

PRUEBAS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Para trabajar la tierra como
material de construcción



ANDRÉS MAURICIO GONZÁLEZ CAICEDO



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Fundada en 1951

**PRUEBAS DE CAMPO Y ENSAYOS DE
LABORATORIO PARA TRABAJAR LA TIERRA
COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

Arq. Andrés Mauricio González Caicedo



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Fundada en 1951

González Caicedo, Andrés Mauricio

Manual de pruebas de campo y ensayos de laboratorio para trabajar la tierra como material de construcción / Andrés Mauricio González Caicedo ; Departamento de Investigaciones ; Facultad de Arquitectura, Universidad La Gran Colombia . -- 1a ed. -- Bogotá : Universidad La Gran Colombia, 2017.

108 p. 16 x 23 cm: ilustrado con gráficos y fotografías a color.

Incluye bibliografía, glosario e índices de figuras, fotografías y tablas.

ISBN: 978-958-5405-00-4 ISBN-E: 978-958-5405-07-3

1. Materiales de construcción 2. Análisis de suelos 3. Estructura de suelos 4. Pisos (Construcción) 5. Resistencia de materiales – Pruebas 6. Compactación de suelos – Manuales de laboratorio I. Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura II. Universidad La Gran Colombia. Departamento de Investigaciones

693.2 SCDD 21 ed.

VOAG - ADC Biblioteca Universidad La Gran Colombia



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Primera edición: 2017

Todos los derechos reservados para

© Andrés Mauricio González Caicedo

© Universidad La Gran Colombia

ISBN: 978-958-5405-00-4

ISBN-E: 978-958-5405-07-3

Dirección Editorial

José Luis Jiménez Hurtado

Director de Investigaciones

Calle 12C No. 5-15. Teléfono: 2826386

Correo electrónico: investigaciones@ugc.edu.co -

julian.escobar@ugc.edu.co

Departamento de Comunicaciones, Mercadeo y Publicaciones Carrera

5ª No. 12B-49. Teléfono: 2376999 ext. 239

Correo electrónico: publicaciones@ugc.edu.co

Ediciones Grancolombianas

Universidad La Gran Colombia

Bogotá, D.C., sede central La Candelaria

Diseño de portada

Departamento de Comunicaciones, Mercadeo y Publicaciones

Diagramación e impresión

Periódicas S.A.S.

“Las opiniones plasmadas en esta obra son de responsabilidad exclusiva del autor, y no comprometen a la Universidad La Gran Colombia ni determinan su posición o filosofía institucional”.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia, sin permiso escrito de la Universidad La Gran Colombia.

ANDRÉS MAURICIO GONZÁLEZ CAICEDO

Arquitecto Magíster en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en docencia universitaria. Docente catedrático de varias universidades en las áreas de técnicas y taller. Experiencia en construcción de vivienda, contratación estatal y consultor en proyectos ambientales. Investigador en el tema de la tierra como material de construcción. Ponente a nivel nacional e internacional en seminarios y congresos relacionados con la investigación y aplicación del material tierra. Publicaciones en revistas de arquitectura e investigación.

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos en honor a un modelo de vida en donde la dedicación, responsabilidad y cumplimiento facilitan el camino para ascender una escala más en la cima del éxito tanto profesional como personal en pro del bienestar, satisfacción y la felicidad.

A todos los estudiantes que en la escogencia del tema de investigación iniciaron con un querer saber un poco más y finalmente le inyectaron toda su pasión al tema de la construcción con tierra y lo tienen como opción para desarrollar toda su capacidad profesional a futuro inmediato.

RESUMEN

El presente trabajo surge como resultado del proceso de investigación relacionado con el empleo de la tierra como material de construcción y de no encontrar material y normativa nacional acerca de la manera correcta para su empleo en la construcción de viviendas.

Inicia contextualizando y explicando con un lenguaje sencillo el origen del material tierra, para luego abordar el tema principal que son las pruebas de campo y los ensayos de laboratorio. Las primeras se caracterizan por su sencillez y de no requerir equipos especializados las cuales con cierta práctica se aproximan confiablemente a resultados de las características, composición y propiedades de este magnífico material. No obstante para ratificar y validar estos resultados se requieren de los ensayos de laboratorio los cuales se han adaptado del tema de vías y suelos en Ingeniería Civil. Tanto en las pruebas de campo como en los ensayos se organizó el trabajo en tres áreas, una para caracterizar el material tierra desde sus aspectos generales, otra para el estudio de las propiedades de sus partículas finas y por último el análisis de contracción del material, factores claves que permitirán establecer su uso correcto como material de construcción.

Cada prueba y ensayo inicia con una corta definición, seguida de los equipos y herramientas requerida en cada uno, especificando la cantidad de muestra de material requerida y culminando con la descripción paso a paso del proceso. Al final se anexa un formato donde se puede consignar los resultados obtenidos en cada prueba.

Contenido

1. LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	23
1.1 Formación y constitución de la tierra	23
1.2 Constituyentes minerales básicos de la tierra	25
1.3 Propiedades de la tierra	28
1.4 Clasificación de bloques de tierra	29
2. ANÁLISIS DE LA TIERRA	31
3. PRUEBAS DE CAMPO	33
Pruebas para determinar aspectos generales de la tierra	34
3.1 Inspección visual	34
3.2 Sensación al tacto	35
3.3 Ensayo de olor	37
3.4 Sedimentación simplificada	38
Pruebas para determinar las partículas finas de la muestra de tierra.	40
3.5 Prueba de la sacudida	41
3.6 Resistencia en seco	42
3.7 Prueba de brillo	44
3.8 Prueba del cordón	45
3.9 Prueba de la cinta	47

Pruebas para determinar la cantidad de estabilizante	49
3.10 Prueba de la caja-cantidad y/o porcentaje de estabilizante	49
3.11 Prueba de la mano-cantidad de humedad óptima (CHO), para la compactación	51
4. ENSAYOS DE LABORATORIO	57
4.1. Análisis granulométrico de la fracción gruesa	59
4.2 Análisis granulométrico de la fracción fina	65
4.3 Límites de Atterberg	72
4.3.1 Límite Líquido (Wl)	73
4.3.2 Límite Plástico (Wp)	77
4.3.3 Límite de Contracción (Wr)	81
4.4. Ensayo de compactación o proctor	87
 Glosario	 97
 Bibliografía	 105

Tabla de figuras

Figura 1.	Esquema gráfico de los horizontes del suelo	24
Figura 2.	Clasificación de la tierra de acuerdo con sus componentes básicos	26
Figura 3.	Curva granulométrica para la muestra lavada	64
Figura 4.	Curva granulométrica para la fracción fina	71
Figura 5.	Curva de fluidez de la muestra B.	77
Figura 6.	CHO conociendo el límite plástico y límite líquido	89
Figura 7.	Curva para obtener el peso unitario seco máximo y CHO	92

Tabla de fotografías

Fotos 1 y 2.	Tamizado por colador para separar componentes de la muestra	35
Fotos 3 y 4.	Tamizado de la muestra para descartar gravas	35
Fotos 5 y 6.	Sensación al tacto y por sonido de la muestra	36
Fotos 7 y 8.	Calentamiento de la muestra para ensayo de olor	38
Fotos 9 y 10.	Introducción de tierra en frasco y llenado con agua	39
Foto 11.	Decantación de los componentes básicos	40
Foto 12.	Medida de las diferentes capas del material	40
Fotos 13 y 14.	Aplastamiento de la bolita con los dedos	42
Foto 15.	Pastilla fabricada con la muestra de tierra	43
Fotos 16 y 17.	Pulverización de la pastilla con los dedos índice y pulgar	43
Fotos 18 y 19.	Proceso de corte de la bolita con el cuchillo	45
Fotos 20 y 21.	Proceso para hacer el cordón de 3 mm de espesor	46
Fotos 22 y 23.	Proceso para obtener la cinta de 3 mm	48
Fotos 24 y 25.	Proceso de llenado y enrasando del material sobrante	50
Foto 26.	Grietas por contracción del material	50
Foto 27.	Medida del espacio por contracción	50
Foto 28.	Puñado de tierra-cemento humedecido	52
Foto 29.	Muestra con alto contenido de humedad	52
Foto 30.	Medida del tamaño máximo de las partículas de la muestra	59
Fotos 31 y 32.	Preparación de la muestra por lavado	60
Fotos 33 y 34.	Identificación del contenido de humedad y peso seco de una muestra	61
Foto 35.	Serie de tamices para el proceso de tamizado	61
Foto 36.	Maniobra de agitación de la serie de tamices	61
Fotos 37 y 38.	Procedimiento de pesaje del contenido de cada tamiz	62
Fotos 39 y 40.	Equipo y materiales requeridos para este ensayo	66

Fotos 41 y 42.	Preparación de la muestra tamizada por el número 200	67
Fotos 43 y 44.	Preparación de la muestra con hexametáfosfato de sodio	67
Foto 45.	Dispersión adicional empleando una licuadora	67
Foto 46.	Dispersión de muestra en probeta	68
Foto 47.	Toma de lectura con hidrómetro	68
Foto 48.	Lectura de temperatura en la solución patrón	68
Fotos 49 y 50.	Aspecto de las muestras para determinar los límites	72
Foto 51.	Equipo requerido para el ensayo de Límite líquido	73
Foto 52.	Mezclado de la muestra con agua	74
Foto 53.	Llenado de cazuela de bronce con tierra	74
Foto 54.	Ranurador de Casagrande	75
Foto 55.	Giro de manija para producir cierre de ranura	75
Fotos 56 y 57.	Lugar de unión de las partes de tierra para sacar la muestra	75
Foto 58.	Pesaje de muestra obtenida en el aparato de Casagrande	76
Fotos 59 y 60.	Recipientes metálicos y horno con temperatura estable	78
Foto 61.	Formación de esfera para formar el cordón	79
Foto 62.	Formación del cilindro	79
Foto 63.	Desmoronamiento del cordón	79
Foto 64.	Recipientes con trozos del cordón	80
Foto 65.	Muestras de Límites Líquido y Plástico	80
Foto 66.	Equipo requerido para el Límite de contracción	82
Foto 67.	Consistencia de la tierra para llenar molde de acero	83
Foto 68.	Expulsión de aire por vibración	83
Foto 69.	Enrase del molde con la espátula	83
Foto 70.	Contracción de la tierra por secado al sol	84
Fotos 71 y 72.	Proceso de medir el peso desplazado de mercurio	84
Foto 73.	Elaboración de probeta compactando tierra en el molde	88
Fotos 74 y 75.	Equipo requerido para el ensayo de Proctor modificado	88
Fotos 76 y 77.	Amasado de la tierra con el agua calculada	90
Foto 78.	Porciones de tierra para capas del proceso de compactación	90
Foto 79.	Enrasado del molde después de quitar el collar	91
Foto 80.	Pesaje del cilindro o probeta	91
Foto 81.	Extracción muestra parte central del cilindro	91

Índice de tablas

Tabla 1.	Reacciones de la muestra al frotarla entre los dedos y la mano	37
Tabla 2.	Interpretación de las reacciones de olor al calentarla la muestra	38
Tabla 3.	Reacciones de afloramiento de agua en la superficie de la bolita	42
Tabla 4.	Resistencia en seco según la plasticidad de los suelos finos	44
Tabla 5.	Interpretación de la superficie de corte de la bolita	45
Tabla 6.	Reacción del cordón de acuerdo con el efecto de la bolita de tierra	47
Tabla 7.	Reacción de la cinta de tierra de acuerdo con su longitud	48
Tabla 8.	Contracción para determinar proporción de cemento-tierra	51
Tabla 9.	Síntesis de los resultados pruebas de campo de una muestra de tierra	56
Tabla 10.	Peso mínimo de la fracción retenida en el tamiz número 10.	60
Tabla 11.	Análisis granulométrico por tamizado de una muestra lavada	63
Tabla 12.	Síntesis de resultados del análisis granulométrico por hidrómetro	70
Tabla 13.	Datos para determinar el límite líquido	77
Tabla 14.	Datos para determinar el Límite Plástico	81
Tabla 15.	Datos para determinar el Índice de Plasticidad	81
Tabla 16.	Datos para calcular el Límite de contracción de una muestra de tierra	85
Tabla 17.	Límites de Atterberg e Índice Plástico para una muestra tierra	86
Tabla 18.	Cálculos contenidos de humedad y densidad para una muestra	92