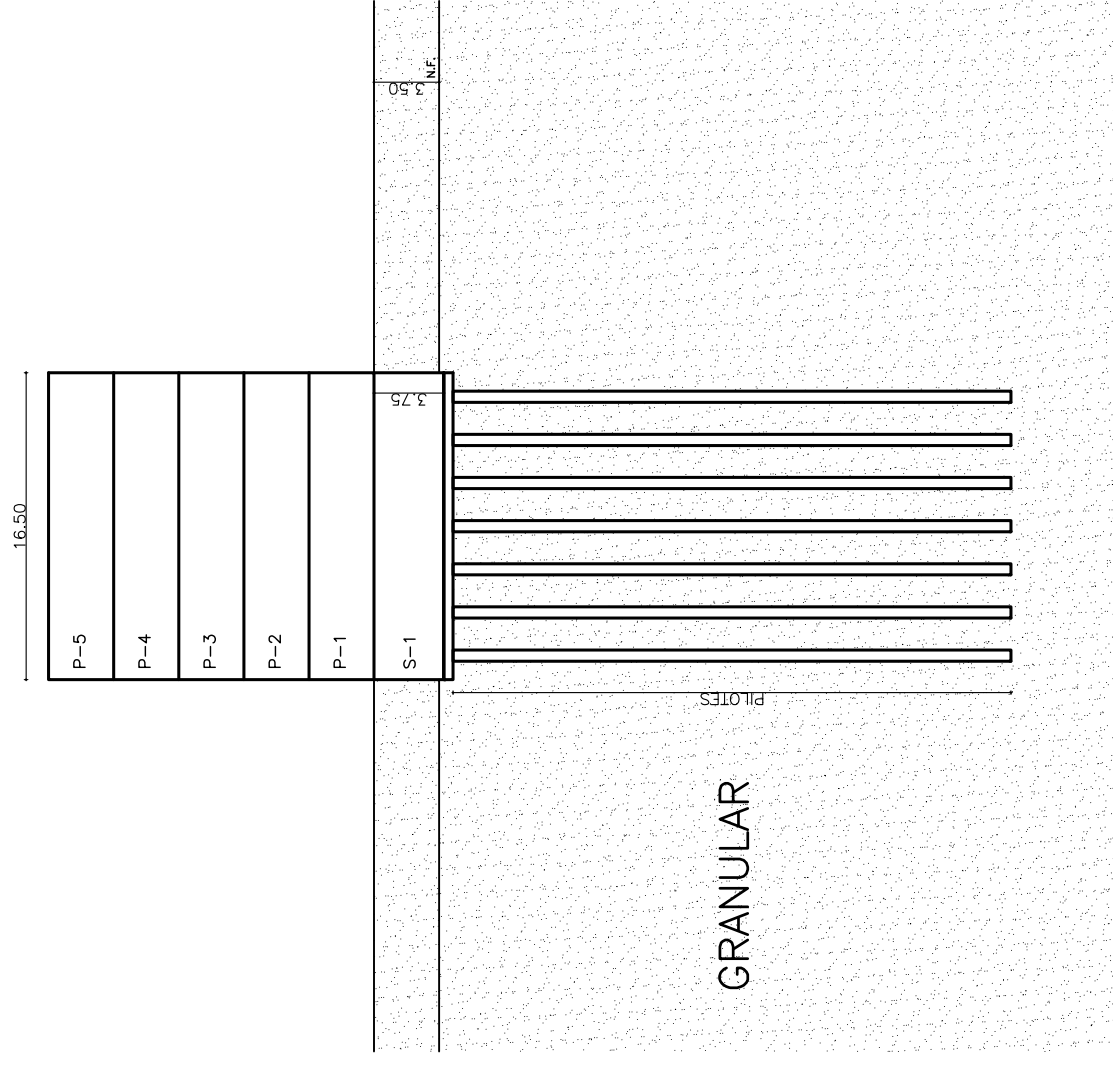
CASO II: Cimiento superficial en suelo granular

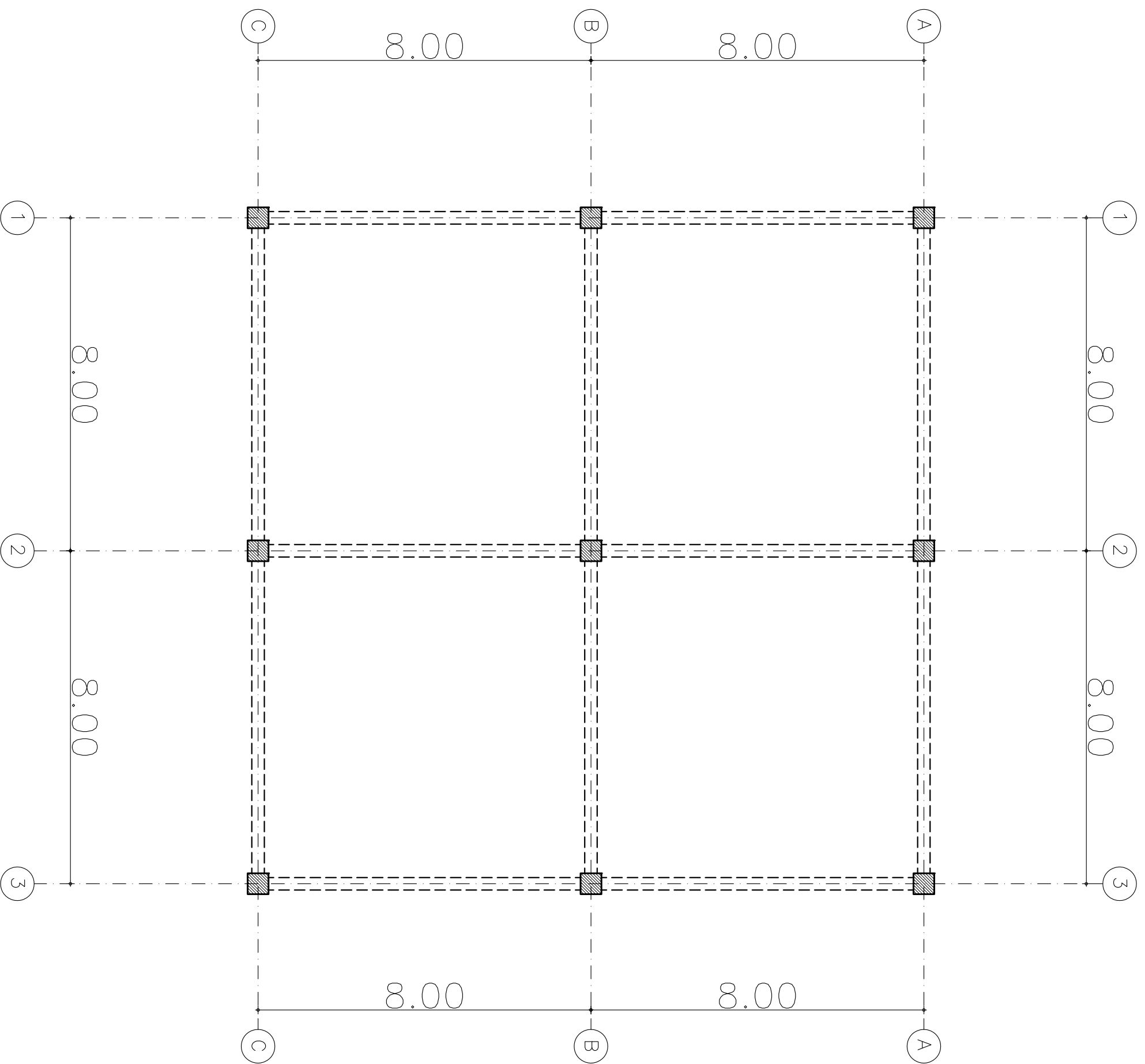


CASO III: Cimiento profundo en suelo cohesivo



CASO IV: Cimiento profundo en suelo granular





CAPACIDAD PORTANTE - EJE A1

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					2.15	B [m]					1.60
L [m]					2.15	L [m]					1.60
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.47	Df/B					0.63
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.44	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.56
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.19	1.00	546.3	5.14	1.19	1.25	1.00	319.9		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		

q _{ult} [kPa]	561.3	q _{ult} [kPa]	334.9
------------------------	-------	------------------------	-------

q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	3.00	q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO	1.80
--	------	--	------

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto 187.1 kPa DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo 334.9 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	2.20	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	2.20	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and $C_{w\gamma}$ for Various Groundwater Depths

D_w	C_{wq}	$C_{w\gamma}$
0.0	0.5	0.5
D_f	1.0	0.5
$> 1.5B + D_f$	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D_f/B	d_q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_γ, s_q

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s_c)	Unit Weight Term (s_γ)	Surcharge Term (s_q)
Shape Factors s_c, s_γ, s_q	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

Q _{ult} [kPa]	2302.0
q _{R Ult} [kPa]	= 475.6

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas 0.50
237.8 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B^\circ}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$
$F_{\gamma d} = 1$	$F_{\gamma d} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					3.10	B [m]					2.35
L [m]					3.10	L [m]					2.35
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.32	Df/B					0.43
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.31	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.40
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.13	1.00	520.1	5.14	1.19	1.17	1.00	299.5		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		

q _{ult} [kPa]	535.1	q _{ult} [kPa]	314.5
------------------------	-------	------------------------	-------

q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	q _{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO
DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto	DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo
3.00	1.80
178.4 kPa	314.5 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	3.10	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	3.10	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wγ}
460.6	15.0	0.0
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
6.14	1.00	0.00
N _c	N _q	N _{γ}
5.14	1.00	0.00
s _c	s _q	s _{γ}
1.19	1.00	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.00	
	C _{wq}	C _{wγ}
	1.00	0.77

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{w\gamma}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{w γ} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wγ}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

Q _{ult} [kPa]	4570.7
q _{R Ult} [kPa]	= 475.6

q_{adm} [kPa] AASHTO - 2012

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

237.8 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE B-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$	$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$
$F_{qs} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$F_{qs} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{\gamma s} = 1$	$F_{\gamma s} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					15.0	γ [kN/m ³]					15.0
B [m]					4.45	B [m]					3.40
L [m]					4.45	L [m]					3.40
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					75.0	c' [kPa]					41.7
ϕ [°]					0.0	ϕ [°]					0.0
Tan ϕ					0.000	Tan ϕ					0.000
Df/B					0.22	Df/B					0.29
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.22	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.29
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
5.14	1.19	1.09	1.00	502.0	5.14	1.19	1.12	1.00	286.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
1.00	1.00	1.00	1.00	15.0	1.00	1.00	1.00	1.00	15.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
0.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.00	0.60	1.00	1.00	0.0		
q_{ult} [kPa] 517.0					q_{ult} [kPa] 301.0						

q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO	q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO
DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto 3.00	DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - NO DRENADO - FS Directo 1.80
172.3 kPa	301.0 kPa

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
75.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
0.00	4.40	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
15.00	4.40	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wy}
460.6	15.0	0.0
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
6.14	1.00	0.00
N _c	N _q	N _{γ}
5.14	1.00	0.00
s _c	s _q	s _{γ}
1.19	1.00	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.00	
	C _{wq}	C _{wy}
	1.00	0.69

Q_{ult} [kPa] = 9208.0
 q_{R Ult} [kPa] = 475.6

q_{adm} [kPa] AASHTO - 2012

Métodos teóricos en Arcillas **0.50**
237.8 kPa

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{wy}$
(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

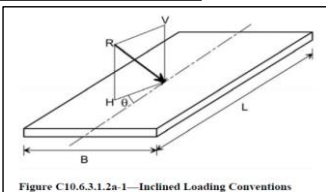


Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{wy} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wy}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO ELÁSTICOS Y POR CONSOLIDACIÓN

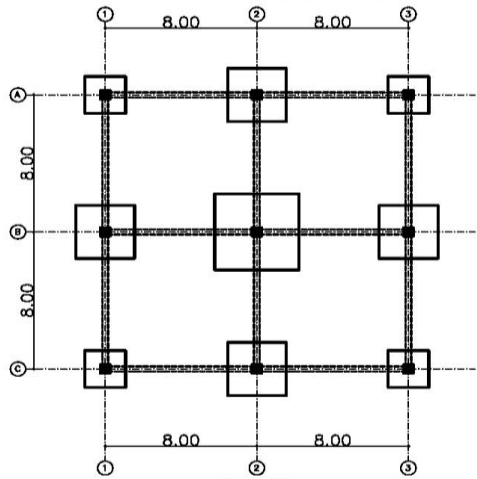
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS																NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO											CONSOLIDACION			ASENTAMIENTO NSR-10 FS Indirecto		
	q _o	α	B'	v	E _s	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _r	I _s	S _{ELAS}	q _o	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e _o	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m			
A1	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
A2	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
A3	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
B1	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
B2	171.29	4	2.23	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.225	0.83	0.54	0.019	171.29	4.45	4.45	17.80	19.03	6.85	42.38	0.22	2.42	17.80	3.88	106.50	148.88	184.00	0.12	0.11	0.019	0.109	0.128
B3	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
C1	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098
C2	176.48	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.014	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.014	0.099	0.113
C3	183.45	4	1.08	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.465	0.83	0.54	0.010	183.45	2.15	2.15	8.60	20.38	7.34	45.39	0.22	2.42	8.60	3.88	60.50	105.89	184.00	0.09	0.09	0.010	0.088	0.098

EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS																NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO											CONSOLIDACION			ASENTAMIENTO NSR-10 FS Directo		
	q _o	α	B'	v	E _s	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _r	I _s	S _{ELAS}	q _o	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e _o	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m			
A1	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
A2	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
A3	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
B1	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
B2	293.43	4	2.20	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.294	0.83	0.54	0.032	293.43	3.40	3.40	13.60	32.60	11.74	72.60	0.22	2.42	13.60	3.88	85.50	158.10	184.00	0.16	0.15	0.032	0.152	0.185
B3	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
C1	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132
C2	307.11	4	1.55	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.024	307.11	2.35	2.35	9.40	34.12	12.28	75.98	0.22	2.42	9.40	3.88	64.50	140.48	184.00	0.14	0.13	0.024	0.133	0.157
C3	331.25	4	1.10	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.625	0.83	0.54	0.018	331.25	1.60	1.60	6.40	36.81	13.25	81.95	0.22	2.42	6.40	3.88	49.50	131.45	184.00	0.12	0.11	0.018	0.114	0.132

EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS																AASHTO											CONSOLIDACION			ASENTAMIENTO AASHTO		
	q _o	α	B'	v	E _s	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _r	I _s	S _{ELAS}	q _o	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e _o	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m			
A1	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
A2	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
A3	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
B1	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
B2	175.21	4	1.70	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.227	0.83	0.54	0.015	175.21	4.40	4.40	17.60	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	17.60	3.88	105.50	148.85	184.00	0.12	0.11	0.015	0.110	0.125
B3	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
C1	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093
C2	176.48	4	1.18	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.323	0.83	0.54	0.010	176.48	3.10	3.10	12.40	19.61	7.06	43.66	0.22	2.42	12.40	3.88	79.50	123.16	184.00	0.11	0.10	0.010	0.099	0.109
C3	175.21	4	0.80	0.4	30000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.455	0.83	0.54	0.007	175.21	2.20	2.20	8.80	19.47	7.01	43.35	0.22	2.42	8.80	3.88	61.50	104.85	184.00	0.09	0.09	0.007	0.085	0.093

NSR-10 (FS Indirecto)

Área Zapata/Área Edificación = 30%

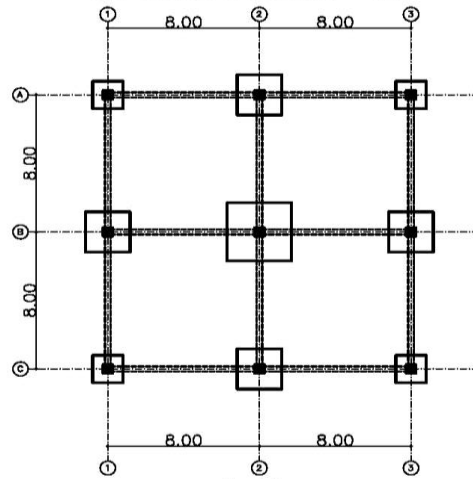


Esc 1:75

COHESIVO

NSR-10 (FS Directo)

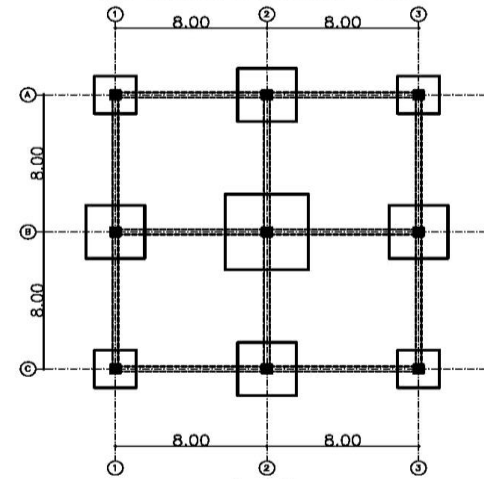
Área Zapata/Área Edificación = 17%



Esc 1:75

AASHTO 2012

Área Zapata/Área Edificación = 30%



Esc 1:75

CIMENTACIÓN EN ZAPATAS

SUELO DE FUNDACIÓN GRANULAR																												
NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)																												
EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES			CAPACIDAD PORTANTE				DIMENSIONES				CAPACIDAD PORTANTE				AASHTO - Factor de Resistencia								
		CM	CV	CT	B	L	A	FS _{Indirecto}	q _{ult}	q _{adm}	q _{act}	Verificación	B	L	A	FS _{Directo}	q _{ult}	q _{adm}	q _{act}	Verificación	B	L	A	φ	Q _R LIT	Q _R DIS	Q _R ACT	Verificación
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m ²]		[kPa]	[kPa]	[kPa]		[m]	[m]	[m ²]		[kPa]	[kPa]	[kPa]		[m]	[m]	[m ²]		[kN]	[kN]	[kN]	
A1	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00	1686.96	562.32	542.72	ok	1.40	1.40	1.96	1.50		465.67	432.65	ok	1.25	1.25	1.56	0.50	2693	1346	1131	ok
A2	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00	1775.40	591.80	586.85	ok	1.90	1.90	3.61	1.50		485.18	469.81	ok	1.70	1.70	2.89	0.50	5269	2634	2261	ok
A3	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
B1	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
B2	64.0	2827	565	3392	2.35	2.35	5.52	3.00	1925.41	641.80	614.21	ok	2.60	2.60	6.76	1.50		519.58	501.78	ok	2.35	2.35	5.52	0.50	10439	5220	4523	ok
B3	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
C1	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
C2	32.0	1413	283	1696	1.70	1.70	2.89	3.00					1.90	1.90	3.61	1.50					1.70	1.70	2.89	0.50				
C3	16.0	707	141	848	1.25	1.25	1.56	3.00					1.40	1.40	1.96	1.50					1.25	1.25	1.56	0.50				
Total		256.0	11307	2261	13568	23.3							29.0								23.3							
Relación Área Edificio vrs Área Zapatas																												
CARGAS APLICADAS [kN/m ²]					9% Indirecto							11% Directo								9% AASHTO [m]								
					EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}					EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}					EJE	S _{ELAS}		S _{TOTAL}				
Cubierta	1	3																										
Número de Pisos	5	10																										
Sotanos	1	0																										
Carga m ²		53																										
CM/CV		5																										
CV	17%	CM	83%																									
COMBINACIÓN PARA ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA																												
AASHTO																												
CM	1.25																											
CV	1.75																											
NSR-10 - F.S. Indirecto. (APLICABLE A CCDSP-95)																												
NSR-10 - F.S. Directo																												
AASHTO - Factor de Resistencia																												
δ/I PARA ASENTAMIENTOS TOTALES																												
EJE	EJE CERCANO	LUZ	EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN					EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN					EJE	EJE CERCANO	DIFERENCIAL	DEFLEXIÓN						
		[m]	[m]	[m]	[m]	[:]					[m]	[m]	[m]	[:]					[m]	[m]	[m]	[:]						
A1	A2	8.0	0.034	0.051	0.016	494					0.027	0.040	0.013	612					0.039	0.057	0.018	444						
A1	B1	8.0	0.034	0.051	0.016	494					0.027	0.040	0.013	612					0.039	0.057	0.018	444						
A2	A3	8.0	0.051	0.034	0.016	494					0.040	0.027	0.013	612					0.057	0.039	0.018	444						
A2	B2	8.0	0.051	0.073	0.023	354					0.040	0.060	0.019	415					0.057	0.081	0.024	327						
A3	B3	8.0	0.034	0.051	0.016	494					0.027	0.040	0.013	612					0.039	0.057	0.018	444						
B1	B2	8.0	0.051	0.073	0.023	354					0.040	0.060	0.019	415					0.057	0.081	0.024	327						
B1	C1	8.0	0.051	0.034	0.016	494					0.040	0.027	0.013	612					0.057	0.039	0.018	444						
B2	B3	8.0	0.073	0.051	0.023	354					0.060	0.040	0.019	415					0.081	0.057	0.024	327						
B2	C2	8.0	0.073	0.051	0.023	354					0.060	0.040	0.019	415					0.081	0.057	0.024	327						
B3	C3	8.0	0.051	0.034	0.016	494					0.040	0.027	0.013	612					0.057	0.039	0.018	444						
C1	C2	8.0	0.034	0.051	0.016	494					0.027	0.040	0.013	612					0.039	0.057	0.018	444						
C2	C3	8.0	0.051	0.034	0.016	494					0.040	0.027	0.013	612					0.057	0.039	0.018	444						
A1	B2	11.3	0.034	0.073	0.039	292					0.027	0.060	0.032	350					0.039	0.081	0.042	267						

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A1

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B \phi}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					20.0	γ [kN/m ³]					20.0
B [m]					1.25	B [m]					1.40
L [m]					1.25	L [m]					1.40
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					0.0	c' [kPa]					0.0
ϕ [°]					35.0	ϕ [°]					25.0
Tan ϕ					0.700	Tan ϕ					0.467
Df/B					0.80	Df/B					0.71
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.67	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.62
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
46.12	1.72	1.32	1.00	0.0	20.75	1.51	1.29	1.00	0.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
33.30	1.70	1.17	1.00	1326.7	10.69	1.47	1.19	1.00	374.0		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
48.03	0.60	1.00	1.00	360.2	10.91	0.60	1.00	1.00	91.7		

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1687.0 q_{ult} [kPa] 465.7

q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO** q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO**

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - DRENADO - FS Directo

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	1.25	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	1.25	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_f = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_f > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_f)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and $C_{w\gamma}$ for Various Groundwater Depths

D_w	C_{wq}	$C_{w\gamma}$
0.0	0.5	0.5
D_f	1.0	0.5
$> 1.5B + D_f$	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_f (degrees)	D_f/B	d_q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_γ, s_q

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s_c)	Unit Weight Term (s_γ)	Surcharge Term (s_q)
Shape Factors s_c, s_γ, s_q	$\phi_f = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_f > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_f$

Q_{ult} [kPa] 2692.6

$q_{R\ Ult}$ [kPa] = 1723.3

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

861.6 kPa

CAPACIDAD PORTANTE - EJE A-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{B'}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qs} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					20.0	γ [kN/m ³]					20.0
B [m]					1.70	B [m]					1.90
L [m]					1.70	L [m]					1.90
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					0.0	c' [kPa]					0.0
ϕ [°]					35.0	ϕ * [°]					25.0
Tan ϕ					0.700	Tan ϕ					0.467
Df/B					0.59	Df/B					0.53
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.53	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.48
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
46.12	1.72	1.24	1.00	0.0	20.75	1.51	1.21	1.00	0.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
33.30	1.70	1.14	1.00	1285.5	10.69	1.47	1.15	1.00	360.8		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
48.03	0.60	1.00	1.00	489.9	10.91	0.60	1.00	1.00	124.4		

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1775.4 q_{ult} [kPa] 485.2

q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO** q_{adm} [kPa] **NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO**

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - DRENADO - FS Directo

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	1.70	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	1.70	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wγ}
0.0	1338.0	485.1
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
79.42	66.90	28.82
N _c	N _q	N _{γ}
46.12	33.30	48.03
s _c	s _q	s _{γ}
1.72	1.70	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.18	
	C _{wq}	C _{wγ}
	1.00	0.99

Q_{ult} [kPa] 5268.7

$q_{R\ Ult}$ [kPa] = 1823.1

q_{adm} [kPa] **AASHTO - 2012**

Métodos teóricos en Arcillas 0.50

911.5 kPa

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{w\gamma}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

For $\phi_r = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_r > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{w γ} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wγ}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

CAPACIDAD PORTANTE - EJE B-2

FS INDIRECTO	FS DIRECTO
$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$	$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_c}{N_q} \right)$
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$F_{qs} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
$F_{\gamma s} = 1$	$F_{\gamma s} = 1$

Datos de Entrada					Datos de Entrada						
Df [m]					1.00	Df [m]					1.00
γ [kN/m ³]					20.0	γ [kN/m ³]					20.0
B [m]					2.35	B [m]					2.60
L [m]					2.35	L [m]					2.60
β [°] Inclinación Carga					0.0	β [°] Inclinación Carga					0.0
c' [kPa]					0.0	c' [kPa]					0.0
ϕ [°]					35.0	ϕ * [°]					25.0
Tan ϕ					0.700	Tan ϕ					0.467
Df/B					0.43	Df/B					0.38
Tan ⁻¹ (Df/B)					0.40	Tan ⁻¹ (Df/B)					0.37
Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)	Nc	Fcs	Fcd	Fci	(1)		
46.12	1.72	1.17	1.00	0.0	20.75	1.51	1.15	1.00	0.0		
Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)	Nq	Fqs	Fqd	Fqi	(2)		
33.30	1.70	1.10	1.00	1248.2	10.69	1.47	1.11	1.00	349.3		
N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)	N γ	F γ s	F γ d	F γ i	(3)		
48.03	0.60	1.00	1.00	677.2	10.91	0.60	1.00	1.00	170.2		

No se requieren ajustes por compresibilidad No se requieren ajustes por compresibilidad

q_{ult} [kPa] 1925.4	q_{ult} [kPa] 519.6
---	--

q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO 3.00 **641.8 kPa** **q_{adm} [kPa] NSR-10 - FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO** 1.50 **519.6 kPa**

DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - FS Indirecto DISEÑO - CARGAS (CM+CVN) - DRENADO - FS Directo

AASHTO, 2012. MUNFAKH y otros 2001
Ecuación 10.6.3.1.2a-1

c [kPa]	Df [m]	H [kN]
0.00	1.00	0.00
ϕ	B [m]	V [kN]
35.00	2.35	0.00
γ [kPa]	L [m]	Φ
20.00	2.35	0.0
	Dw [m]	
	3.50	

(1)	(2)	(3)
c N _{cm}	γ Df N _{qm} C _{wq}	0.5 γ B N _{ym} C _{wy}
0.0	1311.5	578.7
N _{cm}	N _{qm}	N _{ym}
79.42	65.58	28.82
N _c	N _q	N _{γ}
46.12	33.30	48.03
s _c	s _q	s _{γ}
1.72	1.70	0.60
i _c	i _q	i _{γ}
1.00	1.00	1.00
	d _q	
	1.16	
	C _{wq}	C _{wy}
	1.00	0.85

$q_n = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5 \gamma B N_{ym} C_{wy}$

(10.6.3.1.2a-1)

$N_{cm} = N_c s_c i_c$ (10.6.3.1.2a-2)

$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ (10.6.3.1.2a-3)

$N_{ym} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma$ (10.6.3.1.2a-4)

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$

Figure C10.6.3.1.2a-1—Inclined Loading Conventions

For $\phi_r = 0$:

$i_c = 1 - mH / (cBLN_c)$ (10.6.3.1.2a-5)

For $\phi_r > 0$:

$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (N_q - 1)]$ (10.6.3.1.2a-6)

in which:

$i_q = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^n$ (10.6.3.1.2a-7)

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + cBL \cot \phi_r)} \right]^{(n+1)}$ (10.6.3.1.2a-8)

$n = [(2 + L/B) / (1 + L/B)] \cos^2 \theta + [(2 + B/L) / (1 + B/L)] \sin^2 \theta$ (10.6.3.1.2a-9)

Table 10.6.3.1.2a-2—Coefficients C_{wq} and C_{wy} for Various Groundwater Depths

D _w	C _{wq}	C _{wy}
0.0	0.5	0.5
D _f	1.0	0.5
>1.5B + D _f	1.0	1.0

Table 10.6.3.1.2a-4—Depth Correction Factor d_q

Friction Angle, ϕ_r (degrees)	D _f /B	d _q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

Table 10.6.3.1.2a-3—Shape Correction Factors s_c, s_q, s _{γ}

Factor	Friction Angle	Cohesion Term (s _c)	Unit Weight Term (s _q)	Surcharge Term (s _{γ})
Shape Factors s _c , s _q , s _{γ}	$\phi_r = 0$	$1 + \left(\frac{B}{5L} \right)$	1.0	1.0
	$\phi_r > 0$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	$1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$	$1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi_r$

Q_{ult} [kPa] **10439.1**

q_R Ult [kPa] **= 1890.3**

q_{adm} [kPa] AASHTO - 2012

Métodos teóricos en Arcillas **0.50**

945.1 kPa

CÁLCULO DE ASENTAMIENTO

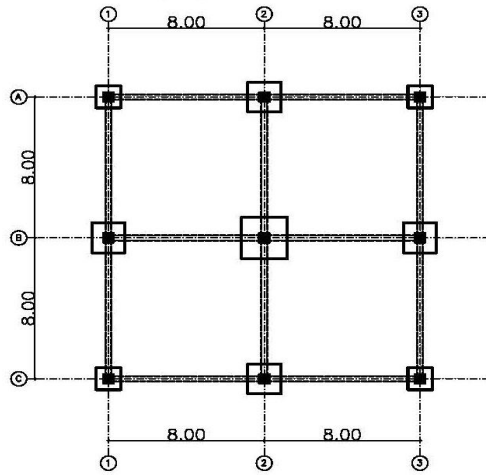
NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO																																			
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO NSR-10 FS Indirecto									
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}					
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}	
A1	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																			0.034	0.000	0.034
A2	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																			0.051	0.000	0.051
A3	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																			0.034	0.000	0.034
B1	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																			0.051	0.000	0.051
B2	614.21	4	1.18	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.073																			0.073	0.000	0.073
B3	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																			0.051	0.000	0.051
C1	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																			0.034	0.000	0.034
C2	586.85	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.051																			0.051	0.000	0.051
C3	542.72	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.034																			0.034	0.000	0.034

NSR-10. FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO																																					
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO NSR-10 FS Directo											
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}							
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}			
A1	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																			0.027	0.000	0.027		
A2	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																				0.040	0.000	0.040	
A3	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																				0.027	0.000	0.027	
B1	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																				0.040	0.000	0.040	
B2	501.78	4	1.18	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.385	0.83	0.54	0.060																				0.060	0.000	0.060	
B3	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																					0.040	0.000	0.040
C1	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																					0.027	0.000	0.027
C2	469.81	4	0.85	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.526	0.83	0.54	0.040																					0.040	0.000	0.040
C3	432.65	4	0.63	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.714	0.83	0.54	0.027																					0.027	0.000	0.027

AASHTO																																					
EJE	ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS														CONSOLIDACION											ASENTAMIENTO AASHTO											
	Q ₀	α	B'	v	Es	L/B	m'	n'	F1	F2	Df/B	I _f	I _s	S _{ELAS}	q ₀	B	L	z	q _m	q _f	Δq	Cr	Cc	H	e ₀	σ _v '	σ _v ' + Δq	σ _p '	S _{CONSOL}	S _{CONSOL 3D}							
	kN/m ²		m		Kpa									m	kN/m ²	m	m	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			m						m	m	S _{ELAS}	S _{CONSOL}	S _{TOTAL}			
A1	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																				0.039	0.000	0.039	
A2	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																					0.057	0.000	0.057
A3	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																					0.039	0.000	0.039
B1	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																					0.057	0.000	0.057
B2	614.21	4	1.30	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.426	0.83	0.54	0.081																					0.081	0.000	0.081
B3	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																					0.057	0.000	0.057
C1	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																					0.039	0.000	0.039
C2	586.85	4	0.95	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.588	0.83	0.54	0.057																					0.057	0.000	0.057
C3	542.72	4	0.70	0.3	16000	1.0	1.0	10	0.498	0.016	0.800	0.83	0.54	0.039																					0.039	0.000	0.039

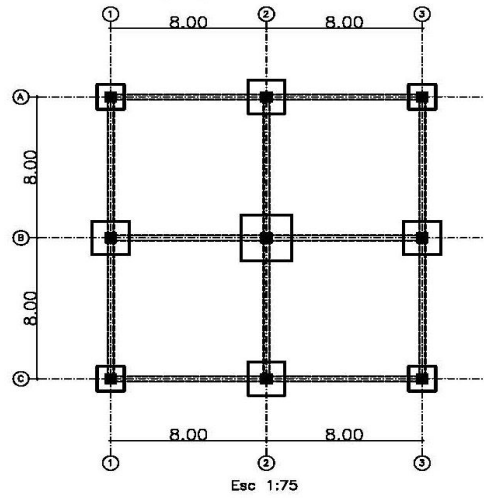
NSR-10 (FS Indirecto)

Área Zapata/Área Edificación = 9%



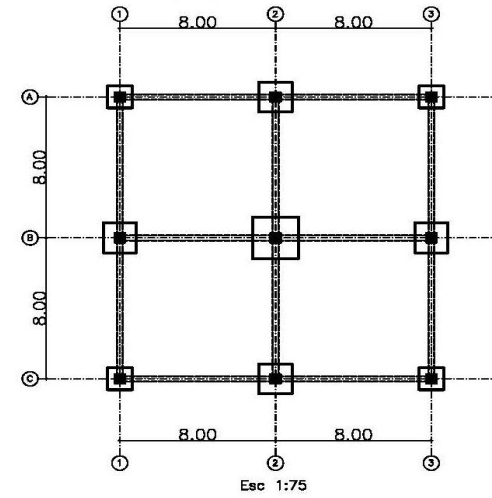
GRANULAR
NSR-10 (FS Directo)

Área Zapata/Área Edificación = 11%



AASHTO 2012

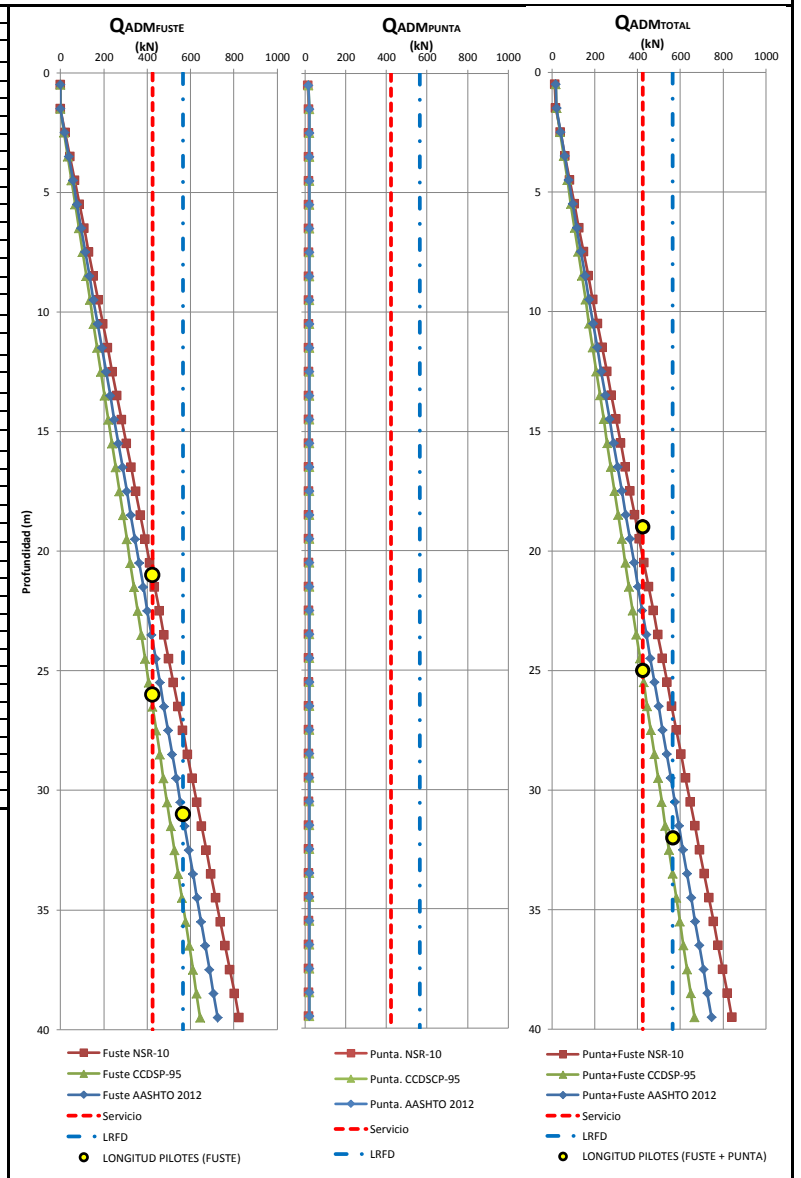
Área Zapata/Área Edificación = 9%



CIMENTACIÓN PROFUNDA

SUELO DE FUNDACIÓN COHESIVO

EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES		CARGA POR PILOTE			NSR-10 - F.S. Directo			CCDSP-95			AASHTO - 2012					
		CM	CV	CT	Diam [m]	# Pilotes	Q _{serv} [kN]	Q _{RES} [kN]	RES LRFD	CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE					
										Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]	Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]	Q _{FUSTE ADM} [kN]	Q _{PUNTA ADM} [kN]	Q _{TOTAL ADM} [kN]			
A1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	0.5	0	14	14	0	17	17	0	17	17			
A2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	1.5	0	18	18	0	21	21	0	21	21			
A3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	2.5	22	18	39	17	21	38	19	21	40			
B1	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	3.5	43	18	61	34	21	55	38	21	59			
B2	64.0	2827	565	3392	0.50	8	424	565	4.5	65	18	83	51	21	72	57	21	78			
B3	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	5.5	87	18	104	68	21	89	76	21	98			
C1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	6.5	108	18	126	85	21	106	95	21	117			
C2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	7.5	130	18	148	102	21	123	115	21	136			
C3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	8.5	152	18	170	119	21	140	134	21	155			
Total	256.0	11307	2261	13568																	
CARGAS DE DISEÑO										9.5	174	18	191	136	21	157	153	21	174		
Servicio										10.5	195	18	213	153	21	174	172	21	193		
LRFD										11.5	217	18	235	170	21	191	191	21	212		
CARGAS APLICADAS [kN/m ²]										12.5	239	18	256	187	21	208	210	21	231		
LONGITUD PILOTES (FUSTE)										13.5	260	18	278	204	21	225	229	21	250		
Código										Q _{des}	L [m]	14.5	282	18	300	221	21	242	248	21	269
NSR-10										424	21.0	15.5	304	18	321	238	21	259	267	21	288
CCDSP-95										424	26.0	16.5	325	18	343	254	21	276	286	21	307
AASHTO 2012										565.33	31.0	17.5	347	18	365	271	21	293	305	21	327
LONGITUD PILOTES (FUSTE + PUNTA)										18.5	369	18	386	288	21	310	324	21	346		
Código										Q _{des}	L [m]	19.5	390	18	408	305	21	327	344	21	365
NSR-10										424	19.0	20.5	412	18	430	322	21	344	363	21	384
CCDSP-95										424	25.0	21.5	434	18	452	339	21	360	382	21	403
AASHTO 2012										565.33	32.0	22.5	456	18	473	356	21	377	401	21	422
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS										23.5	477	18	495	373	21	394	420	21	441		
Su [kPa]										24.5	499	18	517	390	21	411	439	21	460		
γ [kN/m ³]										25.5	521	18	538	407	21	428	458	21	479		
En el presente abaco de diseño no se tienen en cuenta efectos de grupo, cargas laterales o el desarrollo de cargas negativas debido a estratos colgados.										26.5	542	18	560	424	21	445	477	21	498		
Dentro del alcance académico del presente trabajo solamente se compararon los resultados de capacidad de carga para un pilote individual.										27.5	564	18	582	441	21	462	496	21	517		
										28.5	586	18	603	458	21	479	515	21	537		
										29.5	607	18	625	475	21	496	534	21	556		
										30.5	629	18	647	492	21	513	553	21	575		
										31.5	651	18	668	509	21	530	573	21	594		
										32.5	672	18	690	526	21	547	592	21	613		
										33.5	694	18	712	543	21	564	611	21	632		
										34.5	716	18	734	560	21	581	630	21	651		
										35.5	738	18	755	577	21	598	649	21	670		
										36.5	759	18	777	594	21	615	668	21	689		
										37.5	781	18	799	611	21	632	687	21	708		
										38.5	803	18	820	628	21	649	706	21	727		
										39.5	824	18	842	645	21	666	725	21	746		



Su	[kPa]	30.0	NSR-10	
γ	[kN/m ³]	15.0	F.S. Directo	F.S. Indirecto
Diámetro	[m]	0.5	F.S. Fuste	1.80
Inicio Fricción	[m]	2.00	F.S. Punta	3.00
N.F.	[m]	3.50	CCDSP-95	
Pa	[ksf]	2.12	F.S. Fuste	2.50
Pa	[kPa]	101.51	F.S. Punta	2.50

AASHTO-2012		
F.R.	Fuste	0.45 (O'Neill and Reese, 1999)
	Punta	0.40 (O'Neill and Reese, 1999)

F _{SBM}	F _{SBUM}	F _{SICP}
1.50	1.80	
1.50	1.80	3.00

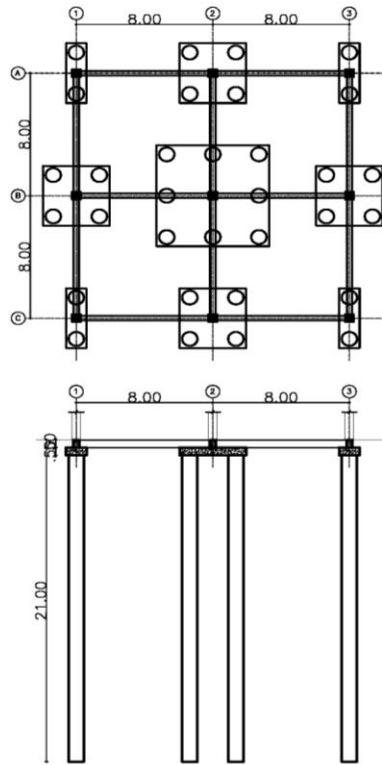
									PILOTES PRE-EXCAVADOS. AASHTO 2012												
									Prof Media	Suelos Cohesivos. Método α											
										Fuste					Punta						
Prof Inicial	Prof Final	Prof Media	γ	N.F.	σ	u	σ'	Su		Su/Pa	α_{AASHTO}	qs	Qs	Q _{SADM}	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	Q _{PADM}	Q _{ADM}
[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kPa]	[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.00	1.00	0.50	15.0	-	7.5	-	7.5	30	0.50	0.296	0.00	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	17.0	17.0
1.00	2.00	1.50	15.0	-	22.5	-	22.5	30	1.50	0.296	0.00	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	21.2	21.2
2.00	3.00	2.50	15.0	-	37.5	-	37.5	30	2.50	0.296	0.90	27.0	42.4	19.1	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	21.2	40.3
3.00	4.00	3.50	15.0	3.5	52.5	-	52.5	30	3.50	0.296	0.90	27.0	84.8	38.2	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	21.2	59.4
4.00	5.00	4.50	15.0	3.5	67.5	10.0	57.5	30	4.50	0.296	0.90	27.0	127.2	57.3	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	21.2	78.5
5.00	6.00	5.50	15.0	3.5	82.5	20.0	62.5	30	5.50	0.296	0.90	27.0	169.6	76.3	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	21.2	97.5
6.00	7.00	6.50	15.0	3.5	97.5	30.0	67.5	30	6.50	0.296	0.90	27.0	212.1	95.4	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	21.2	116.6
7.00	8.00	7.50	15.0	3.5	112.5	40.0	72.5	30	7.50	0.296	0.90	27.0	254.5	114.5	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	21.2	135.7
8.00	9.00	8.50	15.0	3.5	127.5	50.0	77.5	30	8.50	0.296	0.90	27.0	296.9	133.6	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	21.2	154.8
9.00	10.00	9.50	15.0	3.5	142.5	60.0	82.5	30	9.50	0.296	0.90	27.0	339.3	152.7	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	21.2	173.9
10.00	11.00	10.50	15.0	3.5	157.5	70.0	87.5	30	10.50	0.296	0.90	27.0	381.7	171.8	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	21.2	193.0
11.00	12.00	11.50	15.0	3.5	172.5	80.0	92.5	30	11.50	0.296	0.90	27.0	424.1	190.9	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	21.2	212.1
12.00	13.00	12.50	15.0	3.5	187.5	90.0	97.5	30	12.50	0.296	0.90	27.0	466.5	209.9	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	21.2	231.1
13.00	14.00	13.50	15.0	3.5	202.5	100.0	102.5	30	13.50	0.296	0.90	27.0	508.9	229.0	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	21.2	250.2
14.00	15.00	14.50	15.0	3.5	217.5	110.0	107.5	30	14.50	0.296	0.90	27.0	551.3	248.1	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	21.2	269.3
15.00	16.00	15.50	15.0	3.5	232.5	120.0	112.5	30	15.50	0.296	0.90	27.0	593.8	267.2	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	21.2	288.4
16.00	17.00	16.50	15.0	3.5	247.5	130.0	117.5	30	16.50	0.296	0.90	27.0	636.2	286.3	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	21.2	307.5
17.00	18.00	17.50	15.0	3.5	262.5	140.0	122.5	30	17.50	0.296	0.90	27.0	678.6	305.4	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	21.2	326.6
18.00	19.00	18.50	15.0	3.5	277.5	150.0	127.5	30	18.50	0.296	0.90	27.0	721.0	324.4	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	21.2	345.7
19.00	20.00	19.50	15.0	3.5	292.5	160.0	132.5	30	19.50	0.296	0.90	27.0	763.4	343.5	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	21.2	364.7
20.00	21.00	20.50	15.0	3.5	307.5	170.0	137.5	30	20.50	0.296	0.90	27.0	805.8	362.6	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	21.2	383.8
21.00	22.00	21.50	15.0	3.5	322.5	180.0	142.5	30	21.50	0.296	0.90	27.0	848.2	381.7	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	21.2	402.9
22.00	23.00	22.50	15.0	3.5	337.5	190.0	147.5	30	22.50	0.296	0.90	27.0	890.6	400.8	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	21.2	422.0
23.00	24.00	23.50	15.0	3.5	352.5	200.0	152.5	30	23.50	0.296	0.90	27.0	933.1	419.9	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	21.2	441.1
24.00	25.00	24.50	15.0	3.5	367.5	210.0	157.5	30	24.50	0.296	0.90	27.0	975.5	439.0	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	21.2	460.2
25.00	26.00	25.50	15.0	3.5	382.5	220.0	162.5	30	25.50	0.296	0.90	27.0	1017.9	458.0	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	21.2	479.2
26.00	27.00	26.50	15.0	3.5	397.5	230.0	167.5	30	26.50	0.296	0.90	27.0	1060.3	477.1	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	21.2	498.3
27.00	28.00	27.50	15.0	3.5	412.5	240.0	172.5	30	27.50	0.296	0.90	27.0	1102.7	496.2	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	21.2	517.4
28.00	29.00	28.50	15.0	3.5	427.5	250.0	177.5	30	28.50	0.296	0.90	27.0	1145.1	515.3	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	21.2	536.5
29.00	30.00	29.50	15.0	3.5	442.5	260.0	182.5	30	29.50	0.296	0.90	27.0	1187.5	534.4	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	21.2	555.6
30.00	31.00	30.50	15.0	3.5	457.5	270.0	187.5	30	30.50	0.296	0.90	27.0	1229.9	553.5	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	21.2	574.7
31.00	32.00	31.50	15.0	3.5	472.5	280.0	192.5	30	31.50	0.296	0.90	27.0	1272.3	572.6	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	21.2	593.8
32.00	33.00	32.50	15.0	3.5	487.5	290.0	197.5	30	32.50	0.296	0.90	27.0	1314.8	591.6	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	21.2	612.8
33.00	34.00	33.50	15.0	3.5	502.5	300.0	202.5	30	33.50	0.296	0.90	27.0	1357.2	610.7	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	21.2	631.9
34.00	35.00	34.50	15.0	3.5	517.5	310.0	207.5	30	34.50	0.296	0.90	27.0	1399.6	629.8	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	21.2	651.0
35.00	36.00	35.50	15.0	3.5	532.5	320.0	212.5	30	35.50	0.296	0.90	27.0	1442.0	648.9	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	21.2	670.1
36.00	37.00	36.50	15.0	3.5	547.5	330.0	217.5	30	36.50	0.296	0.90	27.0	1484.4	668.0	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	21.2	689.2
37.00	38.00	37.50	15.0	3.5	562.5	340.0	222.5	30	37.50	0.296	0.90	27.0	1526.8	687.1	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	21.2	708.3
38.00	39.00	38.50	15.0	3.5	577.5	350.0	227.5	30	38.50	0.296	0.90	27.0	1569.2	706.2	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	21.2	727.4
39.00	40.00	39.50	15.0	3.5	592.5	360.0	232.5	30	39.50	0.296	0.90	27.0	1611.6	725.2	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	21.2	746.4

PILOTES PRE-EXCAVADOS. CCP-95											PILOTES PRE-EXCAVADOS. NSR-10												
Suelos Cohesivos. Método α											Suelos Cohesivos. Método α												
Fuste				Punta							Fuste				Punta								
α_{CCP95}	qs	Qs	Qs _{ADM}	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}	Su/Pa	α_{NSR-10}	qs	Qs	Qs _{ADM}	Z	Z/D	Nc	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}	
	[kPa]	[kN]	[kN]	[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]			[kPa]	[kN]	[kN]	[m]				[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	17.0	17.0	0.296	0.83	0.0	0.0	0.0	0.50	1.00	7.20	216.0	42.4	14.1	14.1	
0.00	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	21.2	21.2	0.296	0.83	0.0	0.0	0.0	1.50	3.00	9.00	270.0	53.0	17.7	17.7	
0.90	27.0	42.4	17.0	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	21.2	38.2	0.296	0.83	24.9	39.0	21.7	2.50	5.00	9.00	270.0	53.0	17.7	39.4	
0.90	27.0	84.8	33.9	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	21.2	55.1	0.296	0.83	24.9	78.1	43.4	3.50	7.00	9.00	270.0	53.0	17.7	61.1	
0.90	27.0	127.2	50.9	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	21.2	72.1	0.296	0.83	24.9	117.1	65.1	4.50	9.00	9.00	270.0	53.0	17.7	82.8	
0.90	27.0	169.6	67.9	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	21.2	89.1	0.296	0.83	24.9	156.2	86.8	5.50	11.00	9.00	270.0	53.0	17.7	104.4	
0.90	27.0	212.1	84.8	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	21.2	106.0	0.296	0.83	24.9	195.2	108.5	6.50	13.00	9.00	270.0	53.0	17.7	126.1	
0.90	27.0	254.5	101.8	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	21.2	123.0	0.296	0.83	24.9	234.3	130.2	7.50	15.00	9.00	270.0	53.0	17.7	147.8	
0.90	27.0	296.9	118.8	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	21.2	140.0	0.296	0.83	24.9	273.3	151.9	8.50	17.00	9.00	270.0	53.0	17.7	169.5	
0.90	27.0	339.3	135.7	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	21.2	156.9	0.296	0.83	24.9	312.4	173.5	9.50	19.00	9.00	270.0	53.0	17.7	191.2	
0.90	27.0	381.7	152.7	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	21.2	173.9	0.296	0.83	24.9	351.4	195.2	10.50	21.00	9.00	270.0	53.0	17.7	212.9	
0.90	27.0	424.1	169.6	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	21.2	190.9	0.296	0.83	24.9	390.5	216.9	11.50	23.00	9.00	270.0	53.0	17.7	234.6	
0.90	27.0	466.5	186.6	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	21.2	207.8	0.296	0.83	24.9	429.5	238.6	12.50	25.00	9.00	270.0	53.0	17.7	256.3	
0.90	27.0	508.9	203.6	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	21.2	224.8	0.296	0.83	24.9	468.6	260.3	13.50	27.00	9.00	270.0	53.0	17.7	278.0	
0.90	27.0	551.3	220.5	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	21.2	241.7	0.296	0.83	24.9	507.6	282.0	14.50	29.00	9.00	270.0	53.0	17.7	299.7	
0.90	27.0	593.8	237.5	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	21.2	258.7	0.296	0.83	24.9	546.7	303.7	15.50	31.00	9.00	270.0	53.0	17.7	321.4	
0.90	27.0	636.2	254.5	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	21.2	275.7	0.296	0.83	24.9	585.7	325.4	16.50	33.00	9.00	270.0	53.0	17.7	343.1	
0.90	27.0	678.6	271.4	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	21.2	292.6	0.296	0.83	24.9	624.8	347.1	17.50	35.00	9.00	270.0	53.0	17.7	364.8	
0.90	27.0	721.0	288.4	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	21.2	309.6	0.296	0.83	24.9	663.8	368.8	18.50	37.00	9.00	270.0	53.0	17.7	386.5	
0.90	27.0	763.4	305.4	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	21.2	326.6	0.296	0.83	24.9	702.9	390.5	19.50	39.00	9.00	270.0	53.0	17.7	408.1	
0.90	27.0	805.8	322.3	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	21.2	343.5	0.296	0.83	24.9	741.9	412.2	20.50	41.00	9.00	270.0	53.0	17.7	429.8	
0.90	27.0	848.2	339.3	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	21.2	360.5	0.296	0.83	24.9	780.9	433.9	21.50	43.00	9.00	270.0	53.0	17.7	451.5	
0.90	27.0	890.6	356.3	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	21.2	377.5	0.296	0.83	24.9	820.0	455.6	22.50	45.00	9.00	270.0	53.0	17.7	473.2	
0.90	27.0	933.1	373.2	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	21.2	394.4	0.296	0.83	24.9	859.0	477.2	23.50	47.00	9.00	270.0	53.0	17.7	494.9	
0.90	27.0	975.5	390.2	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	21.2	411.4	0.296	0.83	24.9	898.1	498.9	24.50	49.00	9.00	270.0	53.0	17.7	516.6	
0.90	27.0	1017.9	407.2	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	21.2	428.4	0.296	0.83	24.9	937.1	520.6	25.50	51.00	9.00	270.0	53.0	17.7	538.3	
0.90	27.0	1060.3	424.1	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	21.2	445.3	0.296	0.83	24.9	976.2	542.3	26.50	53.00	9.00	270.0	53.0	17.7	560.0	
0.90	27.0	1102.7	441.1	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	21.2	462.3	0.296	0.83	24.9	1015.2	564.0	27.50	55.00	9.00	270.0	53.0	17.7	581.7	
0.90	27.0	1145.1	458.0	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	21.2	479.2	0.296	0.83	24.9	1054.3	585.7	28.50	57.00	9.00	270.0	53.0	17.7	603.4	
0.90	27.0	1187.5	475.0	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	21.2	496.2	0.296	0.83	24.9	1093.3	607.4	29.50	59.00	9.00	270.0	53.0	17.7	625.1	
0.90	27.0	1229.9	492.0	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	21.2	513.2	0.296	0.83	24.9	1132.4	629.1	30.50	61.00	9.00	270.0	53.0	17.7	646.8	
0.90	27.0	1272.3	508.9	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	21.2	530.1	0.296	0.83	24.9	1171.4	650.8	31.50	63.00	9.00	270.0	53.0	17.7	668.5	
0.90	27.0	1314.8	525.9	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	21.2	547.1	0.296	0.83	24.9	1210.5	672.5	32.50	65.00	9.00	270.0	53.0	17.7	690.2	
0.90	27.0	1357.2	542.9	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	21.2	564.1	0.296	0.83	24.9	1249.5	694.2	33.50	67.00	9.00	270.0	53.0	17.7	711.8	
0.90	27.0	1399.6	559.8	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	21.2	581.0	0.296	0.83	24.9	1288.6	715.9	34.50	69.00	9.00	270.0	53.0	17.7	733.5	
0.90	27.0	1442.0	576.8	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	21.2	598.0	0.296	0.83	24.9	1327.6	737.6	35.50	71.00	9.00	270.0	53.0	17.7	755.2	
0.90	27.0	1484.4	593.8	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	21.2	615.0	0.296	0.83	24.9	1366.7	759.3	36.50	73.00	9.00	270.0	53.0	17.7	776.9	
0.90	27.0	1526.8	610.7	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	21.2	631.9	0.296	0.83	24.9	1405.7	780.9	37.50	75.00	9.00	270.0	53.0	17.7	798.6	
0.90	27.0	1569.2	627.7	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	21.2	648.9	0.296	0.83	24.9	1444.8	802.6	38.50	77.00	9.00	270.0	53.0	17.7	820.3	
0.90	27.0	1611.6	644.7	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	21.2	665.9	0.296	0.83	24.9	1483.8	824.3	39.50	79.00	9.00	270.0	53.0	17.7	842.0	

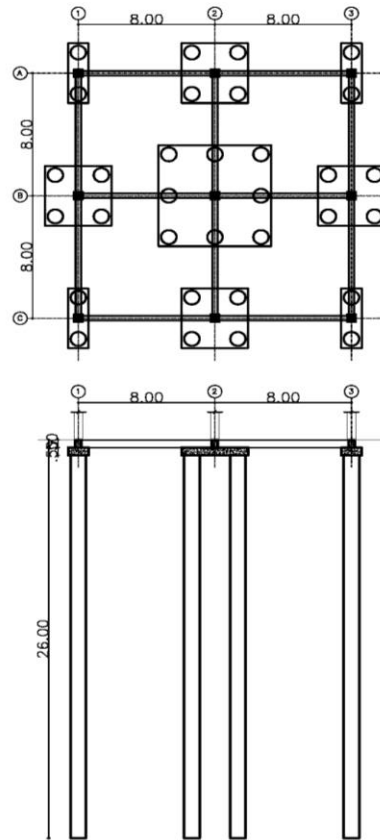
COHESIVO – CAPACIDAD POR FUSTE

Arcilla Media – $S_u = 30$ kPa

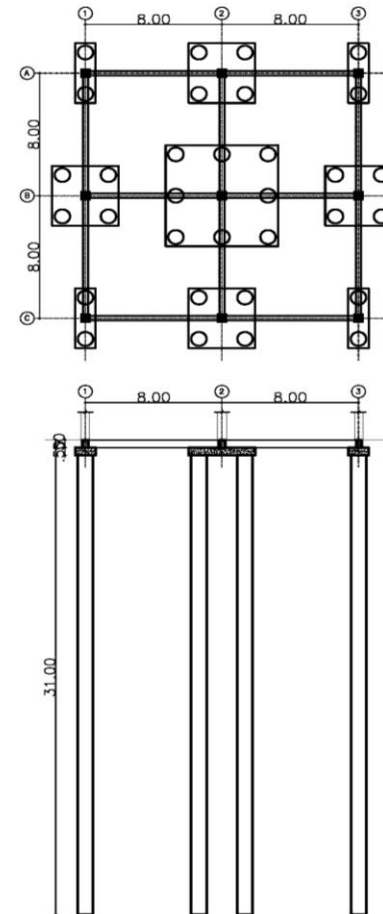
NSR-10 (FS Directo)



CCDSP-95 (FS Global)



AASHTO-2012 (FR ϕ)

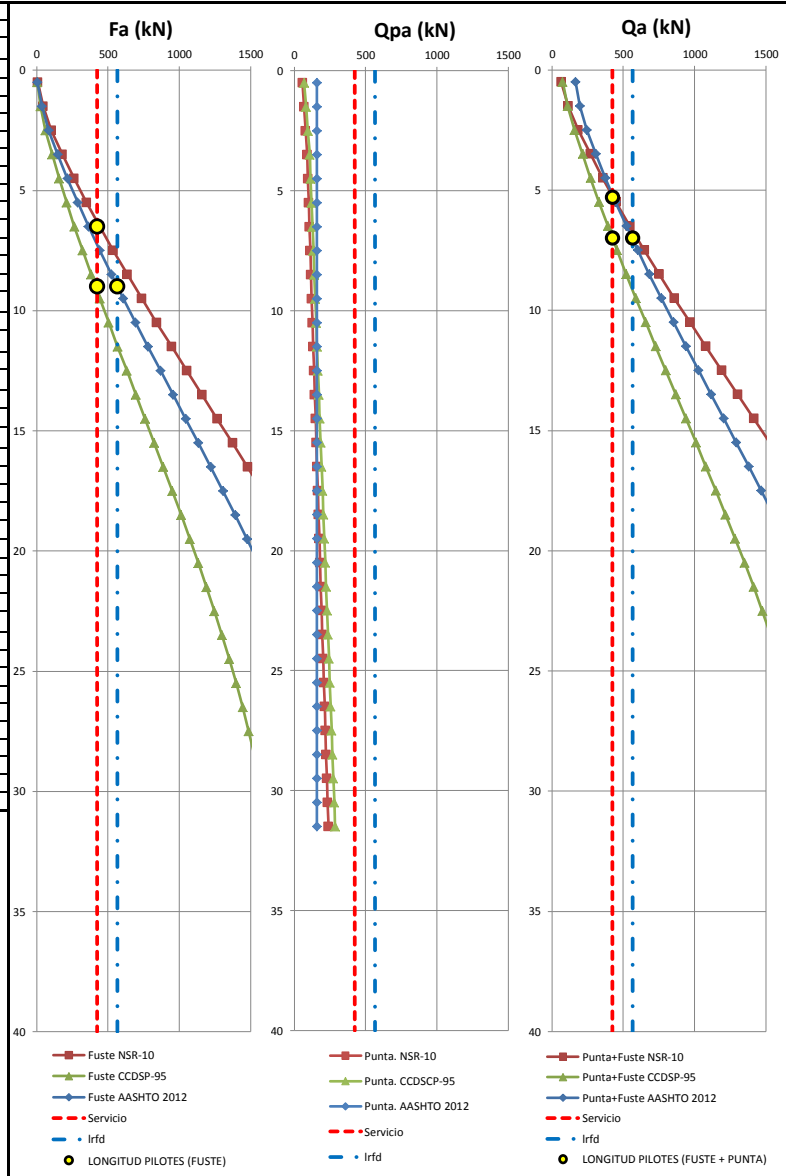


CIMENTACIÓN CON PILOTOS PRE-EXCAVADOS

SUELO DE FUNDACIÓN COHESIVO

EJE	ÁREA AFERENTE [m ²]	CARGAS DE SERVICIO			DIMENSIONES		CARGA POR PILOTE		NSR-10 - F.S. Directo			CCDSP-95			AASHTO - 2012					
		CM	CV	CT	Diam	# Pilotes	q _{act}	q _{act}	CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE			CAPACIDAD PILOTE					
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	Prof	Fa	Qpa	Qa	Fa	Qpa	Qa	Fa	Qpa	Qa		
A1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	0.5	7	58	65	4	70	74	6	159	165		
A2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	1.5	45	69	114	27	83	110	37	159	196		
A3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	2.5	103	80	183	62	96	157	85	159	244		
B1	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	3.5	179	90	270	108	108	216	148	159	307		
B2	64.0	2827	565	3392	0.50	8	424	565	4.5	262	96	357	157	115	272	216	159	375		
B3	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	5.5	349	101	450	209	121	331	288	159	447		
C1	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	6.5	441	106	547	264	128	392	364	159	523		
C2	32.0	1413	283	1696	0.50	4	424	565	7.5	536	112	648	322	134	456	443	159	602		
C3	16.0	707	141	848	0.50	2	424	565	8.5	635	117	752	381	140	522	524	159	684		
Total	256.0	11307	2261	13568			CARGAS DE DISEÑO		9.5	737	122	859	442	147	589	608	159	767		
						Servicio		Irfd	10.5	841	128	968	504	153	657	694	159	853		
						0		424	0	565.333	11.5	946	133	1079	568	159	727	781	159	940
						40		424	40	565.333	12.5	1053	138	1191	632	166	797	868	159	1028
						LONGITUD PILOTES (FUSTE)														
						Código		q _{act}	L [m]	14.5	1267	149	1416	760	179	939	1045	159	1205	
						NSR-10		424	6.5	15.5	1374	154	1528	824	185	1009	1133	159	1293	
						CCDSP-95		424	9.0	16.5	1480	159	1639	888	191	1079	1221	159	1380	
						AASHTO 2012		565.33	9.0	17.5	1585	165	1750	951	198	1149	1308	159	1467	
						LONGITUD PILOTES (FUSTE + PUNTA)														
						Código		q _{act}	L [m]	19.5	1789	175	1965	1074	210	1284	1476	159	1636	
						NSR-10		424	5.3	20.5	1888	181	2069	1133	217	1350	1558	159	1717	
						CCDSP-95		424	7.0	21.5	1984	186	2170	1191	223	1414	1637	159	1796	
						AASHTO 2012		565.33	7.0	22.5	2077	191	2268	1246	230	1476	1713	159	1873	
						PLACA APOYADA EN PILOTES														
						Código		q _{act}	L [m]	23.5	2166	197	2362	1299	236	1535	1787	159	1946	
						Área		[m ²]	256	24.5	2251	202	2453	1350	242	1593	1857	159	2016	
						Carga Servicio		[kN]	13568	25.5	2331	207	2539	1399	249	1648	1923	159	2083	
						# Pilotes			25	26.5	2407	213	2620	1444	255	1699	1986	159	2145	
						Carga por Pilote		[kN]	543	27.5	2478	218	2696	1487	261	1748	2044	159	2204	
						Longitud Pilotes			28.5	2543	223	2766	1526	268	1794	2098	159	2258		
						Código		q _{act}	L [m]	29.5	2603	229	2831	1562	274	1836	2147	159	2307	
						NSR-10		543	6.8	30.5	2656	234	2890	1594	281	1874	2191	159	2351	
						CCDSP-95		543	8.8	31.5	2703	239	2942	1622	287	1909	2230	159	2389	
						AASHTO 2012		724	9.5											

En el presente abaco de diseño no se tienen en cuenta efectos de grupo, cargas laterales o el desarrollo de cargas negativas debido a estratos colgados.
Dentro del alcance académico del presente trabajo solamente se compararon los resultados de capacidad de carga para un pilote individual.



- Fuste NSR-10
- Fuste CCDSP-95
- Fuste AASHTO 2012
- - - Servicio
- Irfd
- LONGITUD PILOTES (FUSTE)
- Punta. NSR-10
- Punta. CCDSP-95
- Punta. AASHTO 2012
- - - Servicio
- Irfd
- LONGITUD PILOTES (FUSTE + PUNTA)

φ		35.0
N60		28
γ	[kN/m ³]	20.0
Diámetro	[m]	0.5
Inicio Fricción	[m]	2.00
N.F.	[m]	3.50
Pa	[ksf]	2.12
Pa	[kPa]	101.51

35

NSR-10			
		F.S. _{Directo}	F.S. _{Indirecto}
F.S.	Fuste	1.50	
	Punta		3.00
CCDSP-95			
F.S.	Fuste	2.50	
	Punta	2.50	

AASHTO-2012		
F.R.	Fuste	0.55 (O'Neill and Reese, 1999)
	Punta	0.50 (O'Neill and Reese, 1999)

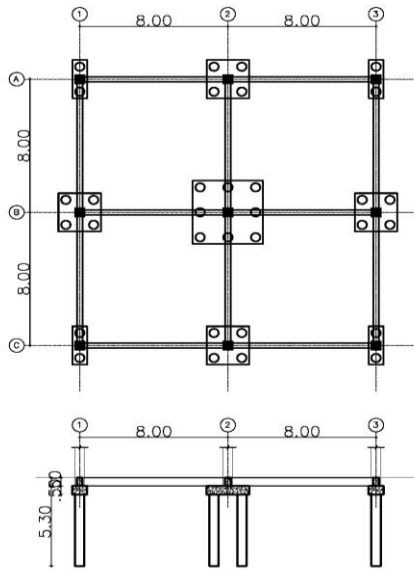
F _{SBM}	F _{SBUM}	F _{SICP}
1.50	1.80	
1.50	1.80	3.00

										PILOTES PRE-EXCAVADOS. AASHTO 2012										
										Suelos Granulares. Método β										
										Fuste					Punta					
Prof Inicial	Prof Final	Prof Media	γ	N.F.	σ	u	σ'	φ	N60	Prof Media	N60	β _{AASHTO}	qs	Qs	Qs _{ADM}	N60	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}
[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[°]		[m]			[kPa]	[kN]	[kN]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	1.00	0.50	20.0	-	10.0	-	10.0	35	28	0.50	28	1.33	13.3	10.4	5.7	28	1624	319	159	165
1.00	2.00	1.50	20.0	-	30.0	-	30.0	35	28	1.50	28	1.20	36.0	67.0	36.8	28	1624	319	159	196
2.00	3.00	2.50	20.0	-	50.0	-	50.0	35	28	2.50	28	1.11	55.7	154.4	84.9	28	1624	319	159	244
3.00	4.00	3.50	20.0	3.5	70.0	-	70.0	35	28	3.50	28	1.04	73.0	269.1	148.0	28	1624	319	159	307
4.00	5.00	4.50	20.0	3.5	90.0	10.0	80.0	35	28	4.50	28	0.98	78.5	392.4	215.8	28	1624	319	159	375
5.00	6.00	5.50	20.0	3.5	110.0	20.0	90.0	35	28	5.50	28	0.93	83.4	523.4	287.9	28	1624	319	159	447
6.00	7.00	6.50	20.0	3.5	130.0	30.0	100.0	35	28	6.50	28	0.88	87.7	661.1	363.6	28	1624	319	159	523
7.00	8.00	7.50	20.0	3.5	150.0	40.0	110.0	35	28	7.50	28	0.83	91.3	804.6	442.5	28	1624	319	159	602
8.00	9.00	8.50	20.0	3.5	170.0	50.0	120.0	35	28	8.50	28	0.79	94.5	953.0	524.1	28	1624	319	159	684
9.00	10.00	9.50	20.0	3.5	190.0	60.0	130.0	35	28	9.50	28	0.75	97.0	1105.4	608.0	28	1624	319	159	767
10.00	11.00	10.50	20.0	3.5	210.0	70.0	140.0	35	28	10.50	28	0.71	99.1	1261.0	693.6	28	1624	319	159	853
11.00	12.00	11.50	20.0	3.5	230.0	80.0	150.0	35	28	11.50	28	0.67	100.6	1419.1	780.5	28	1624	319	159	940
12.00	13.00	12.50	20.0	3.5	250.0	90.0	160.0	35	28	12.50	28	0.64	101.7	1578.8	868.4	28	1624	319	159	1028
13.00	14.00	13.50	20.0	3.5	270.0	100.0	170.0	35	28	13.50	28	0.60	102.3	1739.5	956.7	28	1624	319	159	1116
14.00	15.00	14.50	20.0	3.5	290.0	110.0	180.0	35	28	14.50	28	0.57	102.4	1900.4	1045.2	28	1624	319	159	1205
15.00	16.00	15.50	20.0	3.5	310.0	120.0	190.0	35	28	15.50	28	0.54	102.1	2060.8	1133.4	28	1624	319	159	1293
16.00	17.00	16.50	20.0	3.5	330.0	130.0	200.0	35	28	16.50	28	0.51	101.4	2220.0	1221.0	28	1624	319	159	1380
17.00	18.00	17.50	20.0	3.5	350.0	140.0	210.0	35	28	17.50	28	0.48	100.2	2377.4	1307.6	28	1624	319	159	1467
18.00	19.00	18.50	20.0	3.5	370.0	150.0	220.0	35	28	18.50	28	0.45	98.6	2532.4	1392.8	28	1624	319	159	1552
19.00	20.00	19.50	20.0	3.5	390.0	160.0	230.0	35	28	19.50	28	0.42	96.7	2684.2	1476.3	28	1624	319	159	1636
20.00	21.00	20.50	20.0	3.5	410.0	170.0	240.0	35	28	20.50	28	0.39	94.3	2832.4	1557.8	28	1624	319	159	1717
21.00	22.00	21.50	20.0	3.5	430.0	180.0	250.0	35	28	21.50	28	0.37	91.6	2976.3	1636.9	28	1624	319	159	1796
22.00	23.00	22.50	20.0	3.5	450.0	190.0	260.0	35	28	22.50	28	0.34	88.5	3115.2	1713.4	28	1624	319	159	1873
23.00	24.00	23.50	20.0	3.5	470.0	200.0	270.0	35	28	23.50	28	0.31	85.0	3248.7	1786.8	28	1624	319	159	1946
24.00	25.00	24.50	20.0	3.5	490.0	210.0	280.0	35	28	24.50	28	0.29	81.1	3376.2	1856.9	28	1624	319	159	2016
25.00	26.00	25.50	20.0	3.5	510.0	220.0	290.0	35	28	25.50	28	0.27	77.0	3497.1	1923.4	28	1624	319	159	2083
26.00	27.00	26.50	20.0	3.5	530.0	230.0	300.0	35	28	26.50	28	0.24	72.4	3610.8	1985.9	28	1624	319	159	2145
27.00	28.00	27.50	20.0	3.5	550.0	240.0	310.0	35	28	27.50	28	0.22	67.5	3716.9	2044.3	28	1624	319	159	2204
28.00	29.00	28.50	20.0	3.5	570.0	250.0	320.0	35	28	28.50	28	0.19	62.3	3814.8	2098.1	28	1624	319	159	2258
29.00	30.00	29.50	20.0	3.5	590.0	260.0	330.0	35	28	29.50	28	0.17	56.8	3904.0	2147.2	28	1624	319	159	2307
30.00	31.00	30.50	20.0	3.5	610.0	270.0	340.0	35	28	30.50	28	0.15	50.9	3983.9	2191.2	28	1624	319	159	2351
31.00	32.00	31.50	20.0	3.5	630.0	280.0	350.0	35	28	31.50	28	0.13	44.7	4054.2	2229.8	28	1624	319	159	2389

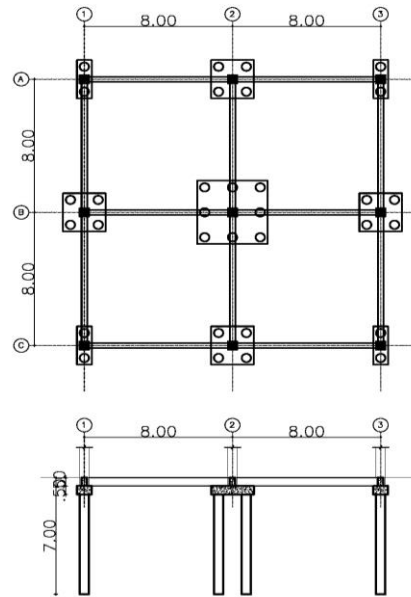
Prof Media	PILOTES PRE-EXCAVADOS. CCDSP-95										Prof Media	PILOTES PRE-EXCAVADOS. NSR-10									
	Suelos Granulares. Método β											Suelos Granulares. Método β									
	Fuste					Punta						Fuste					Punta				
	N60	β_{CCDSP}	qs	Qs	Qs _{ADM}	N	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}		N60	β_{NSR10}	qs	Qs	Qs _{ADM}	N	qp	Qp	Qp _{ADM}	Q _{ADM}
[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]		[kPa]	[kN]	[kN]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]		
0.50	28	1.33	13.3	10.4	4.2	15	893	175	70	74	0.50	28	1.33	13.3	10.4	6.9	15	893	175	58	65
1.50	28	1.20	36.0	67.0	26.8	18	1056	207	83	110	1.50	28	1.20	36.0	67.0	44.7	18	1056	207	69	114
2.50	28	1.11	55.7	154.4	61.8	21	1218	239	96	157	2.50	28	1.11	55.7	154.4	103.0	21	1218	239	80	183
3.50	28	1.04	73.0	269.1	107.6	24	1381	271	108	216	3.50	28	1.04	73.0	269.1	179.4	24	1381	271	90	270
4.50	28	0.98	78.5	392.4	157.0	25	1462	287	115	272	4.50	28	0.98	78.5	392.4	261.6	25	1462	287	96	357
5.50	28	0.93	83.4	523.4	209.4	26	1543	303	121	331	5.50	28	0.93	83.4	523.4	348.9	26	1543	303	101	450
6.50	28	0.88	87.7	661.1	264.4	28	1624	319	128	392	6.50	28	0.88	87.7	661.1	440.7	28	1624	319	106	547
7.50	28	0.83	91.3	804.6	321.8	29	1705	335	134	456	7.50	28	0.83	91.3	804.6	536.4	29	1705	335	112	648
8.50	28	0.79	94.5	953.0	381.2	30	1787	351	140	522	8.50	28	0.79	94.5	953.0	635.3	30	1787	351	117	752
9.50	28	0.75	97.0	1105.4	442.2	32	1868	367	147	589	9.50	28	0.75	97.0	1105.4	736.9	32	1868	367	122	859
10.50	28	0.71	99.1	1261.0	504.4	33	1949	383	153	657	10.50	28	0.71	99.1	1261.0	840.7	33	1949	383	128	968
11.50	28	0.67	100.6	1419.1	567.6	35	2030	399	159	727	11.50	28	0.67	100.6	1419.1	946.1	35	2030	399	133	1079
12.50	28	0.64	101.7	1578.8	631.5	36	2111	415	166	797	12.50	28	0.64	101.7	1578.8	1052.6	36	2111	415	138	1191
13.50	28	0.60	102.3	1739.5	695.8	37	2193	431	172	868	13.50	28	0.60	102.3	1739.5	1159.7	37	2193	431	144	1303
14.50	28	0.57	102.4	1900.4	760.2	39	2274	446	179	939	14.50	28	0.57	102.4	1900.4	1266.9	39	2274	446	149	1416
15.50	28	0.54	102.1	2060.8	824.3	40	2355	462	185	1009	15.50	28	0.54	102.1	2060.8	1373.9	40	2355	462	154	1528
16.50	28	0.51	101.4	2220.0	888.0	42	2436	478	191	1079	16.50	28	0.51	101.4	2220.0	1480.0	42	2436	478	159	1639
17.50	28	0.48	100.2	2377.4	951.0	43	2517	494	198	1149	17.50	28	0.48	100.2	2377.4	1585.0	43	2517	494	165	1750
18.50	28	0.45	98.6	2532.4	1013.0	44	2599	510	204	1217	18.50	28	0.45	98.6	2532.4	1688.3	44	2599	510	170	1858
19.50	28	0.42	96.7	2684.2	1073.7	46	2680	526	210	1284	19.50	28	0.42	96.7	2684.2	1789.5	46	2680	526	175	1965
20.50	28	0.39	94.3	2832.4	1133.0	47	2761	542	217	1350	20.50	28	0.39	94.3	2832.4	1888.3	47	2761	542	181	2069
21.50	28	0.37	91.6	2976.3	1190.5	49	2842	558	223	1414	21.50	28	0.37	91.6	2976.3	1984.2	49	2842	558	186	2170
22.50	28	0.34	88.5	3115.2	1246.1	50	2923	574	230	1476	22.50	28	0.34	88.5	3115.2	2076.8	50	2923	574	191	2268
23.50	28	0.31	85.0	3248.7	1299.5	51	3005	590	236	1535	23.50	28	0.31	85.0	3248.7	2165.8	51	3005	590	197	2362
24.50	28	0.29	81.1	3376.2	1350.5	53	3086	606	242	1593	24.50	28	0.29	81.1	3376.2	2250.8	53	3086	606	202	2453
25.50	28	0.27	77.0	3497.1	1398.8	54	3167	622	249	1648	25.50	28	0.27	77.0	3497.1	2331.4	54	3167	622	207	2539
26.50	28	0.24	72.4	3610.8	1444.3	55	3248	638	255	1699	26.50	28	0.24	72.4	3610.8	2407.2	55	3248	638	213	2620
27.50	28	0.22	67.5	3716.9	1486.8	57	3330	654	261	1748	27.50	28	0.22	67.5	3716.9	2477.9	57	3330	654	218	2696
28.50	28	0.19	62.3	3814.8	1525.9	58	3411	670	268	1794	28.50	28	0.19	62.3	3814.8	2543.2	58	3411	670	223	2766
29.50	28	0.17	56.8	3904.0	1561.6	60	3492	686	274	1836	29.50	28	0.17	56.8	3904.0	2602.6	60	3492	686	229	2831
30.50	28	0.15	50.9	3983.9	1593.6	61	3573	702	281	1874	30.50	28	0.15	50.9	3983.9	2656.0	61	3573	702	234	2890
31.50	28	0.13	44.7	4054.2	1621.7	62	3654	718	287	1909	31.50	28	0.13	44.7	4054.2	2702.8	62	3654	718	239	2942

Medianamente Denso – Ncorr= 28, $\phi = 35^\circ$

NSR-10 (FS Directo)



CCDSP-95 (FS Global)



AASHTO-2012 (FR ϕ)

