UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS CIVILES

TEMA:
MANUAL DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

AUTORES:
PAÚL DAVID FIERRO QUINTANA
STALIN ANDRES ASITIMBAY ALMEIDA

TUTOR:
BYRON IVÁN ALTAMIRANO LEÓN

Quito, febrero de 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Paúl David Fierro Quintana y Stalin Andres Asitimbay Almeida, con documento de identificación N° 1719038182 y 1722008867, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: "MANUAL DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIEROS CIVILES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Paúl Fierro

Cédula: 1719038182



.....

Nombre: Stalin Asitimbay

Cédula: 1722008867

Quito, febrero de 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

. Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, con el tema: "MANUAL DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN", realizado por Paúl David Fierro Quintana y Stalin Andres Asitimbay Almeida, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero de 2019



Ing. Byron Iván Altamirano León, Msc.

Cédula: 1709301590

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 1
ANTECEDENTES 1
1.1. Planteamiento del problema 1
1.2. Justificación 2
1.3. Objetivos 3
1.4. Metodología 3
CAPÍTULO 2 5
ENSAYO:HOMOGENIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE MUESTRA PARA ÁRIDO FINO Y GRUESO 5
2.1. Términos y definiciones de la práctica 5
2.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio 6
2.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 8
2.3. Marco teórico de la práctica 8
2.3.1. Introducción 8
2.3.2. Criterios Para La Elección De Los Agregados 9
2.4. Objetivo de la práctica: 11
2.5. Alcance 11
2.6. Importancia y aplicación 11
2.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica 12
2.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 14
2.9. Procedimiento de la práctica 15
2.9.1. Método A: Cuarteo manual – árido grueso y árido fino 15
2.9.2. Método B – Separador mecánico – árido grueso y árido fino 17
2.10. Preguntas y plantilla de laboratorio para llenar 18
2.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 18
2.10.2. Análisis y discusión 19
2.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar 21
CAPÍTULO 3 22
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO. 22
3.1. Términos y definiciones de la práctica 22
3.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio 23
3.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 24
3.3. Marco teórico 25
3.3.1. Introducción 25
3.3.2. Gradación del árido 26
3.3.3. Clasificación según su tamaño 26
3.3.4. Curva de granulometría o gradación 28
3.3.5. Verificación de resultados 29
3.3.6. Módulo de finura 31
3.4. Objetivo de la práctica: 33
3.5. Alcance 33
3.6. Importancia y aplicación 34
3.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica 34
3.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 37
3.9. Procedimiento de la práctica 42

3.9.1. Procedimiento de la práctica - Agregado fino 42
3.9.2. Procedimiento de la práctica - agregado grueso 44
3.10. Preguntas y plantilla de laboratorio para llenar 46
3.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 46
3.10.2. Análisis y discusión 47
3.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar 49
CAPÍTULO 4 51
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD RELATIVA) PARA ÁRIDO FINO, ÁRIDO GRUESO 51
4.1. Términos y definiciones de la práctica 51
4.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio 52
4.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 54
4.3. Marco teórico de la práctica 55
4.3.1. Introducción 55
4.3.2. Densidad 55
4.3.3. Porosidad y absorción 56
4.3.4. Fórmulas y cálculos 62
4.4. Objetivo de la práctica 65
4.5. Alcance 66
4.6. Importancia y aplicación 66
4.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica 68
4.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 71
4.9. Procedimiento de la práctica 73
4.9.1. Procedimiento de la práctica – Árido fino 73
4.10. Plantilla para llenar –Árido fino 80
4.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 80
4.10.2. Plantilla de laboratorio para llenar. 81
4.11. Procedimiento de la práctica – Árido grueso 82
4.12. Plantilla para llenar –Árido grueso 84
4.12.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 84
4.12.2. Análisis y discusión 85
4.12.3. Plantilla de laboratorio para llenar 86
CAPÍTULO 5 87
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS. 87
5.1. Términos y definiciones de la práctica 87
5.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio 88
5.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 89
5.3. Marco teórico de la práctica 89
5.3.1. Introducción 89
5.3.2. Masa unitaria 90
5.3.3. Expansión o abultamiento 92
5.3.4. Contenido de vacíos, máxima compacidad, en áridos 92
5.3.5. Fórmulas y cálculos 95
5.4. Objetivo de la práctica 96
5.5. Alcance 97
5.6. Importancia y aplicación 97

5.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica ……..99
5.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 101
5.9. Procedimiento de la práctica..... 102
5.9.1. Procedimiento por varillado 103
5.9.2 Procedimiento por paladas..... 104
5.9.3. Procedimiento por sacudidas 105
5.10. Plantilla para llenar 106
5.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar..... 106
5.10.2. Análisis y discusión 107
5.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar..... 109
CAPÍTULO 6..... 110
ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO EN PARTÍCULAS MENORES A 37,5 MM..... 110
6.1. Términos y definiciones de la práctica 110
6.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio..... 110
6.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 112
6.3. Marco teórico de la práctica..... 113
6.3.1. Introducción..... 113
6.3.2. Resistencia del árido..... 113
6.3.3. Dureza del árido..... 114
6.3.3. Fórmulas y cálculos 114
6.4. Objetivo de la práctica 115
6.5. Alcance 115
6.6. Importancia y aplicación..... 116
6.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica ……117
6.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 121
6.9. Procedimiento de la práctica..... 122
6.10. Plantilla para llenar 124
6.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar..... 124
6.10.2. Análisis y discusión 125
6.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar..... 126
CAPÍTULO 7..... 127
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGONES. 127
7.1. Términos y definiciones de la práctica 127
7.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio..... 127
7.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 128
7.3. Marco teórico de la práctica..... 128
7.3.1. Introducción 128
7.3.2. Índices de calidad..... 129
7.4. Objetivo de la práctica 131
7.5. Alcance 131
7.6. Importancia y aplicación..... 132
7.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……132
7.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 134
7.9. Procedimiento de la práctica. 135

7.10. Plantilla para llenar 137
7.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 137
7.10.2. Análisis y discusión 138
7.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar 139
CAPÍTULO 8 140
ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD PARA ÁRIDO FINO Y ÁRIDO GRUESO 140
8.1. Términos y definiciones de la práctica 140
8.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 140
8.3. Marco teórico de la práctica 141
8.3.1. Introducción 141
8.3.2. Influencia en las mezclas de hormigón 141
8.3.3. Formulas y cálculos 142
8.4. Objetivo de la práctica 143
8.5. Alcance 143
8.6. Importancia y aplicación 144
8.7. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica ……145
8.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 146
8.9. Procedimiento de la práctica 148
8.10. Plantilla para llenar 149
8.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 149
8.10.2. Análisis y discusión 150
8.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar 151
CAPÍTULO 9 152
ENSAYO:DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO Y PREPARACIÓN, CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE LABORATORIO Y EN OBRA. 152
9.1. Términos y definiciones de la práctica 152
9.1.1. Terminología y definiciones de la práctica 153
9.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 158
9.3. Marco teórico de la práctica 159
9.3.1. Introducción 159
9.3.2. Función de los agregados en la elaboración del hormigón 159
9.3.3. Datos previos necesarios - Dosificación 162
9.3.4. Metodología general - Dosificación 163
9.3.5. Mezcla de prueba 164
9.3.6. Elección del asentamiento 165
9.4. Objetivo de la práctica 167
9.5. Alcance 168
9.6. Importancia y aplicación 168
9.7. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica ……169
9.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 172
9.9. Procedimiento de la práctica 178
9.10. Plantilla para llenar 190
9.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 190
9.10.2. Análisis y discusión 192
9.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar 194

ANEXO 9 – A 196
ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO DE ACUERDO A ASTM C1064 196
9-A-1. Marco teórico 196
9-A-1-1. Introducción 196
9-A-2. Objetivo de la práctica 199
9-A-3. Alcance 199
9-A-4. Importancia y Uso 199
9-A-5. Herramientas y equipo de la práctica 200
9-A-6. Procedimiento de la práctica 201
9.A-7. Plantilla de laboratorio para llenar 203
ANEXO 9-B 204
ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGÓN RECIÉN MEZCLADO, MEDIANTE EL MÉTODO DE PRESIÓN DE ACUERDO A ASTM C231 204
9-B-1. Marco teórico 204
9-B-1-1.Introducción 204
9-B-1-2.Contenido de aire 205
9-B-1-3.Aire atrapado y aire incorporado o incluido 206
9-B-1-4.Aditivos inclusores de aire 206
9-B-1-5.Fórmulas y cálculos 207
9-B-2. Objetivo de la práctica 208
9-B-3. Alcance 208
9-B-4. Importancia y aplicación 208
9-B-5. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica 209
9-B-6. Procedimiento de la práctica 211
9-B-7. Plantilla de laboratorio para llenar 215
CAPÍTULO 10 216
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. 216
10.1. Términos y definiciones de la práctica 216
10.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio 217
10.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 218
10.3. Marco teórico de la práctica 219
10.3.1. Introducción 219
10.3.2. Resistencia a los 28 días 219
10.3.3. Evolución de las propiedades del concreto 221
10.3.4. Cambios de estado del concreto 223
10.3.5. Proyecciones de la resistencia de diseño 225
10.3.6. Criterios para evaluar resultados 227
10.3.7. Precisión del ensayo 229
10.3.8. Modelos típicos de fractura 229
10.3.9. Fórmulas y cálculos 230
10.4. Objetivo de la práctica 232
10.5. Alcance 232
10.6. Importancia y aplicación 233

10.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……233
10.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 237
10.9. Procedimiento de la práctica 239
10.10. Plantilla para llenar 242
10.10.1.Preguntas previas al laboratorio para llenar 242
10.10.2.Análisis y discusión 243
10.10.3.Plantilla de laboratorio para llenar 245
ANEXO 10-A 246
ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLERÓMETRO) 246
10-A-1. Marco teórico 246
10-A-1-1.Inconvenientes del método 247
10-A-2. Objetivo de la práctica 248
10-A-3. Alcance 248
10-A-4. Importancia o uso 249
10-A-5. Equipo de laboratorio 249
10-A-6. Área de ensayo 250
10-A-7. Preparación de la Superficie de Ensayo 251
10-A-8. Procedimiento de la práctica 252
10-A-9. Plantilla de la práctica para llenar 253
CAPÍTULO 11 254
ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON EN CONCRETO A COMPRESIÓN 254
11.1. Términos y definiciones de la práctica 254
11.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio 255
11.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 259
11.3. Marco teórico de la práctica 260
11.3.1. Introducción 260
11.3.2. Módulo de elasticidad del concreto 261
11.3.3. Métodos de determinación del módulo de elasticidad 262
11.3.4. Relación de poisson 267
11.3.5. Fórmulas y cálculos 270
11.4. Objetivo de la práctica 271
11.5. Alcance 272
11.6. Importancia y aplicación 272
11.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……273
11.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 279
11.9. Procedimiento de la práctica 281
11.10. Plantilla para llenar 284
11.10.1.Preguntas previas al laboratorio para llenar 284
11.10.2.Análisis y discusión 285
11.10.3.Plantilla de laboratorio para llenar 287
CAPÍTULO 12 289
ENSAYO:DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN, UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS. 289
12.1. Términos y definiciones de la práctica 289

12.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio..... 289
12.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 290
12.3. Marco teórico de la práctica..... 290
12.3.1. Introducción 290
12.3.2. Resistencia a la flexión 291
12.3.3. Consideraciones previas al ensayo..... 292
12.3.4. Comparación de pruebas..... 294
12.4. Objetivo de la práctica 296
12.5. Alcance 296
12.6. Importancia y aplicación..... 296
12.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……297
12.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio. 300
12.9. Procedimiento de la práctica..... 301
12.10. Plantilla para llenar 305
12.10.1.Preguntas previas al laboratorio para llenar..... 305
12.10.2.Análisis y discusión 306
12.10.3.Plantilla de laboratorio para llenar..... 308
CAPÍTULO 13 309
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA Y PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS DE MADERA. ……309
13.1. Terminología y definiciones de la práctica..... 309
13.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio..... 311
13.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 312
13.3. Marco teórico de la práctica..... 313
13.3.1. Introducción 313
13.3.2. Madera 313
13.3.3. Características de la madera..... 314
13.3.4. Propiedades resistentes de la madera..... 315
13.3.5. Formas de corte de madera 316
13.3.6. Planos de la madera 317
13.3.7. Propiedades mecánicas 318
13.3.8. Resistencia a la compresión paralela a la fibra: 323
13.3.9. Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra:..... 326
13.3.10.Clasificación de la madera estructural..... 328
13.3.11.Módulo de elasticidad..... 329
13.3.12.Formulas y cálculos – compresión paralela a la fibra..... 330
13.3.13.Fórmulas y cálculos - compresión perpendicular al grano 331
13.4. Objetivo de la práctica 333
13.5. Alcance 333
13.6. Importancia y aplicación..... 333
13.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica ……335
13.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 342
13.9. Procedimiento de la práctica – Compresión paralela al grano..... 344
13.10. Procedimiento de la práctica – Compresión perpendicular al grano 347
13.11. Plantilla para llenar 349
13.11.1.Preguntas previas al laboratorio para llenar..... 349

13.11.2. Análisis y discusión 350
13.11.3. Plantilla de laboratorio para llenar 351
CAPÍTULO 14 355
ENSAYO:DETERMINACIÓN DE LA TRACCIÓN PARALELA Y PERPENDICULAR AL GRANO 355
14.1. Terminología y definiciones de la práctica 355
14.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 355
14.3. Marco teórico de la práctica 356
14.3.1. Introducción 356
14.3.2. Resistencia a la tracción paralela a la fibra 356
14.3.3. Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra 358
14.3.4. Fórmulas y cálculos – Determinación de la tracción paralela al grano 359
14.3.5. Fórmulas y cálculos – Determinación de la tracción perpendicular al grano 360
14.4. Objetivo de la práctica 361
14.5. Alcance 361
14.6. Importancia y aplicación 362
14.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. 362
14.8. Procedimiento de la práctica – Tracción paralela al grano 366
14.9. Procedimiento de la práctica – Tracción perpendicular a la fibra 371
14.10. Preguntas previas al laboratorio 371
14.11. Plantilla para llenar 373
14.11.1.Preguntas previas al laboratorio para llenar 373
14.11.2.Análisis y discusión 374
14.11.3.Plantilla de laboratorio para llenar 375
CAPÍTULO 15 378
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN UNA VIGA DE MADERA 378
15.1. Terminología y definiciones de la práctica 378
15.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio 378
15.2. Siglas y normativa referencial 380
15.3. Marco teórico de la práctica 380
15.3.1. Formas de falla en el ensayo de flexión 382
15.3.2. Fórmulas y cálculos 384
15.4. Objetivo de la práctica 386
15.5. Alcance 386
15.6. Importancia y aplicación 387
15.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica 387
15.8. Procedimiento de la práctica 390
15.9. Plantilla para llenar 393
15.9.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar 393
15.9.2. Análisis y discusión 394
15.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar 395
CAPÍTULO 16 397
ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO 397
16.1. Siglas y normativa referencial 397

16.2. Marco teórico de la práctica 397
16.2.1. Introducción 397
16.2.2. Resistencia al corte 398
16.2.3. Fórmulas y cálculos 400
16.3. Objetivo de la práctica 401
16.4. Alcance 401
16.5. Importancia y aplicación 401
16.6. Herramientas y equipos de laboratorio 402
16.7. Procedimiento de la práctica 403
16.8. Plantilla para llenar 405
16.8.1. Preguntas previas al laboratorio 405
16.8.2. Análisis y discusión 406
16.8.3. Plantilla de laboratorio para llenar 408
CAPÍTULO 17 409
ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50MM DE ARISTA. 409
17.1. Terminología de definiciones de la práctica 409
17.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 410
17.3. Marco teórico de la práctica 411
17.3.1. Introducción 411
17.3.2. Definición, Tipos y usos de los morteros 413
17.3.3. Propiedades de los morteros en estado plástico 418
17.3.4. Propiedades de los morteros en estado endurecido 420
17.3.5. Fórmulas y cálculos 422
17.4. Objetivo de la práctica 422
17.5. Alcance 423
17.6. Importancia y aplicación 423
17.7. Herramientas y equipos de laboratorio 424
17.8. Procedimiento de la práctica 430
17.9. Plantilla para llenar 432
17.9.1. Preguntas previas al laboratorio 432
17.9.2. Análisis y discusión 433
17.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar 435
CAPÍTULO 18 436
ENSAYO: PREPARACIÓN DE LADRILLOS Y COMPRESIÓN DE LADRILLOS. 436
18.1. Términos y definiciones de la práctica 436
18.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 437
18.3. Marco teórico de la práctica 438
18.3.1. Introducción 438
18.3.2. Clasificación 438
18.3.3. Fabricación 439
18.3.4. Muestreo 439
18.3.5. Propiedades químicas 441
18.3.6. Fórmulas y cálculos 443
18.4. Objetivo de la práctica 444
18.5. Alcance 444
18.6. Importancia y aplicación 444

18.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica ……445
18.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 449
18.9. Procedimiento de la práctica 451
18.10. Plantilla para llenar 452
18.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar 452
18.10.2. Plantilla de laboratorio para llenar. 453
CAPÍTULO 19 454
ENSAYO: PREPARACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN. 454
19.1. Términos y definiciones de la práctica 454
19.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 457
19.3. Marco teórico de la práctica 457
19.3.1. Introducción 457
19.3.2. Tipos de bloque según su forma 459
19.3.3. Defectos de las unidades 461
19.3.4. Propiedades de las unidades 462
19.3.5. Clasificación del bloque 463
19.3.6. Materiales para su elaboración 464
19.3.7. Muestreo 465
19.3.8. Partes del bloque de hormigón 466
19.3.9. Fórmulas y cálculos 467
19.4. Objetivo de la práctica: 468
19.5. Alcance 468
19.6. Importancia y aplicación 469
19.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica ……469
19.7.1. Refrentado para el ensayo a compresión 469
19.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 472
19.9. Procedimiento de la práctica 473
19.10. Plantilla para llenar 474
19.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar 474
19.10.2. Análisis y discusión 475
19.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar. 476
CAPÍTULO 20 477
ENSAYO: TRACCIÓN INDIRECTA EN ADOQUINES 477
20.1. Términos y definiciones de la práctica 477
20.1.1. Máquina de ensayo 480
20.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 481
20.3. Marco teórico de la práctica 482
20.3.1. Introducción 482
20.3.2. Clasificación del adoquín 483
20.3.3. Formas y tamaños de los adoquines 484
20.3.4. Resistencia a la rotura 484
20.3.5. Dimensiones y características geométricas 484
20.3.6. Biseles 485
20.3.7. Absorción de agua 485
20.3.8. Fórmulas y cálculos 486
20.4. Objetivo de la práctica 489

20.5. Alcance 490
20.6. Importancia y aplicación 490
20.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica ……491
20.8. Procedimiento de la práctica 495
20.8.1. Preguntas de laboratorio para llenar 496
20.8.2. Análisis y discusión 497
20.8.3. Plantilla de laboratorio para llenar 498
CAPÍTULO 21 499
ENSAYO: PREPARACIÓN DE ADOQUINES DE HORMIGÓN, COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE HORMIGÓN. 499
21.1. Términos y definiciones de la práctica 499
21.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 500
21.3. Marco teórico de la práctica 500
21.3.1. Resistencia del adoquín 500
21.3.2. Fórmulas y cálculos 501
21.4. Objetivo de la práctica: 504
21.5. Alcance 504
21.6. Importancia y aplicación 504
21.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica ……505
21.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 509
21.9. Procedimiento de la práctica: 511
21.9.1. Preguntas de laboratorio para llenar 512
21.9.2. Análisis y discusión 513
21.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar. 514
CAPÍTULO 22 515
ENSAYO: TRACCIÓN EN VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO 515
22.1. Términos y definiciones de la práctica 515
22.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 516
22.3. Marco teórico de la práctica 517
22.3.1. Introducción 517
22.3.2. Resistencia a la tracción 517
22.3.3. Comportamiento mecánico del acero 518
22.3.4. Esfuerzo de fluencia (fy) 522
22.3.5. Curva tensión deformación para materiales dúctiles y frágiles 523
22.3.6. Esfuerzo máximo 525
22.3.7. Requisitos mecánicos para varilla corrugada. 525
22.3.8. Tipos de fallas en las probetas de acero. 526
22.3.9. Fórmulas y cálculos 526
22.4. Objetivo de la práctica: 528
22.5. Alcance 528
22.6. Importancia y aplicación 528
22.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……529
22.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio 531
22.9. Procedimiento de la práctica 533
22.10. Plantilla para llenar 538
22.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar 538

22.10.2.Análisis y discusión 539
22.10.3.Plantilla de laboratorio para llenar. 541
CAPÍTULO 23 542
ENSAYO: TORSIÓN EN VARILLAS DE ACERO CORRUGADO 542
23.1. Términos y definiciones de la práctica 542
23.2. Siglas y normativa referencial de la práctica 543
23.3. Marco teórico de la práctica 543
23.3.1. Introducción 543
23.3.2. Fórmulas y cálculos 544
23.4. Objetivo de la práctica: 547
23.5. Alcance 548
23.6. Importancia y aplicación 548
23.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica. ……549
23.8. Procedimiento de la práctica: 550
23.9. Plantilla para llenar 553
23.9.1. Preguntas al laboratorio para llenar 553
23.9.2. Análisis y discusión 554
23.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar. 555
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 556
REFERENCIAS 558
Normativa Referencial 561

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los agregados según su tamaño. 26
Tabla 2. Serie de tamices de Taylor 27
Tabla 3.Tabla de límites granulométricos para agregado fino 29
Tabla 4. Recomendaciones granulométricas para agregado grueso. 30
Tabla 5.Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso. 36
Tabla 6.Clasificación del agregado según su densidad 56
Tabla 7. Masa mínima de la muestra de ensayo para árido grueso. 70
Tabla 8. Capacidad nominal del molde 88
Tabla 9. Gradación de las muestras de ensayo 118
Tabla 10. Especificaciones para la carga. 119
Tabla 11. Índices de calidad según colorimetría 130
Tabla 12. Colores normalizados en escala de Gardner 130
Tabla 13.Tamaño de la muestra de árido. 146
Tabla 14. Requisitos para varillas compactadoras. 157
Tabla 15. Valores de asentamiento recomendados, ... 165
Tabla 16. Resumen de requisitos de tamaño, tipo y moldeo 176
Tabla 17. 9Requisitos para el moldeo mediante varillado 183
Tabla 18. Requisitos para el moldeo mediante varillado. 187
Tabla 19. Temperatura mínima del hormigón al ser colocado-clima frío 200
Tabla 20. Ejemplo de la magnitud de algunas propiedades del concreto. 204
Tabla 21. Resistencias Referenciales límites para especímenes ensayados con cemento Portland Tipo I 226
Tabla 22. Tolerancia de tiempo admisible para ensayo de especímenes 226
Tabla 23. Criterios para evaluar resultados. 227
Tabla 24. Criterios para evaluar resultados 228
Tabla 25. Precisión dentro del ensayo. 229
Tabla 26. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen 231
Tabla 27. Precisión dentro del ensayo. 238
Tabla 28. Partes – esclerómetro 250
Tabla 29. Módulo de elasticidad de agregados en el ecuador. 267
Tabla 30. Porcentajes de variación. 320
Tabla 31. Contenido de humedad de la madera 322
Tabla 32. Clasificación de la madera estructural 329
Tabla 33. Módulo de elasticidad de madera A,B,C 329
Tabla 34. Resultados tracción en probeta de madera, (7) 370
Tabla 35. Variaciones permisibles en moldes para especímenes. 409
Tabla 36. Clasificación de os morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación. 415
Tabla 37. Clasificación ASTM C-476 de morteros de pega para mampostería reforzada según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación-Partes por volumen. 415
Tabla 38. Morteros de relleno – Partes por volumen. 416
Tabla 39. Usos de los morteros de cemento. 418
Tabla 40. Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación. 419
Tabla 41. Cantidades de materiales a ser mezcladas de una vez, en una amasada de mortero para elaborar 6 y 9 especímenes de ensayo. 426

Tabla 42. Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos, (1) 430
Tabla 43. Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección 440
Tabla 44. Resistencia mínima a la compresión Mpa..... 442
Tabla 45. Bloques de hormigón de acuerdo con su uso. 464
Tabla 46. Bloques de hormigón de acuerdo con su densidad 464
Tabla 47. Bloques de hormigón de acuerdo a su resistencia a la compresión. 464
Tabla 48. Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada..... 465
Tabla 49. Formas y tamaños de adoquines. 484
Tabla 50. Factor de corrección. 485
Tabla 51. Factor de corrección k 487
Tabla 52. Correlación entre resistencias. 488
Tabla 53. Clasificación de tránsito y tipo de adoquín 501
Tabla 54. Especificaciones mecánicas de las varillas lisas y corrugadas para hormigón armado..... 525
Tabla 55. Conductor de calor 531
Tabla 56. Procedimiento tracción acero - resultados, (8)..... 537

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Herramientas para el ensayo de homogenización y reducción de muestras 12
Imagen 2. Equipos de laboratorio para el ensayo de homogenización y reducción de muestras 13
Imagen 3. Procedimiento cuarteo A, (3) 15
Imagen 4. Procedimiento cuarteo A, (4) 15
Imagen 5. Procedimiento cuarteo A, (5) 16
Imagen 6. Procedimiento cuarteo A, (6) 16
Imagen 7. Procedimiento cuarteo A, (7) 16
Imagen 8. Procedimiento cuarteo B 17
Imagen 9.Procedimiento cuarteo B (1) 17
Imagen 10.Procedimiento cuarteo B, (2) 17
Imagen 11.Procedimiento cuarteo B, (3) 17
Imagen 12.Herramientas para el ensayo de análisis granulométrico 34
Imagen 13. Herramientas para el ensayo de análisis granulométrico 35
Imagen 14. Procedimiento granulometría AF, (1) 42
Imagen 15. Procedimiento granulometría AF, (2) 42
Imagen 16.Procedimiento granulometría AF, (3) 42
Imagen 17.Procedimiento granulometría AF, (4) 43
Imagen 18. Procedimiento granulometría AF, (5) 43
Imagen 19.Procedimiento granulometría AG, (1) 44
Imagen 20. Procedimiento granulometría AG, (2) 44
Imagen 21. Procedimiento granulometría AG, (3) 44
Imagen 22. Procedimiento granulometría AG, (4) 45
Imagen 23. Procedimiento granulometría AG, (5) 45
Imagen 24. Herramientas para el ensayo: densidad, peso específico. 68
Imagen 25. Equipos de laboratorio para el ensayo: densidad, peso específico AF .. 68
Imagen 26. Equipos de laboratorio para el ensayo: densidad, peso específico AG.. 69
Imagen 27. Preparación de muestra AG (1)..... 70
Imagen 28. Preparación de muestra AG (2)..... 70
Imagen 29.Preparación de muestra AG (3)..... 70
Imagen 30. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (1)..... 73
Imagen 31.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (2)..... 73
Imagen 32. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (3)..... 74
Imagen 33. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (2)..... 74
Imagen 34. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.2)..... 75
Imagen 35. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.3)..... 75
Imagen 36.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.4)..... 75
Imagen 37. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.5).... 76
Imagen 38. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.5)..... 76
Imagen 39. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5)..... 77
Imagen 40. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.2)..... 77
Imagen 41. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.3)..... 77
Imagen 42. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.3)..... 77
Imagen 43.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.4)..... 78
Imagen 44. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.6)..... 78
Imagen 45. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.7)..... 78
Imagen 46. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.8)..... 79

Imagen 47.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (2) 82
Imagen 48.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (1) 82
Imagen 49.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (3) 82
Imagen 50.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (4) 82
Imagen 51. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (5) 83
Imagen 52. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (6) 83
Imagen 53. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (7) 83
Imagen 54. Herramientas para determinación de la masa unitaria 99
Imagen 55. Equipos de laboratorio para determinación de la masa unitaria 99
Imagen 56.Equipos de laboratorio para determinación de la masa unitaria 100
Imagen 57.Procedimiento varillado (3)..... 103
Imagen 58. Procedimiento varillado (2)..... 103
Imagen 59.Procedimiento varillado (4)..... 103
Imagen 60. Procedimiento paladas (2)..... 104
Imagen 61. Procedimiento varillado (3)..... 104
Imagen 62. Procedimiento por sacudidas (2)..... 105
Imagen 63. Procedimiento por sacudidas (5)..... 105
Imagen 64.Herramientas para degradación de árido..... 117
Imagen 65. Equipos de laboratorio para degradación de árido..... 117
Imagen 66. Preparación de la muestra (c.4)..... 119
Imagen 67. Preparación de la muestra (c.5)..... 119
Imagen 68. Preparación de la muestra (c.6)..... 119
Imagen 69. Procedimiento degradación árido (1)..... 122
Imagen 70.Procedimiento degradación árido (2)..... 122
Imagen 71. Procedimiento degradación árido (3)..... 123
Imagen 72. Procedimiento degradación árido (4)..... 123
Imagen 73. Herramientas para determinar impurezas orgánicas 132
Imagen 74. Equipo de laboratorio para determinar impurezas orgánicas..... 133
Imagen 75. Preparación de muestra- pesaje..... 133
Imagen 76. Preparación de la muestra - insumos..... 133
Imagen 77. Procedimiento contenido orgánico (1)..... 135
Imagen 78. Procedimiento contenido orgánico (2)..... 136
Imagen 79. Procedimiento contenido orgánico (a.1) 136
Imagen 80. Procedimiento contenido orgánico (b.1)..... 136
Imagen 81. Herramientas para determinar el contenido de humedad..... 145
Imagen 82.Equipo de laboratorio para determinar el contenido de humedad..... 145
Imagen 83. Procedimiento contenido de humedad (1)..... 148
Imagen 84. Procedimiento contenido de humedad (2)..... 148
Imagen 85. Herramientas para determinar el asentamiento..... 169
Imagen 86. Equipo de laboratorio-asentamiento del concreto..... 170
Imagen 87. Equipo de laboratorio-preparación y curado..... 171
Imagen 88. Materiales o insumos – elaboración de hormigón..... 171
Imagen 89.Procedimiento A, (1)..... 178
Imagen 90.Procedimiento A, (2)..... 178
Imagen 91. Procedimiento A, (3)..... 178
Imagen 92. Procedimiento A, (3)..... 179
Imagen 93. Procedimiento A, (3)..... 179
Imagen 94. Procedimiento A, (4)..... 179
Imagen 95. Procedimiento A, (5)..... 180

Imagen 96. Procedimiento A, (7) 180
Imagen 97. Procedimiento A, (8) 181
Imagen 98. Procedimiento A, (8) 181
Imagen 99. Procedimiento A, (9) 181
Imagen 100. Procedimiento A, (11) 181
Imagen 101. Procedimiento A, (13) 182
Imagen 102. Procedimiento A, (15) 182
Imagen 103. Procedimiento A, (14) 182
Imagen 104. Procedimiento B, (1) 184
Imagen 105. Procedimiento B, (2) 184
Imagen 106. Procedimiento B, (3) 184
Imagen 107. Procedimiento B, (4) 184
Imagen 108. Procedimiento B, (5) 185
Imagen 109. Procedimiento B, (6) 185
Imagen 110. Procedimiento B, (7) 185
Imagen 111. Procedimiento B, (8) 185
Imagen 112. Procedimiento B, (9) 186
Imagen 113. Procedimiento B, (10) 186
Imagen 114. Procedimiento B-vigas, (1) 187
Imagen 115. Procedimiento B-vigas, (3) 187
Imagen 116. Procedimiento B-vigas, (5) 188
Imagen 117. Procedimiento B-vigas, (6) 188
Imagen 118. Procedimiento C 189
Imagen 119. Procedimiento C 189
Imagen 120. Herramientas determinar la temperatura en el hormigón 200
Imagen 121. Equipo de laboratorio para determinar la temperatura del hormigón 201
Imagen 122. Procedimiento temperatura (2) 201
Imagen 123. Procedimiento temperatura (3) 202
Imagen 124.Procedimiento temperatura (4) 202
Imagen 125. Herramientas para determinar el contenido de aire en el hormigón .. 209
Imagen 126. Equipo de laboratorio para determinar el contenido de aire en el hormigón 210
Imagen 127. Procedimiento contenido de aire, (2) 211
Imagen 128. Procedimiento contenido de aire, (1) 211
Imagen 129. Procedimiento contenido de aire, (3) 211
Imagen 130. Procedimiento contenido de aire, (4) 211
Imagen 131. Procedimiento contenido de aire, (8) 212
Imagen 132. Procedimiento contenido de aire, (9) 212
Imagen 133. Procedimiento contenido de aire, (10) 212
Imagen 134. Procedimiento contenido de aire, (11) 213
Imagen 135. Procedimiento contenido de aire, (12) 213
Imagen 136. Procedimiento contenido de aire, (13) 213
Imagen 137. Procedimiento contenido de aire, (14) 213
Imagen 138.Procedimiento contenido de aire, (15) 214
Imagen 139. Tipo de fracturas 230
Imagen 140. Herramientas para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón. 233
Imagen 141. Equipo de laboratorio para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón 234

Imagen 142. Preparación muestra – compresión cilindros 234
Imagen 143. Preparación muestra – compresión cilindros. 235
Imagen 144. Preparación muestra – compresión cilindros 235
Imagen 145. Preparación muestra – compresión cilindros 235
Imagen 146. Preparación muestra – compresión cilindros 236
Imagen 147. Preparación muestra – compresión cilindros 236
Imagen 148. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes. 236
Imagen 149. Procedimiento compresión (1) 239
Imagen 150. Procedimiento compresión (2) 240
Imagen 151. Procedimiento compresión (3) 240
Imagen 152. Procedimiento compresión (4) 240
Imagen 153.Procedimiento compresión (5) 240
Imagen 154. Procedimiento compresión (7) 241
Imagen 155. Procedimiento compresión (9) 241
Imagen 156. Imagen esclerómetro 252
Imagen 157.Ángulos de inclinación esclerómetro 252
Imagen 158. Compresómetro 255
Imagen 159. Diagrama de desplazamientos. 256
Imagen 160. Extensómetro 258
Imagen 161. Herramientas para determinar módulo de elasticidad y relación poisson. 273
Imagen 162. Equipo de laboratorio determinar módulo de elasticidad y relación poisson. 274
Imagen 163. Procedimiento de verificación. 274
Imagen 164. Procedimiento de verificación. 275
Imagen 165. Procedimiento de verificación. 275
Imagen 166.Procedimiento de verificación. 275
Imagen 167. Procedimiento de verificación. 276
Imagen 168. Procedimiento de verificación. 276
Imagen 169. Procedimiento – preparación de la muestra 276
Imagen 170. Procedimiento – preparación de la muestra 276
Imagen 171. Procedimiento – preparación de la muestra 277
Imagen 172. Procedimiento – preparación de la muestra 277
Imagen 173. Corrección en compresómetro 278
Imagen 174. Corrección en extensómetro. 279
Imagen 175. Procedimiento de la práctica. (1) 281
Imagen 176.Procedimiento de la práctica (2) 281
Imagen 177. Procedimiento de la práctica (3.a) 281
Imagen 178. Procedimiento de la práctica (3.b) 282
Imagen 179. Procedimiento de la práctica - deformímetros 282
Imagen 180. Herramientas para determinar la resistencia a la flexión 297
Imagen 181. Equipos de laboratorio para determinar la resistencia a la flexión 297
Imagen 182. Preparación de la muestra. 298
Imagen 183. Preparación de la muestra – verificación de geometría. 298
Imagen 184. Preparación de la muestra 299
Imagen 185. Preparación de la muestra 299
Imagen 186. Procedimiento flexión (1) 301
Imagen 187. Procedimiento flexión (4) 302
Imagen 188. Procedimiento flexión (5) 302

Imagen 189. Procedimiento flexión (6) 303
Imagen 190. Procedimiento flexión (7.a)..... 303
Imagen 191. Procedimiento flexión (7.b) 304
Imagen 192. Procedimiento flexión (7.c)..... 304
Imagen 193. Herramientas – resistencia a compresión en probetas de madera..... 335
Imagen 194. Equipo de laboratorio - resistencia a compresión en probetas de madera 336
Imagen 195. Probeta para ensayo – dimensiones, disposición de carga..... 337
Imagen 196. Probeta para ensayo – dimensiones, disposición de carga..... 337
Imagen 197. Defectos - nudos..... 338
Imagen 198. Defectos – textura irregular..... 338
Imagen 199. Defectos – pieza con albura 339
Imagen 200. Defectos – rajaduras, grietas 339
Imagen 201. Defectos – canto muerto 339
Imagen 202.Preparación de la muestra, geometría, peso. 340
Imagen 203.Preparación de la muestra - marcación 340
Imagen 204. Preparación de la muestra 341
Imagen 205. Preparación de la muestra - marcación 341
Imagen 206. Procedimiento – paralela al grano, (1)..... 344
Imagen 207. Procedimiento – paralela al grano, (2)..... 345
Imagen 208. Procedimiento – paralela al grano, (5)..... 345
Imagen 209. Procedimiento – paralela al grano, (8)..... 346
Imagen 210. Procedimiento – perpendicular al grano, (1)..... 347
Imagen 211. Procedimiento – perpendicular al grano, (2)..... 347
Imagen 212. Procedimiento – perpendicular al grano, (5)..... 348
Imagen 213. Procedimiento – perpendicular al grano, (7)..... 348
Imagen 214. Herramientas – ensayo tracción en maderas 362
Imagen 215. Equipo de laboratorio – ensayo tracción en maderas..... 363
Imagen 216. Probetas tracción – paralelo a la fibra 364
Imagen 217.Preparación de la muestra - geometría 365
Imagen 218. Preparación de la muestra- marcación de zona intermedia..... 365
Imagen 219. Procedimiento tracción – paralela al grano, (1) 366
Imagen 220. Procedimiento tracción – paralela al grano, (2) 366
Imagen 221. Procedimiento tracción – paralela al grano, (4) 367
Imagen 222. Procedimiento tracción – paralela al grano, (4) 368
Imagen 223. Procedimiento tracción – paralela al grano – rotura tipo, (5) 368
Imagen 224. Procedimiento tracción – paralela al grano – resultados, (6)..... 369
Imagen 225. Procedimiento tracción – paralela al grano, (8) 371
Imagen 226. Herramientas – resistencia a la flexión en vigas de madera..... 387
Imagen 227. Equipo de laboratorio - resistencia a la flexión en vigas de madera. 388
Imagen 228. Preparación de la muestra, flexión - madera..... 388
Imagen 229. Preparación de la muestra, flexión - madera..... 389
Imagen 230. Preparación de la muestra, flexión - madera..... 389
Imagen 231. Preparación de la muestra, flexión - madera..... 389
Imagen 232. Preparación de la muestra, flexión - madera..... 390
Imagen 233. Procedimiento de la práctica – disposición de elementos..... 390
Imagen 234.Procedimiento de la práctica, (1) 391
Imagen 235. Procedimiento de la práctica, (2) 391
Imagen 236. Procedimiento de la práctica, (4) 392

Imagen 237. Cizalle paralelo tangencial 399
Imagen 238. Cizalle paralelo radial 400
Imagen 239. Herramientas – cizallamiento paralelo al grano 402
Imagen 240. Equipo de laboratorio - cizallamiento paralelo al grano 402
Imagen 241. Procedimiento de la práctica – cizalla, (1) 403
Imagen 242. Procedimiento de la práctica – cizalla, (2) 404
Imagen 243.Procedimiento de la práctica – cizalla, (3) 404
Imagen 244. Procedimiento de la práctica – cizalla, (5) 404
Imagen 245. Herramientas – resistencia a la compresión en morteros 424
Imagen 246. Equipo de laboratorio - resistencia a la compresión en morteros 425
Imagen 247. Preparación de la muestra – morteros, (c.1) 426
Imagen 248. Preparación de la muestra – morteros, (c.2) 426
Imagen 249. Preparación de la muestra – morteros, (c.3) 426
Imagen 250. Preparación de la muestra – morteros, (c.4) 427
Imagen 251. Preparación de la muestra – morteros, (c.6) 427
Imagen 252. Preparación de la muestra – morteros, (c.6) 428
Imagen 253. Preparación de la muestra – morteros, (c.8) 428
Imagen 254. Preparación de la muestra – morteros, (c.9) 429
Imagen 255. Preparación de la muestra – morteros, (c.6) 429
Imagen 256. Procedimiento de la práctica, (2) 430
Imagen 257. Procedimiento de la práctica, (3) 430
Imagen 258. Herramientas – Preparación de ladrillos, y compresión 445
Imagen 259. Equipo de laboratorio - Preparación de ladrillos, y compresión 446
Imagen 260.Dimensiones ladrillo 446
Imagen 261. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.1) 447
Imagen 262. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.2) 447
Imagen 263. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.3) 447
Imagen 264. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.4) 447
Imagen 265. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.5) 448
Imagen 266. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.6) 448
Imagen 267. Procedimiento – compresión ladrillo, (1) 451
Imagen 268. Procedimiento – compresión ladrillo, (3) 451
Imagen 269.Sección transversal 455
Imagen 270. Sección transversal bruta 455
Imagen 271. Sección transversal neta 455
Imagen 272. Herramientas – compresión en bloques 469
Imagen 273. Equipo de laboratorio – compresión en bloques 470
Imagen 274. Dimensiones bloque 470
Imagen 275. Preparación bloque, (c.1) 471
Imagen 276. Preparación bloque, (c.2) 471
Imagen 277. Preparación bloque, (c.3) 471
Imagen 278. Preparación bloque, (c.4) 472
Imagen 279. Procedimiento de la práctica- compresión bloque, (1) 473
Imagen 280. Procedimiento de la práctica- compresión bloque, (3) 473
Imagen 281. Herramientas – Tracción indirecta en adoquines 491
Imagen 282. Equipo de laboratorio – Tracción indirecta en adoquines 491
Imagen 283. Preparación de la muestra – adoquín, (c.1) 492
Imagen 284. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2) 492
Imagen 285. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2) 492

Imagen 286. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2 493
Imagen 287. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2) 493
Imagen 288. Preparación de la muestra – adoquín, (c.3) 493
Imagen 289. Preparación de la muestra – adoquín, (c.4) 493
Imagen 290. Procedimiento – adoquín, (1) 495
Imagen 291. Procedimiento – adoquín, (2) 495
Imagen 292. Procedimiento – adoquín, (3) 495
Imagen 293. Herramientas – compresión adoquín 505
Imagen 294. Equipo de laboratorio - compresión adoquín 506
Imagen 295. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.1) 507
Imagen 296. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2) 507
Imagen 297. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2) 508
Imagen 298. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2) 508
Imagen 299. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3) 508
Imagen 300. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3) 508
Imagen 301. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3) 509
Imagen 302. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3) 509
Imagen 303. Procedimiento – compresión adoquín, (2) 511
Imagen 304.Procedimiento – compresión adoquín, (3) 511
Imagen 305. Herramientas – tracción en varillas 529
Imagen 306. Equipo de laboratorio - tracción en varillas 530
Imagen 307. Nomenclatura de varilla corrugada 530
Imagen 308. Procedimiento tracción acero, (1) 533
Imagen 309. Procedimiento tracción acero, (2) 533
Imagen 310. Procedimiento tracción acero, (3) 533
Imagen 311. Procedimiento tracción acero, (5) 534
Imagen 312. Procedimiento tracción acero, (5) 535
Imagen 313. Procedimiento tracción acero, (6) 535
Imagen 314. Procedimiento tracción acero - resultados, (7) 536
Imagen 315. Procedimiento tracción acero - rotura, (8) 537
Imagen 320. Herramientas – torsión en acero 549
Imagen 321. Equipo de laboratorio – torsión en acero 549
Imagen 322. Varilla corrugada 550
Imagen 323. Procedimiento – torsión varillas, (1) 550
Imagen 324. Procedimiento – torsión varillas, (2) 550
Imagen 325. Procedimiento – torsión varillas, (2) 550
Imagen 326. Procedimiento – torsión varillas, (2) 550
Imagen 327. Procedimiento – torsión varillas, (2) 550
Imagen 328.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 550
Imagen 329. Procedimiento – torsión varillas, (3) 550
Imagen 330.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 550
Imagen 331.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 550
Imagen 332. Procedimiento – torsión varillas, (3) 551
Imagen 333. Procedimiento – torsión varillas, (3) 551
Imagen 334. Procedimiento – torsión varillas, (3) 551
Imagen 335. Procedimiento – torsión varillas, (3) 551
Imagen 336.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551
Imagen 337. Procedimiento – torsión varillas, (4) 551
Imagen 338.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551

Imagen 339.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551
Imagen 340. Procedimiento – torsión varillas, (4) 551
Imagen 341. Procedimiento – torsión varillas, (4) 551
Imagen 342. Procedimiento – torsión varillas, (4) 551
Imagen 343. Procedimiento – torsión varillas, (4) 551
Imagen 344.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551
Imagen 345.Procedimiento – torsión varillas, (5) 551
Imagen 346.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551
Imagen 347.Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019 551
Imagen 348.Procedimiento – torsión varillas, (5) 551
Imagen 349.Procedimiento – torsión varillas, (5) 551
Imagen 350.Procedimiento – torsión varillas, (5) 551
Imagen 351.Procedimiento – torsión varillas, (5) 551

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva granulométrica..... 28
Gráfico 2.Ejemplo de límites granulométricos 31
Gráfico 3.Curvas de masas unitarias del agregado en función de n..... 93
Gráfico 4. Avance de la rigidización y endurecimiento del concreto con el tiempo. 224
Gráfico 5. Curva de desarrollo de resistencia referencial del hormigón con cemento Portland Tipo I 226
Gráfico 6. Curva típica de esfuerzo-deformación del concreto. 260
Gráfico 7. Criterio para definir el módulo de elasticidad estático a compresión del concreto. (ASTM C-469). 263
Gráfico 8. Curva esfuerzo-deformación del concreto. 264
Gráfico 9.Criterio para definir el coeficiente de Poisson a compresión del concreto (ASTM C469). 269
Gráfico 10. Correlación entre la resistencia a compresión y el módulo de rotura.. 295
Gráfico 11. Variación de la resistencia con la humedad. 319
Gráfico 12. Curvas esfuerzo-deformación para maderas latifoliadas. 328
Gráfico 13. Resistencia de la madera frente a diferentes situaciones de esfuerzo.. 357
Gráfico 14. Procedimiento tracción – paralela al grano – resultados, (6)..... 369
Gráfico 15. Curva típica carga – deflexión para flexión..... 382
Gráfico 16. 520
Gráfico 17. Límite de fluencia del material. 523
Gráfico 18. Curva tensión deformación para materiales frágiles..... 524
Gráfico 19. Curva tensión – deformación idealizada para el acero de construcción, ... 524
Gráfico 20. Esfuerzo máximo. 525

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Procedimiento cuarteo A, (1) 15
Ilustración 2.Estados de saturación del agregado 57
Ilustración 3. Estados de humedad de los agregados 60
Ilustración 4. Esquema del peso volumétrico 90
Ilustración 5.Máquina de los Ángeles. 111
Ilustración 6. Porcentaje de degradación aceptable. 123
Ilustración 7.Molde para ensayo de asentamiento "Cono de Abrams" 155
Ilustración 8.Clasificación del concreto según su consistencia. 167
Ilustración 9. Esquema de los modelos típicos de fractura. 229
Ilustración 10. Aparato para la determinación de la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso del método de carga en los tercios medios. 289
Ilustración 11. Direcciones ortogonales de la madera. 315
Ilustración 12. Formas de corte de madera. 316
Ilustración 13. Partes de una troza. 316
Ilustración 14. Cortes longitudinales 317
Ilustración 15. Falla probeta de madera – aplastante (crushing) 324
Ilustración 16. Falla probeta de madera – cuña partida (wedge splits) 325
Ilustración 17. Falla probeta de madera – corte (shearing) 325
Ilustración 18. Falla probeta de madera – partición (splitting) 325
Ilustración 19. Falla probeta de madera – compresión y corte paralelo a la fibra 326
Ilustración 20. Falla probeta de madera – astillado 326
Ilustración 21. Ejes Ortotrópicos de la madera. 356
Ilustración 22. Dimensión de Probetas dispuestas para el ensayo de tracción paralela a las fibras. 364
Ilustración 23. Dimensiones de probeta dispuesta para el ensayo de tracción perpendicular a las fibras 366
Ilustración 24. Barra sometida a tracción 372
Ilustración 25. Detalle del caballete para los ensayos de flexión, dimensiones en cm. 379
Ilustración 26. Sección sometida a flexión. 381
Ilustración 27. Formas de falla 1 383
Ilustración 28. Formas de falla 2 383
Ilustración 29. Formas de falla 3 384
Ilustración 30. Preparación de la muestra – dimensiones de la probeta 403
Ilustración 31. Orden de apisonado al moldear los especímenes de ensayo, (c.5.) 427
Ilustración 32. Tipos de unidades ahuecadas verticalmente (bloques) de diferente modulación. 454
Ilustración 33. Hilada. Manual de construcción de mampostería de concreto 456
Ilustración 34. Aparejo trabado. 456
Ilustración 35. Bloque intermedio 459
Ilustración 36. Bloque terminal 459
Ilustración 37. Bloque terminal doble 459
Ilustración 38. Bloque de tercer hueco 459
Ilustración 39. Bloque hendido 460
Ilustración 40. Bloque de tres huecos iguales 460
Ilustración 41. Bloque en "L" 460
Ilustración 42. Bloque en T 461
Ilustración 44. Defecto de las unidades 461

Ilustración 43. Bloque para columnas 461
Ilustración 45. Partes del bloque de hormigón 466
Ilustración 46. Partes del adoquín - nomenclatura 478
Ilustración 47. Principio del ensayo de tracción indirecta. 481
Ilustración 48. Dimensiones nominales 507
Ilustración 49. Ensayo de Tracción uniaxial. 520
Ilustración 50. Tipo de fallas en acero, ... 526
Ilustración 51. Principio de la máquina de torsión. 544
Ilustración 52. Torsión 544
Ilustración 53. Distribución de esfuerzos cortantes longitudinales y transversales. 546

RESUMEN

El presente proyecto está basado en la normativa ecuatoriana INEN, la cual se utilizó en realización de cada ensayo; además se tomó en cuenta normativa internacional como la ASTM, COPANT, JUNAC.

Cada ensayo descrito en la presente guía fue desarrollado en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Quito, campus Sur; los cuales fueron registrados y debidamente procesados, utilizando metodología fotográfica para registrar el proceso realizado.

Con el presente "manual de laboratorio" se espera un reforzamiento del aprendizaje y la estandarización de procesos de laboratorio en las asignaturas de "Ensayo de Materiales" y "Materiales de Construcción", y de esta manera lograr que se cumpla el proceso de enseñanza-aprendizaje, de tal manera que el estudiante pueda desenvolverse de mejor manera en el laboratorio.

Palabras Clave: manual, guía, laboratorio, materiales, hormigón, madera, acero, construcción.

ABSTRACT

The present project is based on the Ecuadorian INEN regulation, which was used in the realization of each trial; In addition, international regulations such as ASTM, COPANT, JUNAC were taken into account.

Each trial described in this guide was developed in the laboratory of the “Universidad Politécnica Salesiana”, Quito, South Campus; which were registered and duly processed, using photographic methodology to record the process carried out.

With the present "laboratory manual" is expected a reinforcement of learning and standardization of laboratory processes in the subjects of "Materials Testing" and "Construction Materials", and in this way to achieve that the teaching process is fulfilled- learning, in such a way that the student can perform better in the laboratory.

Keywords: manual, guide, laboratory, materials, concrete, wood, steel, construction.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema

Los ensayos a materiales de construcción, que en la actualidad se desarrollan en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana en el campus Sur, se rigen por normas que se encuentran diseminadas en volúmenes publicados por asociaciones y comités nacionales e internacionales como AASTHO, ASTM, INEN, COPANT, que en la mayoría se encuentran en otro idioma, lo cual provoca dificultad en el entendimiento del alumnado y falta de interés por conocer las normas que rigen los ensayos.

Además, la falta de guías físicas propias del laboratorio acorde a los equipos existentes y a la programación curricular de las asignaturas, van creando efectos negativos en el estudiante, tales como inseguridad en la ejecución de procedimientos en ensayos o dudas respecto a los mismos.

Por último, y no menos importante; para que el proceso de enseñanza-aprendizaje se lleve a cabo, es necesario que la aplicación de los conocimientos adquiridos en la teoría sea transferida a la experimentación, observación del comportamiento de los materiales y análisis de resultados.

1.2. Justificación

Para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje se debe realizar una adecuada interacción entre el análisis teórico y experimental fomentando así la visualización de muchos fenómenos, dejando a un lado las hipótesis.

El tener un "manual de laboratorio de ensayos de materiales para la construcción" fomentará el reforzamiento del aprendizaje y la estandarización de procesos de laboratorio en las asignaturas de "Ensayo de Materiales" y "Materiales de Construcción". Es así que es de suma importancia que se elabore un manual que guíe el desarrollo de los distintos ensayos de materiales de construcción, de esta manera crear una guía técnica y un reforzamiento académico para todos los estudiantes de Ingeniería Civil.

A partir de la necesidad descrita anteriormente y un evidente incremento de estudiantes en la carrera de Ingeniería Civil, contar con un material de apoyo específico tanto para el estudiante como para el docente facilitará trasladar los conocimientos teóricos a la práctica; mejorando en el estudiante el desenvolvimiento adecuado dentro del laboratorio.

Con la presente guía se brindará las directrices necesarias al estudiante mediante la estandarización de los procesos de laboratorio para que no sienta inseguridad y tenga una guía de apoyo al momento de efectuar un ensayo.

Este instrumento servirá como una fuente de consulta como parte de la formación técnica, científica y académica, logrando así formar a los nuevos profesionales dentro de una sociedad más exigente y competitiva.

1.3. Objetivos

Objetivo general

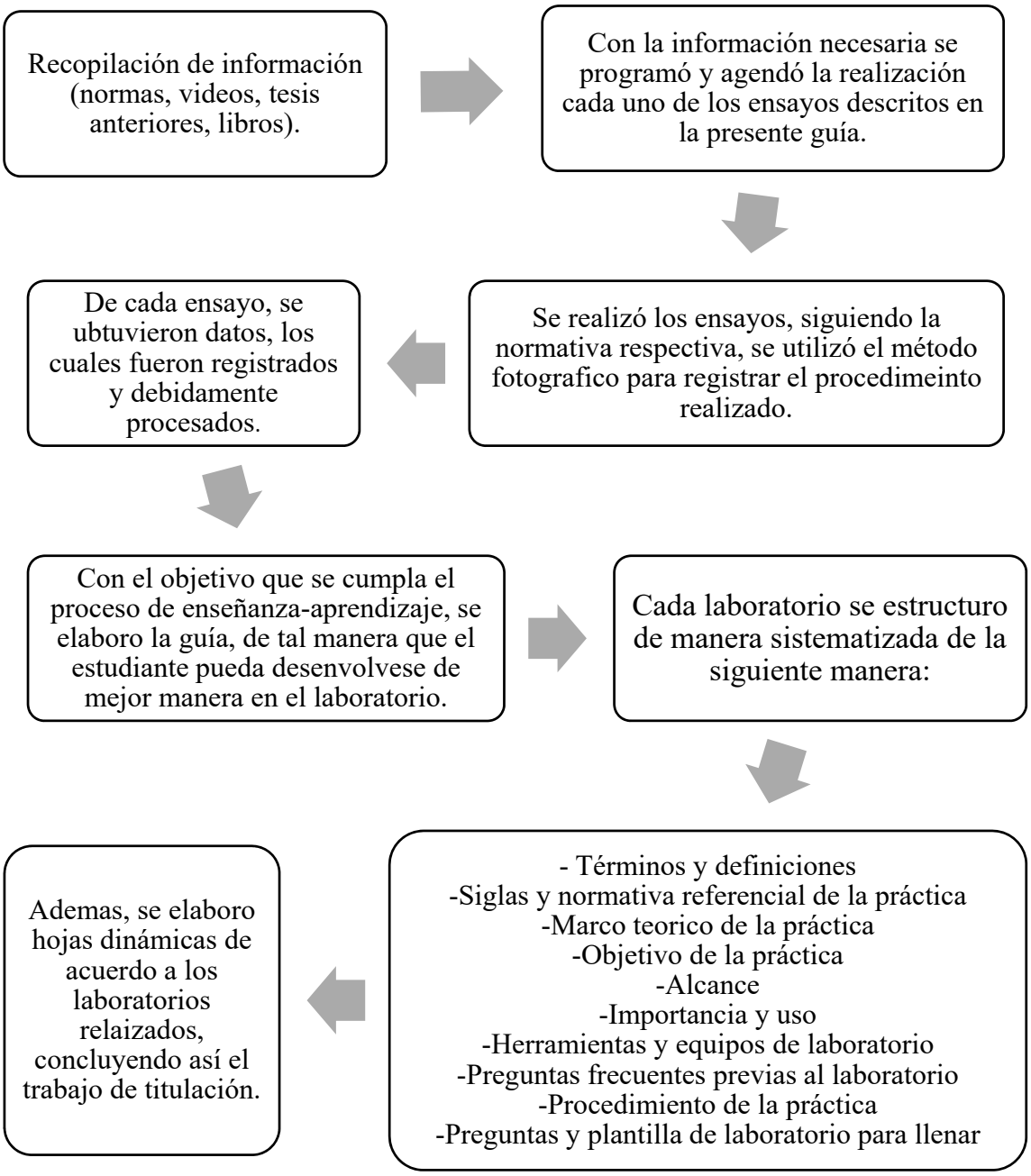
Desarrollar un manual de laboratorio para la realización de ensayos de materiales para la construcción para la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, aplicando la normativa actualizada.

Objetivo específico

- Realizar cada uno de los ensayos requeridos de las asignaturas de materiales de la construcción y ensayo de materiales con la normativa correspondiente.
- Desarrollar el manual de procedimientos de laboratorio.
- Realizar formatos estandarizados para la toma de datos en laboratorio e informa de laboratorio (elaboración de hojas de cálculo dinámicas para procesamiento de datos)

1.4. Metodología

Para poder elaborar el contenido de la presente guía se realizó cada uno de los ensayos de acuerdo al equipo existente en laboratorio de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Civil y al equipo existente en el laboratorio de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica, los mismos que se encuentran ubicados en la Universidad Politécnica Salesiana campus Sur de Quito.


Recopilación de información (normas, videos, tesis anteriores, libros).
Con la información necesaria se programó y agendó la realización cada uno de los ensayos descritos en la presente guía.
Se realizó los ensayos, siguiendo la normativa respectiva, se utilizó el método fotografico para registrar el procedimeinto realizado.
De cada ensayo, se ubtuvieron datos, los cuales fueron registrados y debidamente procesados.
Con el objetivo que se cumpla el proceso de enseñanza-aprendizaje, se elaboro la guía, de tal manera que el estudiante pueda desenvolvese de mejor manera en el laboratorio.
Cada laboratorio se estructuro de manera sistematizada de la siguiente manera:
- Términos y definiciones
-Siglas y normativa referencial de la práctica
-Marco teorico de la práctica
-Objetivo de la práctica
-Alcance
-Importancia y uso
-Herramientas y equipos de laboratorio
-Preguntas frecuentes previas al laboratorio
-Procedimiento de la práctica
-Preguntas y plantilla de laboratorio para llenar
Ademas, se elaboro hojas dinámicas de acuerdo a los laboratorios relaizados, concluyendo así el trabajo de titulación.

CAPÍTULO 2

ENSAYO: HOMOGENIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE MUESTRA PARA ÁRIDO FINO Y GRUESO

2.1. Términos y definiciones de la práctica

- Árido. – Material granular cómo: arena, grava, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro, que se usa con un cementante para elaborar hormigón o mortero de cemento hidráulico. (INEN 694, 2010, pg.2)

- Árido fino. – (1) árido que pasa por el tamiz de 9,5 mm (3/8") y que la mayor parte de sus partículas pasa por el tamiz de 4,75 mm (No 4) y son retenidas en su mayoría en el tamiz 75µm (No 200). Se aplica a la totalidad del árido, ya sea en un estado natural o después de su procesamiento. (2) la parte de un árido que pasa por el tamiz de 4,75 mm (No 4) y es retenido en el tamiz de 75µm (No 200). Se aplica a una porción de un árido. (INEN 694, 2010, pg.2)

- Arena. – Árido fino resultante de la desintegración natural, abrasión de la roca o del procesamiento de la arenisca completamente desmenuzable. (INEN 694, 2010, pg.2)

-Arena prefabricada. – Árido fino producido por la trituración de: roca, grava, escoria de altos hornos de hierro u hormigón de cemento hidráulico. (INEN 694, 2010, pg.2)

-Árido grueso. – (1) árido en que la mayor parte de sus partículas quedan retenidas en el tamiz de 4,75 mm (No 4). Se aplica a la totalidad del árido, ya sea en estado natural o después de su procesamiento. (2) La porción de un árido retenido sobre el tamiz de 4,75 mm (No 4). *Se aplica a una porción de árido. (INEN 694, 2010, pg.2)

- Grava. – Árido grueso resultante de la desintegración natural y abrasión de la roca o procesamiento de un conglomerado débilmente ligado. (INEN 694, 2010, pg.4)

- Grava triturada. – Producto resultante de la trituración artificial de grava luego de la cual todos los fragmentos tienen al menos una cara como consecuencia de la fractura. (INEN 694, 2010, pg.4)

- Muestra in situ. - Cantidad del material a ser ensayado, suficiente para proporcionar una estimación aceptable de la calidad promedio de una unidad. (INEN 694, 2010, pg.2)

- Lote. - Cantidad considerable de material a granel, separado y de una sola fuente; se asume que tiene que ser producido mediante el mismo proceso (por ejemplo, la producción de un día o una masa o volumen específico). (INEN 694, 2010, pg.2)

- Muestra de ensayo. - Cantidad de material suficiente, extraído de una muestra in situ más grande, mediante un procedimiento diseñado para garantizar una representación precisa de la muestra in situ y por lo tanto de la unidad muestreada. (INEN 694, 2010)

- Unidad. - Cantidad o subdivisión medible de un lote de material a granel (por ejemplo, un camión o un área específica cubierta). (INEN 694, 2010)

2.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Pala. – La pala es una herramienta manual que consiste en una plancha de metal u otro material resistente, sujeta a un mango cilíndrico tan largo como para tomarlo

con ambas manos y apoyarlo sobre una de las rodillas, a manera de palanca, lo cual facilita la tarea de levantar pequeñas cantidades de material de construcción tales como cemento, piedra, arena. (Recuperado de: https://es.slideshare.net/MaeContreras /herramientas-mayerli-74093787).

- Báscula electrónica. – La báscula electrónica es un aparato que sirve para pesar; esto es, para determinar el peso, o la masa de los cuerpos. Normalmente una báscula tiene una plataforma horizontal sobre la que se coloca el objeto que se quiere pesar.

Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación: (Recuperado de: http://www.saludcolima.gob.mx/images/documentos/5_a_BASCULAS%20Y%20ESTADIMETROS.pdf)

- Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1g y tener una precisión de 0,1g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso. (INEN 856, 2010)
- Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso. (INEN 856, 2010)

- **Separador de muestra. -** Es un equipo dispuesto para la reducción de muestras el cual debe tener un número par de conductos de igual ancho, no inferior a un total de ocho para el árido grueso o a doce para el árido fino, los cuales descargan alternativamente a cada lado del separador. El separador está equipado con dos recipientes para recolectar las mitades de la muestra después de la separación. (INEN 2566, 2010, pg.2)

2.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 695:2010. Áridos y Muestreo. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C702:2003. Standard Practice for Reducing Samples of Aggregates to Testing Size. American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM D75:1997. Standard Practice for samping aggregates.
- NTC 129. Norma técnica colombiana NTC 129:1995. Práctica para la toma de muestras de agregados.

2.3. Marco teórico de la práctica

2.3.1. Introducción

Los agregados naturales provienen de las rocas y se obtienen por un proceso de fragmentación natural como el intemperismo y la abrasión o mediante un proceso físico mecánico hecho por el hombre; en ambos casos conservan las propiedades

físicas: densidad, porosidad, textura, resistencia al intemperismo y composición mineralógica de la roca madre. (Gutiérrez De López, 2003, pg. 9)

Los agregados son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras. (Asocreto, 2010, pg 55).

2.3.2. Criterios Para La Elección De Los Agregados

Debido a que las propiedades de los agregados empleados en la elaboración de concreto afectan las características de este, es importante seleccionarlos cuidadosamente, teniendo en cuenta los siguientes puntos: (Recuperado de: https://www.civilmas.com/tecnologia-del-concreto/que-son-los-agregados).

a. **Carácter de trabajo:** las condiciones que deben cumplir los agregados para presas de concreto, son diferentes a las que se usan para pavimentos en este material. En las presas, las propiedades importantes del agregado son las que tienen efecto en el contenido de agua de la mezcla y las propiedades térmicas del concreto resultante. En pavimentos, la resistencia a la flexión es lo más importante por lo cual la forma de las partículas toma mayor significado. La eficiencia de los sistemas de colocación depende también de las propiedades de los agregados. (Recuperado de: https://www.civilmas.com/tecnologia-del-concreto/que-son-los-agregados).

b. **Condiciones climáticas:** especial atención se le debe presentar a la mineralogía y solidez de los agregados usados en concreto colocado en medios ambientales agresivos, con el objeto de prevenir problemas de rompimiento o deterioración. (Recuperado de: https://www.civilmas.com/tecnologia-del-concreto/que-son-los-agregados).

c. **Factores que afectan la durabilidad:** en condiciones de abrasión y erosión severas, son los agregados los que proporcionan la resistencia y no la matriz de cemento, por lo cual en estructuras hidráulicas o de drenaje, las características más importantes de ellos son la dureza, forma de partículas y granulometría. (Recuperado de: https://www.civilmas.com/tecnologia-del-concreto/que-son-los-agregados).

d. **Economía:** los factores económicos que se deben considerar en la selección de los agregados son: (Recuperado de: https://www.civilmas.com/tecnologia-del-concreto/que-son-los-agregados).

- Efecto del costo del agregado sobre el precio del concreto basado en la calidad del agregado.
- Efecto del agregado sobre los costos de construcción asociados con la facilidad y velocidad de colocación.
- Uso de concreto de “menor calidad” donde la “poca calidad” podrá proporcionar adecuada durabilidad.

2.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo general

Obtener una muestra representativa de un lote correspondiente a árido fino y árido grueso para homogenizar y reducir la muestra según las necesidades.

Objetivo específico

- Homogenizar el árido fino y grueso por cualquiera de los métodos.
- Determinar la cantidad de árido fino y grueso que se necesitará para los laboratorios requeridos.

2.5. Alcance

Con una muestra de árido fino y árido grueso, obtenida de un lote proveniente de una cantera, se procederá a homogenizar y reducir la muestra a un tamaño conveniente para la preparación o elaboración de ensayos que requiera el estudiante de ingeniería civil, el cual debe ser lo más representativo de la muestra grande.

2.6. Importancia y aplicación

- El proceso de homogenización y reducción de muestras tiene como importancia obtener una muestra representativa del material de su lugar de origen “canteras”.
- La operación de cuarteo no es más que la preparación previa que se realiza a las muestras de áridos que serán sometidas a los diferentes ensayos de laboratorios y

su objetivo es homogeneizar y mantener la representatividad de esta, siendo este fundamental en el diseño de mezclas ya que dichos parámetros interfieren en la resistencia y costos del concreto.

- Con una adecuada homogenización y reducción de muestra y mediante los diferentes ensayos de laboratorio se obtendrán parámetros adecuados, los cuales dictaminan la calidad del material, siendo este fundamental en el diseño de mezclas ya que dichos parámetros interfieren en la resistencia y costos del concreto. (Asocreto, 2010))

2.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

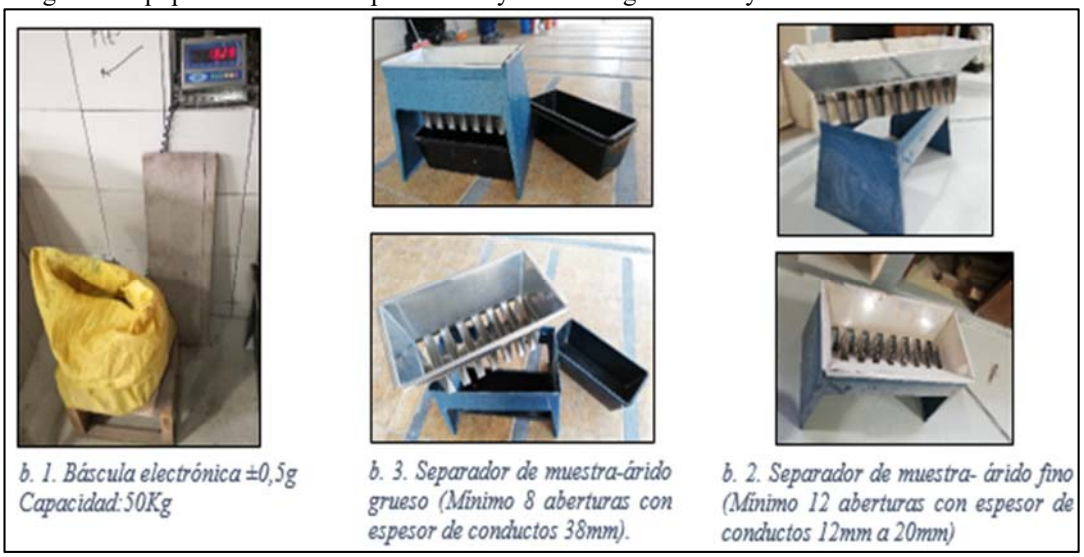
Imagen 1. Herramientas para el ensayo de homogenización y reducción de muestras



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 2. Equipos de laboratorio para el ensayo de homogenización y reducción de muestras



b. 1. Báscula electrónica ±0,5g Capacidad:50Kg

b. 3. Separador de muestra-árido grueso (Mínimo 8 aberturas con espesor de conductos 38mm).

b. 2. Separador de muestra- árido fino (Mínimo 12 aberturas con espesor de conductos 12mm a 20mm)

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales

Se recomienda,

- Para árido grueso una cantidad aproximada de 150kg (*3 sacos de 50kg cada uno).
- Para árido fino una cantidad aproximada de 100kg (*2 sacos de 50kg cada).

NOTA: La muestra de árido deberá estar en fundas plásticas para no perder la humedad natural del sector de procedencia y luego cocadas en contenedores (sacos de yute), mediante una hoja de papel, escribir la información que caracterice el material como su procedencia, el nombre del grupo propietario del mismo y su almacenamiento deberá ser en un lugar seco y cubierto de la lluvia u otro agente, el cual pueda modificar las características naturales del material.

2.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

2.8.1. ¿Es necesario mantener la humedad del material obtenido?

Sí, es importante mantener la humedad de los áridos en todos los ensayos, por lo que es necesario verter y transportar el material en un costal de yute en donde sus paredes interiores estén forradas con una funda plástica, evitando de esta forma la pérdida de humedad del material.

2.8.2. ¿Es mejor el material de rio o el material producto de la descomposición de la roca?

En general, ambos materiales tienen propiedades o problemas que los hace igualmente útiles, así, por ejemplo, el material de roca presenta superficies angulosas que favorecen la adhesión con el cemento, dando así mayor adherencia al mortero, pero presentan mayor facilidad de ataque a los sulfatos y al desgaste, propiedad que si tiene el material de río. En general, la calidad del material debe ser estudiada en cada caso y utilizar el de mejor calidad y facilidad de adquisición para lograr la economía necesaria. (Libia de Gutiérrez de López, 1989, pg.10)

2.8.3. ¿Cómo conseguir el material de buena calidad?

La escogencia del agregado debe basarse en el conocimiento de sus propiedades, en su comportamiento en obra, especialmente en los ensayos de laboratorio.

Aunque es difícil obtener un agregado ideal, el problema es decidir el nivel de comportamiento que se necesita en una situación específica, y determinar la calidad económicamente alcanzable, para lo cual es necesario valorar los agregados disponibles. (Libia de Gutiérrez de López, 1989, pg.22)

2.9. Procedimiento de la práctica

2.9.1. Método A: Cuarteo manual – árido grueso y árido fino

El proceso que se detalla a continuación servirá tanto para el árido fino como para el árido grueso.

Ilustración 1.Procedimiento cuarteo A, (1)



Fuente: INEN2566, pg.3

1. Colocar la muestra original en una superficie firme, limpia y nivelada, donde no exista ni pérdida de material, ni pérdida de humedad, ni adición accidental de material extraño. (INEN 2566, 2010)

2. Mezclar el material, volteando toda la muestra más de tres veces. En la última vuelta, conformar con toda la muestra una pila cónica, depositando cada palada sobre la parte superior de la anterior. (INEN 2566, 2010)

Imagen 3. Procedimiento cuarteo A, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Aplanar la pila cónica, presionando la punta con la pala hasta lograr un circulo de espesor y diámetro uniforme; teniendo en cuenta que el diámetro puede ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor. (INEN 2566, 2010)

Imagen 4. Procedimiento cuarteo A, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Dividir la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala o una paleta. De tal manera que cada cuarto resultante de la pila contenga la composición original del material.

5. Retirar dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino. Y guardar la porción de material recolectado en el otro recipiente para la reducción de tamaño para otros ensayos, cuando sea necesario.

Imagen 5. Procedimiento cuarteo A, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 6. Procedimiento cuarteo A, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. Con el material restante mezclar y cuartear hasta reducir la muestra al tamaño deseado.

Nota: El "tamaño deseado" se refiere al tamaño de muestra necesario para realizar el ensayo de gradación de los áridos. (INEN 2566, 2010)

Imagen 7. Procedimiento cuarteo A, (7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

7. Verificar que los dos cuartos opuestos que se obtuvieron del cuarteo tengan el mismo peso o sean similares a los dos cuartos restantes de esa forma se verifica que el ensayo está bien realizado, en caso contrario volver a realizar el ensayo.

Nota: con una buena homogenización y un buen cuarteo se logra mayor certeza en la obtención de datos granulométricos y análisis de calidad. (INEN 2566, 2010)

2.9.2. Método B – Separador mecánico – árido grueso y árido fino

Antes de empezar el procedimiento se debe considerar que:

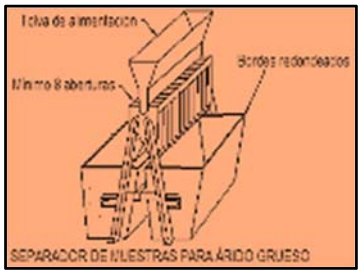
Imagen 8. Procedimiento cuarteo B



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Para áridos grueso, las partículas no pueden ser mayor a 37,5mm.
- Para el árido fino el material debe estar seco y sus partículas deben ser inferiores a 20mm.

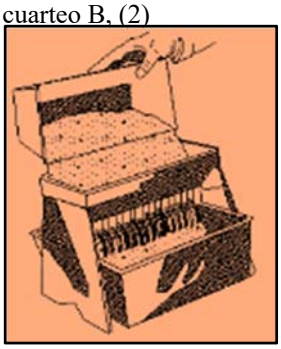
Imagen 9.Procedimiento cuarteo B (1)



Fuente: INEN2566, pg.3

1. Armar apropiadamente el equipo como se muestra en la figura, de tal manera que el árido se distribuya de manera equitativa en las dos bandejas.

Imagen 10.Procedimiento cuarteo B, (2)



Fuente: INEN2566, pg.3

2. Colocar la muestra original en la tolva o bandeja y distribuirla uniformemente de borde a borde, de tal manera que cuando se introduce en los conductos, fluyan cantidades aproximadamente iguales a través de cada conducto. (INEN 2566, 2010)

3. Reintroducir la porción de muestra de uno de los recipientes en el separador tantas veces como sea necesario para reducir la muestra al tamaño especificado para el ensayo previsto. (INEN 2566, 2010)

Imagen 11.Procedimiento cuarteo B, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2.10. Preguntas y plantilla de laboratorio para llenar

2.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____
TEMA : ENSAYO DE HOMOGENIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE MUESTRA — **NTE INEN 695**, **NTE INEN 2566**, **ASTM C702**
1. Escriba los objetivos de la práctica _____
2.Brevemente describa la importancia y uso del presente laboratorio.
3. Es necesario mantener la humedad del material obtenido y por que ?
4. ¿Cuáles son las condiciones del área de trabajo?
5. ¿Cuántos métodos hay para reducir las muestras?. Explique cuándo y en dónde se aplican?
FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA :

2.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **Teniendo en cuenta que el objetivo de la práctica es obtener una muestra representativa, cuál o cuáles son los factores que pueden modificar las propiedades de dicha muestra representativa.**

   a) Asegurando que el manejo y envío de las muestras no se las realice en condiciones climáticas extremas como lluvia o nieve.

   b) Asegurar que el manejo y envío de las muestras se lleve a cabo de manera que no ocurra la contaminación o degradación de las calidades del material y que la identificación de las muestras se mantenga todo el tiempo.

   c) El tipo de partición que se realice

   d) Todas las anteriores

2. **¿Para una muestra grande de material, que método cree usted sería más conveniente para reducir y homogenizar su muestra?**

   a) Partición por cuartos

      Justifique su respuesta: _

   b) Parición por mitades

      Justifique su respuesta: _

3. Una con líneas

Textura superficial áspera	Cantos rodados de río
Textura superficial lisa	Piedras obtenidas por trituración

2.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

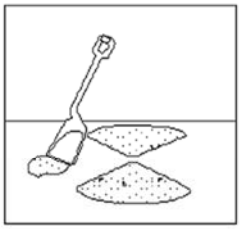
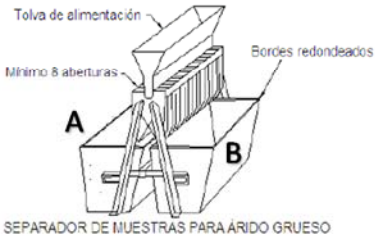
TEMA : ENSAYO DE REDUCCIÓN DE MUESTRA

NTE INEN 695
NTE INEN 2566
ASTM C702

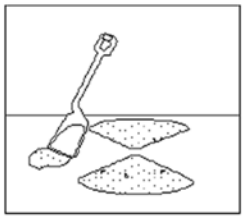
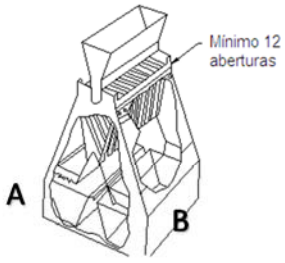
Procedencia del material:

Uso del material: Ensayo a realizarse:

ÁRIDOS GRUESOS

A. MÉTODO A - CUARTEO MANUAL		**B. MÉTODO B - SEPARADOR MECANICO**	
 MANTENER CUARTOS OPUESTOS, RETIRAR LOS OTROS DOS CUARTOS	**Masa de la muestra reducida :** **kg**	**Peso de la muestra:**	
Peso de los 2/4 opuestos :	kg	 SEPARADOR DE MUESTRAS PARA ÁRIDO GRUESO	
Peso de los 2/4 restantes :	kg	Peso Bandeja A :	Peso Bandeja B :

4. ÁRIDOS FINOS

A. MÉTODO A - CUARTEO MANUAL		**B. MÉTODO B - SEPARADOR MECANICO**	
 MANTENER CUARTOS OPUESTOS, RETIRAR LOS OTROS DOS CUARTOS	**Masa de la muestra reducida :** **kg**	**Peso de la muestra:**	
Peso de los 2/4 opuestos :	kg		
Peso de los 2/4 restantes :	kg	Peso Bandeja A :	Peso Bandeja B :

Observaciones:

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA :

CAPÍTULO 3

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO.

3.1. Términos y definiciones de la práctica

- **Tamaño máximo del árido. –** (1) El tamaño máximo corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie de tamices que permite el paso del 100% del material. (2) En las especificaciones para el árido o en su descripción, es la abertura más pequeña de tamiz a través de la cual debe pasar la totalidad del árido. (INEN 694, 2010, pg. 7)

- Tamaño máximo nominal del árido. – (1) En las especificaciones para el árido o en su descripción, es la abertura más pequeña de tamiz a través de la cual se permite que pase la totalidad del árido. (NTE INEN 694, 2010, pg.7; ídem: ASTM C-125, 2010, pg.4)

Las especificaciones sobre los áridos generalmente estipulan una abertura de tamiz a través de la cual todo el árido puede pasar, pero no necesariamente, de tal manera que porciones de áridos de forma alargada, esto es uno de sus lados posee una dimensión considerablemente mayor a las otras, puedan ser retenidas en ese tamiz. En estas condiciones la abertura de ese tamiz se denomina tamaño máximo nominal. (INEN 694, 2010, pg. 7)

(2) el tamaño máximo nominal es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. (Asocreto,2010, pg.64)

- Muestreo. – El muestreo se define como la operación de remoción de una parte, convenientemente en tamaño para el ensayo, de un todo que es de un volumen mucho

más grande, de forma tal que la proporción y distribución de las calidades a ser ensayadas son las mismas en la parte removida y el volumen total. (INEN 694, 2010).

- Seco al horno (SH). - relacionado a las partículas del árido. Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a 110ºC ± 5ºC por el tiempo necesario para conseguir una masa constante. (INEN 696, 2010, pg. 1)

3.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- **Tamiz. –** Son cajas cilíndricas con diámetros que oscilan entre los 20 – 25 cm y una altura de alrededor de 7cm, están formados por un entramado de hilos de bronce, acero o nylon. (Recuperado de: www.uv.mx/personal/izcamacho/files/2012/02/CLASE-5-TAMIZADO.pptx)

- Horno. – Es un equipo de laboratorio que deshidrata o seca las partículas. El horno o estufa debe ser capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C. (INEN 696, 2010, pg.1)

- Báscula. – Es un instrumento de laboratorio que mide la masa de un cuerpo, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo. (Recuperado de: https://www.ecured.cu/Balanza_analitica)

- Agitador de tamices electromecánico. – Es un dispositivo que se utiliza para crear un movimiento en los tamices, que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado, en un período de tiempo razonable. Se recomienda el uso de un agitador de tamices

mecánico cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o más, aunque puede ser utilizado para muestras más pequeñas, incluyendo árido fino. (INEN 696, 2010, pg. 1)

Un tiempo excesivo (mayor a 10 minutos aproximadamente) puede resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador de tamices mecánico puede no resultar práctico para todos los tamaños de muestras, ya que se necesita un área de tamizado mayor para el tamizado efectivo de un árido grueso de mayor tamaño nominal y muy probable puede ocasionar la pérdida de una porción de la muestra si se lo utiliza con una muestra pequeña de árido grueso o árido fino. (INEN 696, 2010, pg. 1)

- Zaranda de prueba. – Maquina utilizada para determinar el tamaño de partículas en grandes muestras de áridos, escorias, minerales, y muchos otros materiales gruesos. Los tamaños de lote de hasta un pie cúbico ($0.028m^3$) o más pueden ser procesados en seis fracciones en tan sólo 3min. – 5min., dependiendo del tipo de material. (INEN 696, 2010, pg.1)

3.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 696:2010. Análisis granulométrico en los áridos finos y gruesos. Primera edición.

- Norma técnica ecuatoriana INEN 154:2010. Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C136:2014. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. American Society for Testing and Materials.
- NTC 77. Norma técnica colombiana NTC 77:1994. Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.

3.3. Marco teórico

3.3.1. Introducción

La granulometría o gradación se refiere a la composición en porcentaje de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta porción se suele indicar, de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedo retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición. (Asocreto,2010, pg.64)

El tamaño de un agregado se define mediante el empleo de una serie de tamices o cedazos, que tienen aberturas cuadradas y cuyas características deben ajustarse a la norma ASTM E11 (Especificaciones estándar para tejido de alambre y tamices para propósito de ensayo). (Asocreto,2010, pg.64)

Hay que tener en cuenta que:

- El tamaño máximo corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie de tamices que permite el paso del 100% del material. (Asocreto,2010, pg.64)
- "Y el tamaño máximo nominal es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más." (Asocreto,2010, pg.64)

3.3.2. Gradación del árido

El análisis granulométrico se lo realiza por el proceso de tamizado del agregado con el objeto de determinar el peso del material que queda retenido en cada tamiz.

Como criterio principal se tiene que: "un material bien gradado es aquel que presenta todos los tamaños". (Gómez Domínguez, 2000, pg. 65)

Para la elaboración del hormigón se requiere un material bien gradado, ya que proporciona al concreto una mayor manejabilidad debido a que los espacios vacíos van a ser llenados y el peso unitario del concreto así producido es más alto y, por lo tanto, su porcentaje de compactación. (Gómez Domínguez, 2000, pg. 65)

3.3.3. Clasificación según su tamaño

Tabla 1. Clasificación de los agregados según su tamaño.

TAMANO DE LA PARTICULA EN mm	DENOMINACION CORRIENTE	CLASIFICACION
Pasante del tamiz Nº 200 inferior a 0.002 mm Entre 0.002 – 0.074 mm	Arcilla Limo	Fracción fina o finos
Pasante del tamiz Nº 4 y retenido en el tamiz Nº 200 Es decir entre 4.76 mm y 0.074 mm	Arena	Agregado fino
Retenido en el tamiz Nº 4 Entre 4.76 mm y 19.1 mm (Nº 4 y ¾") Entre 19.1 y 50.8 mm (3/4" y 2") Entre 50.8 mm y 152.4 mm (2" y 6") Superior a 152.4 mm (6")	Gravilla Grava Piedra Rajón, Piedra bola	Agregado grueso

Fuente: Tomada del libro "El concreto y otros materiales para la construcción" de Libia Gutiérrez (2003) – pg16"

Como dato general, el porcentaje de finos; es el tanto por ciento del material que pasa por el tamiz N200. Este porcentaje se limita al 3% para concretos normales, pudiéndose aumentar hasta un 5% para concretos de baja resistencia. Teniendo en cuenta que con un mayor porcentaje de finos el material carece de una buena adherencia. (Libia Gutiérrez, 2003, pg. 16)

Tabla 2. Serie de tamices de Taylor

Serie de tamices		
	mm	ASTM
	150 mm	6"
	125 mm	5"
	112 mm	4½"
	110 mm	4"
	90 mm	3½"
	75 mm	3"

Serie de tamices más usados		
	mm	ASTM
GRUESO	50.8 mm	2"
	37.5 mm	1½"
	26.5 mm	1"
	19 mm	¾"
	13.2 mm	½"
	9.5 mm	⅜"
FINO	4.75 mm	No. 4
	2.36 mm	No. 8
	1.18 mm	No. 16
	600 µm	No. 30
	300 µm	No. 50
	150 µm	No. 100
	75 µm	No.200
	63 µm	No. 230
	53 µm	No. 270
	45 µm	No. 325
	38 µm	No. 100

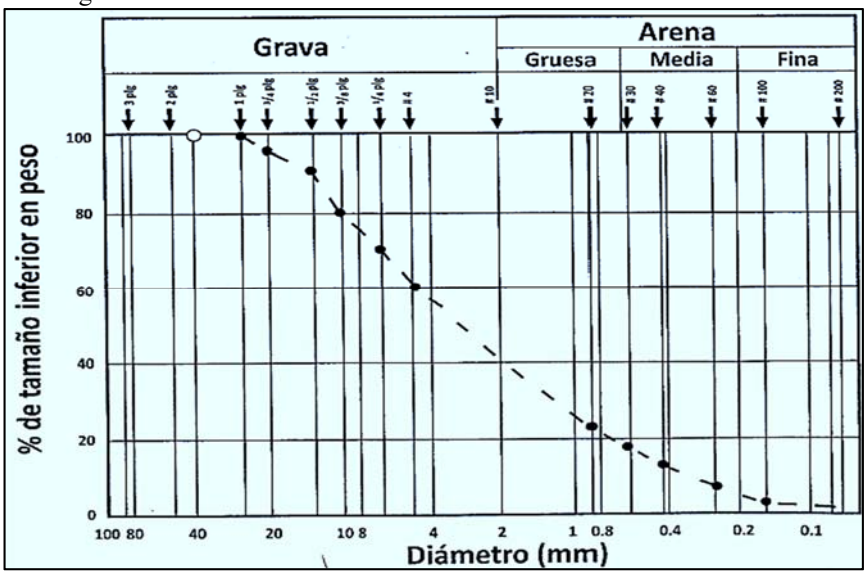
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Cualesquiera que sean las mallas a emplear, éstas se colocan en un ensayo granulométrico de la siguiente manera: arriba la malla con abertura mayor y hacia abajo en orden decreciente de abertura las demás mallas, finalmente hasta abajo se coloca una charola para recoger aquellas partículas menores a la malla más cerrada. El ensayo consiste en depositar hasta arriba una muestra del agregado a cribar, después se coloca una tapa sobre la malla de arriba y el conjunto se pone en un agitador mecánico por el tiempo especificado por la norma (también se puede hacer con agitado manual, pero esto es lento), posteriormente se determinan los pesos retenidos en las mallas y en la charola y sé grafican los resultados para checarlos contra los límites especificados. El dibujo granulométrico puede considerar los porcentajes retenidos en las mallas o los porcentajes que pasan las mallas empleadas, siendo este último el más usado. (Gómez Domínguez, 2000, pg.66)

3.3.4. Curva de granulometría o gradación

Para dibujar la curva de granulometría se toman los datos numéricos de los porcentajes en masa que pasan por cada uno de los tamices. Por lo tanto, para poder elaborar la curva granulométrica, sobre el eje de las ordenadas (y) se representa el porcentaje acumulado que pasa a través de los tamices en escala aritmética y sobre el eje de las abscisas (x) se indican las aberturas de los tamices, generalmente en escala logarítmica y algunas veces en escala aritmética. (Asocreto,2010, pg. 69)

Gráfico 1. Curva granulométrica



Fuente: Tomada del libro –"Tecnología del Concreto" de Asocreto, pg. 69.

NOTA: Luego de realizar la granulometría, la línea punteada que une los puntos de la curva granulométrica será un medio identificativo de los tamaños de áridos representativos de la muestra. Por ejemplo:

- Si la curva se encuentra sobre el límite superior es un indicativo de que la muestra contiene más árido fino.
- Y si la curva se encuentra debajo del límite inferior es un indicativo de que la muestra contiene más árido grueso.

3.3.5. Verificación de resultados

La elaboración y endurecimiento del concreto depende en gran medida de la granulometría de los agregados, por lo que es necesario, antes de la dosificación verificar que su distribución de tamaño esté comprendida dentro de un rango preestablecido y no obtener proporciones de agregado grueso y fino, no convenientes. (Asocreto, 2010, pg. 183)

Una vez elaborada la curva granulométrica de los áridos, se compara con la recomendada en la norma ASTM C33, y dependiendo de si está o no dentro del rango granulométrico recomendado, la dosificación de grava y arena se puede lograr por uno de los siguientes métodos: (Asocreto, 2010, pg. 183)

- **Método ACI:** Se utiliza cuando los agregados cumplen con las recomendaciones granulométricas ASTM C33
- **Método de la Road Note Laboratory (RNL):** Se utiliza cuando los agregados no cumplen con las recomendaciones granulométricas.

Para lo cual el ACI en su capítulo C33 se estableció las siguientes tablas: Para agregado fino la ASTM en su capítulo C33, establece los siguientes límites granulométricos:

Tabla 3.Tabla de límites granulométricos para agregado fino

Tamiz		% Pasa	
		Límite inferior	Límite superior
9.5 mm	⅜	100	
4.75 mm	No. 4	95	100
2.36 mm	No. 8	80	100
1.18 mm	No. 16	50	85
600 µm	No. 30	25	60
300 µm	No. 50	5	30
150 µm	No. 100	0	10

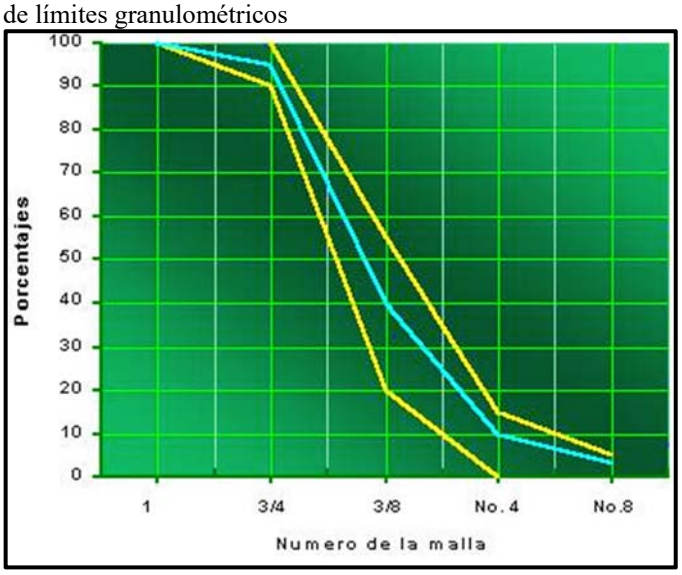
Fuente: ASTM C33, pg.5

Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent														
	100 mm (4 in.)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (⅜ in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No.50)
90 to 37.5 mm (3½ to 1½ in.)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
63 to 37.5 mm (2½ to 1½ in.)	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
50 to 25.0 mm (2 to 1 in.)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
50 to 4.75 mm (2 in. to No. 4)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	...	0 to 5	...	...	...
37.5 to 19.0 mm (1½ to ¾ in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...
37.5 to 4.75 mm (1½ in. to No. 4)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...	...
25.0 to 12.5 mm (1 to ½in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...	...
25.0 to 9.5 mm (1 to ⅜ in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	...	...	...
25.0 to 4.75 mm (1 in. to No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...	...
19.0 to 9.5 mm (¾ to ⅜ in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	...	...	...
19.0 to 4.75 mm (¾ in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...
12.5 to 4.75 mm (½ in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...	...
9.5 to 2.36 mm (⅜ in. to No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	...
9.5 to 1.18 mm (⅜in. to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
4.75 to 1.18 mm (No. 4 to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5

Tabla 4. Recomendaciones granulométricas para agregado grueso.
Fuente: ASTM C33, pg.3

A manera de ejemplo, con los porcentajes de la tabla 3 se elabora la siguiente grafica en donde se establece los límites superior e inferior (línea amarilla), y una granulometría tipo (línea cian) la cual se encuentra dentro del rango establecido: (Asocreto, 2010, pg.70)

Gráfico 2.Ejemplo de límites granulométricos



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3.3.6. Módulo de finura

El módulo de finura es un índice, para determinar caracterízalas granulométricas de los agregados. Se acostumbra a usar en arenas, aunque su principio teórico se extiende a cualquier material granular. El módulo de finura se define como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie normalizada (No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, ⅜", ¾", 1½", 3" y de 6"). (Asocreto, 2010, pg.70)

$$MF = \frac{\sum \%retenido\_acumulado(6"+3"+1\frac{1}{2}"+\frac{3}{4}"+\frac{3}{8}"+N°4+N°8+N°16+N°30+N°50+N°100)}{100}$$

Ecuación. 1. AG

El valor de este módulo es mayor, cuando el agregado contiene granos más gruesos y decrece cuando el agregado disminuye de tamaño. (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 19)

Según este módulo las arenas se clasifican en: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 19)

- Arenas finas ⟶ Módulo de finura entre: **0.5 - 1.5**
- Arenas medias ⟶ Módulo de finura entre: **1.5 - 2.5**
- Arenas gruesas ⟶ Módulo de finura entre: **2.5 - 3.5**

Cuando la arena está mezclada con grava se obtienen módulos de finura mayores y a mayor proporción de grava en la arena mayor es el módulo de finura, en este caso la clasificación se hace así: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 19)

- Arenas finas ⟶ Módulo de finura entre: **2.2 - 2.6**
- Arenas medias ⟶ Módulo de finura entre: **2.6 - 2.9**
- Arenas gruesas ⟶ Módulo de finura: **> 2.9**

3.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo General

Determinar la distribución de los tamaños de las partículas que conforman los agregados finos y gruesos de una muestra de agregado seco previamente pesado, el mismo que pasará a través de una serie de tamices de aberturas gradualmente más reducidas.

Objetivo Específico

- Realizar la curva granulométrica.
- Determinar el tamaño máximo, el tamaño máximo nominal de la muestra y módulo de finura.

3.5. Alcance

Mediante el proceso de gradación que abarca tanto la fracción gruesa como la fina se determinará: el porcentaje total de material que pasa cada tamiz, el porcentaje total de material retenido en cada tamiz y el porcentaje de material retenido entre tamices consecutivos, y así, obtener parámetros necesarios para elaborar la curva granulométrica. Además, se define el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de finura. (NTC 77, 1994)

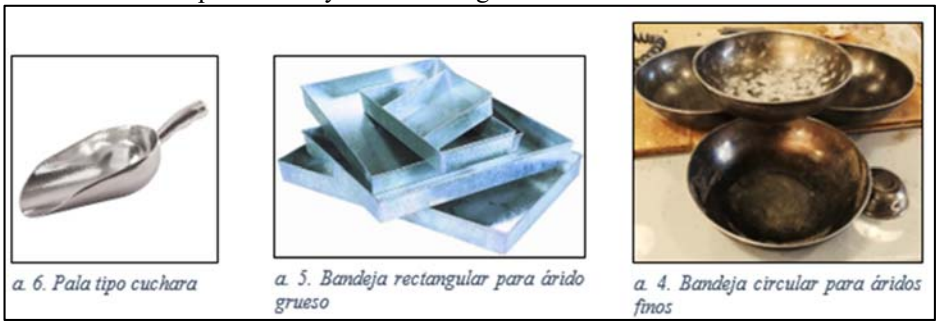
3.6. Importancia y aplicación

- La granulometría tanto de árido fino y grueso sirve para determinar el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de finura del árido, parámetros importantes para el diseño de hormigones, por ejemplo, con el tamaño máximo determinar si el material es capaz de pasar entre la armadura de acero y también con el módulo de finura saber si el material contiene granos gruesos o finos. (Asocreto, 2010)
- Los ensayos posteriores requieren como dato que se establezca previamente el "TMN" para determinar la cantidad de material mínimo necesario para iniciar el ensayo.
- La gradación de los áridos se realiza ya sea para una mezcla de concreto adecuada; ó para determinar el material de base en carreteras, el cual debe cumplir requisitos granulométricos normalizados para su utilización. (Asocreto, 2010)

3.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 12.Herramientas para el ensayo de análisis granulométrico



a. 6. Pala tipo cuchara

a. 5. Bandeja rectangular para árido grueso

a. 4. Bandeja circular para áridos finos

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 13. Herramientas para el ensayo de análisis granulométrico



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales y preparación de la muestra

Se recomienda,

- Para árido grueso se necesita una cantidad aproximada de 25kg. para un tamaño nominal máximo de 37,5mm; y secada al horno por 24 horas. (para un TMN = 37,5mm, la norma recomienda utilizar 15kg, pero se toma 25kg; esta cantidad de material nos servirá para corregir la curva granulométrica dentro de sus límites recomendados.

Tabla 5.Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso.

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: Tomada de la NTE INEN696, pg.3

- Para árido fino una cantidad aproximada de 1500 g. la cual debe secarse al horno por 24 horas previo al ensayo.

Para el árido fino la NTE INEN 696, establece que el tamaño de la muestra para el ensayo, luego de secarla, debe ser como mínimo 300 gramos. Y para el árido grueso la NTE INEN 696, establece la siguiente tabla:

c.1. Preparación de la muestra: Tanto para el árido grueso y fino, mezclar completamente la muestra y reducirla a una cantidad adecuada para el ensayo, utilizando los procedimientos del laboratorio anterior. La muestra para el ensayo debe ser, aproximadamente, la cantidad deseada en seco y se la debe obtener como resultado final de la reducción. No se permite una reducción a una cantidad exacta predeterminada. Posteriormente, secar la muestra por 24 horas, 1 día antes previo al ensayo. (INEN 696, 2010, pg. 3)

3.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

3.8.1. Al finalizar el tamizado, ya sea manualmente o mediante el agitador mecánico; ¿hasta cuanto material puede retener el tamiz?

Hay que tener en cuenta que para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75mm (Nº4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m2 en la superficie de tamizado; por lo tanto, los 7 kg/cm2 equivalen a 200 g en un tamiz normalizado. (INEN 696, 2011, pg.4)

Y para tamices con aberturas de 4,75 mm (Nº4) o mayores, la masa en kg/m² superficie del tamiz, no debe exceder en 2,5 *(área efectiva de tamizado en m^2). (INEN 696, 2011, pg.4)

En ningún caso la masa debe ser superior al valor que pueda causar una deformación permanente del tejido del tamiz. (INEN 696, 2011, pg.4)

3.8.2. ¿Cómo se puede solucionar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual al momento de tamizar ya sea en el agitador mecánico o manualmente?

Una sobrecarga de material sobre un tamiz individual se puede solucionar mediante alguno de los siguientes métodos: (INEN 696, 2011, pg.4)

- Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices. (INEN 696, 2011, pg.4)

- Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz. (INEN 696, 2011, pg.4)
- Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado. (INEN 696, 2011, pg.4)

3.8.3. ¿Cuándo determinamos el material más fino que pasa el tamiz No.200?

Cuando posterior al tamizado en el tamiz No.200 se detone partículas de arcilla u otra partícula ajena al árido. (INEN 696, 2011)

3.8.4. ¿A qué temperatura se debe someter a los áridos?

La NTE INEN 696 menciona que el horno debe ser capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C. Así mismo, las muestras pueden someterse a secado por altas temperaturas asociadas con el uso de estufas provistas de escapes de vapor, sin que se afecten los resultados y sin que se generen presiones lo suficientemente grandes como para fracturar las partículas, y bajo temperaturas no tan elevadas como para causar la descomposición química del agregado. (INEN 696, 2011)

3.8.5. ¿Para propósitos de control, particularmente cuando se desee obtener resultados rápidos, es necesario secar el agregado grueso?

La NTE INEN 696 menciona que generalmente no es necesario secar el agregado grueso para el análisis del método de tamizado. Y que los resultados se ven ligeramente afectados por el contenido de humedad cuando:

- El tamaño máximo nominal es menor de 12,5mm.

- El agregado grueso contiene una fracción importante de finos menores de 4,75mm (No.4).
- El agregado grueso es altamente absorbente (un agregado de masa ligero, por ejemplo).

3.8.6. ¿Cuál es la importancia del tamaño máximo nominal en el hormigón?

El tamaño máximo nominal de la piedra que se va a usar para fabricar la mezcla de hormigón tiene importancia porque se relaciona con la resistencia del concreto y la facilidad de llenado de encofrados. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 23)

3.8.7. ¿En que influye el tamaño máximo nominal del árido?

Una masa que contiene piedras muy grandes puede que no pasen entre las varillas, o puede que llenen una sección o gran parte de ella. Por lo cual el tamaño máximo permisible estará en función de los requerimientos de la obra, por lo cual este será: (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 23)

- La quinta parte de la dimensión menor entre los lados de la formaleta.
- 1/3 de la profundidad de las losas.
- Los ¾ de la separación de las varillas más cercanas

*Se tomará la menor de las 3 condiciones.

En la práctica cuando se hable de tamaño máximo en las especificaciones granulométricas se debe trabajar con el tamaño máximo nominal.

3.8.8. ¿Qué consideraciones se debe tener en el análisis granulométrico?

- Partiendo de la teoría que menciona que: “un material bien gradado es aquel que presenta todos los tamaños” se recomienda no emplear agregados que retengan en algún tamiz más del 40%. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)
- Es importante emplear agregados que mantengan constante su curva granulométrica para evitar cambios sorpresivos o bruscos en el comportamiento de la mezcla. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 23)
- Cabe mencionar que las granulometrías continuas son las que tienen material retenido en cada tamiz sucesivo de ensayo. Y las granulometrías discontinuas son aquellas donde solo algunos tamices retienen material. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 23)

3.8.9. ¿Cuáles son las características del agregado que pueden afectar en mayor grado la resistencia del concreto?

La geometría de la partícula, la textura superficial, el intervalo de variación del tamaño de las partículas, la combinación de tamaños (granulometría), y la resistencia y módulo de elasticidad del agregado son importantes. Un agregado con un módulo muy alto contribuirá a la estabilidad volumétrica, pero aumentará la fragilidad. Un agregado compresible incrementará el cambio volumétrico debido a contracción, pero también aumentará la capacidad de deformación antes de fracturarse, con lo cual se reducirá el agrietamiento. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)

3.8.10. ¿De qué manera afecta la granulometría a la resistencia del concreto?

Cuando la relación a/c es la misma y las mezclas son plásticas y trabajables, cambios importantes en la granulometría no tendrán un efecto importante en la resistencia del concreto. El efecto principal inducido por el cambio en la granulometría del agregado

es el de variar la cantidad de material cementante y el agua necesaria para que la mezcla sea trabajable con la relación a/c deseada. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)

3.8.11. ¿La forma de las partículas, afecta a la resistencia del concreto?

Si, la forma de las partículas afecta la calidad y trabajabilidad de la mezcla, y también la unión con la pasta de cemento puede debilitarse donde existe la superficie relativamente grande de los agregados de partículas planas. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)

3.8.12. ¿Cómo afecta la granulometría de los agregados la resistencia del concreto?

Cuando la relación agua-cemento es la misma y las mezclas son plásticas y trabajables, variaciones considerables en la granulometría de los agregados afectan en pequeño grado la resistencia del concreto. El principal efecto de la variación de la granulometría es el cambio en la cantidad de cemento y en el agua que se requiere para hacer la mezcla trabajable, con una relación agua-cemento dada. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)

3.8.13. ¿En qué infiere el tamaño máximo nominal del árido en la mezcla de concreto?

Cuando se desea obtener concreto de alta resistencia, se debe reducir el tamaño máximo nominal de los agregados, debido a que estos producen mayores resistencias con una determinada relación agua/cemento. (Libia Gutiérrez de López, 1869, pg. 24)

3.9. Procedimiento de la práctica

3.9.1. Procedimiento de la práctica - Agregado fino

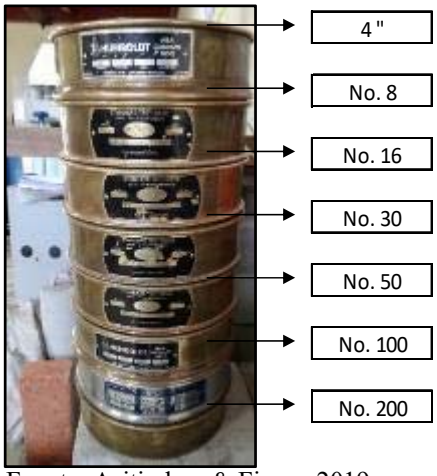
Imagen 14. Procedimiento granulometría AF, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Sacar la muestra del horno, enfriar la muestra al clima y pesarla con una precisión de 0,1g.

Imagen 15. Procedimiento granulometría AF, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Ordenar los tamices en forma decreciente (de mayor a menor) según el tamaño de su abertura, y colocar la muestra seca en el tamiz superior. (INEN 696, 2011)

Imagen 16.Procedimiento granulometría AF, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Colocar los tamices en el agitador de tamices eléctrico durante un período suficiente (3 minutos aproximadamente), concluido el proceso de tamizado en el agitador mecánico y se deja en reposo de 1 – 3 minutos hasta que se asienten las partículas. (INEN 696, 2011)

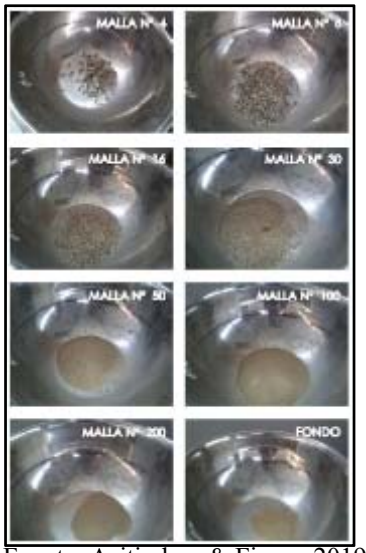
4. Destapar desde el tamiz Nº4 y el contenido retenido se lo coloca en taras para poder obtener el peso retenido de del tamiz y el mismo procedimiento se lo realiza para cada uno de los tamices seleccionados. (INEN 696, 2011)

Imagen 17.Procedimiento granulometría AF, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 18. Procedimiento granulometría AF, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Verificar que la masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,30 % respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación. (INEN 696, 2011)

6. Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Con dichos valores y con la ayuda de la "plantilla de laboratorio", elaborar la curva granulométrica. (INEN 696, 2011)

7. Cuando se lo requiera, calcular el módulo de finura.

3.9.2. Procedimiento de la práctica - agregado grueso

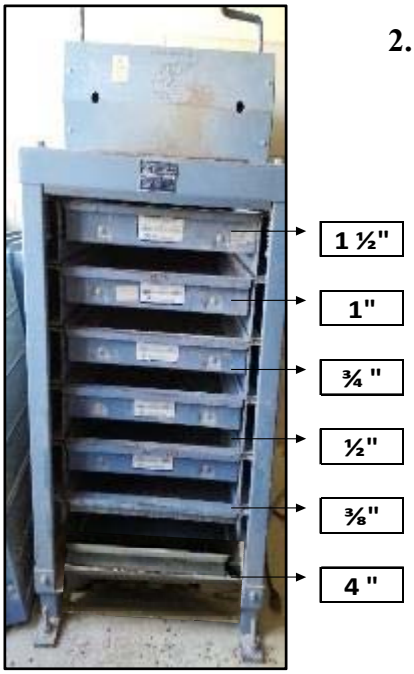
Imagen 19.Procedimiento granulometría AG, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Sacar la muestra del horno o estufa, enfriar la muestra al clima y pesar en una báscula electrónica con una precisión de 0,5g.

Imagen 20. Procedimiento granulometría AG, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Ordenar los tamices tipo bandeja rectangulares, en forma decreciente (de mayor a menor) según el tamaño de su abertura como se indica en la figura; tener en cuenta que, el tamaño de la bandeja debe cubrir los tamaños de las partículas del material a ensayarse. (INEN 696, 2011)

Se recomienda utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. (INEN 696, 2011)

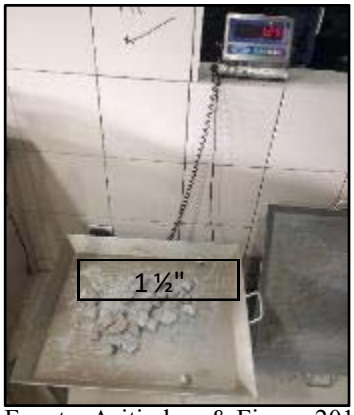
Imagen 21. Procedimiento granulometría AG, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Colocar la muestra seca en el tamiz superior lentamente, evitando que se pierda cualquier partícula, encender el tamiz mecánico durante un período aproximado de 3min. - 5min.; concluido el proceso, dejar en reposo 1min. hasta que se asienten las partículas. (INEN 696, 2011)

Imagen 22. Procedimiento granulometría AG, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Sacar uno por uno los tamices tipo bandeja rectangular, el contenido retenido colocar en una bandeja, pesar el material retenido de cada tamiz

Imagen 23. Procedimiento granulometría AG, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Unir todo el material en una bandeja y verificar que la masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,30 % respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación. (INEN 696, 2011)

6. Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Con dichos valores y con la ayuda de la "plantilla de laboratorio", elaborar la curva granulométrica. (INEN 696, 2011)

3.10. Preguntas y plantilla de laboratorio para llenar

3.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ANALISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO

NTE INEN 696
NTE INEN 154
ASTM C-136

1. Describa todos los objetivos de la práctica?

2. Cuáles son las condiciones que debe tener los agregados antes del ensayo?

3. Porqué el material debe estar secado al horno durante 24h (+-4h) a 110°C (+-5°)?

4. Que cantidad se requiere del agregado para realizar el ensayo y de que depende?

5. Se puede trabajar con material que tenga una humedad natural no visible, en qué casos, justifique su respuesta.

6. Establesca la diferencia entre "tamaño máximo" y tamaño máximo nominal"

7. Cuál es el tiempo del tamizado de los agregados, cree ud. que hay alguna excepción para ello?

8. Cuántos métodos de tamizado hay según la normativa?

9. Qué es módulo de finura y para que tipo de árido se calcula frecuentemente

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

3.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. ¿En la práctica que es lo que indica el tamaño máximo nominal?

a) El tamaño máximo nominal indica el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de la masa del agregado.

b) La mínima separación que puede haber entre varillas.

c) Ninguna de las anteriores.

Justifique su respuesta: _

2. Qué tamaño de la partícula del agregado grueso, escogería para diseñar un elemento estructural.

a) El tamaño máximo de la muestra.

b) El tamaño máximo nominal de la muestra.

c) Ninguna de las anteriores.

Justifique su respuesta: _

3. La siguiente premisa es falsa o verdadera:

El módulo de finura incide en la trabajabilidad del hormigón. _ _ _ _ _ _ (V) – (F)

4. ¿Cuál cree usted que es una granulometría ideal, justifique su respuesta?

_ _

_ _

_ _

3.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ANALISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO

NTE INEN 696, NTE INEN 154
ASTM C-136

		TAMIZ No.	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	%Retenido parcial	%Retenido acumulado	% Pasa	% Específico
Peso de agregado grueso (gr):	_____	**2"**						
Peso de agregado grueso seco (gr):	_____	**1 ½"**						
Peso de agregado fino (gr):	_____	**1"**						
Peso de agregado fino seco (gr):	_____	**¾ "**						
		½"						
		⅜"						
A *Pesos retenidos en cada tamiz*		**No. 4**						
		Pasa No. 4						
B Retenido acumulado (i) = Retenido parcial (i) + Ret. parcial tamices de abertura mayor		**No. 8**						
		No. 10						
C $Retenido\ parcial\ i\ (\%) = \frac{Retenido\ parcial\ (i) \cdot 100}{\sum Retenidos\ parciales}$		**No. 16**						
		No. 30						
		No. 40						
D % Retenido acumulado (i) = % Retenido parcial (i) + % Retenido acumulado de los tamices de abertura mayor o $\%\ Retenido\ acumulado = \frac{Retenido\ acumulado\ (i) \cdot 100}{\sum Retenidos\ parciales}$		**No. 50**						
		No. 80						
		No. 100						
		No. 200						
E % Pasa = 100 – % Retenido acumulado		**Pasa No. 200**						
		$\sum Retenido$	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	
MÓDULO DE FINURA: $MF = \frac{\sum \%\ Ret.\ Acumulado}{100}$ $M_F =$ _____		**Masa final total**	------	*La masa total final no debe variar en un 0.3% de la masa inicial			FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA	

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

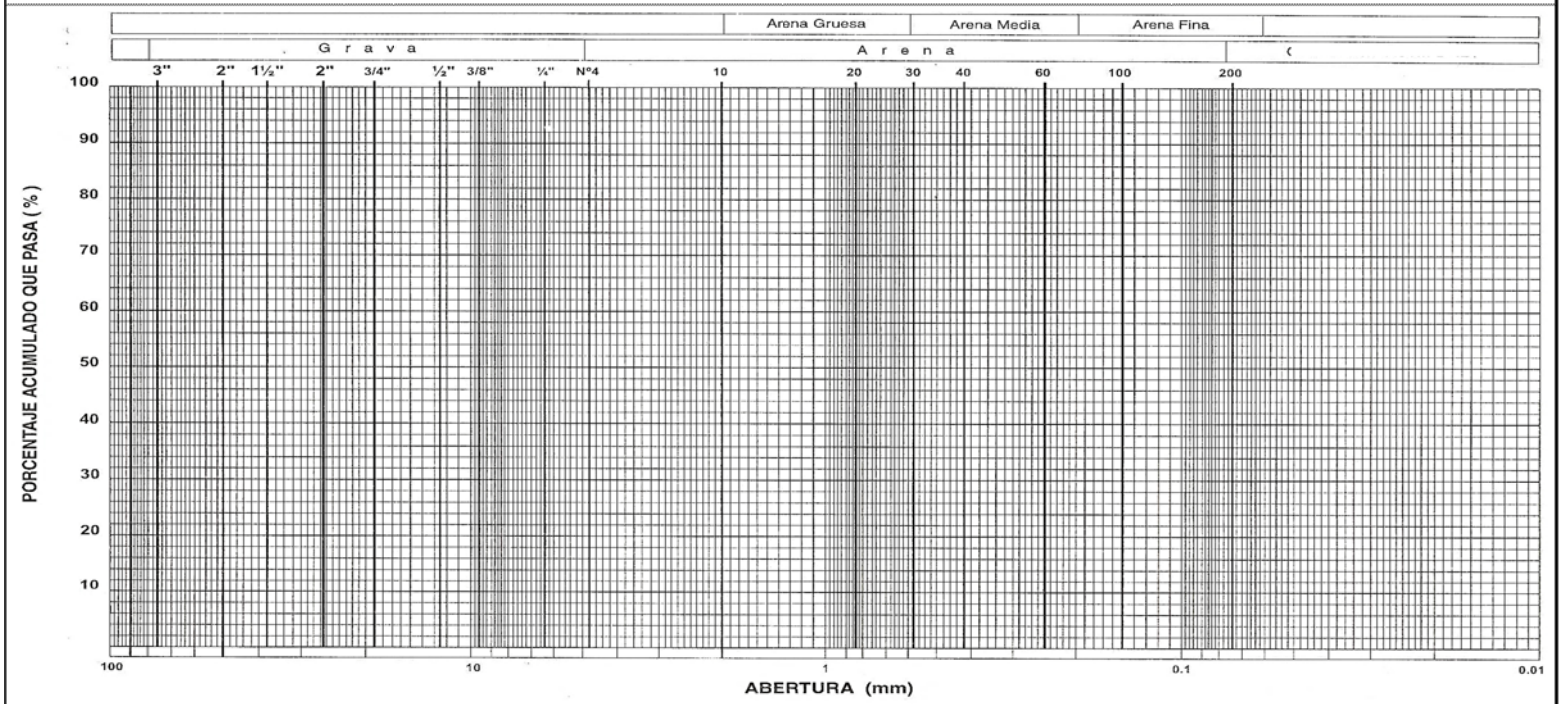
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ANALISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS FINO Y GRUESO

NTE INEN 696, NTE INEN 154
ASTM C-136

1. Grafique la línea de cribado con los correspondientes datos obtenidos del proceso de tamizado y defina deacuerdo al grafico obtenido que tipo de curva es I, II, ó III ?



CAPÍTULO 4

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD RELATIVA) PARA ÁRIDO FINO, ÁRIDO GRUESO

4.1. Términos y definiciones de la práctica

- Absorción. - Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca. (INEN 856, 2010, pg.1)

- Densidad. - Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico. (INEN 694, 2010, pg.4)

- Densidad (SH). Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas. (INEN 856, 2010, pg.1)

- Densidad (SSS). - Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas. (INEN 856, 2010, pg.2)

- Densidad aparente. - Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido. (INEN 856, 2010, pg.2)

- Seco al horno (SH). – Toda la humedad del agregado removida por secado en horno 110ºC ± 5ºC de temperatura por el tiempo necesario para conseguir una masa constante. Todos los poros están vacíos. (INEN 856, 2010, pg.2)

- Seco al aire (SA). – Toda la humedad removida de la superficie, pero los poros internos parcialmente saturados. (Libia Gutiérrez, 2003)

- Saturado superficialmente seco (SSS), Todos los poros llenos de agua, pero sin película de humedad sobre la superficie de las partículas. (INEN 856, 2010, pg.2)

- Húmedo (HS), Todos los poros completamente llenos de agua. (Libia Gutiérrez, 2003)

-Densidad relativa (gravedad específica). - Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales. (INEN 856, 2010, pg.2)

- Densidad relativa (gravedad específica) (SH). - Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada. (INEN 856, 2010, pg.5)

- Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada una temperatura determinada. (INEN 856, 2010, pg.5)

- Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada. (INEN 856, 2010, pg.5)

4.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Picnómetro. - Para uso con el procedimiento gravimétrico. Matraz u otro contenedor apropiado, en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida

fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de ± 0,1 cm³. El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500 g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de 500 cm³ de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior. (INEN 856, 2010, pg.3)

- Molde (cono) y compactador. - para ensayo de humedad superficial. El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones: 40mm ± 3mm de diámetro interno superior, 90mm ± 3mm de diámetro interno en la base y 75mm ± 3mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8mm. El compactador metálico debe tener una masa de 340g ± 15g y una cara compactadora circular y plana, de 25mm ± 3mm de diámetro. (INEN 856, 2010, pg.5)

- Bomba de vacíos. – Es una máquina la cual permite eliminar las burbujas visibles de aire. (INEN 856, 2010, pg.5)

- Canasta de alambre. - Con una abertura de 3,35 mm (No. 6) o de malla más fina o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, con una capacidad de 4 litros a 7 litros, para un árido con tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor, o una canasta más grande, según sea necesario, para el ensayo de áridos de mayor tamaño máximo. El recipiente debe ser construido de tal forma que evite retener aire cuando esté sumergido. (INEN 857, 2010, pg.4)

- Tanque de agua. - Tanque hermético, dentro del cual se coloca el recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza. (INEN 857, 2010, pg.4)

- Tamices. – Se utiliza el tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

- Horno. - De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110ºC ± 5ºC. (INEN 857, 2010)

4.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 856:2010. Áridos – Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Primera revisión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 857:2010. Áridos – Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Primera revisión.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C128:2001. "Standard Test Method for Density, relative density (Specific Gravity), and absorption of fine aggregate".
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C 127:2001. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.

- NTC 237. Norma técnica colombiana NTC 237:1995. Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino.
- NTC 176. Norma técnica colombiana NTC 176:1995. Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado.

4.3. Marco teórico de la práctica

4.3.1. Introducción

Una de las propiedades físicas de los agregados es la densidad. Al realizar este ensayo podemos decir que de acuerdo a los tipos de agregados encontraremos partículas que tienen poros saturables como no saturables que dependiendo de su permeabilidad pueden estar vacíos parcialmente saturados o totalmente llenos de agua, generando así una serie de estados de humedad y densidad. (Recuperado https://www.academia.edu/6884163/DENSIDAD_Y_ABSORCION)

4.3.2. Densidad

Los agregados se clasifican según su densidad, la cual depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya se trate de agregados naturales o artificiales. Esta distinción se hace porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir, como lo indica la siguiente tabla: (Sánchez, 2001, pg.70)

Tabla 6.Clasificación del agregado según su densidad

Tipo de concreto	Peso unitario aprox. del concreto kg/m³	Peso unitario del agregado kg/m³	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamientos	Piedra pómez
	950-1.350	480-1.040	Concreto para rellenos y mampostería no estructural	Perlita
	1.450-2.000		Concreto estructural	
Normal	2.000-2.500	1.300-1.600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado Agregados de río
Pesado	2.500-5.600	3.400-7.500	Concreto para protección contra radiación gamma o X, y contrapesas	Piedra barita, magnetita

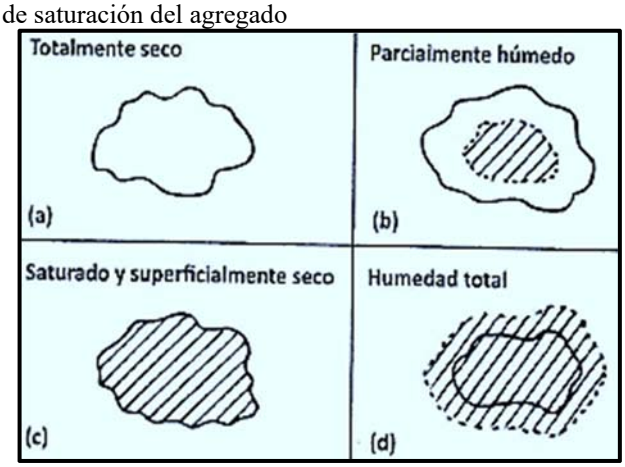
Fuente: Tomada del libro "tecnología del concreto y del mortero" (2001) de Sánchez de Guzmán, pg. 71

En el caso de los agregados que se utilizan para la elaboración de concreto, es necesario definir cuidadosamente el término densidad, puesto que generalmente entre sus partículas hay cavidades o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua dependiendo de la permeabilidad interna. (Asocreto, 2010, pg. 78)

4.3.3. Porosidad y absorción

Los poros saturables son aquellos que están conectados con el exterior, mientras que los no saturables son los que están en el interior de las partículas y no están conectados con la superficie, tal como se esquematiza en la siguiente figura: (Asocreto, 2010, pg. 78)

Ilustración 2.Estados de saturación del agregado



Fuente: Tomado del libro Tecnología del concreto, (2010), pg.80

La porosidad del agregado es una cualidad importante ya que está directamente relacionada con la adherencia y resistencia a la compresión y flexión de las partículas, así como a su comportamiento frente a problemas de congelamiento, deshielo e intemperismo. De las varias porosidades que se reconocen en un agregado, se suele medir la porosidad superficial o saturable mediante el ensayo indirecto de la absorción de agua. (Asocreto, 2010, pg. 78)

4.3.3.1. Importancia de la porosidad y de la absorción en mezclas de hormigón

Su importancia está relacionada con las siguientes afirmaciones: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 22)

- Cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica por tiene.
- Y cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad.

Los datos mencionados resultan importantes en la etapa de diseño ya que con la obtención de estos datos se puede hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar. (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 22)

Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua, el grano de agregado puede presentar una de las siguientes posibilidades: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 22)

a) Absolutamente seco, con todos los poros vacíos, internos y superficiales.

b) Seco al aire o exteriormente, con parte de la masa y de los poros internos llenos.

c) Saturado y superficialmente seco, con toda la masa y los poros internos y de superficie llenos, pero con la superficie seca.

d) Húmedo, cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales, y de saturada toda su masa, se acumula humedad en la superficie.

De acuerdo al estado en que se encuentra uno u otro se hace la corrección y ajuste del diseño de mezcla.

Hay que tener en cuenta que, si el material se encuentre en condiciones húmedas, hay que rebajar la cantidad de agua de amasado que se incorpora a la mezcla y en los casos de estar absolutamente seco, o parcialmente seco, se debe incrementar la cantidad de agua de amasado, en la medida que sea necesaria, previo al diseño de la cantidad de agua necesaria que es necesaria para lograr la mezcla de diseño. (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 23)

La capacidad de absorción de las partículas de agregado se puede determinar fácilmente por diferencia de pesos, entre el saturado y superficialmente seco,

expresado como un porcentaje de la masa seca. (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg. 23)

4.3.3.2. Consideraciones a tomar en los agregados debido a la absorción.

Debido a que los agregados pétreos presentan cierta porosidad (poros que están conectados a la superficie de las partículas), el agua de mezclado puede ser absorbida dentro del cuerpo de las partículas. Por otra parte, la superficie de las partículas también puede retener agua formando una película de humedad. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)

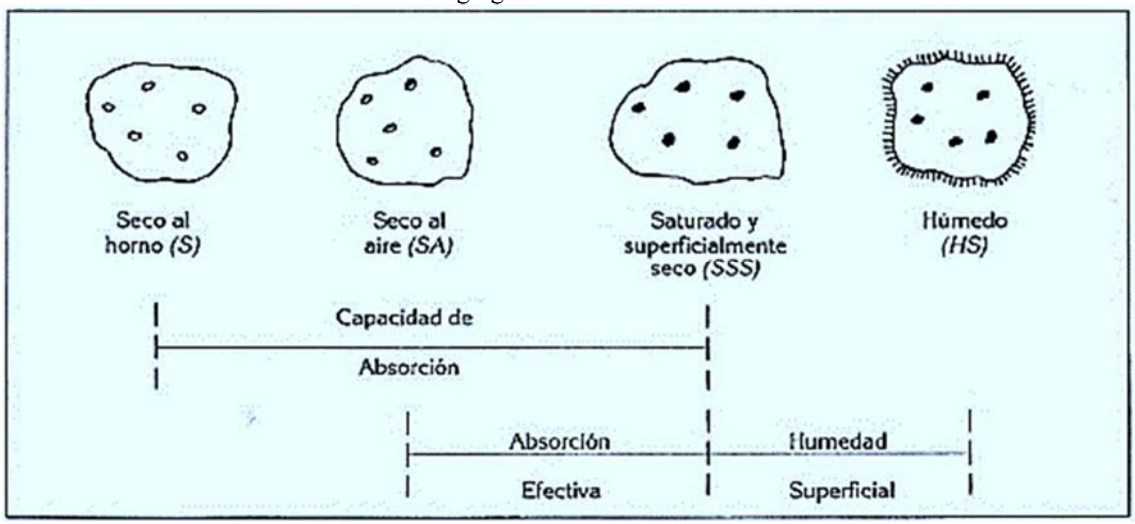
De tal manera que los agregados almacenados en patio pueden tener un contenido de humedad variable que impide su dosificación por peso seco. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)

Bajo estas consideraciones, para la elaboración de hormigón, si el agua de mezclado es absorbida por las partículas del agregado, la relación agua-cemento es rebajada y la manejabilidad del concreto reducida. Pero, si las partículas del agregado presentan una película de agua sobre su superficie, el contenido de agua de mezclado es incrementado, lo cual conduce a una alta relación agua-cemento y a una alta trabajabilidad, reduciendo la resistencia. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)

Para calcular la cantidad de agua que los agregados pueden sustraer o adicionar a la pasta de cemento de una mezcla determinada, se han definido cuatro estados de humedad de los agregados que permiten estudiar la influencia de los poros internos de

las partículas del agregado, su permeabilidad y absorción. Estos se muestran en la siguiente figura y se definen a continuación: (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)

Ilustración 3. Estados de humedad de los agregados



Fuente: Tomada del libro Tecnología del concreto y del mortero, (2001), de Sánchez de Guzmán, pg. 249

4.3.3.3. Estados de humedad de los agregados

a) **Seco al horno (S):** Toda la humedad del agregado removida por secado en horno a 105ºC de temperatura hasta obtener un peso constante. Todos los poros están vacíos. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)
b) **Seco al aire (SA):** Toda la humedad removida de la superficie, pero los poros internos parcialmente saturados. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)
c) **Saturado y superficialmente seco (SSS):** Todos los poros llenos de agua, pero sin película de humedad sobre la superficie de las partículas. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 249)
d) **Húmedo (HS):** Todos los poros completamente llenos de agua y adicionalmente con una película de agua sobre la superficie de las partículas. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.249)

De estos 4 estados, sólo 2, el estado **S** y el **SSS**, corresponden a contenidos específicos de humedad. El primero, por tener una humedad igual a cero; y el segundo, por tener una humedad equivalente a tener todos los poros saturables del agregado llenos de agua. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.250)

Ambos estados pueden ser usados como estados de referencia para calcular el contenido de humedad. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.250)

En la ilustración 3 también se han indicado 3 términos: capacidad de absorción, absorción efectiva y humedad superficial. Y tomando el estado SSS como estado de referencia, estos términos se han definido como sigue: (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.250)

a) **La capacidad de absorción,** representa la máxima cantidad de agua que el agregado puede absorber en sus poros saturables. Esta es calculada de la diferencia que hay entre el estado SSS y el estado S, expresada como un porcentaje del peso en estado S. La capacidad de absorción es utilizada para conocer la porosidad de las partículas del agregado y su efecto en el diseño de mezclas. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.250)
b) **La absorción efectiva**, representa la cantidad de agua requerida para llevar el agregado del estado SA al estado SSS. Esta se calcula de la diferencia que hay entre el estado SSS y el estado SA, expresada como un porcentaje del peso en estado SSS. La absorción efectiva es empleada para calcular el peso del agua absorbida por el agregado en la mezcla. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.251)
c) **La humedad superficial,** representa el agua en exceso (que compone la película de humedad sobre la superficie de las partículas) respecto al estado SSS. Esta se expresa como un porcentaje del estado SSS. La humedad superficial o libre es

utilizada para calcular la cantidad de agua que debe ser sustraída del agua de mezclado en el momento de la dosificación. Puesto que el agua de absorción de los agregados no hace parte del agua de mezclado y los agregados presentan algún grado de saturación que depende de las condiciones de almacenamiento y del estado del tiempo, necesariamente hay que determinar ese grado de humedad en el campo y hacer las correcciones pertinentes para dosificar correctamente los agregados. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.251)

4.3.4. Fórmulas y cálculos

Símbolos:

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g

S = masa de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) o para determinar la absorción, con ambos procedimientos), g

- **Densidad relativa (gravedad específica):**

1. Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Árido fino - procedimiento gravimétrico: $$P_e = \frac{A}{(B + S - C)}$$ Ecuación. 2. DE

b) Árido grueso: $$P_e = \frac{A}{(B - C)}$$ Ecuación. 3. DE

2. Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Árido fino - procedimiento gravimétrico: $$P_e = \frac{S}{(B + S - C)}$$ Ecuación. 4. DE

b) Árido grueso: $$P_e = \frac{B}{(B - C)}$$ Ecuación. 5. DE

3. Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

a) Árido fino - procedimiento gravimétrico: $$P_{E_A} = \frac{A}{(B + A - C)}$$ Ecuación. 6. DE

b) Árido grueso: $$P_{E_A} = \frac{A}{(A - C)}$$ Ecuación. 7. DE

- **Densidad:**

1. Densidad (SH). Calcular la densidad del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Árido fino - procedimiento gravimétrico:

Densidad (SH), kg/m³ = $$d_{sh} = \frac{997.5 * A}{(B + S - C)}$$ Ecuación. 8. DE

b) Árido grueso: $$d_{sh} = \frac{997.5 * A}{(B - C)}$$ Ecuación. 9. DE

2. Densidad (SSS). Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico – árido fino,

Densidad (SSS), kg/m³, $$d_{sss} = \frac{997.5 * S}{(B + S - C)}$$ Ecuación. 10. DE

b) Árido grueso: $$d_{sss} = \frac{997.5 * B}{(B - C)}$$ Ecuación. 11. DE

3. Densidad aparente. Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico – árido fino,

Densidad aparente (SSS), kg/m³, $$d_a = \frac{997.5 * A}{(B + A - C)}$$ Ecuación. 12. DE

b) Árido grueso: $$d_{sss} = \frac{997.5 * B}{(B - C)}$$ Ecuación. 13. DE

- **Porcentaje de absorción:**

$$Absorción, \% = \frac{(B - A)}{A} x100$$ Ecuación. 14. DE

4.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la densidad, densidad relativa (gravedad especifica o peso específico) y la absorción tanto para el árido fino como para el árido grueso.

Objetivo específico

- Determinar en el árido grueso, la densidad en estado seco al horno, la densidad relativa en estado saturado superficialmente seco (SSS) y el porcentaje de absorción del agua.
- Determinar en el árido fino, la densidad en estado seco al horno, la densidad relativa en estado saturado superficialmente seco (SSS) y el porcentaje de absorción del agua.

4.5. Alcance

Mediante una muestra de árido fino y grueso, previamente homogenizada y reducida, se determinará la densidad promedio en una muestra de árido, la densidad relativa y la absorción del árido. Y dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa, una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un período definido. (NTC 237, 1976)

4.6. Importancia y aplicación

- La capacidad de absorción de agua u otro líquido dentro de los agregados está relacionada con el tamaño de los poros; a su vez, la porosidad de las partículas del agregado, es muy importante en el comportamiento de los agregados dentro del concreto porque una partícula porosa es mucho menos dura que una partícula compacta o maciza, lo cual afecta no sólo las propiedades mecánicas como la adherencia y la resistencia a compresión y flexión sino también propiedades de durabilidad como la resistencia al congelamiento y deshielo, estabilidad química y resistencia a la abrasión. (Asocreto, 2010, pg. 80)
- Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de

humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla. (Asocreto, 2010, pg. 80)

- La densidad es un parámetro utilizado en el diseño de mezclas, ya que, según su valor, el concreto puede ser ligero, normal o pesado. Por ejemplo, el concreto estructural de baja densidad (de peso ligero) es un concreto estructural fabricado con agregados de baja densidad que tiene un peso volumétrico secado al aire de no más de 1850 kg/m3 y una resistencia a la compresión a los 28 días de más de 17.2MPa. (Asocreto, 2010, pg. 85)
- En el diseño de mezcla de hormigón, la densidad aparente de los agregados, es un parámetro con el cual podemos determinar la cantidad de agregado requerido para un volumen unitario de concreto. (Asocreto, 2010, pg. 85)
- En vías, el parámetro de densidad y absorción del agua de los áridos, se utiliza para poder compactar adecuadamente las bases granulares de una carretera. (Asocreto, 2010)
- Además, la densidad y absorción del agua de los áridos, son parámetros que se utilizan para el diseño de obras hidráulicas como en la cimentación de presas u obras civiles marítimas. (Asocreto, 2010)

4.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 24. Herramientas para el ensayo: densidad, peso específico.



a. 9. Pala tipo cuchara

a. 8. Bandeja rectangular para árido grueso

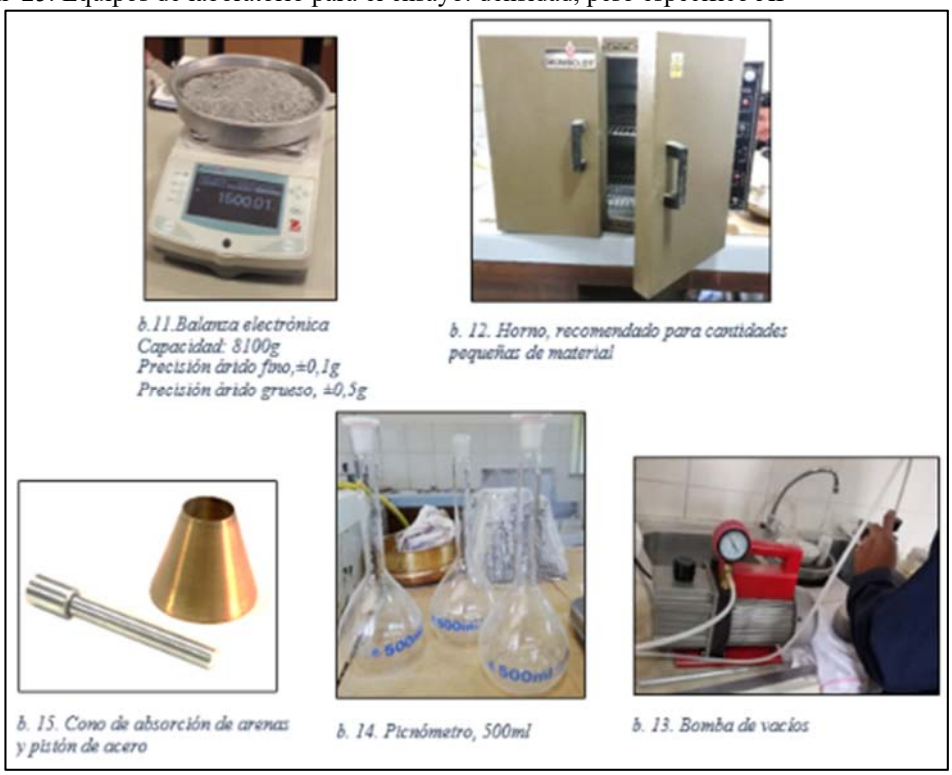
a. 7. Bandeja circular para áridos finos

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

- Para árido fino:

Imagen 25. Equipos de laboratorio para el ensayo: densidad, peso específico AF



b.11.Balanza electrónica
Capacidad: 8100g
Precisión árido fino, ±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g

b. 12. Horno, recomendado para cantidades pequeñas de material

b. 15. Cono de absorción de arenas y pistón de acero

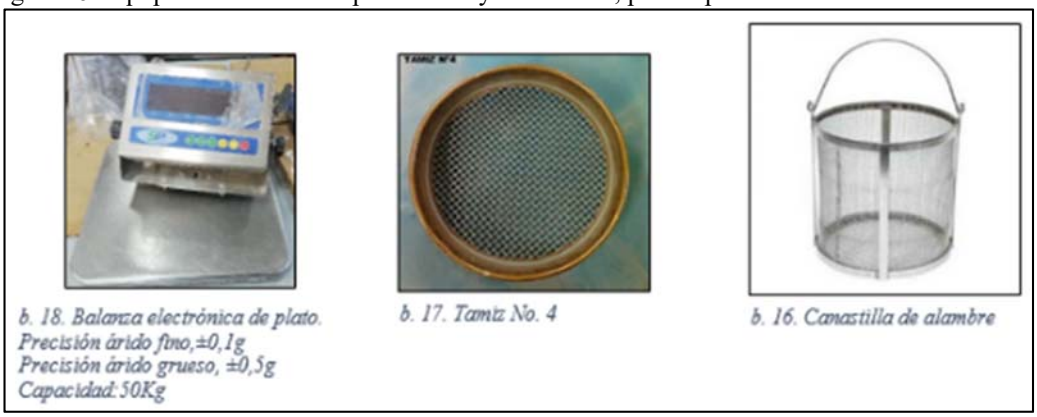
b. 14. Picnómetro, 500ml

b. 13. Bomba de vacíos

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Para árido grueso:

Imagen 26. Equipos de laboratorio para el ensayo: densidad, peso específico AG



b. 18. Balanza electrónica de plato.
Precisión árido fino, ±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g
Capacidad: 50Kg

b. 17. Tamiz No. 4

b. 16. Canastilla de alambre

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales y preparación de la muestra

Tanto para el árido fino como para el grueso se debe mezclar íntegramente la muestra inicial de árido y reducirlo hasta aproximadamente la cantidad necesaria.

- Árido fino

Se recomienda, para árido fino una cantidad aproximada de 1200 g. la cual debe secarse al horno por 24 horas previo al ensayo.

La NTE INEN 856, establece que se debe obtener una muestra mínima de ensayo de aproximadamente 1 kg.

- Árido grueso

Se recomienda, para árido grueso una cantidad aproximada de 5000g para un tamaño máximo nominal de 37,5mm.

La NTE INEN 857, establece que, para determinar la masa mínima de árido grueso requerido, se utilice la siguiente tabla:

Tabla 7. Masa mínima de la muestra de ensayo para árido grueso.

Tamaño máximo nominal, mm	Masa mínima de la muestra para ensayo, kg
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

Fuente: NTE INEN 857, 2010, pg.4

Imagen 27. Preparación de muestra AG (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Con la muestra reducida, rechazar todo el material que pasa el tamiz No.4 mediante tamizado en seco hasta obtener una masa mínima de acuerdo a la tabla.

Imagen 28. Preparación de muestra AG (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Remover el polvo u otro recubrimiento de la superficie por medio de lavado.

Imagen 29.Preparación de muestra AG (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Secar la muestra en el horno a una temperatura de 110ºC ± 5ºC, hasta alcanzar una masa constante, por un período de 24horas.

4.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

4.8.1. ¿Cuáles son las condiciones que deben tener el árido?

Debe provenir de una muestra homogenizada y reducida que represente a toda la muestra inicial.

4.8.2. ¿Argumente el método o procedimiento que se usa para que el material tenga un estado SSS para el agregado fino?

Se utiliza el "cono de absorción de arenas" en donde, si la humedad superficial todavía está presente, el árido fino mantendrá la forma del cono. Y cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos cm^3 de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. (INEN 856, 2010, pg. 2)

4.8.3. ¿Explique si hay alguna excepción del ensayo para el árido fino referente a la condición del material previo al ensayo?

Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito sobre la inmersión por 24 h ± 4 h, también es opcional. (INEN 856, 2010, pg. 3)

4.8.4. ¿Cree usted que el ensayo arrojará resultados erróneos si no se cumple con las condiciones que debe tener el material?

En áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) pueden ser significativamente más altos, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con el procedimiento general. (INEN 856, 2010, pg. 3)

4.8.5. ¿Para el diseño de mezclas de concreto, que densidad interesa y por qué?

Para el diseño de mezclas de concreto la densidad que interesa es la "densidad aparente", pues con ella se determina el peso del agregado requerido para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas van a ocupar un volumen dentro de la masa del concreto y el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua del mezclado. Es decir, en una mezcla de concreto el material está saturado (tiene sus espacios vacíos llenos de agua), pero está superficialmente seco. (INEN 856, INEN857, 2010)

4.8.6. ¿Qué densidades debería tener un buen agregado grueso para la elaboración de hormigón?

Para la elaboración de hormigón, un buen agregado grueso debe tener una densidad aparente que oscile entre 2.3 y 2.9 gr/cm^3, ya que cuanto mayor es su densidad, mejor es su calidad y menor su absorción, que oscila entre 1 y 5%. (Libia Gutiérrez de López, 1989, pg. 57)

4.8.7. ¿En qué casos se necesita realizar el procedimiento de "lavado del árido"?

El lavado se usa para remover cantidades excesivas de partículas finas que son consideradas dañinas para la buena calidad del concreto. Además, si hay un exceso de

partículas finas cubriendo los agregados, resultará una inadecuada adhesión entre la pasta del cemento endurecida y el agregado. (INEN 857, 2010)

4.8.8. ¿Qué se debe hacer, si en el procedimiento gravimétrico, al momento añadir agua al picnómetro con árido, aparece espuma y la misma no desaparece?

En el caso que fuera necesario, para eliminar la espuma que aparece en la superficie, se puede utilizar una pequeña cantidad medida de alcohol isotrópico (no mayor a 1cm3). Teniendo en cuenta que el volumen de alcohol utilizado debe ser restado de la lectura final registrada. (INEN 856, 2010)

4.9. Procedimiento de la práctica

4.9.1. Procedimiento de la práctica – Árido fino

Imagen 30. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Sacar la muestra del horno, dejarla que se enfríe de 1 a 3horas hasta a una temperatura que sea confortable para su manipulación. (INEN 856, 2010)

Imagen 31.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Saturar la muestra, cubriéndola con agua y dejarla en reposo por un período de 24horas ± 4h. (INEN 856, 2010)

Imagen 32. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos.

Imagen 33. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente. Y mediante un ventilador o secador de mano, someter a la muestra a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente ya sea con las manos o con una espátula para asegurar un secado homogéneo hasta alcanzar la condición SSS. (INEN 856, 2010)

El proceso para determinar si la humedad superficial todavía está presente en las partículas constituyentes del árido fino, y para verificar si la muestra alcanzo la condición de superficie seca, se detalla a continuación y se debe considerar los siguientes puntos: (INEN 856, 2010)

a) El proceso se deberá ensayar desde cuando todavía exista agua superficial en la muestra.

b) Secar con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca.

4.1. Colocar el “cono de absorción” en una superficie limpia, lisa y no absorbente.

Imagen 34. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4.2. Con una mano, mantener el cono firme durante todo el proceso y con la otra mano, colocar de manera suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior.

Imagen 35. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4.3. Tomar el "pistón de acero" y desde una altura de 5mm sobre la superficie del árido dejar que el pistón caiga libremente y de esta manera compactar el árido con 25 golpes ligeros. (INEN 856, 2010)

Nota: Se debe ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. (INEN 856, 2010)

Imagen 36.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4.4. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y cuidadosamente con las dos manos levantar el molde verticalmente. (INEN 856, 2010)

4.5. Verificar, si la muestra a alcanzado la condición de saturada superficialmente seca.

- Si la humedad superficial todavía está presente, el árido fino mantendrá la forma del molde, lo cual es un indicativo que la muestra sigue húmeda. (INEN 856, 2010)
- Pero si el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca. (INEN 856, 2010)

Imagen 37. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 38. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (4.5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Caso particular. - Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. (INEN 856, 2010)

Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100mm a 150mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba. (INEN 856, 2010)

5. Mediante el procedimiento gravimétrico (picnómetro), se procede de la siguiente manera:

Imagen 39. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5)

5.1. Tomar un picnómetro de 500ml, pesarlo, encerar la balanza, y añadir 500g ± 10g de árido fino saturado superficialmente seco. (INEN 856, 2010)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 40. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.2)

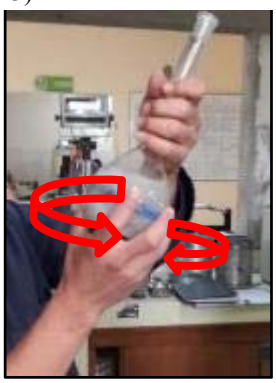


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5.2. Llenar el picnómetro de agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.

Imagen 41. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.3)

5.3. Agitar el picnómetro, sujetando con una mano el cuello del mismo y con la otra mano crear un movimiento circular, en donde se gira de un lado a otro, tal como se muestra en la figura, de una forma que no degrade la muestra.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 42. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Adicionalmente, rodar o invertir el picnómetro sobre una superficie lisa, evitando romper el mismo, hasta que visualmente el árido se mezcle con el agua. (INEN 856, 2010)

Imagen 43.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5.4. Unir el picnómetro con la bomba de vacíos para liberar todas las burbujas de aire, aproximadamente un tiempo de 30min.

5.5. Luego de eliminar las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a 23,0°C ± 2,0°C, si es necesario mediante inmersión parcial en agua y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Luego, pesar y registrar el dato, "**C**". (INEN 856, 2010)

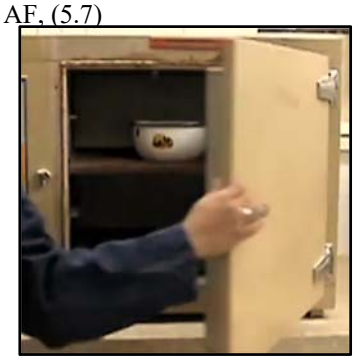
Imagen 44. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5.6. Pesar un recipiente que pueda contener toda la muestra, y registrar el dato. Agitar el picnómetro para remover el agregado fino del envase y verter la muestra en el recipiente. (INEN 856, 2010)

Imagen 45. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5.7. Secar la muestra en el horno a una temperatura de 110°C ± 5°C, hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por 1 h ± ½ h, determinar su masa y registrar el dato, "**A**". (INEN 856, 2010)

Imagen 46. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AF, (5.8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5.8. Por último, determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a 23,0°C ± 2,0°C, y registrar el dato, "**B**". (INEN 856, 2010)

4.10. Plantilla para llenar –Árido fino

4.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO	**NTE INEN 856** **NTE INEN 694** **ASTM C128**

1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Qué cantidad de material se requiere para el ensayo y de qué depende? _____

4. Argumente del método que se usa para que el material tenga un estado SSS (para el agregado grueso y agregado fino)

4. Qué tiempo se deben extraer los vacíos de la muestra?. Explique _____

5. Cuáles son las masas que intervienen en la determinación de la densidad relativa en condiciones SH y SSS.

6. Explique si hay alguna excepción del ensayo referente a la condición del material previo al ensayo.

7. Explique, cuándo se considera que el agregado fino se encuentra en estado SSS?

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

_____

4.10.2. Plantilla de laboratorio para llenar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO

NTE INEN 856
NTE INEN 694
ASTM C128

Descripción	Valor Tabulado	Und.
1. Tamaño de la muestra reducida de árido fino para ensayo		[gr.]
S, Masa de la muestra saturada superficialmente seca		[gr.]
C, Masa total del picnómetro, muestra y agua hasta la marca de calibración (*temperatura del picnometro ajustada a 23,0°C ± 2,0°C.)		[gr.]
A, Masa de la muestra seca al horno		[gr.]
B, Masa del picnometro lleno hasta la marca de calibración con agua a 23,0°C ± 2,0°C.		[gr.]

Descripción	Resultados	Und.
1.1. Densidad relativa (gravedad específica) [SSS]: $P_e = \frac{S}{(B+S-C)}$		
1.2. Densidad relativa (gravedad específica) [SH]: $P_e = \frac{A}{(B+S-C)}$		
1.3. Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) [SH] $P_{E_A} = \frac{A}{(B+A-C)}$		
2.1. Densidad [SSS]: *Utilizada en el diseño de hormigones $d_{sss} = \frac{997.5 * S}{(B+S-C)}$		[kg/cm3]
2.2. Densidad [SH]: $d_{sh} = \frac{997.5 * A}{(B+S-C)}$		[kg/cm3]
2.3. Densidad aparente: $d_a = \frac{997.5 * A}{(B+A-C)}$		[kg/cm3]
3. Porcentaje de absorción: $Absorción, \% = \frac{(S-A)}{A} x100$		%
	FIRMA O SELLO DE LABORATORISTA: _____	

4.11. Procedimiento de la práctica – Árido grueso

Imagen 48.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Sacar la muestra del horno y enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas, para muestras de ensayo de TMN de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para su manipulación. (INEN 857, 2010)

Imagen 47.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de 24h ±4h.

Imagen 50.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Retirar la muestra de ensayo del agua, colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo frotarla hasta que sea eliminada toda lámina visible de agua. Secar las partículas grandes individualmente y evitar la evaporación de agua desde los poros del árido durante la operación de secado superficial. Hasta que el árido llegue a la condición SSS. Pesar la muestra, y registrar el dato, "**B**". (INEN 857, 2010)

4. Después de determinar la masa en aire, tomar la "canastilla metálica" pesar, encerar la balanza e inmediatamente colocar la muestra en condición SSS.

Imagen 49.Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 51. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Preparar el lugar en el cual se va a desarrollar el ensayo, teniendo en cuenta que la canastilla metálica con la muestra de ensayo debe sumergirse a una profundidad suficiente para cubrirlos con agua. (INEN 857, 2010)

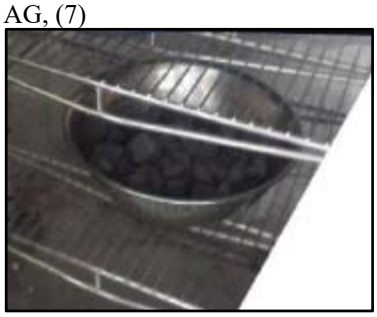
Imagen 52. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. Una vez colocada la canastilla, remover la muestra para eliminar todo el aire atrapado. Y para determinar su masa aparente en agua, registrar el dato dado por la balanza de plato, "**C**". (INEN 857, 2010)

Imagen 53. Procedimiento para el ensayo: densidad, peso específico, AG, (7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

7. Secar la muestra en el horno a una temperatura de 110ºC ± 5ºC, hasta conseguir una masa constante por 24 horas.

Luego, enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas o hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para el manejo (aproximadamente 50ºC), determinar su masa y registrar el dato, "**A**". (INEN 857, 2010)

4.12. Plantilla para llenar –Árido grueso

4.12.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO	NTE INEN 857 NTE INEN 694 ASTM C127

1. Escriba los objetivos de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Qué cantidad de material se requiere para el ansayo y de qué depende? _____

4. Cuales son las condiciones que deben tener el árido? _____

5. Cree usted que el ensayo arrojará resultados erróneos si no se cumple con las condiciones que debe tener el material?

6. Qué densidades debería tener un buen agregado grueso para la elaboración de hormigón

7. Explique, cuándo se considera que el agregado grueso se encuentra en estado SSS?

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

4.12.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Escoja, falso o verdadero

a. El árido grueso entre más poroso es, menos resistencia mecánica tiene. Verdadero, falso, Justifique su respuesta.

_ _ _ _

4.12.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO

NTE INEN 857
NTE INEN 694
ASTM C127

Descripción	Valor Tabulado	Und.
1. Tamaño de la muestra de árido grueso		[gr.]
B, Masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca		[gr.]
C, Masa aparente en agua de la muestra saturada		[gr.]
A, Masa en aire de la muestra seca al horno		[gr.]

Descripción	Resultados	Und.
1.1. Densidad relativa (gravedad específica) [SSS]: $P_e = \frac{B}{(B-C)}$		
1.2. Densidad relativa (gravedad específica) [SH]: $P_e = \frac{A}{(B-C)}$		
1.3. Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) [SH]: $P_{E_A} = \frac{A}{(A-C)}$		
2.1. Densidad [SSS]: *Utilizada en el diseño de hormigones $d_{sss} = \frac{997.5 * B}{(B-C)}$		[kg/cm3]
2.2. Densidad [SH]: $d_{sh} = \frac{997.5 * A}{(B-C)}$		[kg/cm3]
2.3. Densidad aparente: $d_a = \frac{997.5 * A}{(A-C)}$		[kg/cm3]
3. Porcentaje de absorción: $Absorción, \% = \frac{(B-A)}{A} x100$		%
	FIRMA O SELLO DE LABORATORISTA: _____	

CAPÍTULO 5

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS.

5.1. Términos y definiciones de la práctica

- Masa Unitaria. (peso volumétrico)– Conexión entre la masa del material que cabe en un determinado recipiente y el volumen de ese. Peso es igual a la masa del cuerpo multiplicada por la aceleración gravitacional. (INEN 858, 2010, pg. 1)

El peso puede ser expresado en unidades absolutas (newtons) o en unidades gravitacionales (kgf); por ejemplo: sobre la superficie de la tierra, un cuerpo con una masa de 1 kg tiene un peso de 1kgf (aproximadamente 9,81N). Puesto que el peso es igual a la masa por la aceleración gravitacional, el peso de un cuerpo puede variar según el lugar en que se determina el peso, mientras que la masa del cuerpo se mantiene constante. En la superficie de la tierra, la fuerza gravitacional produce a un cuerpo que está en caída libre, una aceleración de aproximadamente 9,81 m/s^2. (INEN 858, 2010, pg. 1)

- Masa unitaria suelta. – Colocación del agregado dentro del recipiente por simple efecto de la gravedad. (INEN 858, 2010, pg. 1)

- Masa unitaria compacta. – Cuando la colocación del agregado se hace por capas, posteriormente compactadas por golpes de una barra metálica. (INEN 858, 2010, pg. 1)

- Vacíos, en volumen unitario de árido. Espacio entre las partículas de una masa de árido, no ocupado por la materia mineral sólida. Los vacíos dentro de las partículas,

tanto permeables como impermeables, no se incluyen en los vacíos determinados por este método de ensayo (INEN 858, 2010, pg. 1)

5.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Molde. – Recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas. Impermeable, con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes. Suficientemente rígido para mantener su forma bajo condiciones agresivas de uso. El molde debe tener una altura aproximadamente igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro. La capacidad del molde debe cumplir con los límites indicados en la tabla 1, de acuerdo al tamaño del árido a ser ensayado. El espesor del metal en el molde debe cumplir con lo que se describe en la tabla 2. El borde superior debe ser liso y plano dentro de 0,25 mm y debe ser paralelo al fondo con una tolerancia de 0,5°. La pared interior del molde debe ser una superficie lisa y continua. (INEN 858, 2010, pg. 2)

Tabla 8. Capacidad nominal del molde

Tamaño máximo nominal del árido mm	Capacidad nominal del molde [A] m³ [litros]
12,5	0,0028 [2,8]
25,0	0,0093 [9,3]
37,5	0,014 [14]
75,0	0,028 [28]
100,0	0,070 [70]
125,0	0,100 [100]

[A] Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

Fuente: INEN 858, pg.2

- Varilla de compactación. – Debe ser una varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo el extremo de compactación o los dos extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16mm. (INEN 858, 2010, pg. 2)

5.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 858:2010. Áridos – Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentaje de vacíos. Primera revisión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C29:2003. "Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and voids in aggregate".
- NTC 129. Norma técnica colombiana NTC 129:1995. Práctica para la toma de muestras de agregados.

5.3. Marco teórico de la práctica

5.3.1. Introducción

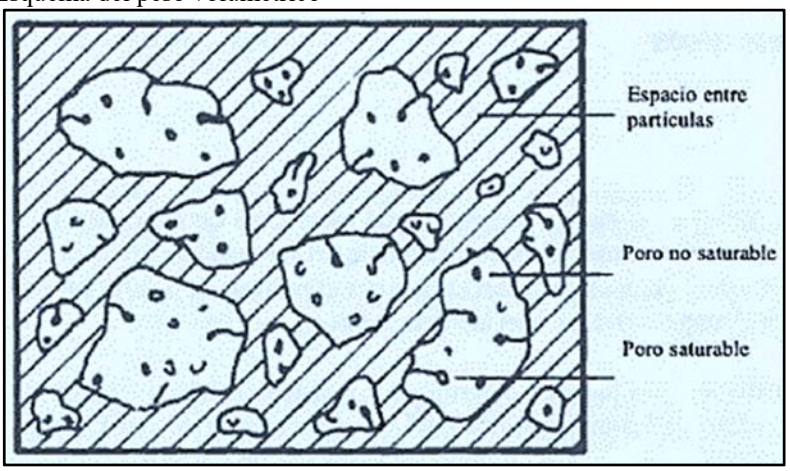
Normalmente el peso volumétrico de los agregados se calcula en condiciones secas cuando se sigue alguna norma al respecto, tal norma generalmente especifica la manera en que debe llenarse un determinado recipiente con el agregado, el recipiente tiene un volumen adecuado para el tamaño máximo de las partículas, y el llenado por lo regular se hace en capas, consolidando cada capa con un varillado (varilla con punta de bala).

El peso volumétrico se puede visualizar con la ilustración 6, donde esquemáticamente se muestra que en el volumen del recipiente quedan contenidas las partículas de agregado, los poros o vacíos de las propias partículas y los espacios entre las partículas. (Gómez Domínguez, 2000, pg.70)

5.3.2. Masa unitaria

La conexión entre la masa del material que cabe en un determinado recipiente y el volumen de ese, da una cifra llamada masa unitaria. Por lo tanto, la masa unitaria o peso unitario se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. Es decir, el material dentro del recipiente sufre un acomodo de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende naturalmente de la granulometría, tamaño, forma y textura del agregado. (Gutiérrez de López, 2003, pg.23)

Ilustración 4. Esquema del peso volumétrico



Fuente: Tomado del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción", de Gutiérrez de López, (2003), pg.71

Existen dos tipos de masa unitaria a saber:

a) **Peso unitario compactado**

En el ensayo de "masa unitaria de agregados" se establece que cuando la colocación se ha hecho en capas, posteriormente compactadas por golpes de una barra metálica, se le nombra masa unitaria compacta; la cual es un índice para conocer la calidad del agregado, puesto que cuanto mejor sea la granulometría mayor es su valor numérico. En general, las partículas cuya forma se aproxima a la cúbica o a la esférica, producen mayor masa unitaria. (Asocreto, 2010, pg.81)

El valor de la masa unitaria compactada se utiliza para determinar el volumen absoluto de agregado grueso en las mezclas de concreto. (Gutiérrez de López, 2003, pg.23)

b) **Peso unitario suelto**

Las masas unitarias sueltas sirven para relacionarlos con la densidad y dar una idea del volumen natural de vacíos que produce el agregado en su acomodo, y al mismo tiempo se relaciona con aspectos de la forma y textura. (Asocreto, 2010, pg.81)

El peso unitario suelto es la relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa. El peso unitario suelto es menor que el peso unitario compactado porque el material en estado suelto ocupa un volumen mayor. (Gutiérrez de López, 2003, pg.23)

En el ensayo de "masa unitaria de agregados" se establece que, si la colocación del agregado dentro del recipiente se ha hecho por simple efecto de la gravedad, desde una cierta altura de caída, se denominará como masa unitaria suelta. (Gutiérrez de López, 2003, pg.23)

5.3.3. Expansión o abultamiento

"Existe un fenómeno que puede afectar los volúmenes de material durante el transporte y almacenamiento de la arena, conocido como abultamiento o expansión, el cual consiste en un aumento de volumen para determinada masa de arena, causado por la presión del agua entre partícula y partícula, cuando se encuentra húmeda, o sea con agua libre en la superficie." (Asocreto, 2010, pg. 81)

Experimentalmente se ha observado que al aumentar el agua libre de un 5 a un 8 por ciento, el abultamiento puede llegar a ser del 20% al 30%. Sin embargo, cuando la arena está totalmente inundada, el volumen disminuye y no existe expansión alguna. Por otra parte, la expansión en arenas gruesas puede ser hasta del 20 %y la de las muy finas hasta un 40%. (Asocreto, 2010, pg. 81)

5.3.4. Contenido de vacíos, máxima compacidad, en áridos

Los investigadores A. Andreasen y J. Anderson demostraron que cuando los tamaños de agregados descienden a cero, el contenido de vacíos presentes depende solamente del valor de "q", y es independiente del tamaño máximo del árido "D". De tal manera que entre más pequeño el valor de q es más pequeño el contenido de vacíos; así que, si "q" se aproxima a cero, de la misma manera hace el contenido de vacíos. En el otro extremo, cuando "q" se aproxima a infinito, el agregado tiende a un tamaño único, creciendo de esta forma el contenido de vacíos. Esto significa que la hechura de una masa densa de un material granular es simplemente asunto de adaptar una gradación parabólica asignando un pequeño valor de "q". (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.83)

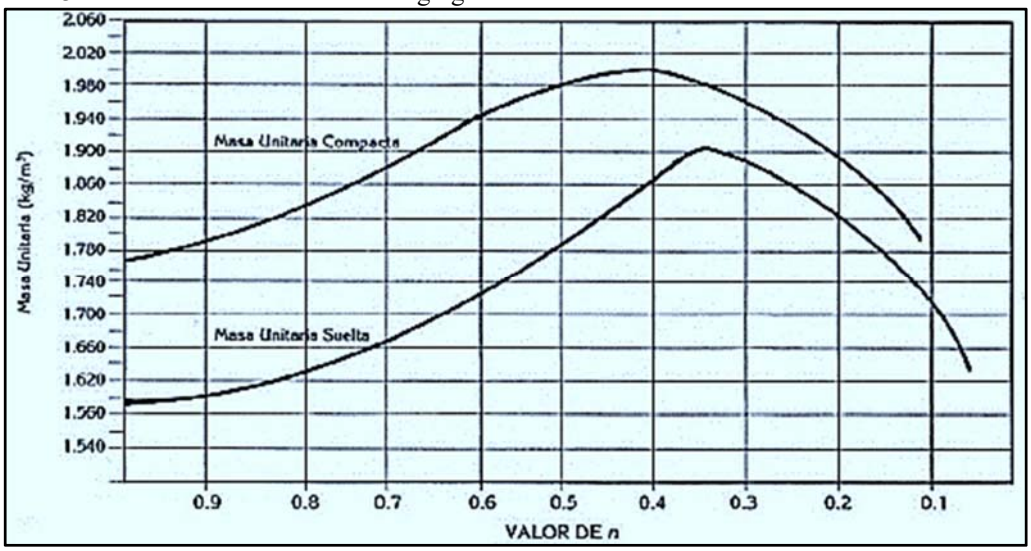
Sin embargo, en la práctica esto no necesariamente es cierto, debido a la inhabilidad que presentan las partículas más pequeñas para formar una masa densa.

En un estudio adelantado por este autor y otros investigadores, se determinaron experimentalmente las densidades de "empaquetado" (masas unitarias) de agregados de composición granulométrica bien definida, tanto para material en estado suelto, como compactado a base de una energía de vibrado siempre igual. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.83)

Para este estudio, las curvas de cribado responden a la ecuación: $P = 100 * (d/D)^n$

En la que para el exponente “n” se emplearon sucesivamente los valores 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.6, 0.9 y 1.0. Los ensayos se llevaron a cabo con arena y grava de canto rodado trituradas. La figura muestra los resultados obtenidos con mezclas compuestas únicamente de agregados, cuyo tamaño máximo es de 25.4 mm (1 "),en la cual se aprecia que la parábola de Fuller-Thompson (n = 0.5) no es la que proporciona la densidad óptima de empaquetado. En el caso de la masa unitaria suelta, la máxima densidad de empaquetado corresponde a un valor del exponente n = 0,35 y, en el caso de la masa unitaria compacta a n = 0,4. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.84)

Gráfico 3.Curvas de masas unitarias del agregado en función de n.



Fuente: Tomadas del libro Tecnología del concreto y del mortero, Sánchez de Guzmán, (2001), pg.84

En la parte izquierda de estas curvas se observa que a medida que aumenta el valor de “n”, se disminuye notablemente el contenido de finos y se incrementa el valor de las masas unitarias hasta un máximo. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.84)

El punto de máxima compacidad se presenta cuando hay un "equilibrio" entre todas las partículas. Este equilibrio se obtiene cuando el espacio dejado por las partículas de mayor tamaño es ocupado por otras más pequeñas y así sucesivamente, de tal manera que la cantidad o porcentaje de cada tamaño sea el óptimo para que no haya exceso ni defecto de un tamaño determinado y que cada grano cumpla la función de llenar un vado, obteniéndose así un conjunto lo más compacto posible con la mayor densidad que se puede lograr con un determinado material. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.84)

A medida que “n” aumenta a partir del punto máximo se tiene el fenómeno inverso, esto es, que la fracción gruesa aumenta y la fracción fina disminuye alejándose cada vez más del punto de equilibrio. Esto se debe a que los espacios dejados por las partículas de mayor tamaño no alcanzan a ser llenados por los granos más finos ya que cuando “n” tiende a infinito el tamaño de las partículas lo hace a un tamaño único (tamaño máximo D), obteniéndose así un máximo de vacíos y por lo tanto bajos valores de masa unitaria. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.84)

De otra parte, dentro de esta misma investigación, al involucrar cemento a la mezcla se observa la misma tendencia a aumentar el peso unitario del concreto conforme al comportamiento granulométrico de los agregados. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.85)

5.3.5. Fórmulas y cálculos

- Masa unitaria (peso volumétrico). Calcular la masa unitaria (peso volumétrico) mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$M = \frac{G - T}{V}$$ Ecuación. 15 M.U

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m³
G = masa del árido más el molde, kg
T = masa del molde, kg
V = volumen del molde, m³, y

- Masa unitaria (peso volumétrico) en condición "SSS", calcular la masa unitaria (peso volumétrico) SSS aplicando la siguiente fórmula:

$$M_{SSS} = M * \left[1 + \left(\frac{A}{100}\right)\right]$$ Ecuación. 16 M.U

Donde:
Msss = masa unitaria (peso volumétrico) en condición SSS, kg/m³, y
A = % de absorción, determinado de acuerdo con la INEN 857 o la INEN 856.

- Contenido de vacíos, Calcular el contenido de vacíos en el árido utilizando la masa unitaria (peso volumétrico) determinada mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$\text{Vacíos, \%} = \frac{[(S \times M) - Da] \times 100}{(S \times Da)}$$ Ecuación. 17 M.U

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m³

S = gravedad específica (en condición seca), determinada de acuerdo con la INEN 857 o la INEN 856.

Da = densidad del agua, 998 kg/m³.

- Volumen del molde. Calcular el volumen del molde, de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - M}{D}$$ Ecuación. 18 M.U

Donde:

V = volumen del molde, m³

W = masa del agua, placa de vidrio y molde, kg.

M = masa de la placa de vidrio y molde, kg

D = densidad del agua para la temperatura de medición, kg/m³, y

5.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas de los áridos fino, grueso.

Objetivo específico

- Determinar el peso unitario determinada mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas.
- Determinar el % de vacíos.

5.5. Alcance

Mediante una muestra de árido fino y grueso, previamente homogenizada y reducida, se determinará la relación existente entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan esas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido y de esta manera determinar el peso volumétrico de un agregado, más comúnmente conocido como masa unitaria. Además, se calculará el porcentaje de vacíos que existe en un recipiente contenido con masa suelta y compactada. (INEN 858, 2010)

Se toma en cuenta que la NTE INEN 858, indica que este método de ensayo es aplicable a los áridos que no exceden de un tamaño máximo nominal de 125mm.

5.6. Importancia y aplicación

- Con el valor de la masa unitaria se determinan los volúmenes absolutos de agregados en el diseño de mezclas por cuanto las partículas del agregado van a quedar confinadas dentro de la masa de concreto. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 98)

- Y el valor de la masa unitaria suelta es de vital importancia cuando se van a manejar los agregados, ya que por ejemplo el transporte se hace por volumen y en estado suelto, por lo tanto, el volumen del agregado para transportar y almacenar siempre es mayor que el volumen del material colocado y compactado en la obra. De tal manera que el volumen de agregado a transportar y consumir será mayor que el volumen de agregados dentro del concreto a producir, colocar y compactar. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 98)
- Los valores de la MUS, MUC y porcentaje de vacíos se utilizan para la conformación de bases y sub-bases en carreteras, así como en el diseño de mezclas asfálticas, en la conformación de rellenos, así como en la elaboración de hormigones, ladrillos, bloques, adoquines, ya que todos estos ejemplos mencionados anteriormente necesitan la relación masa/volumen de los áridos. Y mediante esta práctica se logra experimentalmente un acomodamiento de las partículas en un recipiente de volumen conocido, en donde el menor volumen de espacios entre partícula y partícula se logra cuando se coloca la mayor cantidad posible de piedras, lo cual depende del tamaño, la granulometría, la forma y la textura del agregado. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg. 98)

5.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 54. Herramientas para determinación de la masa unitaria



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 55. Equipos de laboratorio para determinación de la masa unitaria



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 56.Equipos de laboratorio para determinación de la masa unitaria

- Agregado fino:



b. 21. Molde metálico y varilla de apisonamiento para árido fino

- Agregado grueso:



b. 22. Molde metálico y varilla de apisonamiento para árido grueso

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales y preparación de la muestra

El tamaño de la muestra del árido debe ser aproximadamente 125% a 200% respecto a la cantidad necesaria para llenar el molde y debe cumplir con las siguientes condiciones: (INEN 858, 2010)

- La muestra debe ser reducida y homogenizada hasta lograr el tamaño de muestra descrito teniendo en cuenta que el procedimiento debe repetirse 3 veces como mínimo, tanto para determinar el peso volumétrico suelto como el compactado. (INEN 858, 2010)
- Secar la muestra por 24 horas, hasta obtener una masa constante, de preferencia en un horno a 110 ºC ± 5ºC. (INEN 858, 2010)

5.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

5.8.1. ¿Cuántas personas deben ejecutar el ensayo?

El ensayo debe ser realizado por 1 operador, que vierta el material con el mismo pulso y respete la altura de vertido establecida. La NTE INEN 858, describe que para 1 operador la desviación estándar es de 14 kg/m³. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir en más de 40 kg/m³. (INEN 858, 2010)

5.8.2. ¿A qué altura debe caer el material sobre el contenedor?

Se debe descargar el árido desde una altura no superior a 5cm por encima de la parte superior del molde. (INEN 858, 2010)

5.8.3. ¿A qué se debe la diferencia de masas en la ejecución del ensayo?

La diferencia de masas en la repetición se puede dar por un error humano, ya que el pulso humano no distribuye de igual manera el material sobre la superficie, o no se apisona con la misma intensidad. (INEN 858, 2010)

5.8.4. ¿Cuál es la diferencia entre masa unitaria compacta y suelta?

La diferencia radica en que la masa unitaria compacta es mayor porque el vacío entre partículas es menor, por lo tanto, hay mayor cantidad de agregado que en la masa unitaria suelta; esto sucede tanto en agregados finos como en gruesos. (INEN 858, 2010)

5.8.5. ¿En pocas palabras como denominaría a la masa unitaria suelta y a la masa unitaria compacta?

Se denomina masa unitaria suelta si la colocación del agregado dentro del recipiente se ha hecho por simple efecto de la gravedad, desde una cierta altura de caída. Y se lo nombra masa unitaria compacta cuando la colocación se ha hecho en capas, posteriormente compactadas por golpes de una barra metálica. (INEN 858, 2010)

5.9. Procedimiento de la práctica

Selección del procedimiento: El procedimiento por paladas para la masa unitaria (peso volumétrico) suelta debe ser utilizado únicamente cuando se lo estipule específicamente. De lo contrario, se debe determinar la masa unitaria (peso volumétrico) compactada por el procedimiento por varillado, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menos, o con el procedimiento por sacudidas, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal superior a 37,5 mm y que no excedan de 125mm. (INEN 858, 2010, pg. 4)

5.9.1. Procedimiento por varillado

1. Sacar la muestra del horno. Pesar el molde dispuesto para agregado grueso y agregado fino. Y se registra los valores con una aproximación de 0,05 kg.

Imagen 58. Procedimiento varillado (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Llenar 1/3 del molde y nivelamos la superficie con los dedos, y compactar la capa de áridos, con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie sin golpear el fondo. (INEN 858, 2010)

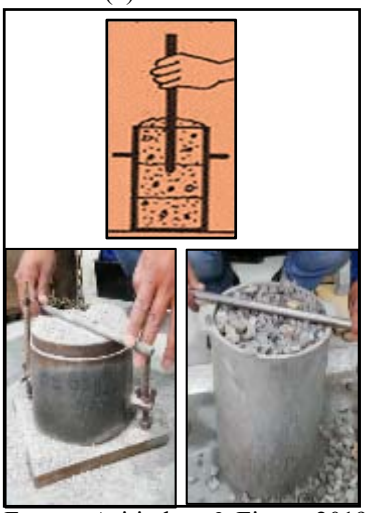
Imagen 57.Procedimiento varillado (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Llenar los 2/3 del molde, nivelar, y compactar con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie evitando que la varilla de compactación penetre la capa anterior del árido. (INEN 858, 2010)

Imagen 59.Procedimiento varillado (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Llenar el molde a rebosar y compactar con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie evitando que la varilla de compactación penetre la capa anterior del árido. Nivelar la superficie del árido con una regleta metálica o con un enrasador, para equilibrar los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde. (INEN 858, 2010)

5. Determinar la masa del molde con su contenido y registramos los valores con una aproximación de 0,05 kg. Y repetir 3 veces como mínimo, tanto para determinar el peso volumétrico suelto como el compactado. (INEN 858, 2010)

5.9.2 Procedimiento por paladas

1. Pesar el molde dispuesto para agregado grueso y agregado fino, registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg. Y tener listo una muestra seca de árido de masa indicada. (INEN 858, 2010)

Imagen 60. Procedimiento paladas (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Llenar el molde a rebosar por medio de una pala o cucharón, descargar el árido desde una altura no superior a 5cm por encima de la parte superior del molde. (INEN 858, 2010)

Imagen 61. Procedimiento varillado (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Nivelar la superficie con una regleta o enrazador, y así equilibrar aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde. (INEN 858, 2010)

4. Determinar la masa del molde con su contenido y registramos los valores con una aproximación de 0,05 kg. Y repetir 3 veces como mínimo, tanto para determinar el peso volumétrico suelto como el compactado. (INEN 858, 2010)

5.9.3. Procedimiento por sacudidas

1. Pesar el molde dispuesto para agregado grueso y agregado fino, registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg. Y tener listo una muestra seca de árido de masa indicada. (INEN 858, 2010)

2. Colocar el molde sobre una base firme, como un piso de hormigón.

Imagen 62. Procedimiento por sacudidas (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Llenar 1/3 del molde con el agregado y levantar los lados opuestos del molde alternativamente unos 5cm y permitir que el molde caiga de tal manera que el golpe sea seco y fuerte. (INEN 858, 2010)

4. Compactar la capa dejando caer el molde 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada lado. De la misma manera realizar el proceso con las 2 capas consecuentes. (INEN 858, 2010)

Imagen 63. Procedimiento por sacudidas (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Nivelar la superficie del árido con una regleta metálica o enrasador de tal manera que se equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde. (INEN 858, 2010)

6. Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

5.10. Plantilla para llenar

5.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMETRICO)	**NTE INEN 858** **NTE INEN 694** **ASTM C-29**

1. Escriba los obetivos del ensayo _____

2. Cuál es la importancia o uso del ensayo de "Determinación de la amasa unitaria y porcentaje de vacios ?

3. ¿A qué altura debe caer el material sobre el contenedor? _____

4. ¿Cuántas personas deben ejecutar el ensayo?, Explique _____

5. El esponjamiento o abundamiento es el aumento del volumen total del agregado fino húmedo con relación a la misma masa seca ?

VERDADERO	
FALSO	

6. Explique el proceso de "quitar el excedente" _____

7. A qué se debe la diferencia de masa en la ejecución del ensayo? _____

8. Cree ud. que el ensayo arrojará resultados erróneos si no se cumple con las condiciones que debe tener el material? Justifique su respuesta

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

5.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Escoja la respuesta correcta

El mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende de:

a) De la manera de colocación del agregado dentro del recipiente.

b) Depende de la altura con la cual se coloca la muestra.

c) Granulometría, tamaño, forma y textura del agregado.

La masa unitaria es:

a) La conexión entre la masa del material que cabe en un determinado recipiente y el volumen de este.

b) La relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido.

c) Todas las anteriores

d) Ninguna de las anteriores. Justifique. _

2. En la construcción de una obra vial, el contratista posee una volqueta de 8m^3. Se requiere retirar 16m^3 de arena, y se necesita llevar el material a otra construcción ubicada a 37km. Pero un día antes, existieron precipitaciones altas de lluvia por lo que el material se encuentra totalmente húmedo. Que consideraciones daría usted para el transporte de dicho material. Describa el

% de abultamiento y cuantas volquetas utilizaría, ¿o esperaría a que el material este totalmente seco?.

_ _ _ _

5.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ **Fecha:** _____

TEMA : DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMETRICO)

NTE INEN 858, NTE INEN 694
ASTM C-29

AGREGADO GRUESO

T, Masa del molde vacío		gr.
V, Volumen del molde		m3
*V= Relación entre, la masa de agua para la densidad calculada		
Tamaño de la muestra del árido grueso		gr.

a.- Procedimiento por varillado

	G, Masa del árido mas el molde		T,Masa del molde		Masa unitaria del árido M = (G - T) / V	
Muestra 1		kg		kg		kg/m³
Muestra 2		kg		kg		kg/m³
Muestra 3		kg		kg		kg/m³
	Promedio					kg/m³

a.- Procedimiento por paladas

	G, Masa del árido mas el molde		T,Masa del molde		Masa unitaria del árido M = (G - T) / V	
Muestra 1		kg		kg		kg/m³
Muestra 2		kg		kg		kg/m³
Muestra 3		kg		kg		kg/m³
	Promedio					kg/m³

AGREGADO FINO

Masa del recipiente vacío		gr.
Volumen del molde		m3
*V= Relación entre, la masa de agua para la densidad calculada		
Tamaño de la muestra del árido fino		gr.

a.- Procedimiento por varillado

	G, Masa del árido mas el molde		T,Masa del molde		Masa unitaria del árido M = (G - T) / V	
Muestra 1		kg		kg		kg/m³
Muestra 2		kg		kg		kg/m³
Muestra 3		kg		kg		kg/m³
	Promedio					kg/m³

a.- Procedimiento por paladas

	G, Masa del árido mas el molde		T,Masa del molde		Masa unitaria del árido M = (G - T) / V	
Muestra 1		kg		kg		kg/m³
Muestra 2		kg		kg		kg/m³
Muestra 3		kg		kg		kg/m³
	Promedio					kg/m³

CAPÍTULO 6

ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO EN PARTÍCULAS MENORES A 37,5 MM

6.1. Términos y definiciones de la práctica

- Desgaste. – Es la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material seco retenido en el tamiz Nº 12, una vez realizado el ensayo de resistencia al desgaste, utilizando la máquina de Los Ángeles, para posteriormente determinar el deterioro del material producido por una combinación de una abrasión superficial y de impacto. (NTE INEN 860, 2010, pg.1)

- Grava triturada. – Producto resultante de la trituración artificial de grava luego de la cual todos los fragmentos tienen al menos una cara como consecuencia de la fractura. (NTE INEN 860, 2010, pg.1)

6.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Maquina de los Ángeles. – Es una máquina normalizada la cual está dispuesta para el ensayo de degradación del árido grueso y está constituida por un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 711 mm ± 5 mm, y una longitud interior de 508 mm ± 5mm, dicho cilindro debe estar montado sobre 2 soportes ubicados al centro de sus caras paralelas, que le permiten girar sobre su eje de simetría en posición horizontal con una velocidad angular de 30 a 33rpm (3.14 a 3.45 rad/s) (NTE INEN 860, 2010, pg.2)

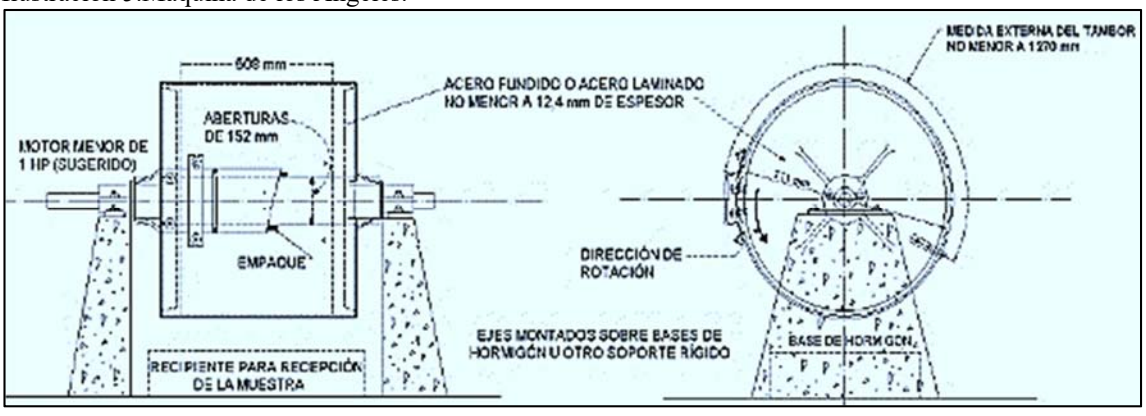
El tambor giratorio tiene una abertura que permite introducir la muestra de ensayo y unas esféricas metálicas las cuales corresponden a la carga abrasiva que va actuar con

el árido grueso. Dicha abertura está provista de una tapa de cierre hermético con la misma curvatura del cilindro, de manera que la superficie interior del mismo sea continua y uniforme y además impide la pérdida de material y de polvo. (NTE INEN 860, 2010, pg.2)

El cilindro dispone de una placa de acero que se proyecta radialmente en toda la longitud interna del cilindro a manera de paleta que recoge la carga de bolas y árido en cada revolución y los deja caer conforme se aproxima al punto más alto de su recorrido, de tal forma que el agregado experimenta cierta acción de fricción y rotación, así como un impacto considerable durante el número de revoluciones que especifica la norma de la prueba correspondiente. (NTE INEN 860, 2010, pg.2)

La máquina cuenta con un dispositivo para registrar el número de revoluciones o vueltas que da el cilindro. Por otra parte, la carga abrasiva que se introduce en la máquina consiste en unas bolas de acero, con un diámetro promedio de 47mm y una masa de entre 390 y 445g cada una. (NTE INEN 860, 2010, pg.3)

Ilustración 5.Máquina de los Ángeles.



Fuente: NTE INEN860, (2010), pg.3

- Carga. La carga consiste en esferas de acero que promedien aproximadamente 47 mm de diámetro, que cada una tenga una masa de entre 390g y 445g. La carga está en función de la gradación de la muestra de ensayo. (NTE INEN 860, 2010, pg.3)

6.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 860:2010. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C131:2003. "Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".
- NTC 129. Norma técnica colombiana NTC 98:2006. Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5mm, utilizando la máquina de los ángeles.

6.3. Marco teórico de la práctica

6.3.1. Introducción

El propósito de la "máquina de los Ángeles" es determinar la resistencia de materiales pétreos, mediante el impacto y abrasión que producen las bolas de acero de tamaño normalizado sobre una muestra de material con características granulométricas específicas; como resultado se obtendrá un porcentaje de desgaste, el cual es la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material seco retenido en el tamiz Nº12 (1.70mm). (NTE INEN 860, 2010)

6.3.2. Resistencia del árido

La calidad del material pétreo, desde el punto de vista de su desgaste, se mide por el grado de alteración del agregado, así como por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. (Recuperado de: https://www.pressreader.com/mexico/revista-ciencia-de-la...de.../281805692942656)

La dureza de un agregado es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre, como son los minerales, la textura y el grado de meteorización que presenta ésta. (Recuperado de: https://www.pressreader.com/mexico/revista-ciencia-de-la...de.../281805692942656)

La capacidad de los áridos (masa de piedra molida, grava, o arenas) para resistir el efecto dañino de las cargas y de la intemperie está relacionada con la dureza de sus partículas y se describe mediante la tenacidad o la resistencia a ala abrasión. El árido debe resistir la trituración, la degradación y la desintegración cuando se acumula

formando montones, cuando se mezcla para obtener hormigón de cemento portland o asfáltico cuando se coloca y compacta o cuando se ve sometido a cargas o roces continuos, como es el caso de pisos y pavimentos. (Recuperado de: https://www.pressreader.com/mexico/revista-ciencia-de-la...de.../281805692942656)

6.3.3. Dureza del árido

La dureza se determina por medio del ensayo de "desgaste en la máquina de los ángeles" y es una propiedad mecánica que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. (Asocreto, 2010)

6.3.3. Fórmulas y cálculos

Símbolos:

D = Valor de la degradación, en porcentaje (%)

B = Masa inicial de la muestra del ensayo, g

C = Masa de la muestra retenida en el tamiz Nº 12 (1,70mm), después del ensayo, g.

- Degradación del material pétreo

$$D = \frac{B - C}{C} x100$$ Ecuación. 19. D

6.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia al desgaste o valor de degradación de los agregados gruesos para tamaños menores a 37,5mm (1 ½"), mediante la pérdida de masa por desgaste e impacto utilizando la máquina de los Ángeles. (INEN 860, 2011)

Objetivo específico

- Determinar el tamaño de muestra, mediante datos granulométricos.
- Determinar la carga (número de esferas) en función de la gradación normalizada.
- Determinar la degradación del árido grueso.

6.5. Alcance

Mediante la máquina de Los Ángeles, determinar la pérdida de masa de los agregados minerales con gradación normalizada. La abrasión o desgaste en el árido grueso será producida por el impacto y la molienda en el tambor giratorio de acero que contendrá un número especificado de esferas de acero que luego de un número especificado de revoluciones, se retiraran los contenidos del tambor y la porción de árido se tamizará para medir la degradación como un porcentaje de pérdida. (NTC 98,2006)

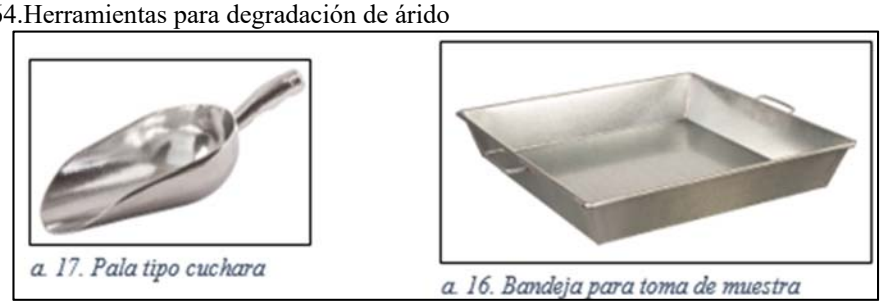
6.6. Importancia y aplicación

- El ensayo da una indicación de la rotura probable, en la manipulación y apilamiento de un agregado grueso. (Asocreto, 2010, pg. 81)
- En la elaboración de concretos sometidos a desgaste por roce o abrasión como en pavimentos o revestimientos de canales, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. (Asocreto, 2010, pg. 82)
- El agregado grueso, en mayor medida que el fino está relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. (Asocreto, 2010, pg. 82)
- El ensayo en la máquina de Los Ángeles es usado como un indicador de la calidad relativa o competencia de varias fuentes de agregados que tienen composición mineral similar. Teniendo en cuenta que los resultados no permiten hacer automáticamente comparaciones válidas entre fuentes de agregados de diferente origen, composición o estructura y que los límites de especificaciones basados en este ensayo deben asignarse con cuidado. (Asocreto, 2010, pg. 82)
- La resistencia a la abrasión es una propiedad de durabilidad muy importante en el comportamiento de los agregados dentro del concreto, porque una partícula porosa es mucho menos dura que una partícula compacta o maciza, lo cual afecta no sólo en las propiedades mecánicas sino también en la resistencia a compresión y flexión del hormigón. (Asocreto, 2010, pg. 82)
- Generalmente el porcentaje de la degradación califica al árido grueso apto o no para ser utilizado en la construcción o colocación de capas firmes para soportar tráfico pesado. (Asocreto, 2010, pg. 82)

6.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

Imagen 64.Herramientas para degradación de árido



a. 17. Pala tipo cuchara

a. 16. Bandeja para toma de muestra

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 65. Equipos de laboratorio para degradación de árido



b. 23. Horno para secado de muestra

b. 24. Balanza electrónica de plato
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g
Capacidad:50Kg

b. 26. Máquina de Los Ángeles

b. 25. Esferas de acero

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales y preparación de la muestra

c.1. Para determinar la masa de ensayo, se recomienda visualizar los datos del análisis granulométrico y según los valores más representativos en los tamices: 1½",1", ¾", ½", ⅜", ¼", Nº4, Nº8, seleccionar el tipo de gradación (A, B, C, D). Teniendo en cuenta que se debe seleccionar la gradación que mejor represente al rango de tamaños del árido de la muestra para el ensayo. (INEN 860, 2011)

c.2. Tamizar la muestra necesaria (en caso de no tener material suficiente para la gradación determinada se recomienda tamizar más material) hasta obtener las masas requeridos por el tipo de gradación previamente seleccionada, tal como se indica en la siguiente tabla: (INEN 860, 2011)

Tabla 9. Gradación de las muestras de ensayo

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm) (aberturas cuadradas)		Masa por tamaños indicada (g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1 250 ± 25	---	---	---
25,0	19,0	1 250 ± 25	---	---	---
19,0	12,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
12,5	9,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
9,5	6,3	---	---	2 500 ± 10	---
6,3	4,75	---	---	2 500 ± 10	---
4,75	2,36	---	---	---	5 000 ± 10
	Total ∑	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: NTE INEN 860, (2011), pg.4

La tabla nos indica el tamaño de muestra que se necesita en total, así como el resultado de la sumatoria del material retenido que se necesita en cada tamiz, dicho material retenido, es el resultado de la acción de tamizar la muestra. Una vez hecha la selección, se une las fracciones individuales que se tiene por tamaño hasta obtener el tamaño de la muestra total indicada en la tabla(5000gr). (INEN 860, 2011)

Imagen 66. Preparación de la muestra (c.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. Pesar el material retenido, hasta que cumpla con la masa minima según el tipo de gradación.

c.4. Lavar la mmuestra retenida de cada tamiz.

Imagen 67. Preparación de la muestra (c.5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.5. Secar la muestra al horno, por 24 horas hasta obtener una masa constante.

Imagen 68. Preparación de la muestra (c.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.6. Unir las fracciones individuales y registrar la masa de la muestra total antes del ensayo con una aproximación de 1g.

c.7. Una vez determinado el tipo de gradación (A, B, C, D), determinar el número de esferas que se van a utilizar en el ensayo de acuerdo a la siguiente tabla dada por la NTE INENE 860:

Tabla 10. Especificaciones para la carga.

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTE INEN 860, 2011, pg. 3

Ejemplo, se tamiza una muestra de 6500gr, obteniéndose los siguientes:

Aberturas de tamiz	Aberturas de tamiz	%	Peso	Masa por tamaños indicada (gr.)				Gradacion seleccionada: A	Pesos totales
		Retiene	gr.	Gradación requerida					
Pasante de :	Retenido en :			A	B	C	D	Peso Faltante gr. Para tamizar	
37,5 mm (1½ ")									
	25 mm (1")	63	1100	1 250 ± 25	----------	----------	----------	150	1250
25 mm (1")									
	19 mm (¾")	50	1000	1 250 ± 25	----------	----------	----------	250	1250
19 mm (¾")									
	12,5 mm (½"	37.5	2900	1 250 ± 10	2 500 ± 10	----------	----------	ok	1250
12,5 mm (½")									
	9,5 mm (⅜")	25	950	1 250 ± 10	2 500 ± 10	----------	----------	300	1250
9,5 mm (⅜")									
	6,3 mm (¼")	19	100	----------	----------	2 500 ± 10	----------		
6,3 mm (¼")									
	4,75 mm (N° 4	0	0	----------	----------	2 500 ± 10	----------		
4,75 mm (N° 4)									
	2,36 mm (N ° 8	0	0	----------	----------	----------	5 000 ± 10		
			∑	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10		5000

- Como resultado se tiene que: los valores que más se acercan es del tipo A
- Con una muestra tamizada de 6500gr, se obtiene el %retenido y su respectivo peso, se compara con la gradación requerida.
- Para este ejemplo se puede observar que se necesita tamizar más material, hasta llegar a la gradación requerida.
- Por lo que, se necesita, completar o reducir la muestra hasta obtener:

  1250 ± 25g de árido grueso retenido en el tamiz de 1”

  1250 ± 25g de árido grueso retenido en el tamiz de 3/4”

  1250 ± 10g de árido grueso retenido en el tamiz de 1/2”

  1250 ± 10g de árido grueso retenido en el tamiz de 3/8”

6.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

6.8.1. ¿Cuáles son las condiciones que deben tener los agregados?

El agregado debe ser una muestra homogenea que represente a la muestra inicial, y la muestra con la que se trabaje debe ser lavada y sedada al horno. (Libia Gutierrez de Lopez, 1989)

6.8.2. ¿Cree usted que el ensayo arrojará resultados erróneos si no se cumple con las condiciones que debe tener el material?, Explique.

Si, ya que en la norma las formulas que evaluan el procedimiento están en función de las condiciones previas especificas ya establecidas. Pero, hay ciertas excepciones que la norma describe, por ejemplo; menciona que si el árido no contiene adherentes y polvo, el requisito de lavado luego del ensayo es opcional. Pero asi mismo recalca que suprimir el lavado despues del ensayo rara vez reducirá la pérdida medida en mas de 0,2% respecto a la masa original de la muestra. (INEN 860,2011)

6.8.3. ¿Qué ocurre con el agregado dentro de la máquina de Los Ángeles?

La carga (esferas de hierro) provoca un desprendimiento o desgaste del material en donde cada partícula pierde masa y volumen y en dependencia de la pérdida o desgaste estará la resistencia del mismo. (Libia Gutierrez de Lopez, 1989)

6.8.3. ¿Cuáles son los límites referentes a la resistencia al desgaste que debe tener un agregado grueso para que pueda ser utilizado en losas de concreto o en pavimentos rígidos?

El agregado grueso debe tener una resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles que garantice su dureza. Los límites recomendados son: si el agregado va a ser usado en lozas de concreto o en pavimentos rígidos el desgaste debe ser menor del 35%. Si va a ser usado en otras estructuras el desgaste debe ser menor del 40%. (Libia Gutierrez de Lopez, 1989)

6.9. Procedimiento de la práctica

1. Preparar la "máquina de Los Ángeles" con el siguiente proceso:

Imagen 69. Procedimiento degradación árido (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Aflojar los seguros de rosca hasta sacarlos para poder retirar la tapa hermética del cilindro.
- Colocar el árido, colocar la carga abrasiva.
- Colocar nuevamente la tapa hermética del cilindro, procurando asegurar muy bien las roscas, ya que si están flojas pueden causar un accidente.
- Encender la máquina, y se configurar de tal manera que se obtengan 500 revoluciones a una velocidad entre 30 r/min y 33 r/min. (INEN 860, 2011).

Imagen 70.Procedimiento degradación árido (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Terminado el proceso de la máquina, descargar la muestra de la máquina.

Imagen 71. Procedimiento degradación árido (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz de mayor abertura que el de 1.70mm (Nº 12). Tamizar la porción fina por el tamiz Nº 12. (INEN 860, 2011)

Imagen 72. Procedimiento degradación árido (4)

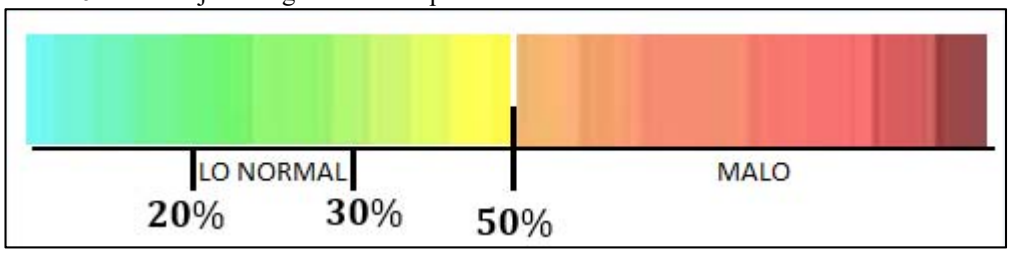


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Lavar el material más grueso que 1.70mm (Nº 12) y secar al horno por 24 horas a 110ºC ± 5ºC hasta obtener una masa constante, y determinar la masa con aproximación de 1g. (INEN 860, 2011)

5. Determinar el porcentaje de degradación del material, y dependiendo del uso que se lo vaya a dar (elementos estructurales, canales de riego, capa de pavimento riguido de 420kg/cm^2,etc), la degradacion del arido grueso (ripio), está entre 20-30%, y si sobrepasa el 50% de degradación se recomienda rechazar el material. (INEN 860, 2011)

Ilustración 6. Porcentaje de degradación aceptable.



Fuente: Asitimbay & Fierro

6.10. Plantilla para llenar

6.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____
TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5mm - MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES — **NTE INEN 860**, **NTE INEN 694**, **ASTM C131**
1. Escriba los objetivos de la práctica _____
2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____
3. Qué cantidad de material se requiere para el ansayo y de qué depende? _____
4. Cuales son las condiciones que deben tener el árido? _____
5. Cree usted que el ensayo arrojará resultados erróneos si no se cumple con las condiciones que debe tener el material?
6. Qué tipo de abrasión le corresponde al agregado grueso con el que usted está trabajando?
7. Cuantas esferas y revoluciones le corresponden a su material, según el tipo de abrasión?
8. El porcentaje de desgaste se determina utilizando la masa que pasa por el tamiz?
9. Cuáles son los límites referentes a la resistencia al desgaste que debe tener un agregado grueso para que pueda ser utilizado en losas de concreto o en pavimentos rígidos?
FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA _____

6.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Responda verdadero o falso y justifique su respuesta.

a) ¿La piedra, entre más grande, mayor dureza tiene, o de que depende?, Verdadero, Falso, Justifique su respuesta. _ _ _

6.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5mm - MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

NTE INEN 860
NTE INEN 694
ASTM C131

1. Tamaño de la muestra seca para tamizado (granulometría) _____ **gr.**

2. Separar en fracciones individuales y tabular el peso retenido en cada tamiz

RESULTADOS

Aberturas de tamiz	Aberturas de tamiz	%	Peso	Masa por tamaños indicada (gr.)				Gradacion seleccionada:	Pesos totales
				Gradación requerida					
Pasante de :	Retenido en :	Retiene	gr.	A	B	C	D	Peso Faltante gr. Para tamizar	
37,5 mm (1½ ")									
25 mm (1")	25 mm (1")			1 250 ± 25	----------	----------	----------		
19 mm (¾")	19 mm (¾")			1 250 ± 25	----------	----------	----------		
12,5 mm (½")	12,5 mm (½")			1 250 ± 10	2 500 ± 10	----------	----------		
9,5 mm (⅜")	9,5 mm (⅜")			1 250 ± 10	2 500 ± 10	----------	----------		
6,3 mm (¼")	6,3 mm (¼")			----------	----------	2 500 ± 10	----------		
4,75 mm (N° 4)	4,75 mm (N° 4)			----------	----------	2 500 ± 10	----------		
	2,36 mm (N° 8)			----------	----------	----------	5 000 ± 10		
	Σ			5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10		

B, Masa inicial de la muestra de ensayo _____ gr.

C, Masa de la juestra retenida en el tamiz 1,70 mm (N°12) _____ gr.

D, Valor de la degradación en porcentaje

$$D = \frac{B - C}{B} x100 \quad \%$$

Firma del Laboratorista

CAPÍTULO 7

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGONES.

7.1. Términos y definiciones de la práctica

7.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio

- Botella de vidrio. - el recipiente debe ser incoloro, con una capacidad nominal aproximadamente de 240cm^3 a 470 cm^3, equipadas con tapones o tapas herméticas y que no sea soluble con los reactivos especificados. (NTE 855, 2010, pg.1)

- Solución de hidróxido de sodio (3%). – Es un reactivo el cual se debe disolver 3 partes en masa de hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua. (NTE 855, 2010, pg.1)

- Colorímetro. – Es un instrumento comparador de colores normalizados el cual debe ser conformado por cinco vidrios de color normalizados, montado en un soporte de plástico. (NTE 855, 2010, pg.1)

- Solución de color normalizado. – Es una solución para la comparación de color, la solución debe ser recién elaborada, de ser necesario utilizar una fuente de calor de baja intensidad. En donde se disuelve dicromato de potasio grado reactivo (K2Cr2O7) en ácido sulfúrico concentrado (gravedad específica 1,84), a razón de 0,250 g en 100 cm³ de ácido. Dicha solución se debe utilizar dentro de un período máximo de 2 horas. (NTE 855, 2010, pg.1)

7.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 855:2010. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 872:2010. Áridos para hormigones - Requisitos. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C40-2004 "Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete".
- NTC 127. Norma técnica colombiana NTC 127:2000. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto.

7.3. Marco teórico de la práctica

7.3.1. Introducción

La materia orgánica es una sustancia que pueden perjudicar notablemente al concreto, especialmente en las reacciones químicas de hidratación durante el fraguado, es la materia orgánica que generalmente proviene de la descomposición de material vegetal,

como hojas, tallos y ralees *y* se manifiesta en forma de humus. Este humus, en cierta cantidad, puede impedir parcial o totalmente el fraguado del cemento, por lo cual hay que controlar su presencia en los agregados, especialmente en la arena, la cual, debido al tamaño de sus partículas, suele retener la materia orgánica finamente dividida y que se encuentra en proceso de descomposición. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.101)

Cuando la presencia de humus es alta, especialmente en las arenas que por su tamaño suelen retener más materia orgánica, se impide total o parcialmente el fraguado del cemento. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.101)

En algunos casos se puede encontrar presencia de altos contenidos de materia orgánica en los agregados. Las menos perjudiciales son las de tipo visible, tales como ramas o raíces, ya que pueden ser fácilmente detectadas y removidas. El peligro lo significa en mayor proporción la materia orgánica no visible que se impregna o adhiere a los granos de agregado. La presencia de elevadas cantidades de ese tipo de sustancias puede interferir con las reacciones químicas de la hidratación del cemento, así como también puede resultar en un concreto de menor resistencia y puede afectar la velocidad de reacción del cemento, ocasionando retrasos considerables en su tiempo normal de fraguado. (Asocreto, 2010, pg.85)

7.3.2. Índices de calidad

Para determinar la calidad del agregado fino respecto al contenido de materia orgánica permisible mediante los resultados del ensayo de colorimétrico, se establece la siguiente tabla:

Tabla 11. Índices de calidad según colorimetría

Contenido de materia orgánica	Observaciones
0 - 1	Arena excelente
1 - 2	Arena que se puede utilizar en concreto de alta resistencia.
2 - 3	Arena que se puede utilizar en concretos de mediana resistencia
3 - 4	Arena que no puede utilizarse en concreto.
4 - 5	Arena demasiado mala.

Fuente: Tomada del libro: "Teoría y práctica en la elaboración de mezclas de concreto", (1989), pg.13

Para definir con mayor precisión el color del líquido que sobrenada la muestra de ensayo, se deben utilizar cinco vidrios de color normalizado, utilizando los siguientes colores:

Tabla 12. Colores normalizados en escala de Gardner

Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador
5	1
8	2
11	3 (normalizado de referencia)
14	4
16	5
NOTA. Se debe utilizar el procedimiento de comparación descrito en el numeral 5.7.1, excepto que se debe reportar el número del vidrio del comparador que es más cercano al color del líquido que sobrenada sobre la muestra de ensayo. Cuando se utiliza este procedimiento, no es necesario preparar la solución de color normalizado.	

Fuente: NTE INEN 855, pg.3

Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color normalizado de la solución o el color No. 3 del comparador (color normalizado Gardner No. 11), se considera que el árido fino bajo ensayo, posiblemente contiene cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas. Es conveniente efectuar más análisis antes de aprobar o rechazar el uso del árido fino en el hormigón o mortero. (NTE INEN 855, 2010, pg.3)

7.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la presencia de cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el agregado fino usado en la elaboración de concreto o en mortero de cemento hidráulico.

Objetivo específico

- Interpretar los colores de la muestra que reposa en la botella de vidrio para realizar una determinación preliminar de la aceptabilidad de los áridos finos con respecto a los requisitos sobre impurezas orgánicas de la NTE INEN 872.

7.5. Alcance

Tomando una cantidad normativa de árido fino y añadiendo una solución de hidróxido de sodio se va a detectar la presencia de materia orgánica. Para luego utilizar un comparador de colores normalizados como referencia el cual nos va a indicar si la muestra excede o no las cantidades permitidas de materia orgánica. Y así proporcionar una advertencia de que pueden estar presentes o no cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el árido fino. (Asocreto, 2010)

7.6. Importancia y aplicación

- La presencia de materia orgánica en el agregado fino disminuye la resistencia del concreto y su durabilidad por la presencia de partículas como terrones de arcilla, carbón, madera, lignito, mica. (Libia Gutiérrez, 2003)
- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento. (Libia Gutiérrez, 2003)
- Las impurezas orgánicas en la arena pueden interferir la hidratación normal del cemento. (Asocreto, 2010)

7.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 73. Herramientas para determinar impurezas orgánicas



a. 20. Pala tipo cuchara

a. 19. Recipiente para toma de muestra

a. 18. Colorímetro con escala Gardner

Fuente: Asitimbay & Fierro

b. Equipos de Laboratorio

Imagen 74. Equipo de laboratorio para determinar impurezas orgánicas



b. 27.Balanza electrónica
Capacidad: 8100g
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g

Fuente: Asitimbay & Fierro

c. Materiales o insumos, y preparación de muestra

Imagen 75. Preparación de muestra- pesaje



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

De la muestra que fue homogenizada y reducida de árido fino, tomar una cantidad de aproximadamente 450g.

Y se requiere los siguientes insumos:

Imagen 76. Preparación de la muestra - insumos



c. 1. Tarro o botella de vidrio. Capacidad mínima de 250ml



c. 3. Hidróxido de sodio en grageas



c. 2. Solución de color normalizado

Fuente: Asitimbay & Fierro

7.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

7.8.1. ¿Qué debo hacer si la muestra sometida al ensayo es más oscura que el color normalizado?

“Si la arena presenta un alto contenido de materia orgánica, se puede lavar o elegir otra, dependiendo del análisis de costos.” (Gutiérrez de López, 2003, pg.50)

En el laboratorio cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color normalizado, es aconsejable realizar el ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, de conformidad con la NTE INEN 866.

“El árido fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los áridos sujetos al ensayo de impurezas orgánicas y que producen un color más oscuro que el normalizado deben ser rechazados, excepto en los casos siguientes:”(NTE INEN 872, 2010, pg.3)

a) Se permite el uso de un árido fino que no cumple en el ensayo, siempre que la decoloración se deba principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas discretas similares. (NTE INEN 872, 2010, pg.3)

b) Se permite el uso de un árido fino que no cumple en el ensayo de impurezas orgánicas, siempre que, cuando se realice el ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, la resistencia relativa a 7 días, calculada de acuerdo con la NTE INEN 866, no sea menor de 95%. (NTE INEN 872, 2010, pg.3)

7.8.2. ¿Cómo interfiere la materia orgánica a la mezcla de hormigón?

Las impurezas orgánicas en la arena pueden interferir la hidratación normal del cemento y, por tanto, las especificaciones exigen que el agregado fino esté libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. (Libia Gutiérrez, 1989)

7.8.3. Mediante este ensayo, hay una certeza del 100% de que no exista materia orgánica en el árido?

Este es un ensayo relativo, ya que, si el valor del número de referencia orgánica se encuentra por encima de 3, no necesariamente quiere decir que la coloración se deba a materia orgánica, por lo cual se procede a efectuar un ensayo alterno que consiste en hacer cubos de mortero para determinar la resistencia de éstos a los 28 días de edad, para arena sin tratar con soda cáustica, y arena lavada. (Libia Gutiérrez, 1989)

7.9. Procedimiento de la práctica.

1. Pesar aproximadamente 6gr. de hidróxido de sodio granulado y disolverlo con 194gr de agua, hasta que el volumen ocupado por el tarro de vidrio tenga aproximadamente 200gr de una solución de hidróxido de sodio. (INEN 855, 2010)

Imagen 77. Procedimiento contenido orgánico (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 78. Procedimiento contenido orgánico (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Verter la muestra de árido fino en el envase, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.

A. Procedimiento con la solución de color normalizado.

a.1. Al final del período de 24 horas de reposo, sostener la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color normalizado, una al lado de la otra y comparar el color de la luz transmitida a través del líquido que sobresale la muestra, con el color de la luz transmitida a través de la solución de color normalizado. (INEN 855, 2010)

Imagen 79. Procedimiento contenido orgánico (a.1)

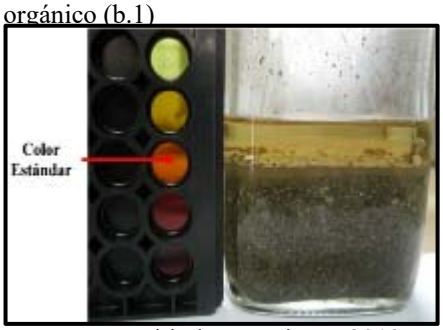


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

a.2. Anotar si el color del líquido de la muestra es: más claro, igual o más oscuro que el color de la solución de color normalizado. (INEN 855, 2010)

B. Procedimiento con el comparador de color normalizado

Imagen 80. Procedimiento contenido orgánico (b.1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b.1. - Tomar un colorímetro con "escala Gardner" para comparar el color de la luz transmitida a través del líquido que sobresale la muestra. (INEN 855, 2010)

b.1. Registrar si el color del líquido que sobrenada es: más claro, igual o más oscuro que el color estándar del colorímetro con "escala Gardner. (INEN 855, 2010)

7.10. Plantilla para llenar

7.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____
TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN — **NTE INEN 855**, **NTE INEN 872**, **ASTM C40**
1. Describa los objetivos del ensayo _____
2. Qué condición debe tener el material ? _____
3. Qué cantidad de material fino se requiere para el ensayo? _____
4. Qué cantidad de hidroxido de sodio se necesita para el ensayo ? _____
5. Qué tiempo tiene de duración el ensayo ? _____
6. Con qué se compara el color final de la solución para determinar el contenido de materia orgánica en el agregado fino? _____
7. Describa 3 riesgos de la materia organica presente en el árido fino _____
8. En el laboratorio, si se requiere hacer una mezcla de hormigón y al realizar el ensayo de contenido orgánico, al comparar la muestra con el colorímetro, este nos indica un color negro oscuro , Qué haría usted?
Firma o sello del laboratorista

7.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **En la práctica "en obra", en el lugar destinado para acopio de materiales, si usted observa un material que contenga materia orgánica visible, tales como ramas o raíces. ¿Utiliza o no el material?, ¿lo rechaza?, ¿lo limpia?, ¿Qué haría usted? Justifique su respuesta.**

_ _

_ _

2. **En qué casos usted realizaría una prueba de "Impurezas orgánicas"**

a) Cuando el árido fino ha sido abandonado, y el sitio ahora cuenta con abundancia de follaje.

b) Cuándo el sitio de acopio está cerca de áreas ganaderas, o de cierta clase de cultivos.

c) Porque la norma exige.

d) Siempre se debe realizar el ensayo de determinación de impurezas orgánicas para la elaboración de hormigones.

e) Solo cuando voy a elaborar hormigón.

f) Ninguno de los criterios presentados. Justifique su respuesta. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

7.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN	**NTE INEN 855** **NTE INEN 872** **ASTM C40**

RESULTADOS

- Capacidad nominal del tarro o botella de vidrio		**cm³**
- Peso del Hidróxido de sodio granulado		**gr.**
- Peso del agua para disolver el hidroxido de sodio granulado		**gr.**
- Masa de la muestra de árido fino		**gr.**

1. Compare la muestra obtenida despues de las 24 horas con el colorímetro y describa el tipo de árido

Contenido de materia orgánica	Descripción del tipo de árido
0 - 1	
1 - 2	
2 - 3	
3 - 4	
4 - 5	

Firma o sello del laboratorista

CAPÍTULO 8

ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD PARA ÁRIDO FINO Y ÁRIDO GRUESO

8.1. Términos y definiciones de la práctica

- Masa constante. – El concepto de masa constante consiste en determinar una masa mediante sucesivas pesadas, eliminando agua e impurezas mediante secado, hasta una diferencia entre pesadas lo menor posible como para indicar que el peso del material no variará ya que se eliminó todo lo deseado. Es un término utilizado en la preparación de muestras, o para obtener las condiciones de secado definiendo previamente el tiempo y temperatura para asegurar y definir la constancia de masa. (NTE 862, 2011, pg.1)

8.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 862:2011 Áridos para hormigón, determinación del contenido total de humedad.

- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C – 566:2004. "Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying".
- Norma técnica colombiana NTC 1776:1994. Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados.

8.3. Marco teórico de la práctica

8.3.1. Introducción

Medir la humedad evaporable presente en agregados es de gran utilidad al momento de propósitos rutinarios, como, por ejemplo, el ajuste de masa de ingredientes durante la preparación de mezclas de concreto en la que se logra obtener la resistencia por parte de los materiales, factor en el que el porcentaje de humedad participa notablemente. Por medio de la utilización de una fuente de calor, en este caso horno ventilado, se puede determinar entonces la cantidad de humedad evaporable en agregados finos y gruesos. (Recuperado de: https://es.scribd.com/.../Contenido-Total-de-Agua-Evaporable-de-Agregados-por-Seca)

8.3.2. Influencia en las mezclas de hormigón

Los agregados son sustancias sólidas presentes en la elaboración del concreto que son añadidas con el fin de proporcionar resistencia a este en su estado endurecido y controlar los cambios volumétricos durante el fraguado, ocupan la mayor parte de la mezcla de concreto y están conformados tanto por finos como por gruesos. Una de sus propiedades es la humedad, y de esta se desprenden dos tipos: humedad evaporable y

agua combinada químicamente con sus minerales, al ser la humedad evaporable la única que puede ser evaporada, los métodos utilizados tendrán su enfoque en esta, dejando de lado al agua combinada químicamente con sus minerales, por lo que la importancia del método radica en el cálculo de la cantidad de humedad evaporable presente en los dos tipos de agregados: agregado fino y agregado grueso. En este caso, arena seca y grava respectivamente. (Recuperado de: https://es.scribd.com/.../ Contenido-Total-de-Agua-Evaporable-de-Agregados-por-Seca)

8.3.3. Formulas y cálculos

- Contenido total de humedad evaporable

$$P = \frac{W - D}{D} * 100$$ Ecuación. 20. CH

Donde:

P: contenido total de humedad evaporable de la muestra [%]

W: masa de la muestra original [g]

D: masa de la muestra seca [g]

8.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar el porcentaje de humedad evaporable por secado en una muestra de áridos, tanto el correspondiente a la humedad superficial, como la humedad contenida en los poros del árido.

Objetivo específico

- Determinar la cantidad de agua evaporada y expresarla en porcentaje.

8.5. Alcance

Mediante una muestra de masa normalizada en estado natural secada en horno se eliminará la humedad tanto superficial como aquella ubicada entre los poros del árido. Por lo tanto, el método mide de la manera más confiable la humedad que existe en la muestra de ensayo, pero no determina las variaciones que puedan presentarse en un depósito. Y para los casos en que el árido se altera por calor, o cuando se requiera una medición más refinada, el ensayo debe llevarse a cabo utilizando un horno ventilado de temperatura controlada. (NTC 1776, 1994)

Además, este método de ensayo es lo suficientemente preciso para los propósitos habituales, tales como el ajuste de cantidades de ingredientes para una amasada de hormigón. (NTC 1776, 1994)

También se tiene en cuenta que las partículas grandes de árido grueso, especialmente aquellas mayores de 50 mm, pueden requerir un mayor tiempo para que la humedad

migre desde el interior de la partícula hasta la superficie. Por lo que se debe determinar a su juicio si los métodos de secado rápido proporcionan la suficiente precisión para el uso previsto, cuando se secan las partículas de gran tamaño. (INEN 862, 2011, pg. 1)

Cabe mencionar que en algunos áridos pueden contener agua combinada químicamente con los minerales del árido. Esta agua no es evaporable y no se incluye en el porcentaje determinado por este método de ensayo. (INEN 862, 2011, pg. 1)

8.6. Importancia y aplicación

- El contenido de humedad de los áridos nos sirve para determinar si el agua que va a agregarse a la mezcla debe reducirse o aumentarse en una cantidad igual a la humedad libre de los agregados, y esto influye en el diseño de la mezcla y a su vez en la resistencia del concreto. (Asocreto, 2010)
- El valor del contenido de humedad evaporable de los áridos es usado para la conformación de bases, sub-bases en la construcción de vías. (Asocreto, 2010)
- En áridos que contienen arcilla hay que tener cuidado, ya que estos se pueden extender o contraer debido a los cambios en su contenido de humedad, y provocar variaciones de volumen debido a la saturación de agua a través de sus partículas.(Libia Gutiérrez, 1989)

8.7. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

Imagen 81. Herramientas para determinar el contenido de humedad



a. 23. Pala tipo cuchara

a. 22. Recipiente para toma de muestra

a. 21. Bandejas para toma de muestras.

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de Laboratorio

Imagen 82.Equipo de laboratorio para determinar el contenido de humedad



b. 30.Balanza electrónica
Capacidad: 8100g
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g

b. 29. Balanza electrónica de plato
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g
Capacidad:50Kg

b. 28. Horno para secado de muestra

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, y preparación de muestra

Tomar una muestra de árido fino y árido grueso en estado natural. Para el árido grueso se sigue la siguiente tabla:

Tabla 13.Tamaño de la muestra de árido.

Tamaño máximo nominal del árido (mm) [A]	Masa de la muestra de áridos de densidad normal, mínimo (kg) [B]
4,75	0,5
9,5	1,5
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

[A] Basado en tamices que cumplen la NTE INEN 154.
[B] Para áridos de baja densidad, determinar la masa mínima de la muestra multiplicando el valor señalado por la masa unitaria seca (peso volumétrico) del árido, en kg/m³ (determinado utilizando el procedimiento señalado en la NTE INEN 858) y dividiendo para 1 600

Fuente: NTE INEN 862, pg.2

Se recomienda,

Para árido fino tomar 1 muestras de 500g.

Para árido grueso tomar 1 muestras de 4000g.

8.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

8.8.1. ¿Cuáles son las condiciones que deben tener los agregados?

El material debe estar en estado natural es decir en las mismas condiciones en las que se encuentra en las canteras o distribuidoras de material pétreo para la construcción. (Libia Gutiérrez, 1989)

8.8.2. ¿Cuál es la cantidad de material que se requiere para el ensayo y de que depende?

Para obtener el tamaño de la muestra a ensayar para el árido grueso se debe previamente realizar la granulometría del árido con ello se va a determinar el tamaño

máximo nominal y de acuerdo a la tabla establecida determinar la masa mínima que se debe tener para obtener respuestas correctas. (INEN 862, 2011)

8.8.3. ¿Se debe homogenizar y reducir la muestra?

Para este ensayo no es necesario homogenizar y reducir la muestra, puesto que si esta se asienta para cuartear sobre una superficie absorbente puede perder su humedad original. Pero si es necesario que la muestre esté libre de impurezas como pedazos de basura o hierba. (INEN 862, 2011)

8.8.4. ¿Existe algún otro método para determinar la humedad en los áridos?

Otro método para la determinación del contenido de humedad, el cual no es preciso, consiste en evaporar la humedad con la quema de alcohol. En este método: (Libia Gutiérrez, 1989)

- Una muestra medida de agregado húmedo se coloca en una cacerola poco profunda.
- Se derrama sobre la muestra cerca de 310ml de alcohol para cada kilogramo.
- Se revuele la mezcla con una varilla y se la extiende en una capa fina sobre el fondo de la cacerola.
- Se inflama el alcohol para que se queme hasta que la muestra esté seca.
- Después de quemada, la muestra se enfría por algunos minutos y se la pesa
- Se calcula el porcentaje de humedad.

8.9. Procedimiento de la práctica

Cabe mencionar que el procedimiento para el árido grueso es el mismo que para el árido fino.

Imagen 83. Procedimiento contenido de humedad (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Determinar la masa de la muestra con una aproximación de 0,1% y registrar el dato.

Imagen 84. Procedimiento contenido de humedad (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Secar la muestra por calentamiento por 24±4hr, evitando el sobrecalentamiento, calcinación o cualquier otra alteración de las partículas de agregado durante los procesos de secado. Si se usa un plato de calentamiento se debe mezclar la muestra de tal manera que se realice un secado uniforme evitando la pérdida de material en el proceso de mezclado. (NTE 862, 2011)

3. Realizar sucesivas lecturas para asegurarse que la muestra ha sido secada suficientemente. Las lecturas sucesivas deben mostrar menos del 0,1% de la pérdida adicional en masa para indicar que la muestra está seca. (NTE 862, 2011)

4. Permitir el enfriamiento de la muestra. Determinar la masa de la muestra seca con una precisión del 0,1% y registrar los datos.

8.10. Plantilla para llenar

8.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD PARA ÁRIDO FINO Y GRUESO	**NTE INEN 862** **ASTM C566**

1. Escriba los objetivos de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Qué cantidad de material se requiere para el ensayo y de qué depende? _____

4. Se debe homogenizar y reducir la muestra? _____

5. Cuantas muestras se debe tomar y por que?

6. Qué tipo de abrasión le corresponde al agregado grueso con el que usted está trabajando?

7. Cuando se conoce que la masa es constante ?

8. Cual es la importancia o uso del presente método de ensayo?

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

8.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **Los datos obtenidos en el ensayo de determinación del contenido total de humedad, se utilizarán para:**

a) Para realizar una mezcla óptima de concreto. Y de esta manera poder corregir a tiempo la cantidad de agua a utilizar en la mezcla.

b) Para determinar el número de poros que existe en el agregado.

2. **Determine si la premisa descrita es verdadera o falsa**

a) El contenido total de humedad en los áridos puede estar constituido por la suma de humedad superficial y la humedad contenida en sus poros……. (V), (F)

b) Algunos áridos pueden contener agua combinada químicamente con los minerales del árido. Esta agua no es evaporable y no se incluye en el porcentaje determinado por este método de ensayo……..... (V), (F)

c) Las partículas grandes de árido grueso, especialmente las mayores a 50mm, pueden requerir un mayor tiempo para que la humedad migre desde el interior de la partícula hasta la superficie. Por lo que el usuario de esta guía debe determinar a su juicio si los métodos de secado rápido proporcionan la suficiente precisión para el uso previsto……..(V), (F)

d) Cree usted que es conveniente secar el árido aplicando fuego directo...(V), (F)

8.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD PARA ÁRIDO FINO Y GRUESO	NTE INEN 862 ASTM C566

RESULTADOS - ÁRIDO GRUESO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1. Identificación del contenedor de la muestra				
2. Masa de la muestra húmeda				
3. Masa de muestra seca				
4. Contenido total de humedad evaporable de la muestra				

RESULTADOS - ÁRIDO GRUESO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1. Identificación del contenedor de la muestra				
2. Masa de la muestra húmeda				
3. Masa de muestra seca				
4. Contenido total de humedad evaporable de la muestra				

	Firma o sello del laboratorista

CAPÍTULO 9

ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO Y PREPARACIÓN, CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE LABORATORIO Y EN OBRA.

9.1. Términos y definiciones de la práctica

- Diseño de la mezcla. – Selección de las proporciones de las de las materias primas necesarias para producir el hormigón con las propiedades requeridas y las características de resistencia y/o durabilidad especificadas. (NTE 1576, 2010, pg. 1)

- Dosificación. – Acción de medir por masa cada uno de los materiales componentes para producir una carga o parada de hormigón. (NTE 1576, 2010, pg. 1)

- Durabilidad del hormigón. – Capacidad de soportar condiciones nocivas, que le permita cumplir con el tiempo de vida útil requerido. (NTE 1576, 2010, pg. 1)

- Muestreo. – El muestreo se define como la operación de remoción de una parte, convenientemente en tamaño para el ensayo, de un todo que es de un volumen mucho más grande, de forma tal que la proporción y distribución de las calidades a ser ensayadas son las mismas en la parte removida y el volumen total. (NTE 1576, 2010, pg. 1)

- Resistencia especificada. – Resistencia de cálculo con la que se diseña la estructura, usualmente mediada a los 28 días pero que puede ser especificada para cualquier edad. (NTE 1576, 2010, pg. 1)

- Consistencia. - La consistencia es la movilidad relativa o la capacidad del concreto recién mezclado para fluir. Incluye todo el intervalo de variación de la fluidez desde la más seca hasta las mezclas lo más húmedas posible. (Mather y Ozyildirim, 2002, pg.3)

- Consistencia plástica. - La consistencia plástica indica una condición donde el esfuerzo aplicado traerá como resultado una deformación continua, sin llegar a la ruptura. Una mezcla plástica posee cohesión y no se desmorona. Fluye lentamente y sin segregación. (Mather y Ozyildirim, 2002, pg.3)

- Trabajabilidad. - La trabajabilidad es la propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad con la cual se le puede mezclar, colocar, compactar y terminar hasta alcanzar una condición homogénea. Es sinónimo de facilidad de colocación. Combina no sólo el concepto de una cierta consistencia del concreto, sino también la condición bajo la cual se va a colocar-tamaño y geometría del elemento, separación del acero de refuerzo, u otros detalles que interfieren con el llenado rápido de las cimbras. Por ejemplo, una mezcla rígida con agregado grande que es trabajable en una cimbra abierta grande no sería fácil colocarla en un muro delgado con detalles complicados del acero de refuerzo. Por otro lado, una mezcla que aparenta estar muy rígida puede fluir fácilmente cuando se vibra con el equipo adecuado que tenga la frecuencia y la amplitud necesarias. (Mather y Ozyildirim, 2002, pg.3)

9.1.1. Terminología y definiciones de la práctica

-Instrumento de medida. – Puede utilizarse una regla, cinta de medir enrollada de metal o un instrumento similar de medición rígido o semirrígido, marcado en

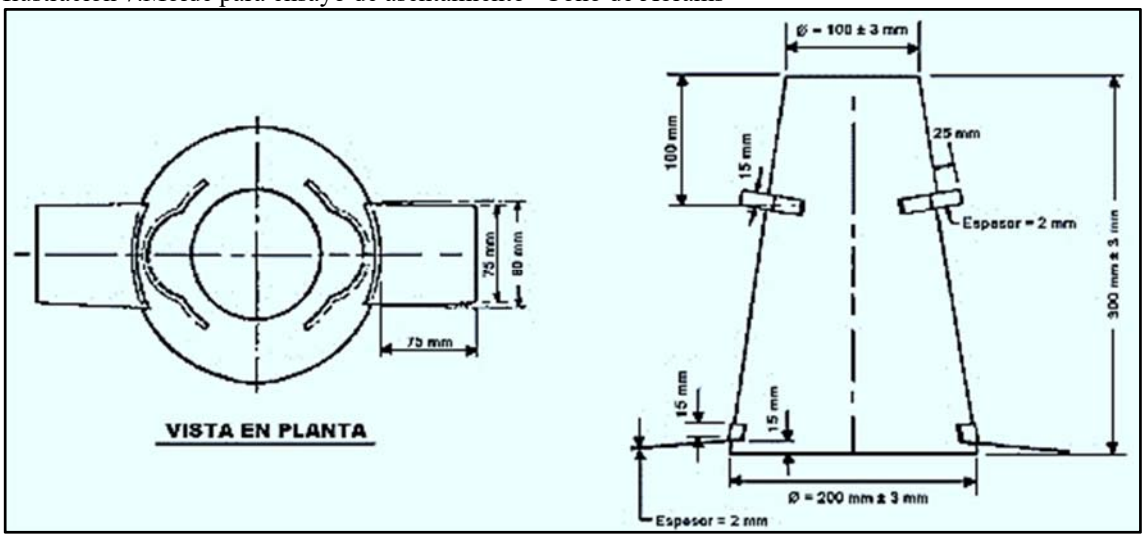
incrementos de 5 mm o menos. La longitud del instrumento debe ser de al menos 300mm. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

-Cono de Abrams. – Es un espécimen para ensayo el cual debe ser elaborado en un molde de metal que no sea fácilmente atacado por la pasta de cemento. El metal no debe tener un espesor menor a 1,5mm. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 2)

El molde debe tener la forma de un cono truncado, con diámetros internos de 200 mm en la base, 100 mm en la parte superior y altura de 300mm. Los diámetros y alturas individuales deben tener una tolerancia de ± 3 mm de las dimensiones especificadas. La base y la parte superior del cono deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cono. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 2)

El molde debe estar provisto de dos estribos para apoyar los pies y manijas. Debe construirse sin costura. El interior debe estar relativamente liso y libre de imperfecciones, abolladuras, deformaciones o de mortero adherido. Puede aceptarse un molde que se sujete a una placa base no absorbente, siempre que el sistema de fijación sea tal que pueda ser liberado completamente sin movimiento del molde y que la base sea lo suficientemente grande para contener todo el volumen del hormigón asentado, para un ensayo aceptable. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 2)

Ilustración 7.Molde para ensayo de asentamiento “Cono de Abrams”



Fuente: NTE INEN 1578, pg. 2

-**Cucharón. –** De un tamaño lo suficientemente grande para que cada cantidad de hormigón obtenida del recipiente de muestreo sea representativa y lo suficientemente pequeño como para que no se derrame durante la colocación en el molde. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

- Mazo. – Se debe utilizar un mazo con cabeza de caucho o cuero no tratado, con una masa de 0,6 kg ± 0,2 kg. (NTE INEN 1576, 2010, pg. 3)

- Moldes. – Los moldes para elaborar especímenes, así como las bisagras y seguros que estén en contacto con el hormigón, deben ser elaborados de: acero, hierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con el hormigón de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico. Los moldes deben mantener sus dimensiones y forma, bajo cualquier condición de uso; deben ser impermeables durante su uso, comprobándose por su capacidad para mantener el agua vertida en su interior. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

Se puede utilizar un sellante adecuado como grasa pesada, arcilla moldeable o cera micro-cristalina, cuando sea necesario prevenir la fuga de agua a través de las juntas.

Se deben proveer los seguros necesarios para sujetar firmemente las bases a los moldes. Los moldes reutilizables deben ser cubiertos ligeramente en su interior, con aceite mineral o con un material desmoldante no reactivo, antes de su uso. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

-Moldes para cilindros. – Los especímenes para resistencia a compresión o a tracción diametral deben ser cilindros y el hormigón debe fraguar en posición vertical. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

Para ensayos de aceptación de la resistencia a compresión especificada, los cilindros deben ser de 150mm x 300 mm o de 100mm x 200mm; la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso supera los 50 mm, la muestra de hormigón debe ser tratada por tamizado húmedo a través del tamiz de 50 mm, como se describe en la NTE INEN 1763. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

- Moldes para vigas. – Los moldes para la elaboración de vigas deben tener la forma y dimensiones requeridas para producir los especímenes. Los especímenes para resistencia a flexión deben ser vigas y el hormigón debe ser moldeado y fraguar en posición horizontal. (INEN 1576, 2011, pg.2)

La viga normalizada debe tener una sección transversal de 150 mm x 150 mm y debe ser utilizada para hormigón con árido grueso de hasta 50 mm de tamaño máximo nominal. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso excede de 50 mm, la dimensión más pequeña de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. A menos que las especificaciones

del proyecto lo requieran, las vigas elaboradas en campo no deben tener el ancho o la altura menor que 150mm. (INEN 1576, 2011, pg.2)

Las superficies interiores de los moldes deben ser lisas; los lados, el fondo y los bordes deben ser perpendiculares entre sí, ser rectos y no presentar deformaciones. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder de 3 mm, para moldes con profundidad o ancho de 150 mm o más. (INEN 1576, 2011, pg.2)

- Varilla de compactación. - Debe ser una varilla de acero, recta, lisa y de sección circular, cuyo diámetro de la varilla está en función del diámetro del cilindro o ancho de la viga, tal como se muestra a continuación: (NTC 550, 2000)

Tabla 14. Requisitos para varillas compactadoras.

	Dimensiones de la varilla		
Diámetro del cilindro, mm	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Número de golpes/capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

Fuente: NTC 550, pg.5

La longitud de la varilla de compactación debe ser de por lo menos 100 mm mayor que la profundidad del molde en el cual se está realizando la compactación, pero no mayor de 600 mm de longitud total. La varilla debe tener el borde de compactación o ambos extremos redondeados, con una punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla. (NTE INEN 1578, 2010, pg. 3)

9.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 1576:2010. Hormigón de cemento hidráulico – Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1578:2010. Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de Asentamiento. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C31:2003 "Standard Practice for making and curing concrete test specimens in the field".
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C192:2002 "Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory".
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C143-2000 "Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete".
- NTC 550. Norma técnica colombiana NTC 550:2000. Concretos – Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
- NTC 369. Norma técnica colombiana NTC 369:1992. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

9.3. Marco teórico de la práctica

9.3.1. Introducción

La calidad del concreto endurecido se evalúa sobre muestras tomadas en cilindros normalizados. Dichas muestras se someten a condiciones especiales de curado y se ensayan a determinadas edades. (Libia Gutiérrez, 2010))

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante del concreto; se expresa en términos de esfuerzo en:

- kg/cm2 o en lbs/pul^2 (p.s.i.), en donde: 1 p.s.i = 0.07 kg/cm^2 ó en
- Mega-pascales, en donde: 10,197 kg/cm^2 = 1 Mpa

9.3.2. Función de los agregados en la elaboración del hormigón

- **<u>Agregado Fino</u>**

La función del agregado fino es darle manejabilidad al concreto. Pero una falta de agregado fino se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de ella demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua-cemento. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 171)

El contenido del agregado fino en la mezcla afecta el porcentaje de aire incluido. La cantidad de agregado fino promueve una mayor incorporación de aire para una cantidad fija de cemento con aire incluido o de aditivo inclusor de aire (también se

atrapa más aire en los concretos sin inclusores de aire). (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 171)

Las partículas de agregado fino que pasan en los tamices de 600µm a 150µm (No. 30 a No. 100) atrapan más aire que agregados muy finos y agregados más gruesos. Una cantidad apreciable de material pasante en el tamiz 150µm (No. 100) va a resultar en una reducción significativa del aire incluido. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 171)

"Los agregados finos de varias fuentes pueden atrapar cantidades diferentes de aire, aun cuando tienen la misma granulometría. Esto puede ocurrir por las diferencias en la forma y la textura superficial o debido a la contaminación por materiales orgánicos." (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 171)

- **Agregado Grueso**

El tamaño máximo del agregado grueso influye en la economía del concreto. Normalmente, se requiere más agua y cemento en concretos con agregados gruesos de tamaño máximo menor en comparación con los agregados de tamaño máximo mayor, debido al aumento del área superficial total del agregado. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 109)

La demanda de cemento disminuye a medida que el tamaño máximo del agregado aumenta. El costo elevado para la obtención y manejo de agregados mayores que 50 mm (2 plg.) puede compensar el ahorro por la utilización de menos cantidad de cemento. Además, agregados de tamaños diferentes pueden producir concretos con

resistencias ligeramente diferentes, para una misma relación agua-cemento. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 109)

El tamaño del agregado grueso tiene un gran efecto sobre el contenido de aire de ambos tipos de concreto, con y sin aire incluido. Ya que hay un pequeño cambio en el contenido de aire cuando se aumenta el tamaño del agregado por encima de 37.5 mm (1½ plg.). (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 109)

- **Elección del tamaño máximo nominal**

La elección del TMN se deberá seguir las siguientes recomendaciones:

a) Las limitaciones de las dimensiones de la estructura
b) El TMN en ningún caso debe exceder de 1/5 la menor dimensión entre los lados de la formaleta.
c) El TMN está limitado por las 3/4 del espaciamiento libre entre varillas individuales de refuerzo, haces de varilla o cables pretensados.

Las restricciones descritas anteriormente se pueden evitar, si a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin que se produzcan hormigueros o vacíos. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 109)

Cabe agregar que, si se aumenta el TMN de los agregados en una mezcla de concreto para un asentamiento dado, tanto el contenido de agua como de cemento se disminuyen con lo que se consigue concretos con menor retracción por fraguado. (Kosmatka y Panarese, 2004, pg. 109)

9.3.3. Datos previos necesarios - Dosificación

El diseñador estructural deberá dar a conocer los siguientes datos: (Libia Gutiérrez, 2003)

- Dimensión mínima del elemento a construir
- Espaciamiento del acero de refuerzo
- Condiciones a que estará expuesta la estructura
- Resistencia a la compresión mínima necesaria por consideraciones estructurales.
- Tamaño máximo nominal del agregado

Y el ingeniero a cargo del diseño de la mezcla deberá obtener los siguientes datos de los materiales: (Libia Gutiérrez, 2003)

- Granulometría
- Módulo de finura de la arena
- Tamaño máximo de la grava
- Densidad aparente (sss) de la grava y de la arena
- Absorción de la grava y de la arena
- Masa unitaria suelta, masa unitaria compacta de la grava y de la arena
- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas
- Densidad del cemento

9.3.4. Metodología general - Dosificación

Para el diseño de mezclas se recurre tanto a datos reales como a datos empíricos o de experiencia que, con la ayuda de tablas, gráficas y ábacos, se obtiene una guía para alcanzar combinaciones óptimas de los materiales. (Libia Gutiérrez, 2003)

De manera general se estable la siguiente metodología a seguir para elaborar mezclas de hormigón: (Libia Gutiérrez, 2003)

a) Primero, elegir el asentamiento
b) Elegir el tamaño máximo nominal
c) Estimar el contenido de aire
d) Estimar la cantidad de agua de mezclado
e) Estimar la relación agua-cemento
f) Calcular el contenido de cemento.
g) Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas.

En el caso que no cumplan con las condiciones granulométricas se optará por: (Libia Gutiérrez, 2003)

- Optimizar la granulometría
- Estimar el contenido de arena y grava

Y en el caso de que si cumplan con las condiciones de granulometría se procederá de la siguiente manera:

h) Estimar el contenido de agregado grueso
i) Estimar el contenido de agregado fino

Y para poder optimizar la mezcla de concreto de manera que cumpla con las características deseadas con los materiales disponibles, se logra mediante un reajuste, el cual se lo realiza con una "mezcla de prueba". Con la "mezcla de prueba" se realiza el ensayo de asentamiento y si su valor es diferente del recomendado, se reajustan las cantidades con la siguiente metodología. (Libia Gutiérrez, 2003)

9.3.5. Mezcla de prueba

En primera instancia se preparar una primera mezcla de prueba con las proporciones iniciales calculadas, y se procede de la siguiente manera: (Asocreto, 2010)

- A la mezcla de prueba se le efectúa el ensayo de asentamiento y si su valor es diferente del recomendado, se reajustan las cantidades. (Asocreto, 2010)
- Cuando se logra el asentamiento requerido con las proporciones reajustadas, se elaboran muestras de cilindros a los que se les determina su resistencia a la compresión. (Asocreto, 2010)
- Se compara con la resistencia especificada y si son diferentes, se vuelven a ajustar las cantidades. (Asocreto, 2010)
- Una vez reajustadas las cantidades, se elabora otra mezcla que debe cumplir con el asentamiento y la resistencia requerida; si por algún motivo no se cumple alguno de los requerimientos debido a peculiaridades que no se detectan con los ensayos corrientes que se efectúan a los materiales, se pueden hacer ajustes similares a los indicados hasta lograr los resultados deseados. (Asocreto, 2010)

9.3.6. Elección del asentamiento

Para elegir el asentamiento, se debe tener en cuenta el tipo de estructura en la que vamos a verter nuestra muestra, a continuación, se establece una tabla que nos brinda los valores de asentamiento en centímetros según su consistencia, grado de trabajabilidad y tipo de estructura. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 68)

Tabla 15. Valores de asentamiento recomendados,

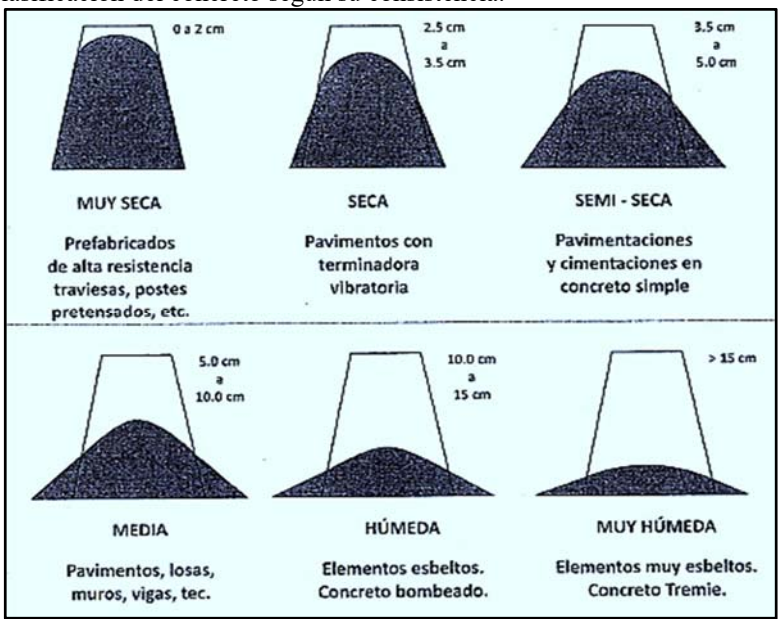
Asentamiento (cm)	Consistencia (Tipo de concreto)	Grado de Trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0 - 2,0	Muy seca	Muy pequeño	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formaleta
2,0 - 3,5	Seca	Pequeño	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3,5 - 5,0	Semi - seca	Pequeño	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración Fundaciones en concreto simple Pavimentos con vibradores normales
5,0 - 10,0	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración
10,0 - 15,0	Húmeda	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración.

Fuente: Gutiérrez de López, 2003, pg. 68

El ensayo de asentamiento es muy valioso para verificar la variación de los materiales que se introducen en la mezcladora de una bachada a otra. El concreto en estado fresco se clasifica de acuerdo a la consistencia en mezcla muy seca, seca, semiseca, media, húmeda y muy húmeda, tal como se aprecia en la siguiente ilustración: (Asocreto, 2010, pg. 104)

- **Mezcla muy seca:** el asentamiento es inferior a 2cm y frecuentemente es empleada en la elaboración de prefabricados de alta resistencia, como traviesas y postes pretensados. Debido a la poca manejabilidad que tiene es necesario colocarla con vibradores de formaleta y compactarla mediante vibración extrema, en algunos casos puede requerirse presión. También es posible lanzar estas mezclas por vía húmeda en revestimientos de pantallas de cimentación o fundación. (Asocreto, 2010, pg. 104)
- **Mezcla seca:** el asentamiento está entre 2,5 y 3,5cm, se utiliza en la construcción de pavimentos colocados con terminadora vibratoria. (Asocreto, 2010, pg. 104)
- **Mezcla semiseca:** el asentamiento está entre 3,5 y 5cm, las aplicaciones más comunes son en pavimentos y cimentaciones en concreto simple colocados mediante máquinas de operación manual y compactadas por vibración. (Asocreto, 2010, pg. 104)
- **Mezclo medio:** el asentamiento está entre 5 y 10cm por lo cual se pueden emplear en pavimentos, losas, muros y vigas. (Asocreto, 2010, pg. 104)
- **Mezcla húmeda:** el asentamiento está entre l0 y 15cm, se utiliza en la elaboración de elementos esbeltos mediante bombeo. (Asocreto, 2010, pg. 105)
- **Mezcla muy húmeda:** el asentamiento es mayor a 15cm, se emplea en la construcción de elementos muy esbeltos y pilotes fundidos (in situ). (Asocreto, 2010, pg. 105)

Ilustración 8.Clasificación del concreto según su consistencia.



Fuente: Asocreto, 2010, pg. 105

9.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Elaborar cilindros y vigas rectangulares de hormigón con una dosificación previamente establecida.

Objetivo específico

- Determinar el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico tanto en el laboratorio como en el campo.
- Elaborar, curar cilindros y vigas de hormigón fresco

9.5. Alcance

Mediante una dosificación o "diseño de mezcla" previamente obtenido en aula se establecen las cantidades de los elementos de la mezcla. Se verterá dichas cantidades en una concretera y se iniciará el proceso de mezcla y mediante el cono de Abrams se va a determinar el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico en estado plástico para poder monitorear la consistencia de la mezcla. (NTC 369, 1992)

Y una vez que la consistencia de la mezcla sea igual a la consistencia de la mezcla de diseño se procede a elaborar los especímenes cilíndricos o rectangulares deseados, para posteriormente desencofrados y llevados a las cámaras de curado. (NTC 369, 1992)

9.6. Importancia y aplicación

- El resultado de la consistencia de la mezcla en estado plástico del hormigón es un parámetro de la trabajabilidad del concreto, el cual es indispensable en obra, por ejemplo, si el concreto es de buena trabajabilidad el concreto fluye lentamente hacia el lugar de destino y sin segregación. (Asocreto, 2010)
- El ensayo mediante el cono de Abrams a más de medir la consistencia también mide la humedad del concreto. (Asocreto, 2010)

Si los especímenes se elaboran y curan en laboratorio, los resultados obtenidos pueden ser usados para los siguientes propósitos: (Asocreto, 2010)

- Determinar la resistencia de diseño especificada.
- Comprobar que la dosificación utilizada fue la adecuada para obtener la resistencia adecuada.

- Realizar un control de calidad sobre la consistencia deseada en la mezcla

Si los especímenes se preparan y curan en las condiciones de la obra, los datos del ensayo resultante se usan para los siguientes propósitos: (Libia Gutiérrez, 2003)

- Determinación del momento en que la estructura puede ser puesta en servicio.
- Comparación con los resultados de ensayos de los especímenes curados en laboratorio.
- Determinación de la eficiencia del curado y la protección del concreto de la estructura.
- Determinación del momento de remoción de la formaleta o los puntales.

9.7. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

Imagen 85. Herramientas para determinar el asentamiento



a. 24. Pala tipo cuchara

a. 25. Bandeja para toma de muestras

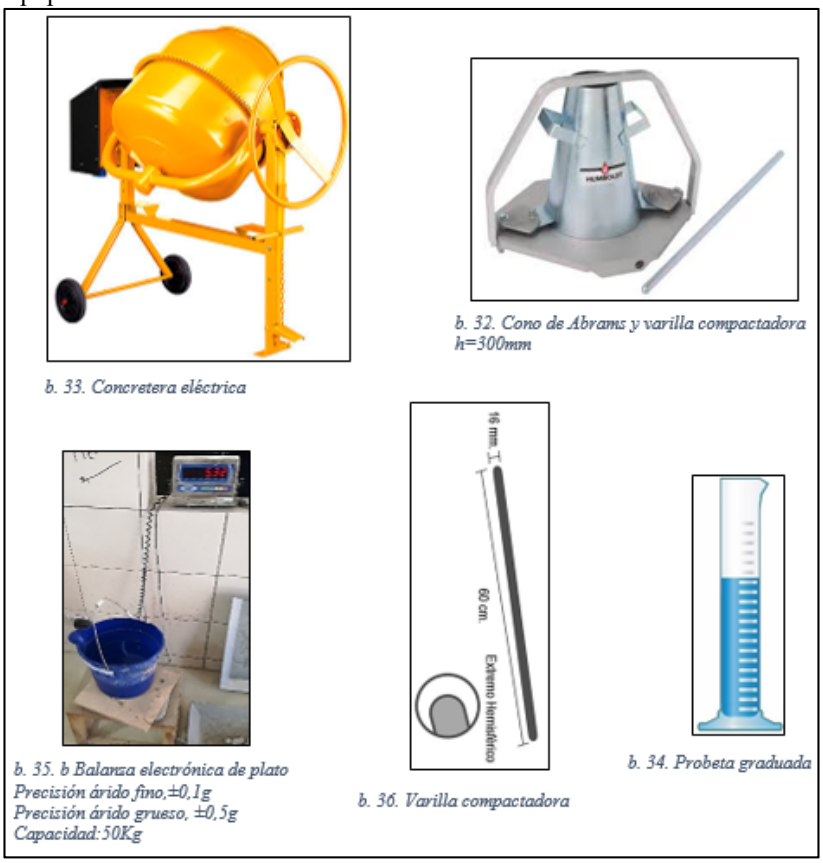
a. 26. Mazo con cabeza de caucho

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

b.1. Equipo – Asentamiento del concreto hidráulico (ASTM C143)

Imagen 86. Equipo de laboratorio-asentamiento del concreto



b. 33. Concretera eléctrica

b. 32. Cono de Abrams y varilla compactadora h=300mm

b. 35. b Balanza electrónica de plato
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g
Capacidad:50Kg

b. 36. Varilla compactadora

b. 34. Probeta graduada

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b.2. Equipo – Preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio y en obra (ASTM C192 – C31)

Imagen 87. Equipo de laboratorio-preparación y curado



b. 37. Molde para cilindros
h=300mm
øint=150mm

b. 38. Molde para vigas
L=540mm
a=150mm
b=150mm

b. 40. Cámara húmeda para curado de especímenes

b. 39. Piscina de curado de especímenes

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos de la práctica

Imagen 88. Materiales o insumos – elaboración de hormigón



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

9.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

- **Asentamiento del concreto hidráulico**

9.8.1. ¿En qué orden se deben colocar los materiales?

Se debe colocar primero los agregados: Grava y arena, después la mitad del agua, luego el cemento y por último la otra mitad del agua con los aditivos si los hay. Es necesario anotar que el tiempo de mezclado empieza a contar desde el momento en que se encuentra en la mezcladora todos los materiales. (ASTM C143, 2003)

9.8.2. ¿En qué condición debe estar el sitio de trabajo y el equipo, herramientas a usar?, Explique.

El sitio de trabajo debe ser un lugar limpio en donde no se puedan mezclar agentes extraños a los componentes de la mezcla. Además, todo el equipo y herramientas deben estar previamente humedecidas, para evitar que la mezcla pierda humedad. (INEN 1578, 2010)

9.8.3. ¿Qué tiempo dura el ensayo?

Se debe completar todo el ensayo desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde sin interrupción dentro de un período de 2 ½ minutos. (INEN 1578, 2010)

9.8.4. ¿Qué se debe hacer si el TM es mayor a 1½" (37,5mm)?

Este método de ensayo se aplica al hormigón en estado plástico, preparado con árido grueso con tamaño de hasta 37,5mm. Si el tamaño del árido grueso es mayor a 37,5 mm, este método de ensayo se aplica cuando se realiza sobre la fracción de hormigón

que pasa el tamiz de 37,5 mm, con la eliminación de las partículas de árido de mayor tamaño. (INEN 1763, 2010, numeral 7).

Cuando el hormigón contiene árido de mayor tamaño que el apropiado para el tamaño de los moldes o equipos a utilizarse, tamizar en húmedo la muestra, excepto para realizar el ensayo de densidad (peso unitario) para uso en cálculos de rendimiento de la mezcla completa. (INEN 1763, 2010, numeral 7)

Tamizado húmedo. Después de muestreado el hormigón y antes del remezclado, pasarlo sobre el tamiz del tamaño determinado, retirar y desechar el árido retenido. Agitar o vibrar el tamiz con la mano o con medios mecánicos hasta que ya no quede material de menor tamaño en el tamiz. No se debe limpiar el mortero adherido al árido retenido en el tamiz, antes que este sea desechado. Colocar solamente el hormigón necesario sobre el tamiz, luego de cada tamizado de tal forma que el espesor de la capa de áridos retenidos, no sea mayor que el espesor de una partícula del árido que se está retirando. El hormigón que pasa el tamiz debe caer en una bandeja de tamaño adecuado, que debe ser humedecida antes de su uso o en otra superficie limpia, húmeda, no absorbente. Raspar el mortero adherido a las paredes del equipo de tamizado e incorporarlo a la amasada. Después de retirar las partículas de árido más grandes mediante tamizado húmedo, remezclar la amasada con una pala, la cantidad mínima necesaria para garantizar la uniformidad y proceder inmediatamente a los ensayos. (INEN 1763, 2010, numeral 7)

9.8.5. ¿Cómo se determina la manejabilidad en una mezcla?

Un método indirecto para determinar la manejabilidad de un concreto es medir su fluidez o consistencia mediante el manejo de asentamiento con el cono. (Libia Gutiérrez, 2003)

9.8.6. ¿En qué ocasiones se requiere un concreto más manejable?

Un concreto más manejable se utilizará cuando: (Libia Gutiérrez, 1989)

- Se utiliza una bomba para la colocación.
- Cuando se coloca el concreto en zonas muy congestionadas con acero de refuerzo. (ejemplo paredes estructurales doblemente armadas)
- En estructuras de difícil compactación.

Para todos estos casos se recomienda reducir un 10% el contenido estimado del agregado grueso. (Libia Gutiérrez, 1989)

Para ello, se debe tener cuidado en:

- el asentamiento resultante
- la relación agua/cemento
- la resistencia del concreto

} Sean compatibles con las recomendaciones proporcionadas

9.8.7. ¿Puede confundirse la fluidez o consistencia de una mezcla con su manejabilidad?

No, la fluidez o consistencia de una mezcla depende del tipo del tamaño y forma del elemento que se va a construir, de la colocación y cantidad de refuerzo, y del método de colocación y vibrado del concreto. (Libia Gutiérrez, 1989)

A diferencia de la manejabilidad que sólo puede determinarse con la observación de cómo se acomoda la mezcla a las diferentes partes de la estructura y como responde al vibrador o compactación. (Libia Gutiérrez, 1989)

9.8.8. ¿Qué factores influyen en la manejabilidad de una mezcla?

a) La gradación del agregado fino y grueso. - Un agregado mal gradado, con exceso o defecto de partículas de un solo tamaño, presenta una gran cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados con pasta de cemento y agua, para que la mezcla sea manejable y no quede porosa. (Libia Gutiérrez, 1989)

b) Forma y textura superficial de los agregados. - Los agregados gruesos con partículas alargadas, aplanadas, ásperas y rugosas, urgen una mayor cantidad de arena en una mezcla, que los compuestos por partículas redondeadas y lisas y por lo tanto más cemento y agua para conservar una manejabilidad comparable. (Libia Gutiérrez, 1989)

- **Preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio y en obra**

9.8.9. ¿En qué condición debe estar el sitio de trabajo y el equipo, herramientas a usar?, Explique.

El sitio de trabajo debe ser un lugar limpio en donde no se puedan mezclar agentes extraños a los componentes de la mezcla. Además, todo el equipo y herramientas deben estar previamente humedecidas, para evitar que la mezcla pierda humedad. (ASTM C192, C31, 2003)

9.8.10. ¿En cuántas capas se llenan los cilindros y las vigas?

Tabla 16. Resumen de requisitos de tamaño, tipo y moldeo

Tipo y tamaño del espécimen, profundidad, (mm)	Método de compactación	Número de capas	Profundidad aproximada de la capa, (mm)
Cilindros:			
300 o menos	Apisonamiento	3 iguales	100 o menos
más de 300	Apisonamiento	Las que se requieran	100 o menos
300 o menos	Vibración	2 iguales	150 o menos
300 a 450	Vibración	2 iguales	Media profundidad del espécimen
más de 450	Vibración	3 ó más	200 o lo más cerca posible
Vigas:			
150 a 200	Apisonamiento	2 iguales	Profundidad media del espécimen
más de 200	Apisonamiento	3 o más	100
150 a 200	Vibración	1	Profundidad del espécimen
más de 200	Vibración	2 ó más	200 lo más cerca posible

Fuente: NTC 550, 2000, pg.6

9.8.11. ¿Cómo es el proceso de enrasado?

Después de compactar el espécimen, se enrasa la superficie de éste para quitar el exceso de concreto, utilizando la varilla de compactación, una llana de madera o palustre. Este acabado se realiza con el mínimo de manipulación necesaria para producir una superficie homogénea y lisa que esté a nivel con el borde del molde y no tenga depresiones ni proyecciones mayores de 3mm. (NTC550, 2000, pg.8)

- **Cilindros**

Después de la compactación, se debe enrasar la superficie con la varilla compactadora, si la consistencia del concreto lo permite, o con una llana de madera o palustre. Si se desea, se refrenta la superficie fresca con una capa delgada de pasta de cemento Portland, que se deja endurecer y curar junto con el cilindro. (NTC550, 2000, pg.8)

- **Vigas**

De la misma manera, después de compactar el concreto, se debe enrasar la superficie del espécimen con una llana, hasta la tolerancia requerida para producir una superficie plana y uniforme. (NTC550, 2000, pg.8)

9.8.12. ¿Cuándo se debe desmoldar, y a que temperatura se deben curar los especímenes?

Una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de 23 °C ± 2 °C, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre. (NTC550, 2000, pg.8)

9.8.13. ¿Qué ensayos de rutina se deben realizar en el hormigón fresco?

En estado fresco, se pueden realizar los siguientes ensayos: contenido de aire, peso unitario y asentamiento, para determinar sus características en estado endurecido. (Libia Gutiérrez, 2003)

9.8.14. ¿Cuál es el factor más importante que afecta la resistencia a la compresión para un concreto bien curado y a una edad determinada?

El factor más importante es la relación “agua-cemento”. A más baja relación agua-cemento, es mayor la resistencia. (Libia Gutiérrez, 2003)

9.8.15. ¿Cuál es el objetivo de golpear con el mazo a los moldes cilíndricos?

Los golpes con el mazo tienen el propósito de cerrar cualquier agujero dejado por la varilla y eliminar cualquier burbuja grande de aire que hubiere sido atrapada. (Asocreto, 2010)

9.9. Procedimiento de la práctica

A. Asentamiento del concreto hidráulico (ASTM C143, INEN 1578)

Imagen 89.Procedimiento A, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Con la dosificación adecuada, pesar en la báscula cada uno de los componentes del concreto (agregado grueso, agregado fino, cemento, agua) obtenidos mediante cálculo.

Imagen 90.Procedimiento A, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Limpiar y humedecer con agua: la concretera, la carretilla en donde se va a verter la mezcla y las herramientas e instrumentaría que se vaya a utilizar, además se verifica que dentro de la concretera no encuentre sin ningún tipo de basura que pueda dañar la mezcla.

3. Mediante el siguiente proceso, verter en la concretera: (NTE 1578, 2010)

- Mediante una probeta graduada, añadir una porción de agua (10% del volumen total del agua), en el tambor interno.
- Añadir árido grueso, mezclar, hasta que las partículas de agua se hayan adherido.
- Con la probeta graduada, añadir una porción de agua (40% del volumen total del agua).

Imagen 91. Procedimiento A, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Verter árido fino, mezclar, hasta que las partículas de agua se hayan adherido.
- Con la probeta graduada, añadir una porción de agua (40% del volumen total del agua).
- Añadir cemento y colocar el 10% del agua restante controladamente hasta producir una mezcla uniforme. (NTE 1578, 2010)

Tener en cuenta los siguientes puntos:

- Se debe apagar la concretera antes de verter los materiales.

Imagen 92.
Procedimiento A, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Se puede utilizar un bailejo para evitar un vertido brusco con el objetivo de evitar que se caigan partículas del árido.

Imagen 93. Procedimiento A, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Golpear con fuerza al cuerpo cónico de la concretera para evitar que la mezcla se pegue a la concretera.

Imagen 94. Procedimiento A, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Al mismo tiempo, otro operador deberá ubicarse estratégicamente para armar y humedecer los equipos de revenimiento.

5. El operador que vaya a realizar el procedimiento de asentamiento sostener firmemente el molde en su lugar durante el llenado, parándose sobre los dos estribos o fijándolo a la placa base.

Imagen 95. Procedimiento A, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Nota: Para completar todo el procedimiento del ensayo de "Determinación de Asentamiento" desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde (cono de Abrams) se deberá realizar dentro de un período de **2 ½ minutos** y sin interrupción. (NTE 1578, 2010)

6. Tomar de la mezcladora una porción de la mezcla, para llenar en 3 capas el cono de Abrams, cada una con una aproximación de 1/3 del volumen del molde. (NTE 1578, 2010)

Imagen 96. Procedimiento A, (7)

7. Llenar el 1/3 del volumen del molde a una altura aproximada de 70mm, medidos desde la base, colocando el hormigón de tal manera que el cucharón sigua el perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución uniforme del hormigón con una mínima segregación. (NTE 1578, 2010)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 97. Procedimiento A, (8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

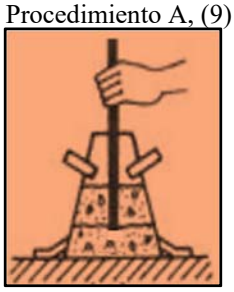
8. Compactar con 25 golpes utilizando la varilla de compactación, teniendo en cuenta que se debe distribuir de manera uniforme los golpes sobre la sección transversal de cada capa. (NTE 1578, 2010)

Imagen 98. Procedimiento A, (8)



Para esta capa, la capa inferior, es necesario inclinar la varilla ligeramente y dar aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y luego continuar con golpes verticales en espiral hacia el centro. (NTE 1578, 2010)

Imagen 99. Procedimiento A, (9)



Fuente: INEN 1578

9. De la misma manera, llenar los 2/3 del cono, a una altura de 160mm, medidos desde la base. (NTE 1578, 2010)

10. Compactar con 25 golpes utilizando la varilla de compactación, de tal manera que los golpes apenas penetren la capa anterior. (NTE 1578, 2010)

Imagen 100. Procedimiento A, (11)



Fuente: INEN 1578

11. Para la capa superior, llenar el cono hasta lograr un excedente de hormigón sobre la parte superior del molde antes de empezar la compactación. (NTE 1578, 2010)

12. Compactar con 25 golpes, y si durante la operación de compactación, la superficie del hormigón queda por debajo del borde superior del molde, agregar más hormigón para mantener en todo momento un exceso de hormigón sobre la parte superior del molde. (NTE 1578, 2010)

Imagen 101.
Procedimiento A, (13)

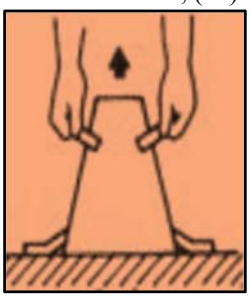


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

13. Enrasar la superficie del hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.

14. Continuar presionando el molde firmemente hacia abajo, retirar el hormigón del área que rodea la base del molde para evitar interferencias con el movimiento de asentamiento del hormigón. Y de inmediato retirar el molde del hormigón levantándolo cuidadosamente en dirección vertical en **5s ± 2s** con un movimiento ascendente uniforme y sin movimientos laterales o de torsión. (NTE 1578, 2010)

Imagen 103.
Procedimiento A, (14)



Fuente: INEN 1578

Imagen 102.
Procedimiento A, (15)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

15. Inmediatamente, con una regla medir el asentamiento; desde la parte más alta de la masa hasta la parte superior del marco.

Nota 1: Si ocurre un desprendimiento o corte del hormigón de una parte o porción de la masa, desechar el ensayo y hacer un nuevo ensayo con otra porción de la muestra. (NTE 1578, 2010)

Nota 2: Si el asentamiento vario con respecto al asentamiento con el cual se diseñó la mezcla, se deberá revisar la dosificación a la mayor brevedad posible. (NTE 1578, 2010)

16. Una vez que el asentamiento diseñado sea semejante al obtenido por medio del "asentamiento" a través del cono de Abrams, se procede al moldeo de especímenes lo cual se lo deberá realizar durante **5min**, sobre una superficie rígida y nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones, en un lugar tan cercano como sea posible al lugar donde van a ser almacenados (piscina de curado o cámara de humedad). (NTE 1578, 2010)

B. Preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio y en obra (ASTM C192, C31, INEN 1576)

- **Moldes cilíndricos**

Tabla 17. 9Requisitos para el moldeo mediante varillado

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de aproximadamente igual altura	Número de golpes con la varilla por capa
Cilindros: Diámetro (mm)		
100	2	25
150	3	25
225	4	50

Fuente: INEN 1576

*El siguiente procedimiento se aplica para un cilindro de ø=150mm, para el cual, el vertido de hormigón será en 3 capas y se compactará con 25 golpes por capa.

1. Humedecer la carretilla, para evitar que la mezcla absorba contenido de agua, y verter una cantidad suficiente de hormigón para preparar de 2 a 3 cilindros; mientras la concretera siga mezclando el resto de muestra.

Imagen 104. Procedimiento B, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 105.
Procedimiento B, (2)



Fuente: Google

2. Colocar la mezcla en el molde moviendo el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución del hormigón con la mínima segregación. (INEN 1576, 2011)

Imagen 106.
Procedimiento B, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. En la primera capa, para un cilindro, ø=150mm, se compacta con 25 golpes de manera uniforme sobre la sección transversal del cilindro Teniendo en cuenta que la varilla debe penetrar en toda su profundidad, cuidando de no dañar el fondo del molde. (INEN 1576, 2011)

Imagen 107.
Procedimiento B, (4)

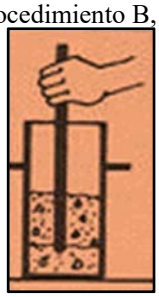


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Golpear en el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo.

5. En la siguiente capa, se sigue el mismo procedimiento, con la diferencia que, al momento de compactar con 25 golpes, la varilla penetre toda la capa que está siendo compactada e ingrese a la capa inferior aproximadamente 25mm. (INEN 1576, 2011)

Imagen 109. Procedimiento B, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

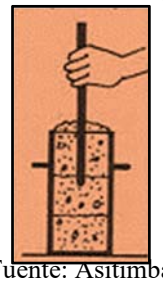
Imagen 108. Procedimiento B, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. Y de la misma manera, golpear con un mazo el exterior del molde de 10 a 15 veces. (INEN 1576, 2011)

Imagen 110. Procedimiento B, (7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

7. Colocar la última capa, adicionando una cantidad excedente de hormigón para asegurar que, después de los 25 golpes de la compactación, el molde quede lleno. Y de la misma manera golpear con el mazo de 10 a 15 veces el exterior del molde. (INEN 1576, 2011)

Imagen 111. Procedimiento B, (8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

8. Enrasar la superficie del hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde, el terminado debe generar una superficie plana, que este nivelada con el borde superior del molde, dicho terminado se lo puede dar con el bailejo. (INEN 1576, 2011)

9. De manera preliminar, rotular los especímenes para su identificación, se puede disponer de una hoja y pegarla con cinta adhesiva al molde:

- Su numeración de acuerdo a su elaboración.
- La fecha de elaboración.
- Las iniciales del operador.
- La resistencia.

Imagen 112. Procedimiento B, (9)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

10. Seguir con el "curado inicial", en donde, el espécimen debe ser almacenado por un período de 24 horas a una temperatura entre 16ºC y 27ºC, en un ambiente que prevenga: la pérdida de humedad de los especímenes, los rayos directos del sol y de cualquier radiación calórica. (INEN 1576, 2011)

Para crear un ambiente con humedad durante el período de curado inicial de los especímenes, se procede como se muestra en la figura:

- Cubrirlos con tapas plásticas removibles.
- Colocarlos dentro de fundas plásticas.
- Cubrirlos con planchas plásticas.

Imagen 113. Procedimiento B, (10)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- **<u>Moldes rectangulares - vigas</u>**

Tabla 18. Requisitos para el moldeo mediante varillado.

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de aproximadamente igual altura	Número de golpes con la varilla por capa
Vigas: Ancho (mm) De 150 a 200 >200	2 3 o más capas de igual altura, cada una no debe exceder de 150 mm	Determinar el número de golpes con la varilla por cada capa, uno por cada 14 cm2 del área superficial de la viga

Fuente: NTE INEN 1576, 2010, pg.5

*El siguiente procedimiento se aplica para un molde de 150x150x540mm, con un área superficial de la viga de 81cm^2 aproximadamente, y 6 golpes por capa con la varilla de compactación.

Imagen 114. Procedimiento B-vigas, (1)

1. Colocar el hormigón de tal forma que esté uniformemente distribuido a lo largo de todo el molde en cada capa.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Compactar con 6 golpes de manera que la varilla penetre en toda su profundidad, cuidando de no dañar el fondo del molde.

Imagen 115. Procedimiento B-vigas, (3)

3. Golpear con un mazo el exterior del molde de 10 a 15 veces. (INEN 1576, 2011)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Colocar la última capa, adicionando una cantidad excedente de hormigón para asegurar que, después de los 6 golpes de la compactación, el molde quede lleno. Y de la misma manera golpear con el mazo de 10 a 15 veces el exterior del molde. (INEN 1576, 2011)

Imagen 116. Procedimiento B-vigas, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Enrasar la superficie del espécimen con una llana, hasta la tolerancia requerida para producir una superficie plana y uniforme. (INEN 1576, 2011)

Imagen 117. Procedimiento B-vigas, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. De manera idéntica al moldeo en cilindros, se procede con el "curado inicial" y se sigue las mismas recomendaciones.

C. Curado final en cilindros y vigas

Luego de 24±4 horas del moldeo y una vez concluido el curado inicial, proceder de la siguiente manera:

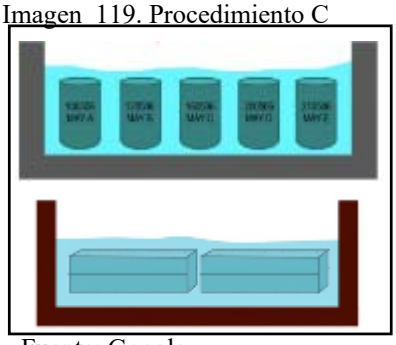
Imagen 118. Procedimiento C



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Desencofrar.
- Rotular en la cara superior de cada espécimen con marcador.
- Pesar cada espécimen y registrar el dato
- Medir con un calibrador “pie de rey” la geometría del espécimen y registrar los datos en mm
- Colocar los especímenes en los tanques de curado a una temperatura de 23°C ± 2°C, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado.
- Finalmente, limpiar los moldes utilizados con un cepillo metálico y engrasarlos.

Imagen 119. Procedimiento C



Fuente: Google

9.10. Plantilla para llenar

9.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTO	**NTE INEN 1578** **NTE INEN 1576** **ASTM C 143 -08**

1. Describa los objetivos de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué condición debe estar el sitio de trabajo, y las herramientas o equipos? _____

4. Qué altura tiene el cono de Abrams, y en cuantas capas se lo llena? _____

5. Cuantas intersecciones de varilla se deben hacer en cada capa?

6. Cuantos golpes con el mazo se deben dar por capa?

7. Qué tiempo dura el ensayo ?

8. Qué se debe hacer si el TMN es mayor a 1 ½?

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO	**NTE INEN 1576** **NTE INEN 2528** **ASTM C 31-09**

1. Describa los objetivos de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué condición debe estar el sitio de trabajo y las herramientas o equipo a utilizar? _____

4. En cuantas capas se llenan los cilindros y las vigas? _____

5. Cuantas intersecciones de varilla se deben hacer en cada capa?

6. Qué dimensiones tiene el molde cilindrico para elaborar las probetas circulares de hormigón?

7. Cuando se conoce que la masa es constante ?

8. Cómo es el proceso de enrasado para cilindros y para vigas?

9. Cuándo se debe desmoldar?

10. Qué tiempo dura la práctica? _____

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

_____

9.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Escoja falso o verdadero:

a. El módulo de finura incide en la trabajabilidad del hormigón. …(V) – (F).

b. Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del hormigón, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del hormigón. ……(V) – (F).

c. La textura de un agregado reviste especial importancia en la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento fraguado. ……..……. (V) – (F).

2. En la práctica, ¿cuándo utilizo aditivos?

a) Cuando deseo reducir el costo de la construcción del concreto.

b) Cuando se desee aumentar las especificaciones del concreto, debido a alguna falla en las cantidades previstas para realizar la mezcla.

c) Cuando se desee asegurar la calidad del concreto en condiciones ambientales severas durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.

d) Ninguna de las anteriores.

3. **En la práctica “en obra”, que método utilizaría para determinar la fluidez de la mezcla**……..

4. **Describa, ¿Cómo estuvo su mezcla al realizar el presente laboratorio? La mezcla con la que elaboro los cilindros estuvo: muy seca, seca, semiseca, media, húmeda, muy húmeda. Justifique su respuesta. Si su mezcla no estuvo acorde al diseño estipulado, ¿Por qué cree usted que no se obtuvo el asentamiento deseado?, Tuvo la trabajabilidad deseada?**

_ _ _ _

9.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTO	**NTE INEN 1578** **NTE INEN 1576** **ASTM C 143 -08**

1. Asentamiento de diseño	**cm**
2. Resistencia del hormigón a los 28 días	**kg/cm2**
3. Capacidad de la concretera que se va ha utilizar	**m³**

2. Complete la siguiente tabla

Material	**Densidad**	**Volumen**	**Peso**	**Ajustes por Humedad**
	kg/m3/M³	**m³/M³**	**kg/M³**	**kg/M³**
	D1	**V1**	**W1 = D1 * V1**	**Wc1**
Cemento				
Aire				
Agua				
Grava				
Arena				

Cuantos cilindros y cuantas vigas necesita elaborar ?	
# Cilindros	#Vigas
m³	m³
Total m³ + 10%	

3. Ajustar las cantidades deacuerdo a la cantidad de m³ que se necesite

Material	**Peso**
	kg
	Wc2
Cemento	
Aire	
Agua	
Grava	
Arena	

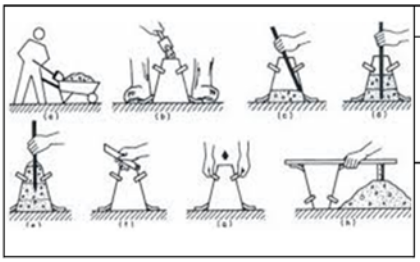


Figura. Esquema de procedimiento

Tiempo máximo

2 minutos 30 segundos

4. Deacuerdo al esquema de procedimiento, responda:

3.1. Escriba el número de golpes que realizo en la 1era capa	
3.2. Escriba el número de golpes que realizo en la 2da capa	
3.3. Escriba el número de golpes que realizo en la 3era capa	
3.4. Cuanto tiempo utilizo en realizar todo el procedimiento	
3.5. Asentamiento obtenido mediante el cono de Abrams	**cm**

NOTA: En caso de no haber obtenido el asentamiento de diseño, recalcule inmediatamente las cantidades de mezcla

5. Escriba las cantidades recalculadas (corregidas) para obtener el asentamiento de diseño

Cemento	**Aire**	**Agua**	**Grava**	**Arena**	**Asentamiento obtenido mediante el cono de Abrams**	**cm**

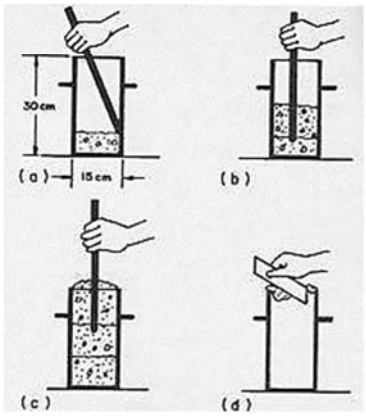
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO	**NTE INEN 1576** **NTE INEN 2528** **ASTM C 31-09**



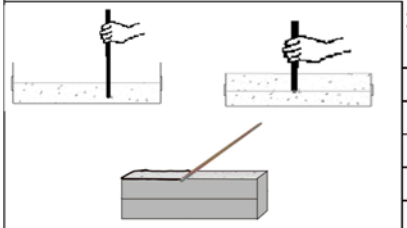
Esquema de procedimiento - cilindros

Tiempo máximo
5 minutos

1. Deacuerdo al esquema de procedimiento, responda:

CILINDROS

1.1. número de golpes que realizo en la 1era capa	
1.2. número de golpes que realizo en la 2da capa	
1.3. número de golpes que realizo en la 3era capa	
1.4.Tiempo utilizado para realizar el procedimiento	



Esquema de procedimiento - vigas

2. Deacuerdo al esquema de procedimiento, responda:

VIGAS

1.1. número de golpes que realizo en la 1era capa	
1.2. número de golpes que realizo en la 2da capa	
1.3.Tiempo utilizado para realizar el procedimiento	

3. Antes de sumergir los especimenes en el tanque de curado, complete los siguientes cuadros:

CILINDROS

Muestra #						
Identificación						
Fecha de moldeo						
Diametro (mm)						
Altura (mm)						
Sección de la muestra (mm2)						
Masa (g)						
Volumen (cm3)						

VIGAS

Muestra #						
Identificación						
Fecha de moldeo						
Longitud (mm)						
Ancho (mm)						
Espesor (mm)						
Masa (g)						
Volumen (cm3)						

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

_____

ANEXO 9 – A

ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO DE ACUERDO A ASTM C1064

9-A-1. Marco teórico

9-A-1-1. Introducción

La temperatura del concreto fresco afecta todas las propiedades del concreto en estado plástico, especialmente el asentamiento y contenido de aire. Por ello, es conveniente verificarla, aunque hoy en día no existe ningún método normalizado para medirla. Sin embargo, el empleo de un termómetro de bolsillo (con precisión de ± 2°C) es suficiente. (Asocreto, 2010, pg. 124)

Por ejemplo, la manejabilidad de una mezcla es en ocasiones afectada por la temperatura ambiente, aunque en un sentido estricto lo que importa es la temperatura del concreto mismo. Entre los factores externos que pueden afectar la manejabilidad de una mezcla se encuentran los agentes atmosféricos (sol, lluvia, viento, etc.), la temperatura y el tiempo transcurrido entre el mezclado y la colocación. (Asocreto, 2010, pg. 122)

Sin embargo, resulta lógico pensar que el tiempo de vida útil de una mezcla de concreto, en estado plástico, para su colocación es más corta en clima cálido que en clima frío. (Asocreto, 2010, pg. 123)

Las temperaturas elevadas en el concreto dan por resultado que se requiera mayor cantidad de agua de mezclado para mantener un determinado asentamiento y mayor

cantidad de algún aditivo inclusor de aire para producir el contenido de aire requerido. (Asocreto, 2010, pg. 124)

La temperatura del concreto fresco depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, ya que la influencia de cada material depende de su calor específico, de su masa, y de su temperatura, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía añadida durante el mezclado y el calor absorbido o entregado al medio ambiente. (Asocreto, 2010, pg. 124)

Las normas estipulan una temperatura media de la mezcla de concreto fresco comprendida entre 10ºC y 29ºC en climas cálidos; sin embargo, la máxima establecida es de 32ºC. por razones de velocidad de hidratación y endurecimiento del cemento, ya que a una mayor temperatura se produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente, y por lo tanto un fraguado acelerado, dando lugar a una estructura física menos uniforme y pobre. (Asocreto, 2010, pg. 124)

Para establecer el balance térmico de una mezcla, es necesario recordar algunos conceptos básicos como: (Asocreto, 2010, pg. 124)

- El calor específico (C) que está definido como la cantidad de calorías necesarias para que la unidad de masa de un cuerpo eleve su temperatura en 1ºC.
- El valor aproximado del calor específico de los ingredientes (cemento y agregados) secos, es de 0,2 kcal/kg/ºC; el del agua es de 1 kcal/kg/ºC. Es decir, que 1 kg de agua aporta a la mezcla 5 veces más calorías que 1 kg de cemento.

La capacidad calorífica (CM) de un cuerpo de masa M, será entonces el producto de su calor específico y su masa; y la cantidad de calor (Q) es el producto de la capacidad calorífica y la temperatura (T) de ese cuerpo. De modo que: (Asocreto, 2010, pg. 124)

$$Q = CMT$$ Ecuación. 21. TM

Despejando de esta fórmula la temperatura, se puede hallar la temperatura media de una mezcla de concreto fácilmente, conociendo el calor específico, la masa y la temperatura individuales de cada componente así:

$$T = \frac{\sum Ci\ Mi\ Ti}{\sum Ci\ Mi}$$ Ecuación. 22. TM

Haciendo los reemplazos necesarios se llegaría a la siguiente expresión:

$$T = \frac{0{,}2\ (TaWa + TcWc) + TwWw}{0{,}2\ (Wa + Wc) + Ww}$$ Ecuación. 23. TM

En donde:

T, Temperatura del concreto fresco en ºC

T_a, T_c, T_w, Temperatura de los agregados, cemento y agua (añadida y la del agregado), respectivamente en °C.

W_a, W_c, W_w, Peso de los agregados, cemento y agua (añadida y la del agregado), por unidad de volumen de concreto, respectivamente en kg/m3.

Al aplicar esta fórmula se puede afirmar que para elevar en 1°C la temperatura de la mezcla, se requiere de un aumento de aproximadamente 9°C en la temperatura del cemento, o de 3,5°C en la del agua, o de 1,8°C en la de los agregados. (Asocreto, 2010)

9-A-2. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la temperatura del concreto en estado fresco de cemento hidráulico.

9-A-3. Alcance

Mediante una porción de hormigón fresco, y el uso del termómetro se determinará la temperatura de la mezcla de hormigón.

9-A-4. Importancia y Uso

- La temperatura del hormigón fresco es de importancia dependiendo de las condiciones climáticas en las cuales se encuentre el proyecto, por ejemplo, el tiempo de manejabilidad en la región costa es más reducido que en la región sierra, debido a las condiciones climáticas. (Asocreto, 2010)
- Hay que verificar la temperatura en el concreto fresco ya que, si el concreto contiene agregado de tamaño máximo nominal mayor de 75mm, que puede requerir hasta 20min para transferir el calor del agregado al mortero. (INEN 1855, 2010)
- Además, la NTE INEN 1855, establece una temperatura mínima del hormigón al ser colocado, dependiendo del espesor del elemento estructural.

Tabla 19. Temperatura mínima del hormigón al ser colocado-clima frío

Tamaño de la sección (mm) *	Temperatura mínima (°C)
menor de 300	13
entre 300 y 900	10
entre 900 y 1 800	7
mayor de 1 800	5
* Se entiende como tamaño de la sección la menor dimensión de la sección transversal del elemento estructural a ser hormigonado.	

Fuente: NTE INEN 1855, 2016, pg.13

- Verificar la temperatura en zonas cálidas es de suma importancia ya que cuando se utiliza agua caliente puede ocurrir el fenómeno de endurecimiento rápido del hormigón si el agua caliente es puesta directamente en contacto con el cemento. Por lo que hay que tener en cuenta que la temperatura máxima del hormigón producido con áridos precalentados, agua caliente o ambos, no debe exceder de 32°C durante los procesos de producción o transporte. (INEN 1855, 2010)

9-A-5. Herramientas y equipo de la práctica

a. Herramientas

Imagen 120. Herramientas determinar la temperatura en el hormigón



a. 27. Pala tipo cuchara

a. 28. Bandeja para toma de muestras

Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 121. Equipo de laboratorio para determinar la temperatura del hormigón



b. 42. Termómetro con una precisión de 0,5°C y una capacidad de hasta 50°C, con inmersión mínima de 75mm

b. 41. Recipiente metálico, *cuyo uso no es obligatorio. De material no absorbente.

Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos de la práctica

Se puede utilizar una porción de la primera amasada dispuesta para la elaboración de cilindros y viguetas. (INEN 1855, 2010)

Nota: Dicha porción se la puede devolver a la concretera, es decir puede ser empleado para elaborar los especímenes de ensayo. (INEN 1855, 2010)

9-A-6. Procedimiento de la práctica

1. Humedecer con agua, el recipiente, la bandeja, la cuchara, antes de proceder a tomar la mezcla.

Imagen 122. Procedimiento temperatura (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Llenar el recipiente, teniendo en cuenta que el mismo debe tener un tamaño suficiente para proporcionar al menos 75mm de concreto en todas las direcciones alrededor del sensor del aparato para medir la temperatura. (INEN 1855, 2010)

Imagen 123. Procedimiento temperatura (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Colocar el dispositivo de medición en el concreto fresco, con una ligera inclinación, de manera que el sensor quede sumergido mínimo 75mm. (INEN 1855, 2010)

Imagen 124.Procedimiento temperatura (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Apisonar o presionar con los dedos suavemente la superficie del concreto, alrededor del dispositivo de medición de temperatura de manera que la temperatura ambiente del aire no afecte la lectura. (INEN 1855, 2010)

5. Dejar al dispositivo de medición en el concreto fresco durante un periodo mínimo de 2min o hasta que la lectura se estabilice, luego se toma y registra la temperatura. (INEN 1855, 2010)

9.A-7. Plantilla de laboratorio para llenar

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO	**ASTM C1064** **NTE INEN 1576**

1. Describa el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Describa la importancia y uso del presente ensayo _____

4. Cuál es el periodo mínimo que el dispositivo de medición debe permanecer en el concreto fresco?

5. Cuál es la temperatura mínima y máxima en mezcla de un hormigón fresco?

RESULTADOS

	Amasada 1	Amasada 2	Amasada 3	Amasada 4	Amasada 5
Temperatura ^{o}C					

Observaciones:

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

ANEXO 9-B

ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGÓN RECIÉN MEZCLADO, MEDIANTE EL MÉTODO DE PRESIÓN DE ACUERDO A ASTM C231.

9-B-1. Marco teórico

9-B-1-1. Introducción

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado, es normal que atrape aire dentro de la masa, el cual es posteriormente liberado por los procesos de compactación a que es sometido una vez ha sido colocado. Sin embargo, es imposible extraer todo el aire y siempre queda un porcentaje dentro de la masa endurecida. Por otra parte, en algunas ocasiones se incorporan pequeñísimas burbujas de aire, por medio de aditivos, con fines específicos de durabilidad. (Asocreto, 2010, pg.3)

Tabla 20. Ejemplo de la magnitud de algunas propiedades del concreto.

PROPIEDADES DEL CONCRETO	
Asentamiento	10 mm
Tempertura	27 °C
Masa unitaria	2400 kg/m³
Contenido de aire	2%
Resistencia a la compresión	21 MPa
Módulo de flexión	5,5 MPa
Módulo de elasticidad	27580 MPa

Fuente: Asocreto. 2010. pg. 18

Por lo tanto, el contenido de aire naturalmente atrapado e incorporado intencionalmente, produce disminución en los requerimientos de agua del concreto para una misma manejabilidad, que al igual un aumento de las condiciones de cohesión (aptitud que tiene el concreto o mortero fresco para mantenerse como una masa estable y sin segregación). (Asocreto, 2010, pg.3)

9-B-1-2. Contenido de aire

Este elemento está presente en todos los tipos de concreto, localizado en los poros no saturables de los agregados y formando burbujas entre los componentes del concreto, bien sea porque es atrapado durante el mezclado o al ser intencionalmente incorporado por medio del uso de agentes inclusores, tales como cementos o aditivos incorporadores de aire. (Asocreto, 2010, pg.111)

El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente está entre el 1% y el 2% del volumen de la mezcla, mientras que en un concreto con inclusores pueden obtenerse contenidos de aire entre el 4% y el 8%. (Asocreto, 2010, pg.112)

Los factores que afectan la cantidad de aire en el concreto son dos:

- la cantidad de material que pasa por el tamiz 75μm(Nº 200)
- la materia orgánica.

El contenido de material pasa tamiz 75μm(Nº 200), particularmente en forma de arcilla, puede reducir el contenido de aire en el concreto, y cuando existe materia orgánica contenida en algunos agregados, puede ayudar a atrapar burbujas de aire que son indeseadas y aumentar la capilaridad del concreto. (Asocreto, 2010)

El uso de agregado grueso o fino “sucio” es la variable más importante para causar variaciones en el contenido de aire. (Asocreto, 2010)

9-B-1-3. Aire atrapado y aire incorporado o incluido

El aire es atrapado de manera natural durante el proceso de mezclado. En algunos casos su contenido se incrementa a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. El contenido depende de las propiedades del agregado. (Asocreto, 2010, pg.111)

Los vacíos dejados por el aire atrapado normalmente tienen diámetros mayores a 1mm, lo cual es un problema para el concreto, pues disminuye la resistencia, reduce las secciones efectivas de los elementos y causa mal aspecto. (Asocreto, 2010, pg.112)

Y el aire incorporado o incluido, son burbujas microscópicas de aire que se incluyen intencionalmente al concreto durante la preparación, con las cuales se busca mejorar la manejabilidad y disminuir el riesgo de exudación (parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado) y segregación (tendencia de separación gruesas de las partículas) en estado fresco y aumentar la durabilidad en el concreto endurecido. (Asocreto, 2010, pg.112)

9-B-1-4. Aditivos inclusores de aire

Este tipo de aditivos se utiliza para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, con lo cual se busca disminuir la permeabilidad, la segregación y el sangrado, así como también, aumentar la durabilidad frente a los ataques de agentes químicos, tales como los sulfatos y los ácidos. En los países templados son indispensables para proteger el concreto de los ciclos de congelamiento-descongelamiento. (Asocreto, 2010, pg.113)

La incorporación o inclusión de aire en el concreto también se puede hacer usando cementos inclusores de aire. Los cuales son cementos Portland adicionados durante su fabricación con un agente inclusor de aire. (Asocreto, 2010, pg.113)

El contenido de aire debe estar entre el 3% y el 6% por volumen de concreto para proporcionar una satisfactoria protección en medios agresivos, la cantidad de aire incorporado depende, entre otros factores, de la proporción de materiales, del tamaño máximo del agregado grueso y del tipo de cemento. (Asocreto, 2010, pg.113)

9-B-1-5. Fórmulas y cálculos

El contenido de aire del concreto en el recipiente de medida se calcula de la siguiente manera:

$$A_s = A_1 - G$$ Ecuación. 24. CA

En donde:

As = contenido de aire en la muestra ensayada, %

A1 = contenido de aire aparente en la muestra ensayada, %

G, factor de corrección del agregado, %, (es igual a la lectura en la escala del contenido de aire menos el volumen de agua retirado del recipiente, expresado como un porcentaje del volumen del recipiente)

9-B-2. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar el contenido de aire del concreto en estado fresco de cemento hidráulico.

9-B-3. Alcance

Mediante una porción de hormigón fresco, se determinará el contenido de aire del concreto a partir de la observación de cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión.

9-B-4. Importancia y aplicación

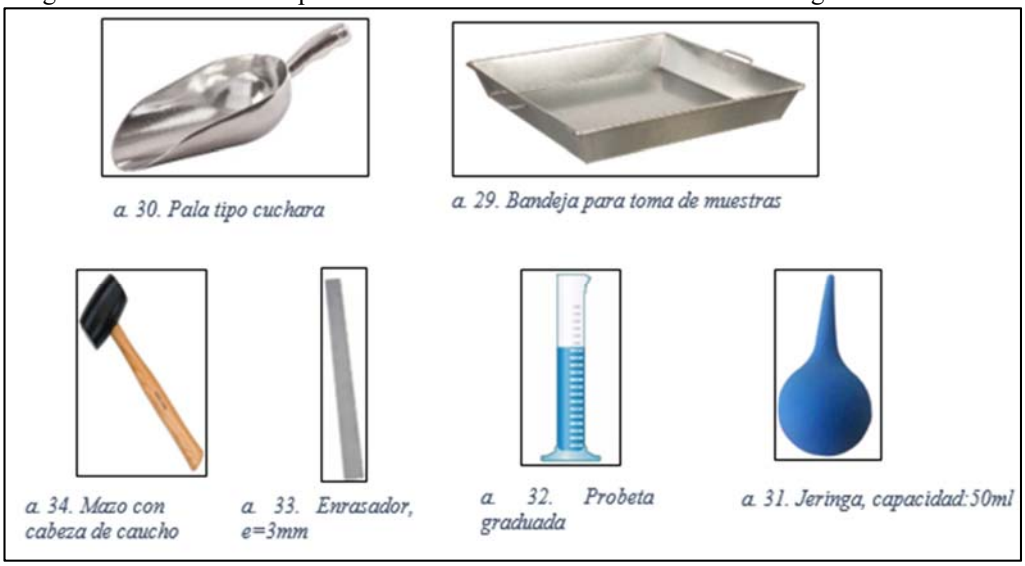
- El contenido de aire, bien sea naturalmente atrapado o adicionado, aumenta la manejabilidad de la mezcla por que las burbujas actúan como balineras de los agregados permitiendo su movilidad. (Libia Gutiérrez, 2003)
- Los aditivos inclusores de aire permiten al concreto aumentar la impermeabilidad y mejorar la trabajabilidad. En los países templados son indispensables para proteger el concreto de los ciclos de congelamiento-descongelamiento. (Libia Gutiérrez, 2003)
- La mejor forma de proteger el concreto ante condiciones ambientales, es fabricarlo impermeable y utilizando aditivos inclusores de aire si va a estar expuesto a períodos de congelación y descongelación. (Sánchez de Guzmán, 2001)
- La exudación puede ser controlada con aditivos inclusores de aire. (Sánchez de Guzmán, 2001)

- La inclusión de aire mediante aditivos mejora la manejabilidad, permitiendo trabajar con relaciones agua-cemento más bajas lo que aumenta la impermeabilidad. (Sánchez de Guzmán, 2001)

9-B-5. Herramientas y equipo de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

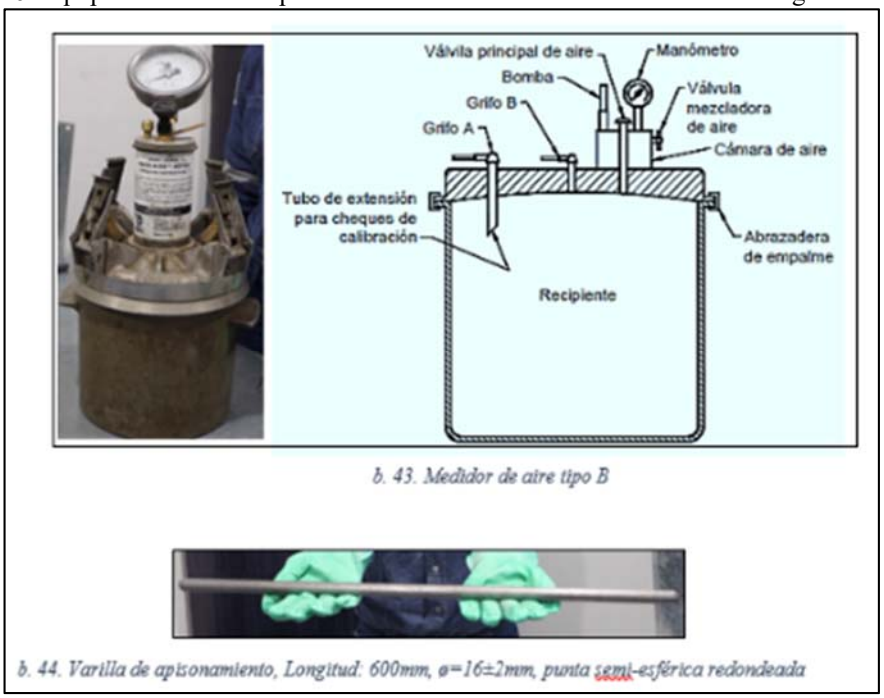
Imagen 125. Herramientas para determinar el contenido de aire en el hormigón



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipos de laboratorio

Imagen 126. Equipo de laboratorio para determinar el contenido de aire en el hormigón



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos de la práctica

Se puede utilizar una porción de la primera amasada dispuesta para la elaboración de cilindros y viguetas.

Nota: El hormigón utilizado para determinar el contenido de aire no debe ser empleado para elaborar los especímenes de ensayo. (Inecyc, 2010)

9-B-6. Procedimiento de la práctica

Imagen 128. Procedimiento contenido de aire, (1)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

1. Colocar el recipiente en una superficie plana, firme y libre de vibraciones. Humedecer con agua, el recipiente y las herramientas que se vayan a utilizar. (Inecyc, 2010)

Imagen 127. Procedimiento contenido de aire, (2)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

2. El recipiente será llenado en 3 partes, la 1era corresponderá a 1/3 del volumen, y debe ser distribuida en forma equitativa a lo largo de toda la superficie del recipiente. (Inecyc, 2010)

Imagen 129. Procedimiento contenido de aire, (3)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

3. Varillar la capa 25 veces, a lo largo de todo su espesor, pero sin golpear con fuerza el fondo del recipiente, y distribuir uniformemente todo el varillado en toda la sección transversal del mismo. (Inecyc, 2010)

Imagen 130. Procedimiento contenido de aire, (4)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

4. Golpear de 10-15veces con el mazo de goma, con la finalidad de cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación. (Inecyc, 2010)

5. Para la segunda capa, llenar el recipiente a 2/3 de su volumen, con una correcta distribución de la masa de hormigón. (Inecyc, 2010)

6. Varillar la capa 25 veces, a lo largo de todo su espesor, penetrando la primera capa 25mm, y distribuir uniformemente todo el varillado en toda la sección transversal del recipiente. (Inecyc, 2010)

7. Golpear de 10-15 veces con el mazo.

Imagen 131. Procedimiento contenido de aire, (8)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

8. Para la tercera capa, se repite el procedimiento, agregar hormigón de tal manera que se evite desparramar masa excesivamente, después de la compactación y los respectivos golpes con el mazo de goma, un exceso de 3mm es óptimo. (Inecyc, 2010)

Imagen 132. Procedimiento contenido de aire, (9)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

9. Enrasar del medio hacia los extremos, con movimientos de aserrado. Hasta dejar la masa del hormigón al ras del borde del recipiente.

Imagen 133. Procedimiento contenido de aire, (10)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

10. Limpiar completamente el borde del recipiente y humedecer la parte inferior de la tapa del medidor del aire para crear un sello hermético. (Inecyc, 2010)

Imagen 134. Procedimiento contenido de aire, (11)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

11. Colocar la tapa sobre el recipiente, verificando que se encuentre centrada respecto al recipiente, posteriormente; cerrar las grapas en cruz. (Inecyc, 2010)

12. Cerrar la válvula de purga de aire.



Imagen 135. Procedimiento contenido de aire, (12)

Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

Imagen 136. Procedimiento contenido de aire, (13)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

13. Ingresar agua dentro de las llaves de purga de agua, mediante el uso de la jeringa, con la finalidad de llenar la cavidad que queda sobre el hormigón debajo de la tapa. Una vez que esté lleno, saldrá agua por un extremo o por la otra llave de purga de agua. Si en la llave se observa burbujas o aire que todavía queda atrapado en el interior, es necesario dar ciertos golpes ligeros con la palma de la mano en el recipiente. (Inecyc, 2010)

Imagen 137. Procedimiento contenido de aire, (14)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

14. Bombear aire dentro de la cámara, lo cual se reflejará en el manómetro del dispositivo, con la intensión de encerar el aparato. Una vez encerado el aparato, cerrar las llaves de purga de agua, creando un sello hermético total. (Inecyc, 2010)

Imagen 138.Procedimiento contenido de aire, (15)



Fuente: Recuperado de: http://www.inecyc.org.ec

15. Tomar el mazo de goma e inyectar aire sobre la válvula principal, seguido de un golpe seco.

16. Dar lectura del contenido de aire, el reporte del contenido de aire será próximo del 0.1% más cercano.

9-B-7. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGÓN RECIÉN MEZCLADO	**ASTM C-231**

1. Describa el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Describa la importancia y uso del presente ensayo _____

4. Cuál es el contenido de aire de un concreto fresco sin agentes inclusores?

5. Cuales son los factores que afectan la cantidad de aire en el concreto?

RESULTADOS

	Amasada 1	Amasada 2	Amasada 3	Amasada 4	Amasada 5
Contenido de aire %					

Observaciones:

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

CAPÍTULO 10

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

10.1. Términos y definiciones de la práctica

-Curado. – La acción adoptada para mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla cementante recién colocada, permitiendo la hidratación del cemento hidráulico y las reacciones puzolánicas que se produzcan de manera que puedan desarrollarse las propiedades potenciales de la mezcla. (INEN 1573, 2010)

- Endurecimiento. – Ganancia de resistencia y otras propiedades de una mezcla cementante después del fraguado, como resultado de la hidratación. (INEN 1573, 2010, pg. 1)

-Fraguado. - Proceso, debido a reacciones químicas, que se producen luego de la adición del agua de mezcla, que resulta en un desarrollo gradual de la rigidez de una mezcla cementante. (INEN 1573, 2010)

-**Hormigón. –** Material compuesto que consiste esencialmente de un medio aglutinante en el que están embebidos partículas y fragmentos de áridos; en el hormigón de cemento hidráulico, el aglutinante está formado por una mezcla de cemento hidráulico y agua. (INEN 1573, 2010)

- Resistencia especificada. – Resistencia de cálculo con la que se diseña la estructura, usualmente mediada a los 28 días pero que puede ser especificada para cualquier edad. (INEN 1573, 2010)

- Resistencia a compresión del concreto. - es la propiedad que frecuentemente se toma como medida de su endurecimiento y como índice de sus propiedades mecánica general. (INEN 1573, 2010)

-Tiempo de fraguado. – Tiempo transcurrido desde la adición del agua de mezclado a una mezcla cementante, hasta que la mezcla alcanza un determinado grado de rigidez, medido por un procedimiento específico. (INEN 1573, 2010)

- Velocidad de movimiento. – Es la velocidad con la que se va a aplicar la carga, medida desde la platina a la cruceta. En donde la velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo de elástico del hormigón y de la rigidez de la máquina de ensayo. (INEN 1573, 2010)

10.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio

- Almohadillas elastoméricas. -De un espesor de 13±2mm (pulg.) y un diámetro no menor en más de 2 mm (pulg.) al diámetro interior del anillo de retención. Se debe mantener un registro indicando la fecha en que la almohadilla es puesta en servicio, la dureza y el número de usos permitidos. Las almohadillas podrán ser usadas en una o ambas caras del espécimen. (INEN 1573, 2010, pg. 2)

- Anillos de retención. - Deben ser fabricados de metal o un material durable que permita reutilizarlos, además debe estar provisto de una concavidad de dos veces el espesor de la almohadilla. El diámetro de los anillos de retención no debe ser menor al 102% o mayor al 107% del diámetro del cilindro. (INEN 1573, 2010, pg. 2)

- Escuadras metálicas. - deben ser como mínimo de 30cm. de longitud, para chequear la perpendicularidad. (INEN 1573, 2010, pg. 2)

- Equipo de láminas graduadas. - el cual está provisto de láminas de espesor determinado que sirve para chequear la planeidad y la perpendicularidad del espécimen de concreto. (INEN 1573, 2010, pg. 2)

10.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 1573:2010. Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C39:1999 “Standard test method for compressive Strength of Cylindrical concrete specimens”.
- NTC 673. Norma técnica colombiana NTC 673:2010. Concretos – Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

10.3. Marco teórico de la práctica

10.3.1. Introducción

Se deberá tener cuidado con la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia no es una propiedad fundamental del concreto hecho de materiales dados. Por lo cual, los valores obtenidos dependen de: (Sánchez de Guzmán, 2001)

- El tamaño y la forma del espécimen.
- La dosificación de diseño.
- Los procedimientos de mezclado.
- Los métodos de muestreo.
- El moldeo realizado y la fabricación.
- La edad del espécimen.
- La temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, el ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos, consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. (Sánchez de Guzmán, 2001)

10.3.2. Resistencia a los 28 días

Para obtener la resistencia a los 28 días, se ensaya un espécimen que estuvo en un tanque de curado por 28 días y se le coloca en la máquina donde será sometido a una

carga axial de compresión a una velocidad que está dentro de un intervalo prescrito en la norma INEN 1573 hasta que ocurra la falla. Obteniéndose la resistencia a compresión del espécimen, la cual se calcula dividiendo la máxima carga alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen. (Gerardo Rivera, 2000, pg. 125)

Generalmente el diseñador de estructuras, especifica en la memoria de cálculos y en los planos estructurales correspondientes una resistencia a la compresión del concreto (F’c), la cual utilizó como base para calcular el dimensionamiento y el refuerzo de los diferentes elementos de una obra. Por lo tanto, cuando en la obra se obtiene una resistencia menor que la especificada (F'c), se disminuirá el factor de seguridad de la estructura. (Gerardo Rivera, 2000, pg. 125)

Y para evitar esta posible disminución de seguridad y debido a que en toda obra se obtienen diferentes valores de resistencia para una misma mezcla, debido a variaciones en la dosificación, mezcla, transporte, colocación, compactación y curado del concreto; la mezcla deberá dosificarse para obtener una resistencia a la compresión promedia mayor que f’c. (Gerardo Rivera, 2000, pg. 125)

En la práctica resulta antieconómico indicar una resistencia mínima, igual a la resistencia de diseño; puesto que, de acuerdo al análisis estadístico, siempre existe la posibilidad de obtener algunos valores más bajos. (Gerardo Rivera, 2000, pg. 125)

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. El aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días, posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido.

La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. (Gerardo Rivera, 2000)

10.3.3. Evolución de las propiedades del concreto

La resistencia a la compresión simple es una de las características mecánicas más importantes de un concreto y se utiliza normalmente para mediciones de calidad. Los resultados obtenidos serán proporcionales a la edad del espécimen en el momento en el que se realiza el ensayo. (Imcyc, 2006)

Entre los factores de los cuales depende la resistencia del concreto tenemos:

- La calidad y la cantidad de los elementos que están constituidos el concreto; agregados, cemento, agua y aditivos. (Imcyc, 2006)
- La calidad del proceso de puesta en obra o laboratorio del concreto: mezclado, trasporte, colocación, compactación, asentamiento, curado; la resistencia se encontrará en relación directa a este proceso. (Imcyc, 2006)

Dentro de la calidad y cantidad de los elementos constituyentes del concreto tenemos:

a. Contenido del cemento: Las características del cemento empleado en la mezcla de concreto tendrán una gran influencia en la resistencia final del concreto, ya que éste es el elemento más activo de la mezcla. La cantidad de cemento presente en la mezcla, es

decisiva en la resistencia, a medida que se incrementa la cantidad de cemento aumentará la resistencia. (Imcyc, 2006)

b. Relación agua-cemento: La relación agua-cemento (a/c) es el factor más importante en la resistencia del concreto. Una determinada relación agua/cemento produce distintas resistencias de acuerdo al tipo de agregado utilizado y al tipo de cemento. Con una baja relación de agua/cemento, se reduce la porosidad de la matriz y mejora la trabajabilidad que hay entre los sólidos, de esta manera aumenta la resistencia. (Imcyc, 2006)

c. Influencia de los Agregados: La calidad de los agregados es un factor determinante en la resistencia del concreto, las propiedades de los agregados que más influyen en la mezcla serán: (Imcyc, 2006)

- -Tamaño máximo del agregado grueso.
- Granulometría, materiales bien gradados, producirán una mayor densidad.
- La forma y la textura de los agregados inciden en la resistencia a la flexión.

d. Condiciones de curado: El curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del concreto endurecido, tanto en el interior del concreto como en su superficie, tales como la resistencia, permeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad de volumen y resistencia a ciclos hielo-deshielo y sustancias anticongelantes. El desarrollo de resistencia superficial puede reducirse significativamente cuando el curado es defectuoso. (Imcyc, 2006)

10.3.4. Cambios de estado del concreto

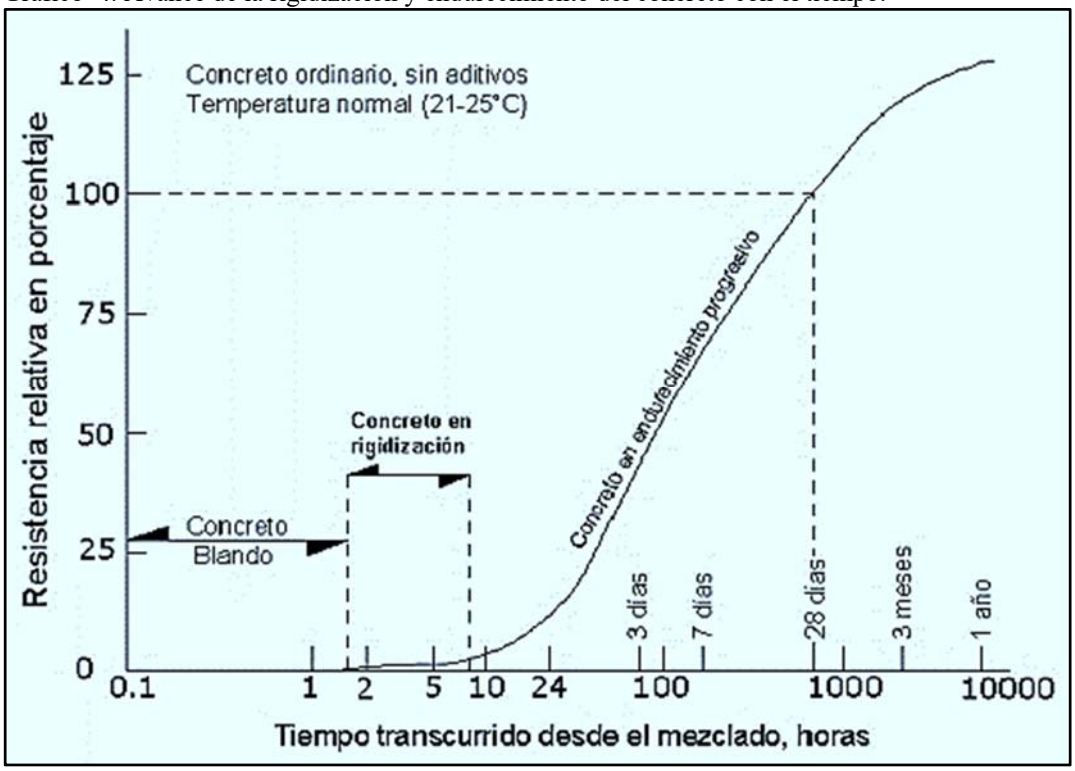
El concreto convencional, es un material que en horas se transforma y cambia de estado; cuando está fresco (moldeable), su condición inicial es blanda, no tiene forma, pero con el transcurso del tiempo se vuelve rígido y toma la forma del recipiente que lo contiene, luego continúa evolucionando para adquirir propiedades definitivas. (Asocreto,2010, pg.19)

Al concreto recién mezclado se le considera en estado fresco mientras este se conserva suficientemente blando para ser moldeado, todo lo contrario, cuando el concreto se encuentra ya colado se considera como un material en período de endurecimiento progresivo. Para poder dar un buen uso y tratamiento al concreto en ambos estados, es necesario que conozcamos sus respectivas características y propiedades. (Asocreto,2010, pg.19)

El proceso de solidificación y endurecimiento del concreto es el resultado de las reacciones químicas que se producen cuando el cemento entra en contacto con el agua, lo cual corresponde al proceso de hidratación del cemento, para el cual se le considera en dos etapas, la del fraguado y la del endurecimiento. (Asocreto,2010, pg.19)

La etapa del fraguado, normalmente dura pocas horas, es decir es el cambio de estado en que el concreto deja de ser un material sin una forma definida, para convertirse en un cuerpo rígido pero frágil, es decir el concreto recién fraguado es un material solidificado que prácticamente no tiene resistencia mecánica. Se considera que la etapa de la verdadera adquisición de resistencia mecánica, se inicia cuando termina el fraguado, y se prolonga durante un lapso que dura meses, e incluso años. (Asocreto,2010, pg.19)

Gráfico 4. Avance de la rigidización y endurecimiento del concreto con el tiempo.



Fuente: Tomada del libro: Manual de Tecnología del concreto Tomo II, pg.204

En la gráfica anterior se que puede notarse que el concreto se conserva blando las primeras dos horas, y que a partir de ahí comienza a mostrar síntomas de rigidización. Pero no se manifiesta alguna característica específica que permita precisar el final del fraguado y el principio del endurecimiento, ni tampoco se identifica el límite de conservación del estado fresco. (Asocreto, 2010, pg.204)

Se determina la resistencia mecánica del hormigón mediante el ensayo a la compresión, ya sea en la pasta de cemento o en concreto endurecido, de esta manera se obtiene la resistencia evolutiva del endurecimiento mostrado en el gráfico 1, este procedimiento no es aplicable a la fase en donde el concreto se encuentra en proceso de rigidización o fraguado, debido a que no produce resistencia mecánica en esta fase. (Asocreto, 2010, pg.204)

Cuando el concreto experimenta gradualmente una serie de estados sucesivos, es conveniente establecer hasta donde se puede considerar en estado fresco el concreto y cuando se le debe juzgar en estado endurecido. (Asocreto, 2010, pg.204)

Concreto fresco se le llama a la mezcla recién elaborada, que en el caso del concreto convencional, es una masa plástica que puede ser moldeada con relativa facilidad, y que tal efecto permanece por muy poco tiempo. A partir del momento en que el concreto fresco comienza a perder plasticidad y hasta que alcanza un cierto grado de rigidez (fraguado inicial), se dice que se encuentra en período de fraguado. El período del fraguado comienza cuando el concreto fresco empieza a perder plasticidad y finaliza hasta que alcanza un cierto grado arbitrario de rigidez (Fraguado final). El curado en esta condición es indispensable para que el período de endurecimiento continúe; de ahí la necesidad de proveer un buen sistema de curado para el concreto, este proceso debe mantenerse durante un período de tiempo especificado. (Asocreto, 2010, pg.204)

10.3.5. Proyecciones de la resistencia de diseño

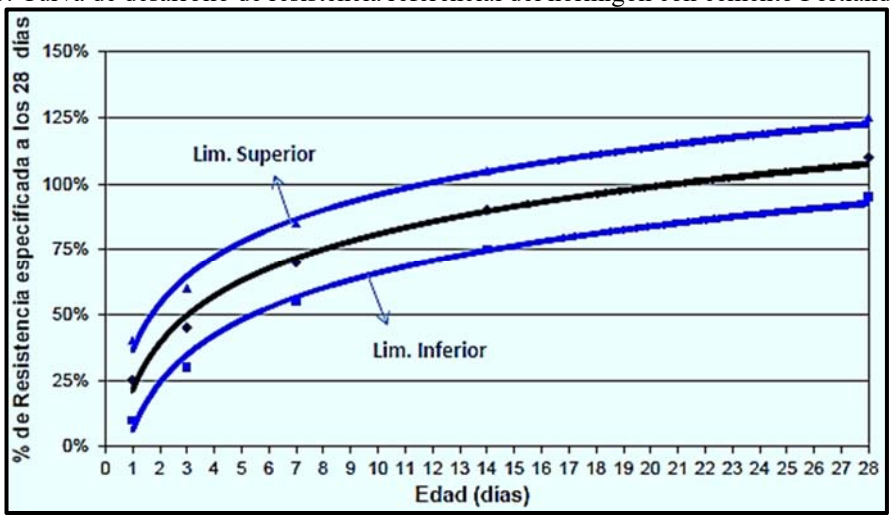
Para tener una proyección de la resistencia de diseño y para hacer los ajustes necesarios a la dosificación o las correcciones necesarias se establece una curva de desarrollo de resistencia del concreto elaborado con cemento Portland Tipo I; en donde se muestran los límites superior e inferior entre los que se encuentran los valores de la resistencia a compresión del concreto para diferentes edades. (PUCP, 2013, pg.14)

Tabla 21. Resistencias Referenciales límites para especímenes ensayados con cemento Portland Tipo I

Edad	Lim. Inferior	Lim. Superior	Promedio Limites
1	10% f'c	40% f'c	25% f'c
3	30% f'c	60% f'c	45% f'c
7	55% f'c	85% f'c	70% f'c
14	75% f'c	105% f'c	90% f'c
28	95% f'c	125% f'c	110% f'c

Fuente: Tomada de: tesis PUCP, 2013, pg.14

Gráfico 5. Curva de desarrollo de resistencia referencial del hormigón con cemento Portland Tipo I



Fuente: Tomada de : tesis PUCP, 2013, pg.14

La NTE INEN 1573, menciona que todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, señaladas en la siguiente tabla.

Tabla 22. Tolerancia de tiempo admisible para ensayo de especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0,5 h o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

Fuente: NTE INEN 1573, 2010, pg. 6

10.3.6. Criterios para evaluar resultados

Un concreto será de buena calidad cuando cumpla las especificaciones para las cuales fue diseñado. Esto se logra si las técnicas y los materiales empleados para producirlo son de buena calidad. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 88)

Tabla 23. Criterios para evaluar resultados.

FASE	CAUSA	EFECTO SOBRE LA RESISTENCIA	
		AUMENTA	DISMINUYE
AMASADO	1. Hormigonera o camión hormigonera que no amase uniformemente, bien por defecto del equipo o por carga excesiva.	X	X
TOMA DE MUESTRA	2. Toma realizada al principio o final de la descarga, en período de segregación de vertido.		X
	3. Muestra no realizada por mezcla de las distintas porciones previstas.	X	X
	4. Muestra vertida en recipiente con agua o sucio, o tomada bajo lluvia fuerte.		X
	5. Muestra vertida en recipiente excesivamente caliente.	X	
	6. Reamasado escaso o excesivo de la muestra.	X	
	7. Tiempo excesivo (más de 15 min) empleado en la preparación de la muestra.		X
FABRICACIÓN	8. Empleo de moldes de diámetro inferior al triple del tamaño máximo del árido.		X
	9. Moldes no herméticos		X
	10. Moldes manchados con sustancias perjudiciales		X
	11. No seguir el procedimiento inadecuado de tipo o duración de la compactación, para la consistencia y el tipo árido del hormigón muestreado.	X	X
	12.Empleo de un procedimiento inadecuado de tipo o duración de la compactación, para la consistencia o el tipo árido del hormigón muestreado	X	X
	13. Enrase deficiente de la última tongada y disposición de una delgada capa de enrase de hormigón débilmente compactado.		X
	14. Empleo de barra de picado con la punta sin redondear.	X	X
	15. Tiempo excesivo de fabricación (más de 15 min)		X

Fuente: Tomada del libro: El concreto y otros materiales para la construcción - Gutiérrez de López – 2003 , pg 88 – 89

Tabla 24. Criterios para evaluar resultados

FASE	CAUSA	EFECTO SOBRE LA RESISTENCIA	
		AUMENTA	DISMINUYE
FABRICACIÓN	16. Fabricación bajo lluvia		X
	17. No impedir la evaporación durante el tiempo que transcurre entre la fabricación de las probetas y su traslado a la cámara estándar del laboratorio.		X
	18. Mover o golpear los moldes durante las primeras 24 horas a partir de la fabricación de las probetas.		X
	19. Temperatura inadecuada durante el tiempo que transcurre entre la fabricación de las probetas y su traslado a la cámara estándar del laboratorio.	X	X
	20. Desmoldeo prematuro de las probetas.		X
TRANSPORE AL LABORATORIO	21. Transporte a corta edad	X	X
	22. Equivocación en la redacción de la etiqueta	X	X
	23. Desecación durante el transporte		X
	24. Temperaturas extremas durante el transporte	X	X
	25. Daños por manejo inadecuado		X
CURADO EN CÁMARA	26. Error en el marcado de probetas	X	X
	27. Cámara fuera de límites de temperatura (20°C±2°C)	X	X
	28. Cámara por debajo del límite mínimo de humedad relativa (95%)	X	X
	29. Apoyo por alguna cara en superficies que impidan el humedecimiento de la probeta		X
EXTRACCIÓN DE LA CÁMARA	30. Extracción más de 3 horas antes de la rotura	X	
	31. Conservación en ambiente excesivamente seco hasta el momento del ensayo	X	
REFRI:NTADO	32. No refrentar		X
	33. Refrentado con material inadecuado	X	X
	34. Refrentado con proceso inadecuado		X
	35. Planeidad del refrentado fuera de tolerancias		X
	36. Ángulo de cualquier cara con el eje de la probeta fuera de tolerancia		X
	37. Diámetro de la probeta fuera de tolerancias	X	X
ENSAYO	38. Error en la fecha de ensayo	X	X
	39. Ensayo con el refrenado insuficientemente endurecido		X
	40. Prensa descorregida	X	X
	41. Interposición de cuerpos extraños entre los platos de la prensa y la probeta		X
	42. Platos dañados		X
	43. Defectuoso centrado de la probeta en la prensa		X
	44. Error en la colocación de la esfera correspondiente a la escala de ensayo empleada en la prensa	X	X
	45. Velocidad de ensayo fuera de Normas	X	X
	46. Error de lectura de la carga de rotura	X	X
	47. Error de anotación de la carga de rotura	X	X

Fuente: El concreto y otros materiales para la construcción - Gutiérrez de López – 2003 , pg 88 – 89)

10.3.7. Precisión del ensayo

La NTE INEN 1573, proporciona la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150mm por 300mm y de 200 mm moldeados de una muestra de hormigón correctamente mezclada en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo. Y presenta la siguiente tabla:

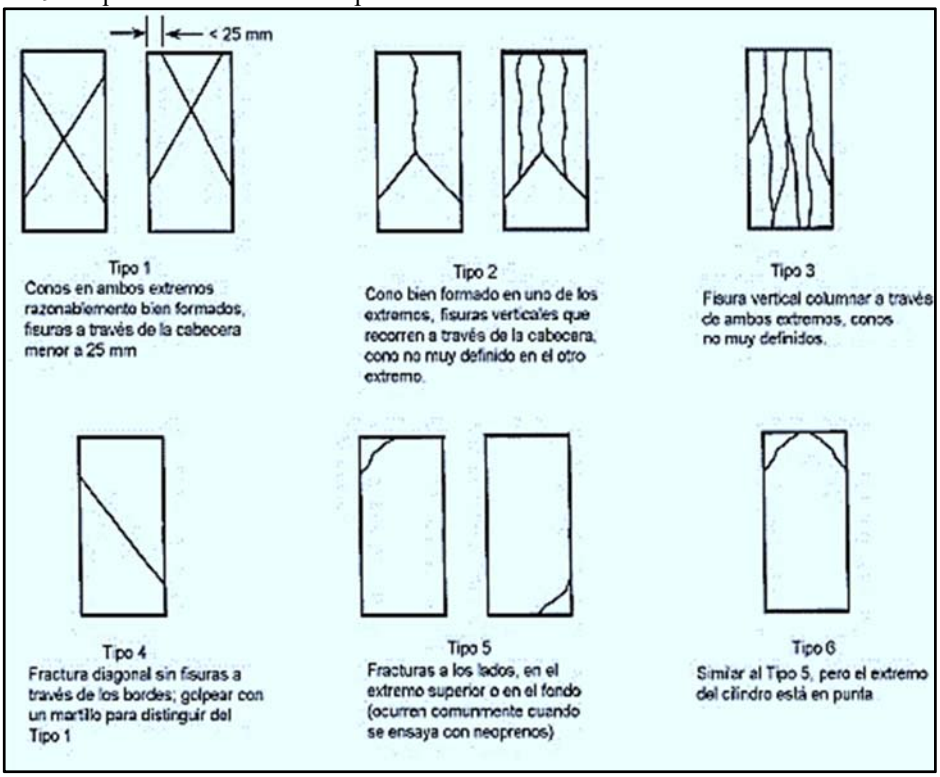
Tabla 25. Precisión dentro del ensayo.

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2,9%	8,0%	9,5%
Cilindros de 100 por 200 mm			
Condiciones de laboratorio	3,2%	9,0%	10,6%

Fuente: NTE INEN 1573, 2010, pg.8

10.3.8. Modelos típicos de fractura

Ilustración 9. Esquema de los modelos típicos de fractura.



Fuente: NTE INEN 1573,2010, pg5

Fractura tipo 1,2, o la forma de reloj de arena es el tipo de fractura normal. (INEN 1573, 2010)

Fractura tipo 3, El tipo de falla columnar, en donde el cilindro parece partirse en dos o más partes longitudinalmente, se debe a la corta edad del espécimen, y muestran la falta de adherencia interna del material. (INEN 1573, 2010)

Imagen 139. Tipo de fracturas



Fuente: Recuperado de : http://www.inecyc.org.ec

Fractura tipo 4, puede deberse a un mal apisonamiento o compactación del cilindro en las capas que se utilizan del material. (INEN 1573, 2010)

Fractura tipo 5,6, Las fracturas de tipo 5 y 6 con roturas en las esquinas de los cilindros se deben a un efecto de "rebote" en la prueba de compresión, o "cabeceo" de las probetas. Cuando se ensaya con cabezales con almohadillas no adherentes (neoprenos), puede ocurrir una fractura en la esquina, similar a los modelos tipo 5 o 6. (INEN 1573, 2010)

10.3.9. Fórmulas y cálculos

- Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, para el promedio del

área de la sección transversal, determinada como se describe en el numeral 4.3 y expresar el resultado con una aproximación a 0,1MPa. (NTE INEN 1573, 2010, pg.10)

- Si la relación de la longitud al diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corregir el resultado obtenido en el anterior punto y multiplicarlo por el factor de corrección apropiado mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 26. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

Fuente: NTE INEN 1573, 2010, pg.7

Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condiciones de humedad, resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se dan los valores promedio. Estos factores de corrección se aplican al hormigón de baja densidad entre 1 600kg/m$_3$ y 1 920kg/m^3 y al hormigón de densidad normal. Estos son aplicables al hormigón seco o húmedo al momento de la carga y para resistencias nominales del hormigón en un rango de 14MPa a 42MPa. Para resistencias mayores a 42MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los valores mostrados en la tabla. (NTE INEN 1573, 2010, pg.10)

Cuando el volumen sea determinado mediante la obtención de su masa sumergida, calcular el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w}$$ Ecuación. 25. RC

Donde:

W_s = Masa aparente del espécimen sumergido, en kg, y

γ_w = Densidad del agua a 23 °C = 997,5 kg/m³.

10.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

Objetivo específico

- Aplicar una carga axial con una determinada velocidad a especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- Determinar la densidad del espécimen.
- Determinar el tipo de fractura del espécimen.

10.5. Alcance

Con los cilindros previamente de hormigón previamente elaborados y curados de acuerdo a la edad que se requiera, se determinará la resistencia a compresión y el tipo de falla de dichos especímenes.

10.6. Importancia y aplicación

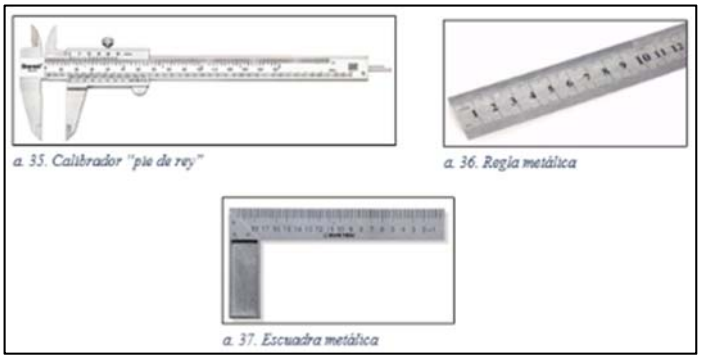
- Controlar la calidad del mismo, y de sus componentes que lo integran en cumplimiento con cada una de sus especificaciones. (Sánchez de Guzmán, 2001)
- Debido a la importancia que posee el concreto en estado fresco en la etapa constructiva, interesa estudiar la evolución de éste, desde que se elabora hasta ser colocado, compactado y en reposo dentro de los moldes que le darán su forma final; así como también el comportamiento en estado endurecido, ya que es decisivo en el funcionamiento operativo de las estructuras durante su vida útil. (Tomado de la tesis de: Aguilar, Rodríguez, Sermeño, 2009, pg.63)

- Controlar la calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación. (Sánchez de Guzmán, 2001)
- Controlar la tasación de la efectividad de aditivos y usos similares.

10.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

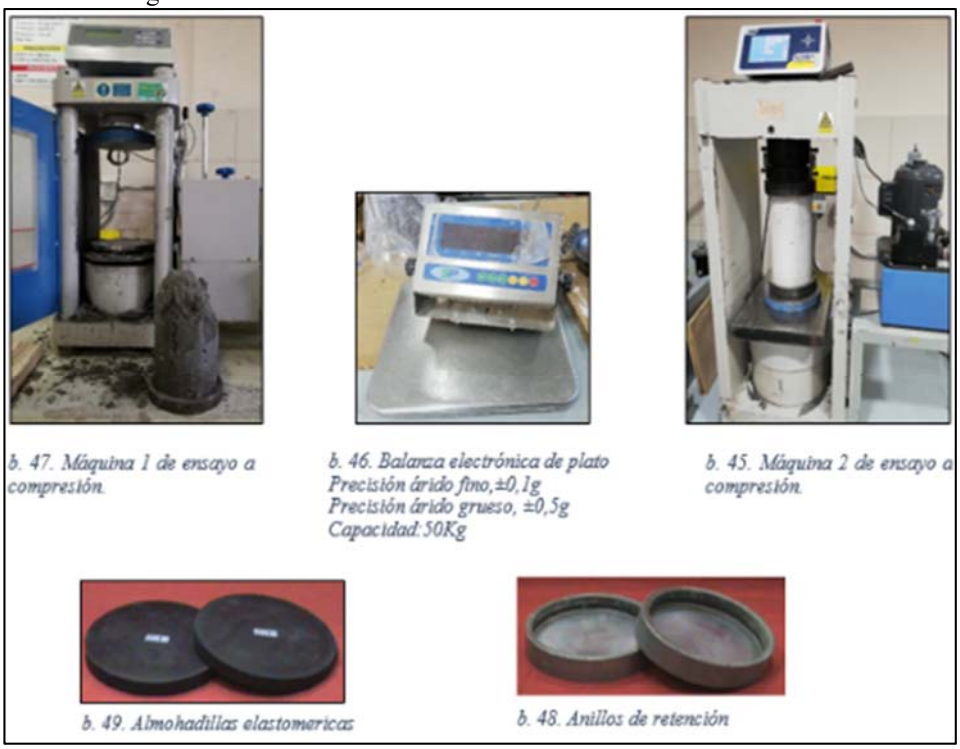
Imagen 140. Herramientas para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 141. Equipo de laboratorio para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Imagen 142. Preparación muestra – compresión cilindros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Dependiendo de la edad (24 horas, 3días, 7 días, 14 días, 28 días, 90 días) a la cual se requiera extraer 2 cilindros como mínimo para cada edad en estudio.

Imagen 143. Preparación muestra – compresión cilindros.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Los especímenes deben ser ensayados en condición húmeda. Y se deben mantenerse húmedos durante el período comprendido entre la remoción de los tanques de curado y el ensayo. (INEN 1573, 2010)

- Antes de realizar el ensayo, comprobar las medidas geométricas del espécimen cilíndrico de concreto.

Imagen 144. Preparación muestra – compresión cilindros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Medir 2 diámetros en ángulo recto en la parte media, superior e inferior de la altura del espécimen con una aproximación de 0,25mm, si un diámetro difiere del otro en más del 2% los especímenes no serán probados. Sacar un diámetro promedio y registrar el dato. (INEN 1573, 2010)

Imagen 145. Preparación muestra – compresión cilindros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Chequear en 2 extremos opuestos que el eje axial de perpendicularidad y los extremos planos del espécimen no se alejen más del 0,5º o 1mm en 100mm (mediante láminas graduadas). (INEN 1573, 2010)

Imagen 146.
Preparación muestra – compresión cilindros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Los especímenes que no tengan sus extremos planos dentro de 0,05mm, se pulirán, esmerilaran, o capearan según ASTM C617 o ASTM C1231

Imagen 147.
Preparación muestra – compresión cilindros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- La longitud debe ser medida y registrada con una precisión de 1mm en 3 lugares espaciados alrededor de la circunferencia.
- Determinar y registrar la masa del cilindro.

NOTA: Si la relación L/D, es 1,75 o menor el valor calculado de esfuerzo se debe multiplicar por el factor de corrección. (INEN 1573, 2010)

Imagen 148. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes.

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0,5 h o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

Fuente: NTE INEN 17573, pg.6

- Todos los cilindros de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles y en condición húmeda. (INEN 1573, 2010)

10.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

10.8.1. ¿Cuándo se usa el capping adherido y el no adherido?

El sistema de capping “no adherido” se refiere al uso de almohadillas de neopreno y se utiliza para hormigones de entre 10MPA y 85MPa, y el sistema de capping adherido se usa cuando la superficie del cilindro es áspera y no plana, lo cual puede conducir a concentraciones de esfuerzo que reducen considerablemente la resistencia real del concreto. Una falta de planicie de 0.25mm puede reducir a un tercio la resistencia. Para remediar esta situación, normalmente se hace un refrentado de las tapas del cilindro con materiales como yeso o mezclas compuestas de azufre. (Manual PCA, 2004)

10.8.2. ¿Cuál fue la finalidad de los anteriores ensayos realizados?

Los ensayos previos y característicos tienen por finalidad comprobar la idoneidad de los materiales componentes y de las dosificaciones a emplear desde el punto de vista de resistencia a compresión y durabilidad. (Manual PCA, 2004)

10.8.3. ¿Qué objetivo tiene determinar la resistencia del concreto a diferentes edades?

El objetivo de determinar la resistencia del concreto a edades cortas, medianas y largas, es seguir su evolución para poder verificar el cumplimiento del nivel de resistencia que es requerido en las especificaciones de la obra. (Manual PCA, 2004)

10.8.4. ¿Qué se debe considerar para aceptar los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes?

Se debe regir mediante la siguiente tabla, recomendada por la NTE INEN 1573:

Tabla 27. Precisión dentro del ensayo.

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2,9%	8,0%	9,5%
Cilindros de 100 por 200 mm			
Condiciones de laboratorio	3,2%	9,0%	10,6%

Fuente: INENE 1573, pg.7

Además, la resistencia a la compresión es conforme si:

- Cada promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a f'c.
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que f'c en más de 35 kg/cm^2 cuando f'c es 350 kg/cm^2.
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que f'c en más de 0,10*f'c cuando f'c es mayor a 350 kg/cm^2.

10.8.5. ¿Qué consideraciones deberá tener el operador de la máquina a compresión al momento de ensayar el espécimen cilíndrico de concreto?

Debido a que la velocidad de movimiento juega un papel importante al momento de ensayar, el operador deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

a) Se debe mantener la velocidad de movimiento señalada al menos durante la última mitad de la fase de la carga esperada. (INEN 1573, 2010)
b) Se permite una velocidad de carga mayor durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga esperada. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto. (INEN 1573, 2010)

No se debe hacer ajustes en la velocidad de movimiento, cuando la carga última está siendo alcanzada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la figuración en el espécimen. (INEN 1573, 2010)

10.8.6. ¿Cómo infiere o afecta la resistencia de las partículas del agregado a la resistencia del concreto?

La resistencia a la compresión del concreto se afecta muy poco por la resistencia de las partículas del agregado cuando son muy débiles, pero la resistencia a la flexión puede ser dañada por los agregados débiles. (INEN 1573, 2010)

10.9. Procedimiento de la práctica

Se debe recordar, que los especímenes deben ser ensayados en condiciones húmedas, tan pronto como sea posible, luego de extraerlos del almacenamiento húmedo y preparación de muestra. (INEN 1573, 2010)

Imagen 149. Procedimiento compresión (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Examinar los neoprenos por daño o desgaste excesivo. En el caso que sea necesario, reemplazar el neopreno que presente fisuras que excedan 10mm (plg.) de longitud, sin importar su profundidad. (INEN 1573, 2010)

Imagen 150. Procedimiento compresión (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Insertar el neopreno en los platos retenedores antes de colocar el cilindro.

Imagen 151. Procedimiento compresión (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Centrar el cilindro en el neopreno y plato retenedor.

Imagen 152. Procedimiento compresión (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Ubicar el cilindro, plato retenedor y neopreno en la base de la máquina de ensayo, alineando sus ejes cuidadosamente con el bloque base de la máquina.

Imagen 153.Procedimiento compresión (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Aplicar carga continuamente (sin choque) con un rango de velocidad constante de 0,25±0,05MPa/s. (INEN 1573, 2010)

*velocidad (kN/s)=0.25*10^3*(Área de la sección transversal del espécimen, m) ^2

6. Aplicar la carga hasta que el espécimen falle.

Imagen 154. Procedimiento compresión (7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

7. Registrar la máxima carga soportada por el espécimen.
8. Fotografiar al espécimen señalando la fractura, y anotar el tipo de modelo de fractura.

Imagen 155. Procedimiento compresión (9)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

9. Anotar en la hoja de registro anotar, en la sección de observaciones, si la resistencia obtenida es menor de lo esperado, en dicho caso, se debe examinar el hormigón fracturado y anotar la presencia de grandes cavidades de aire, evidencia de segregación, comprobar si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de árido grueso. (INEN 1573, 2010)

10.10. Plantilla para llenar

10.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____
ENSAYO : DETERMINACIÓN DE la RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS DE HORMIGÓN — **NTE INEN 1573**, **NTE INEN 2528**, **ASTM C 31-09**
1. Describa los objetivos de la práctica _____
2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____
3. En qué condición deben estar los especímenes? _____
4. Cómo se obtiene la planicidad y la perpendicularidad en las probetas? _____
5. Qué dimensiones se deben obtener de las probetas de hormigón endurecido, previo al ensayo a la compresión?
6. Cuál es la velocidad de ensayo, en kN/s?
7. Cual es la importancia y uso del ensayo?
8. Cuándo se usan el caping adherido y el no adherido?
FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA _____

10.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Resistencia es:

a) Una habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se pueda considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte.

b) La reacción de cualquier material ante una fuerza.

2. Grafique la curva de resistencia a la compresión en función del tiempo. (t vs %)

3. La siguiente premisa es verdadera o falsa.

a) Cuando no hay un curado húmedo a edades tempranas, la resistencia a edades posteriores es baja, y el desarrollo de la misma es muy lento, además no es posible obtener mayor resistencia aplicando un curado a destiempo…….……(V), (F)

b) Si al después de ensayar un cilindro a compresión, este presenta una falla del tipo columnar, se puede mencionar que dicha mezcla no es apta para elaborar columnas……...(V), (F)

b) Si los cilindros curados en campo son expuestos a altas temperaturas durante las primeras 24horas, cerca del 10% de la resistencia a los 28 días está literalmente perdida y no puede ser recuperada después, mediante ningún procedimiento de curado……..(V), (F)

10.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE la RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS DE HORMIGÓN					**NTE INEN 1573 NTE INEN 2528 ASTM C 31-09**
Muestra Nº					
Identificación					
Fecha de Moldeo					
Fecha de Ensayo					
Edad (días)					
Diametro (mm)					
Diametro promedio (mm)					
Área secc. transversal					
Altura (mm)					
Altura promedio (mm)					
W, Masa (gr.)					
V, Volumen (cm3)					
D, Densidad (g/cm3)					
$D = \frac{W}{V}$					
Velocidad (KN/s)					
Vel. = 0,25 ± 0,05 Mpa/s	Velocidad (KN/s) = Vel * 10^3 * (Área sec. Transversal (m))^2				
Carga Máxima (KN)					
Resistencia (Mpa)					
Resistencia (Kg/cm2)					
Gráfico de falla					
Observaciones:					

ANEXO 10-A

ENSAYO: MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLERÓMETRO)

10-A-1. Marco teórico

Es posible utilizar varios ensayos para evaluar la resistencia relativa del concreto endurecido. Los experimentos más comunes son el del esclerómetro, penetración, arranque de pernos y técnicas dinámicas de vibración. Así mismo se están difundiendo otras prácticas basadas en principios modernos, tales como emisión de rayos X. (Asocreto, 2010, pg.144)

Es conocido también como martillo de Schmidt y evalúa la dureza superficial del concreto por medio de la medición del rebote de un émbolo cargado con un resorte, después de haber golpeado una superficie plana de la estructura. La dureza superficial además de ser útil para revisar la uniformidad del concreto, es una indicación de la resistencia a compresión del concreto (ensayo no destructivo). El procedimiento de ensayo está descrito en la norma ASTM C805.

Los resultados se ven afectados por la rugosidad de la superficie, el tamaño, forma y rigidez del espécimen; la dimensión máxima del agregado grueso; la edad y condición de humedad del elemento y la carbonatación de la superficie del concreto. (Asocreto, 2010, pg.144)

10-A-1-1. Inconvenientes del método

Por su naturaleza, el sistema presenta una serie de inconvenientes que es necesario mencionar: (Tomas Vallejo, 2016)

a) Influye el tipo de cemento y de agregados.

b) El ensayo es errático en presencia de agregados gruesos superficiales y la rugosidad de la superficie, por lo cual hay que lijarla muy bien.

c) Deben evitarse zonas con armaduras superficiales cercanas a los bordes de los elementos o donde se sospeche que el sangrado ha sido excesivo. (Tomas Vallejo, 2016)

d) Las lecturas se ven afectadas por la posición del aparato porque en el rebote influye la gravedad. Para esta corrección todos los aparatos traen la curva de resistencia Vs índice esclerométrico relacionándola con el ángulo que el martillo forma con la horizontal. (Tomas Vallejo, 2016)

e) En hormigones viejos puede tener incidencia la carbonatación.

f) El tipo de formaleta y la forma del elemento (plano o cilíndrico) influyen en los resultados.

g) el concreto no debe tener diferentes capas pues sólo se evaluará la más superficial.

h) En hormigones de baja resistencia menores de 100 kg/cm2 o de corta edad se pone en entredicho su eficiencia. (Tomas Vallejo, 2016)

i) Influye la destreza del operario para hacer llegar la varilla percusora perpendicularmente a la superficie ensayada. Dada la gran dispersión que

presentan los resultados, es aconsejable tomar un número de lecturas, 10 por cada punto, mínimo 6, descartando los valores que difieran mucho. (Tomas Vallejo, 2016)

Los inconvenientes expuestos anteriormente hacen que la confiabilidad del método sea baja y sólo se utilice para establecer valores comparativos entre concretos de resistencias diferentes para características similares (tipo de cementos, agregados, curado, etc); se puede anotar a su favor que es un método fácil y rápido, no destructivo y el costo del martillo es bajo. (Tomas Vallejo, 2016)

10-A-2. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar el número de rebote del concreto endurecido usando un martillo de acero impulsado por resorte.

10-A-3. Alcance

Mediante la determinación del número de rebote del concreto endurecido usando un martillo de acero impulsado por resorte, y así obtener una estimación de la resistencia a la compresión del concreto.

10-A-4. Importancia o uso

- El número de rebote determinado por este método puede ser usado para determinar la uniformidad del concreto en sitio, para delinear zonas o regiones (áreas) de pobre calidad o de concreto deteriorado en estructuras, y para indicar cambios con el tiempo de las características del concreto tales como las causadas por la hidratación del cemento, de modo que proporciona información útil cuando se puede remover la formaleta y el apuntalamiento. (Tomas Vallejo, 2016)
- Óptimamente, los números de rebote deben ser correlacionados con la información de ensayos sobre núcleos. Debido a la dificultad de adquirir datos de correlación apropiados en una instancia dada, el martillo de rebote es la forma más útil para explorar rápidamente grandes áreas de concretos similares en la construcción bajo consideración. (Tomas Vallejo, 2016)

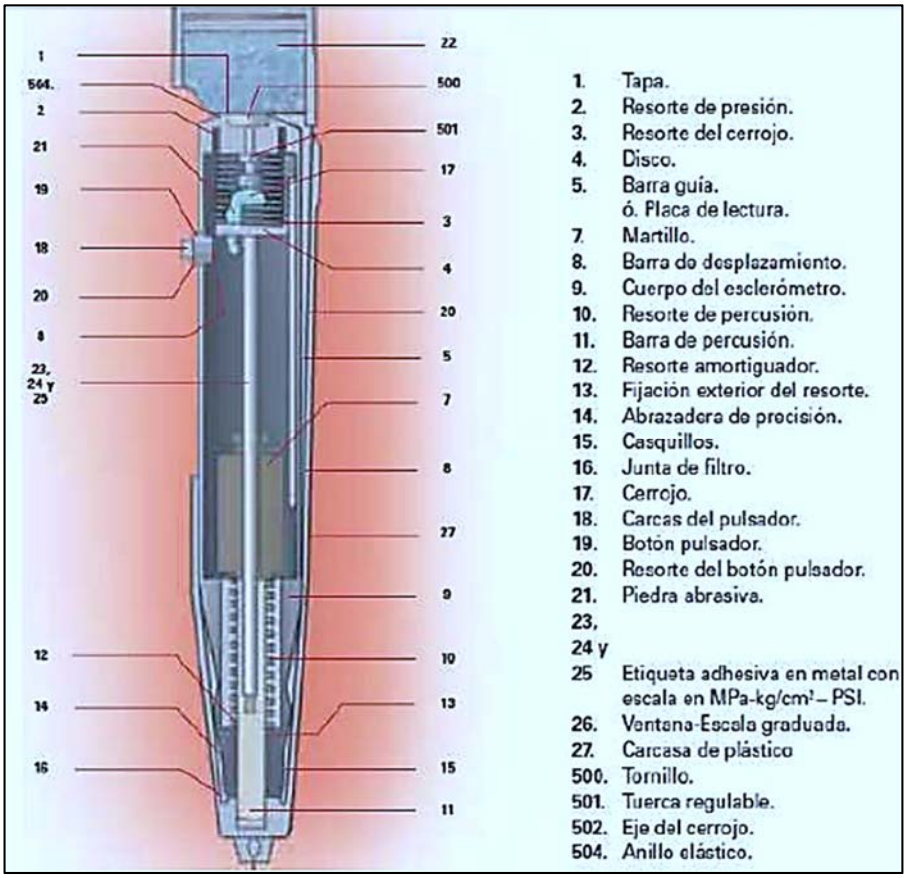
10-A-5. Equipo de laboratorio

- **Martillo de Rebote**, consistente en un martillo de acero cargado con un resorte que cuando es liberado golpea un émbolo de acero en contacto con la superficie de concreto. El martillo cargado con el resorte debe viajar con una velocidad fija reproducible. La distancia de rebote del martillo de acero desde el émbolo de acero se mide en una escala lineal unida al marco del instrumento. (NTC 3692, 1995)

Nota 1. Existen varios tipos y tamaños de martillos de rebote disponibles comercialmente para acomodarse a los ensayos de varios tamaños y tipos de construcciones de concreto. (NTC 3692, 1995)

- **Piedra Abrasiva**, consistente en carburo de silicona con textura de grano medio o un material equivalente. (NTC 3692, 1995)

Tabla 28. Partes – esclerómetro



Fuente: Google

10-A-6. Área de ensayo

Los miembros de concreto a ser ensayados deberán ser al menos de 100 mm de espesor y estar fijo dentro de una estructura. Los especímenes más pequeños deben estar soportados rígidamente. Deben evitarse las áreas que exhiban hormigueros, escamado, textura rugosa o alta porosidad. Los concretos deben ser aproximadamente de la misma edad y condición de humedad con el fin de ser comparados. Los concretos más secos dan mayores números de rebote que el concreto húmedo, y la capa superficial del

concreto puede estar carbonatada, resultando en números de rebote superiores. El material de la formaleta contra el cual se colocó el concreto debe ser similar. (NTC 3692, 1995)

Las superficies alisadas con llana metálica generalmente exhiben números de rebote mayores que los de acabados de pantallas o formaleteados. Si es posible, las placas estructurales deben ser ensayadas desde la parte inferior para evitar superficies terminadas. (NTC 3692, 1995)

Donde se encuentran superficies formaleteadas con madera, se han notado incrementos generales en los números de rebote de 2.1 para miembros con formaleta de madera y 0.4 para superficies con formaleta de madera de alta densidad. (NTC 3692, 1995)

10-A-7. Preparación de la Superficie de Ensayo

Un área de ensayo será al menos de 150 mm de diámetro. Las superficies de textura gruesa, blanda o con mortero suelto deben ser pulidas con la piedra abrasiva. Las superficies pulidas por la formaleta o alistadas con llana metálica serán ensayadas sin pulir. Los efectos del secado y la carbonatación se pueden minimizar humedeciendo completamente las superficies durante 24 h antes previas al ensayo. (NTC 3692, 1995)

Los concretos de más de 6 meses de edad pueden requerir pulimento hasta una profundidad de 5mm. Si se van a comparar con concretos marcadamente más jóvenes. El pulimento hasta esta profundidad no es factible sin equipos motorizados. No se deben comparar superficies pulidas con las no pulidas. (NTC 3692, 1995)

10-A-8. Procedimiento de la práctica

Imagen 156. Imagen esclerómetro



Fuente: Google

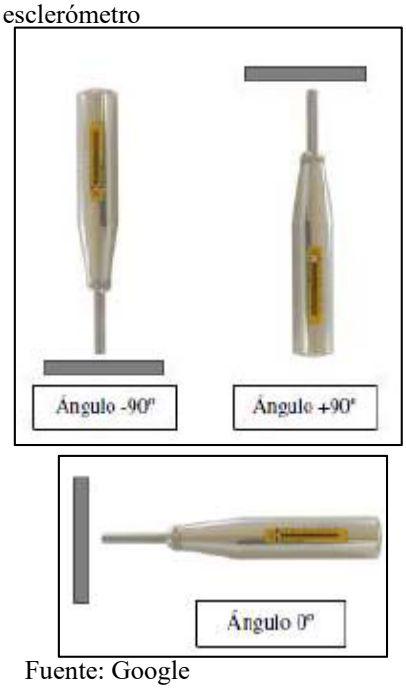
Se sostiene firmemente el instrumento en una posición que permita que el émbolo golpee perpendicularmente la superficie ensayada. Incremente gradualmente la presión sobre el émbolo hasta que el martillo golpee. Después del impacto, se registra el número de rebote hasta dos cifras significativas. Tome entonces diez lecturas de cada área de ensayo. (NTC 3692, 1995)

No se deben hacer dos impactos en menos de 25mm. Examine la impresión hecha sobre la superficie después del impacto, y desprecie la lectura si el impacto agrieta o rompe una superficie cercana con vacíos. (NTC 3692, 1995)

Descarte las lecturas que difieran del promedio de 10 lecturas en más de 7 unidades y determine el promedio de las lecturas remanentes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio en 7 unidades, descarte el conjunto completo de lecturas. (NTC 3692, 1995)

Tener en cuenta que los ángulos de inclinación del esclerómetro son los siguientes:

Imagen 157.Ángulos de inclinación esclerómetro



Fuente: Google

10-A-9. Plantilla de la práctica para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLERÓMETRO)	**ASTM C-805**

1. Describa el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Describa la importancia y uso del presente ensayo _____

4. Describa 4 inconvenientes del método

RESULTADOS

	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	Elemento 5
Numero de rebote					

Observaciones:

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

CAPÍTULO 11

ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON EN CONCRETO A COMPRESIÓN.

11.1. Términos y definiciones de la práctica

- Módulo de elasticidad. - Relación entre el esfuerzo y la correspondiente deformación por debajo del límite de proporcionalidad. (NTC 4025, 2006, pg. 1)

- Módulo secante. - Es la pendiente de la secante trazada desde el origen hasta cualquier punto especificado en la curva esfuerzo – deformación. (NTC 4025, 2006, pg. 1)

- Resistencia especificada. – Resistencia de cálculo con la que se diseña la estructura, usualmente mediada a los 28 días pero que puede ser especificada para cualquier edad.

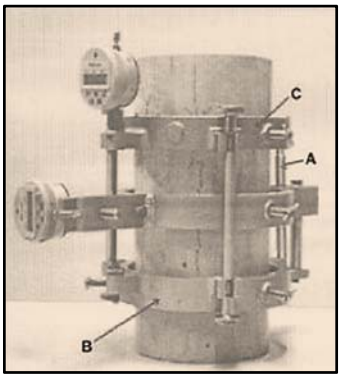
- Propiedades mecánicas. - Propiedades de un material que están asociadas con la reacción elástica e inelástica cuando se aplica fuerza, o que implica la relación entre esfuerzo y deformación. (NTC 4025, 2006, pg. 1)

- Relación de Poisson. - Es el valor absoluto de la relación entre la deformación transversal y la deformación axial correspondiente resultante del esfuerzo axial uniformemente distribuido por debajo del límite proporcionalidad del material. (NTC 4025, 2006, pg. 1)

11.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipos de laboratorio

- Compresómetro. – Para determinar el módulo de elasticidad, se debe disponer sobre el espécimen de un dispositivo sensible unido o no a él, para medir con una aproximación cercana a la 5 millonésima parte del promedio de deformación de dos deformímetros diametralmente opuestos, cada uno paralelo al eje y centrado alrededor de la mitad de la altura del espécimen. (NTC 4025, 2006, pg. 2)

Imagen 158. Compresómetro



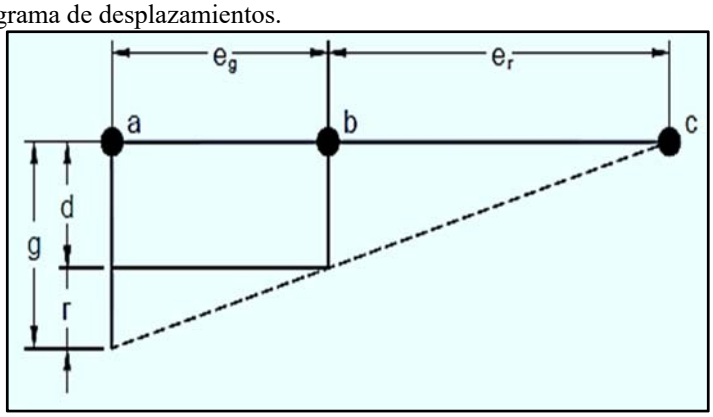
Fuente: NTC 4025, pg.2

La longitud efectiva de cada deformímetro no debe ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado grueso del concreto, ni más de dos tercios de la altura del espécimen. (NTC 4025, 2006, pg2)

La longitud preferida del deformímetro es la mitad de la altura del espécimen. Los puntos del deformímetro pueden estar embebidos o adheridos al espécimen y la deformación de cada uno de los deformímetros se lee de manera independiente; también se puede usar un compresómetro (como el mostrado en la Figura 1) constituido por dos anillos, uno de los cuales (véase B, Figura 1) está rígidamente atornillado al espécimen y el otro (véase C, Figura 1) fijado en dos puntos diametralmente opuestos, de tal forma que quede libre para rotar. En la mitad de la

distancia de los puntos de soporte del anillo rotativo debe colocarse un vástago largo pivotado (véase A, Figura 1) para mantener una distancia constante entre los dos anillos, de tal forma que en el punto opuesto de la circunferencia, el cambio de la distancia entre los dos anillos (es decir, la lectura del deformímetro) sea igual a la suma de los desplazamientos debidos a la deformación del espécimen y al desplazamiento debido a la rotación del anillo con respecto al vástago largo pivotado (Figura 2). (NTC 4025, 2006, pg3)

Imagen 159. Diagrama de desplazamientos.



Fuente: ASTM C-469-02, pg2

En donde:

a = localización del deformímetro

b = punto de soporte del anillo rotativo

c = localización del vástago largo pivotado

r = desplazamiento debido a la rotación del anillo alrededor de la varilla del pivote

d = deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva del deformímetro, mm (μ pulgada).

g = lectura del deformímetro, mm. (μ pulgadas).

er = excentricidad del vástago largo pivotado, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas), desde el eje del espécimen.

eg = excentricidad del deformímetro, medida en medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas) desde el eje del espécimen.

La deformación se puede medir directamente con un deformímetro. Si las distancias del vástago largo pivotado y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias al eje del espécimen no son iguales, la deformación se debe calcular de la siguiente manera: (NTC 4025, 2006, pg. 3)

$$d = \frac{ge_r}{(e_r + e_g)}$$ Ecuación. 26. ME

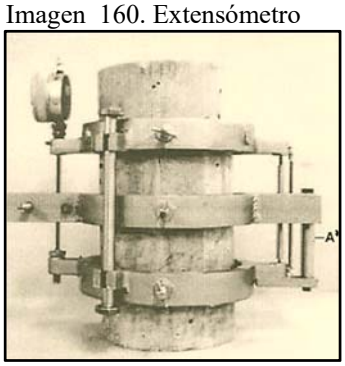
- Extensómetro. - Si se desea obtener la relación de Poisson, la deformación transversal se debe determinar:

(1) mediante un extensómetro no adherido al espécimen capaz de medir con una aproximación de 0,635µm (25 µ pulgadas) el cambio del diámetro en la mitad de la altura del espécimen o (2) mediante dos deformímetros adheridos, montados circularmente en puntos diametralmente opuestos, en la mitad de la altura del espécimen y capaces de medir deformación circunferencial con una aproximación de 5 millonésimas. (NTC 4025, 2006, pg3)

Un aparato que combine un compresómetro y extensómetro y que no esté adherido al espécimen, puede ser conveniente para realizar este ensayo (véase la imagen). Este aparato debe contener un tercer anillo (consistente en dos segmentos iguales),

localizado en la mitad entre los dos anillos del compresómetro y fijado al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. (NTC 4025, 2006, pg. 3)

Imagen 160. Extensómetro



Fuente: NTC 4025, pg.3

En la mitad entre esos dos puntos se ubica una varilla de pivote corta (véase la A' en la imagen), adyacente a la varilla de pivote larga, que se debe usar para mantener constante la distancia entre los anillos inferior y medio. El anillo medio se debe articular en el punto de pivote para permitir la rotación de los segmentos del mismo, en el plano horizontal. (NTC 4025, 2006, pg. 3)

En el punto opuesto a la circunferencia, los dos segmentos se deben conectar a un deformímetro con una sensibilidad capaz de medir deformación transversal con una aproximación cercana a 1,27μm (50 μ pulgadas). Si las distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación en el diámetro del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen no son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen se debe calcular de acuerdo con la ecuación: (NTC 4025, 2006, pg. 3)

$$d' = \frac{g' e'_h}{\left(e'_h + e'_g\right)}$$

en donde

d' = deformación transversal del diámetro del espécimen, mm.

g' = lectura del deformímetro transversal, mm.

e'h = excentricidad de la articulación, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada), desde el eje del espécimen.

e'g = excentricidad del deformímetro transversal, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada) desde el eje del espécimen.

11.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

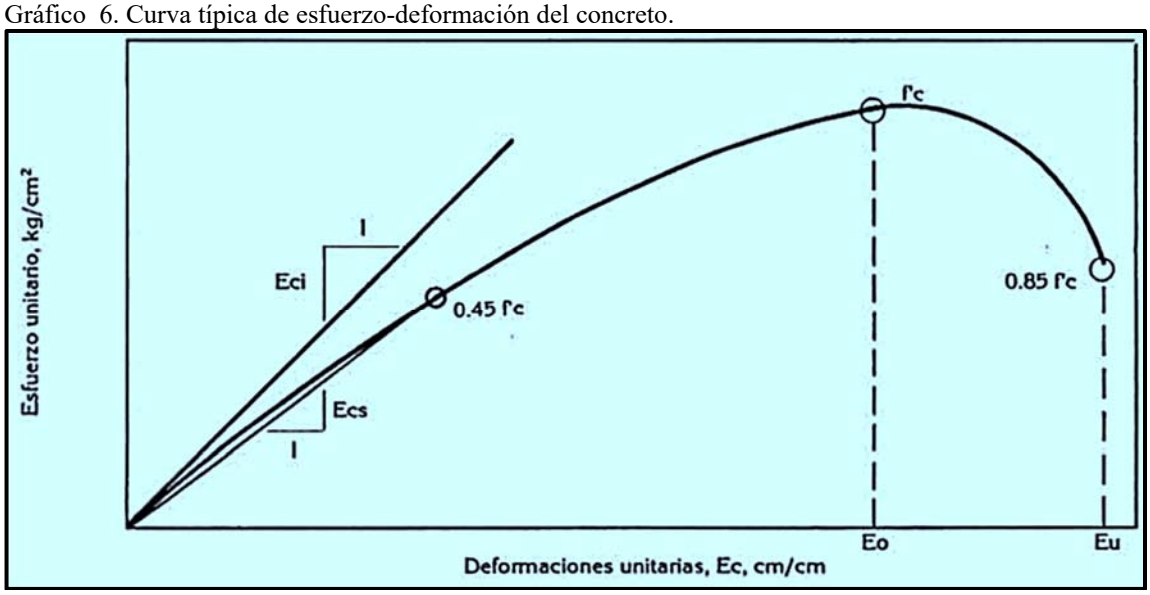
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C 469:1994 “Standard Test Method for static modulus of elasticity and Poisson ratio of concrete in compression”.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM E6: 1999 “Standard terminology relating to methods of mechanical testing”.
- NTC 4025. Norma técnica colombiana NTC 4025:2006. Concretos – Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión.
- NTC 4525. Norma técnica colombiana NTC 4525:2002. Terminología relacionada con los métodos de ensayos mecánicos.

11.3. Marco teórico de la práctica

11.3.1. Introducción

Al igual que en otros materiales, la determinación del módulo de elasticidad del concreto es muy importante para el diseño estructural. El módulo de elasticidad definido por Young, puede aplicarse sólo estrictamente en la parte recta de la curva de esfuerzo-deformación unitaria, o bien, si no hay parte recta, en la tangente a la curva en el origen, en cuyo caso esta tangente se denomina módulo inicial tangente de elasticidad, Ec_i, medido en kg/cm^2; el cual es mayor cuanto mayor es la resistencia del concreto, ya que la pendiente es mayor, como se indica en la siguiente gráfica: (Sánchez de Guzmán, 1987, pg. 179)

Gráfico 6. Curva típica de esfuerzo-deformación del concreto.



Fuente: Tomada del libro: Tecnología del concreto, Diego Sánchez,2001, pg. 179.

Debido a que el concreto no es un material completamente elástico y a que las deformaciones unitarias dependen también de la velocidad de carga, el incremento en la deformación unitaria, mientras actúa la carga completa o una parte de ella durante el ensayo, se debe en parte a algo de elasticidad y en parte a la fluencia del concreto,

pero la determinación de una deformación unitaria instantánea respecto de la velocidad de carga, es difícil de hallar para distinguirlas. Por ello, en la práctica se hace una distinción arbitraria en la cual la deformación que ocurre durante la carga se considera elástica y el subsecuente incremento en la deformación unitaria se considera fluencia. (Sánchez de Guzmán, 1987, pg. 179)

El módulo de elasticidad que satisface este requisito es el módulo secante Ecs, mostrado en la gráfica 1. Aunque no hay un método normalizado para determinar su valor, en general, este módulo secante de elasticidad se toma como la secante trazada desde el origen hasta un punto de la curva en la cual hay una resistencia f'c=0,45*f'c. (Sánchez de Guzmán, 1987, pg. 179)

11.3.2. Módulo de elasticidad del concreto

El hormigón o bien llamado concreto no es un material verdaderamente elástico, pero el concreto que ha endurecido por completo y se ha cargado en forma moderada tienen una curva de esfuerzo-deformación, la cual en esencia es una recta dentro del rango de los esfuerzos usuales de trabajo. (Libia Gutiérrez, 2003)

El módulo de elasticidad está definido por la siguiente ecuación, que representa la resistencia del hormigón a la deformación la cual es una medida de la rigidez:

$$E = \frac{esfuerzo\ unitario}{deformación\ unitaria}$$ Ecuación. 27. ME

Hay que tomar en cuenta que el módulo de elasticidad del hormigón puede variar en función de diversos factores tales como el estado de humedad y compactación del hormigón, la relación agua/cemento, edad, y módulo elástico del agregado. (Libia Gutiérrez, 2003)

Como se discernió en los anteriores laboratorios los parámetros como la relación agua/cemento, la edad, son factores que determinan la resistencia a la compresión del concreto en el momento de ensayo, por lo que su influencia en el módulo de elasticidad puede darse debido a la calidad del agregado, ya que, con el uso de un agregado de buena calidad, el módulo de elasticidad del hormigón tiende a incrementarse a medida que aumenta su resistencia a compresión. (Libia Gutiérrez, 2003)

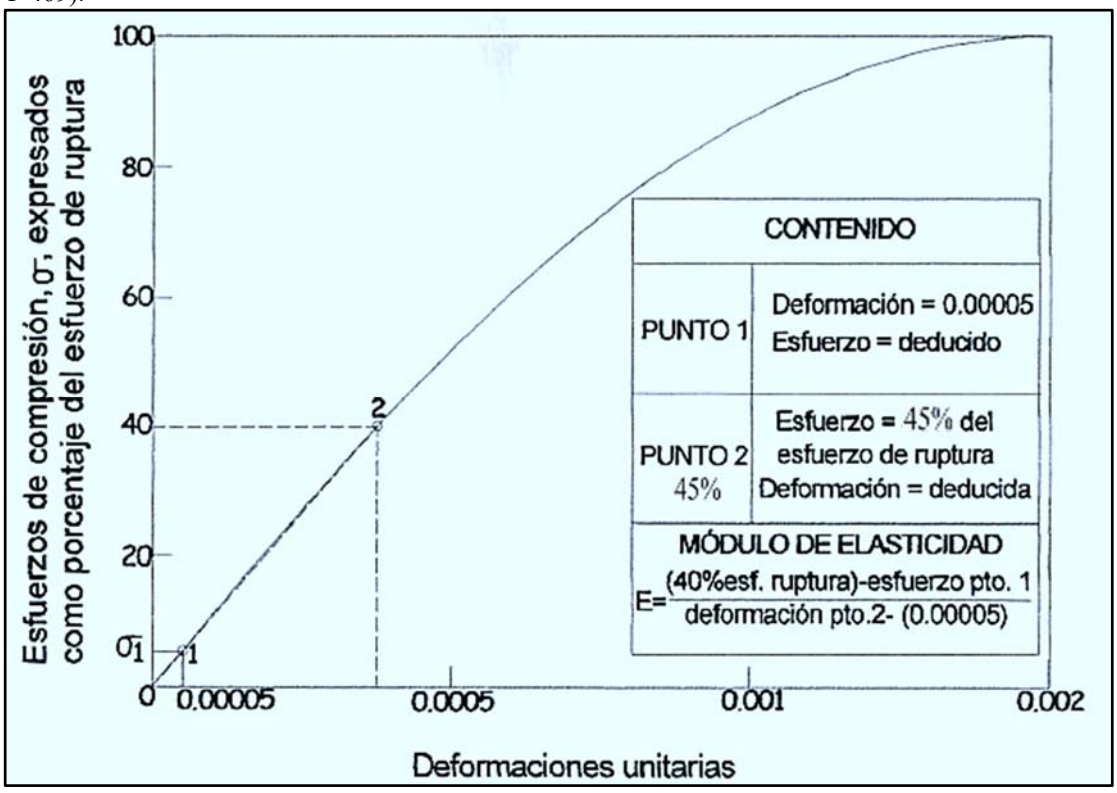
11.3.3. Métodos de determinación del módulo de elasticidad

Para los materiales elásticos en donde la gráfica esfuerzo-deformación unitaria es una línea recta, el módulo de elasticidad define la relación de proporcionalidad que existe entre ambas variables, identificándose con la pendiente de esa recta. (Ortega y Montenegro, 2004)

La forma como se manifiesta la relación entre los esfuerzos y las deformaciones en el hormigón no es posible asignarle, estrictamente hablando un módulo de elasticidad; sin embargo, para materiales así, la gráfica es una curva, suelen considerarse otras variantes del módulo de elasticidad que pueden referirse a la pendiente de la tangente en el origen o en otro sitio, de la secante entre el origen y otro punto, o de la cuerda entre dos puntos sobre la curva. (Ortega y Montenegro, 2004)

En el caso del concreto suele optarse por definirlo en función de la secante al origen o de la cuerda, abarcando un intervalo inicial de esfuerzos adecuado a los valores de diseño, de modo que el hormigón al trabajar dentro de ese intervalo pueda suponerse moderadamente elástico. (Ortega y Montenegro, 2004)

Gráfico 7. Criterio para definir el módulo de elasticidad estático a compresión del concreto. (ASTM C-469).



Fuente: Tomada de la tesis de: "Obtención del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del hormigón", Ortega y Montenegro, 2004, pg.5

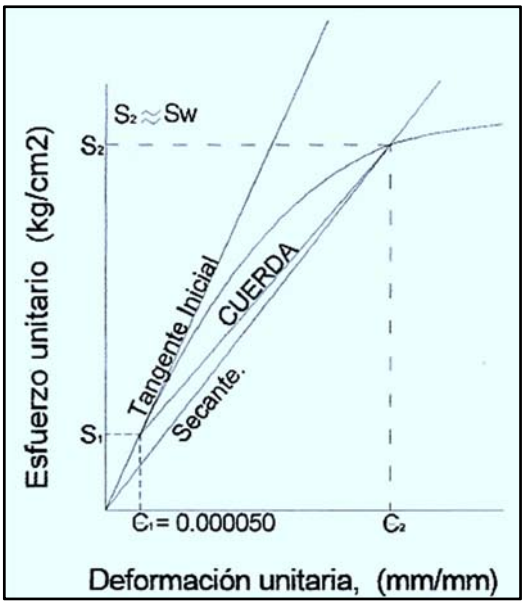
11.3.3.1. Módulo tangente

El módulo tangente es aquel que viene medido por la inclinación de la tangente a la curva en dicho punto cuyo valor es variable en cada punto. Y se establece como la relación entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria. (Ortega y Montenegro, 2004)

11.3.3.2. Módulo secante

El módulo secante por lo general se mide con esfuerzos que van del 15% al 50% de la resistencia de corto plazo. El módulo secante depende del nivel de esfuerzo y de su grado de aplicación, el esfuerzo y el tiempo tomado para su aplicación deben ser siempre establecidos; por lo tanto, su valor es variable en cada punto y viene medido por la inclinación de la recta que une el origen con dicho punto. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.4)

Gráfico 8. Curva esfuerzo-deformación del concreto.



Fuente: Tomada de la tesis: tesis: "Obtención del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del hormigón, Ortega y Montenegro", 2004, pg.5

11.3.3.3. Módulo cuerda

Para el presente ensayo se determina el módulo elástico definido por la pendiente de la cuerda 1-2, mostradas en el gráfico 1. Según la norma ASTM C469.

La norma ASTM-C469 así como la NTC-4025 que es una copia idéntica en español, las mismas que definen un procedimiento para determinar el módulo de elasticidad

estático a compresión del hormigón, ensayando especímenes cilíndricos elaborados conforme a los métodos INEN 1576, ASTM C31, C 192.

El criterio que se aplica, según, según lo indicado en la figura 1, consiste en definir dos puntos (1) y (2) sobre la curva esfuerzo-deformación unitaria del hormigón, a fin de calcular la pendiente de la cuerda 1-2 definida de esta manera.

Las coordenadas del punto 1, son:

- Una abscisa fija ε_1, igual a una deformación unitaria de 50 millonésimas.
- Una ordenada σ_1, determinada a partir de esa deformación.

Y las coordenadas del punto 2, son:

- Una ordenada fija σ_2, igual a un esfuerzo equivalente al 45% del esfuerzo de ruptura del concreto que se ensaya.
- Y una abscisa ε_2, determinada a partir de ese esfuerzo.

Una vez conocidas estas coordenadas, el módulo de elasticidad se determina calculando la tangente del ángulo que la cuerda AB forma con el eje horizontal.

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 - 0{,}00005}$$ Ecuación. 28. ME

Por lo tanto, el módulo de elasticidad se calcula por la pendiente de la cuerda a partir del punto 1, envés de hacerlo por la pendiente de la secante al origen, a fin de no tomar en cuenta las posibles deformaciones anormales al principio de la carga. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.4)

Módulo de elasticidad establecido por:

- Norma Ecuatoriana de la construcción – NEC-SE-HM, estructuras de hormigón armado

El módulo de elasticidad para el hormigón, Ec (GPa), se puede calcular como la raíz cúbica del módulo de elasticidad del agregado Ea (GPa), por la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del hormigón f'c (MPa) y por el factor 1.15, así como sigue:

$$E_C = 1{,}15 * \sqrt[3]{Ea} * \sqrt{f'c}$$ Ecuación. 29. ME

En donde:

Ec, Módulo de elasticidad para hormigón (GPa)

Ea, Módulo de elasticidad del agregado (GPa)

F'c, Resistencia a la compresión del hormigón (Mpa)

Esta ecuación provee una mejor estimación de Ec para los materiales del Ecuador y será usada para la estimación de deflexiones ante cargas estáticas y a niveles de servicio de elementos a flexión de hormigón armado o pretensado. (Ortega y Montenegro, 2004)

En la siguiente tabla, se presentan valores típicos del módulo de elasticidad de los agregados Ea, que se encuentran en el Ecuador:

Tabla 29. Módulo de elasticidad de agregados en el ecuador.

Tipo	Procedencia	E_a (GPa)
Caliza (Formación. San Eduardo)	Guayaquil – Guayas	67.9
Chert (Formación. Guayaquil)	Guayaquil – Guayas	15.8
Diabasa (Formación. Piñón)	Chivería – Guayas	89.3
Tonalita	Pascuales – Guayas	74.9
Basalto (Formación. Piñón)	Picoazá – Manabí	52.5
Basalto	Pifo – Pichincha	27.2
Ígnea (Andesitas, basaltos, Granodioritas)	Río Jubones – El Oro	110.5
Volcánica	La Península – Tungurahua	17.5

Fuente: NEC-SE-HM, 2014, pg.34

En los modelos elásticos de estructuras que se diseñan para acciones sísmicas de acuerdo a los métodos de la NEC-SE-DS, el módulo de elasticidad del hormigón Ec (GPa), será calculado para hormigones de densidad normal tal como sigue:

$$E_C = 4{,}7 * \sqrt{f'c}$$ Ecuación. 30. ME

En donde:

Ec, Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)

F'c, Resistencia a la compresión del hormigón (Mpa)

11.3.4. Relación de poisson

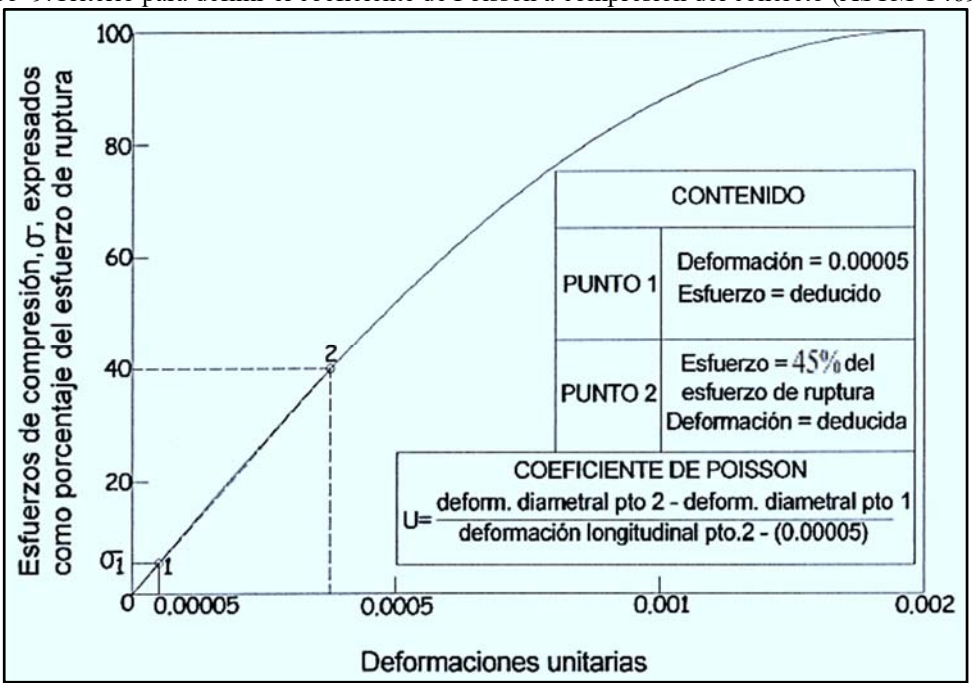
Cuando se comprime en una dirección única al concreto, este se dilata en dirección transversal a la de la fuerza aplicada (al igual que otros materiales). La relación de la deformación transversal a la longitudinal se conoce como "relación o módulo de Poisson" y depende la composición y otros factores. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.10)

Por lo tanto, para un espécimen cilíndrico de concreto sometido a una carga axial, se produce una distribución uniforme de esfuerzos de compresión en la sección transversal, por lo que este se deforma, y se manifiestan deformaciones longitudinales y transversales; ambas deformaciones siguen tendencias similares cuando se les relaciona con los esfuerzos correspondiente, es decir presentan un intervalo inicial relativamente elástico en un nivel de esfuerzos interior al 45% del esfuerzo de ruptura, y después se incrementan a mayor velocidad que los esfuerzos hasta alcanzar la falla del espécimen. Teniéndose así, como resultado, que la proporción en que el espécimen se deforma transversalmente con respecto a lo que se deforma longitudinalmente se conoce como coeficiente o relación de Poisson. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.10)

En la norma ASTM C469 se establece que el coeficiente de Poisson se calcula a partir de las deformaciones transversales medida a la mitad de la altura del espécimen, según la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0{,}00005}$$ Ecuación. 31. ME

Gráfico 9.Criterio para definir el coeficiente de Poisson a compresión del concreto (ASTM C469).



Fuente: Tomado de la tesis de: "Obtención del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del hormigón", Ortega y Montenegro, 2004, pg.11

En donde:

ε_{t2}, Es la deformación transversal producida por un esfuerzo equivalente al 40-45% del esfuerzo de ruptura

ε_{t1}, Es la deformación transversal que se manifiesta con el esfuerzo que produce una deformación longitudinal de 50 millonésimas.

De manera general se puede establecer que el coeficiente de Poisson del concreto endurecido puede oscilar entre 0,11 y 0,27, aproximadamente, y que para los concretos de peso normal su intervalo de variación más frecuente es entre 0,15 y 0,20. De igual modo que ocurre con el módulo de elasticidad, los áridos influyen en el coeficiente de Poisson del hormigón tanto por lo que se refiere a las características intrínsecas de las

rocas que los constituyen, como por la proporción que representan en la mezcla. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.11)

La relación de Poisson disminuye a medida que aumenta el contenido de agregados en el concreto, cuando estos son de buena calidad, es decir, conforme aumenta la proporción de agregados (y se reduce la pasta) el hormigón resulta menos deformable, y éste es un medio que puede utilizarse cuando se requiere incrementar el módulo de elasticidad y reducir el coeficiente de Poisson del concreto. (Ortega y Montenegro, 2004, pg.11)

11.3.5. Fórmulas y cálculos

- Se calcula el módulo de elasticidad, aproximando a 350MPa (50.000psi) como sigue:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\varepsilon_2 - 0{,}000\,050)}$$ Ecuación. 32. ME

En donde:

E = módulo de elasticidad secante, en MPa (psi)

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 - 45% de la carga última.

S_1= esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ε1, de las 50millonésimas, en MPa.

ε2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2.

- Se calcula la relación de *Poisson*, aproximando a 0,01, como sigue:

$$\mu = \frac{(\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1})}{(\varepsilon_2 - 0{,}000\,050)}$$ Ecuación. 33. ME

En donde

μ= relación de *Poisson*.

$\varepsilon t2$ = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_2

$\varepsilon t1$ = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1.

11.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar el módulo de elasticidad secante o módulo de Young y la relación Poisson en cilindros de concreto a compresión.

Objetivo específico

- Determinar los valores de módulo de elasticidad y relación de Poisson, aplicables dentro del intervalo de esfuerzos de trabajo (0 % a 45 % de la resistencia última del concreto).

- Establecer una relación de esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado establecidas.

11.5. Alcance

Mediante cilindros de hormigón, previamente elaborados, y con la ayuda del equipo para módulo de elasticidad en especímenes de 15x30cm, se determinará el módulo de elasticidad estático y la relación de poisson en concreto a compresión, a la edad que se requiera y en condiciones húmedas. (NTC 4025, 2006)

11.6. Importancia y aplicación

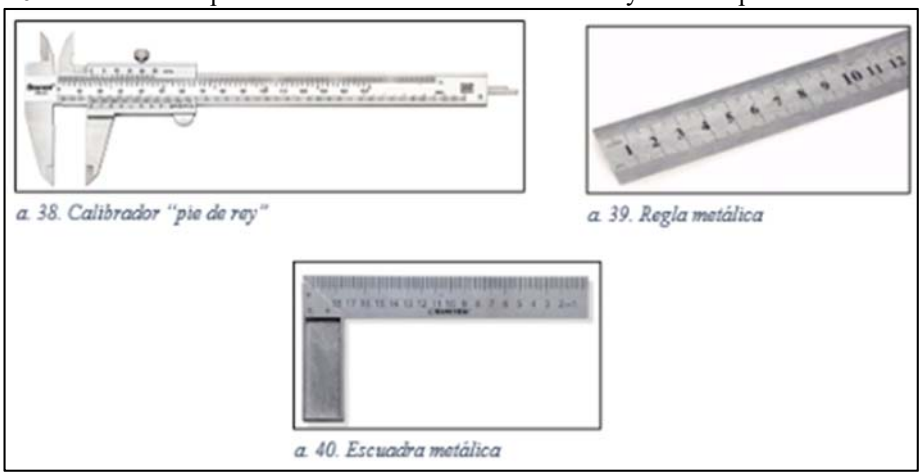
- El módulo de elasticidad se considera en el diseño de hormigones reforzados y pretensados, puesto que controla el comportamiento del hormigón y su resistencia a la compresión, particularmente en elementos estructurales sujetos a flexión. (Ortega y Montenegro, 2004)
- De la misma manera el coeficiente de Poisson es un factor importante dentro del ámbito estructural, ya que interviene en el cálculo del módulo de cortante y éste a su vez en el cálculo de la matriz de rigidez de elementos estructurales. (Ortega y Montenegro, 2004)
- Los valores obtenidos del módulo de elasticidad y relación de Poisson, se pueden usar en el dimensionamiento de elementos estructurales reforzados y no

reforzados para establecer las cantidades de acero de refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas. (Ortega y Montenegro, 2004)

11.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 161. Herramientas para determinar módulo de elasticidad y relación poisson.



a. 38. Calibrador "pie de rey"

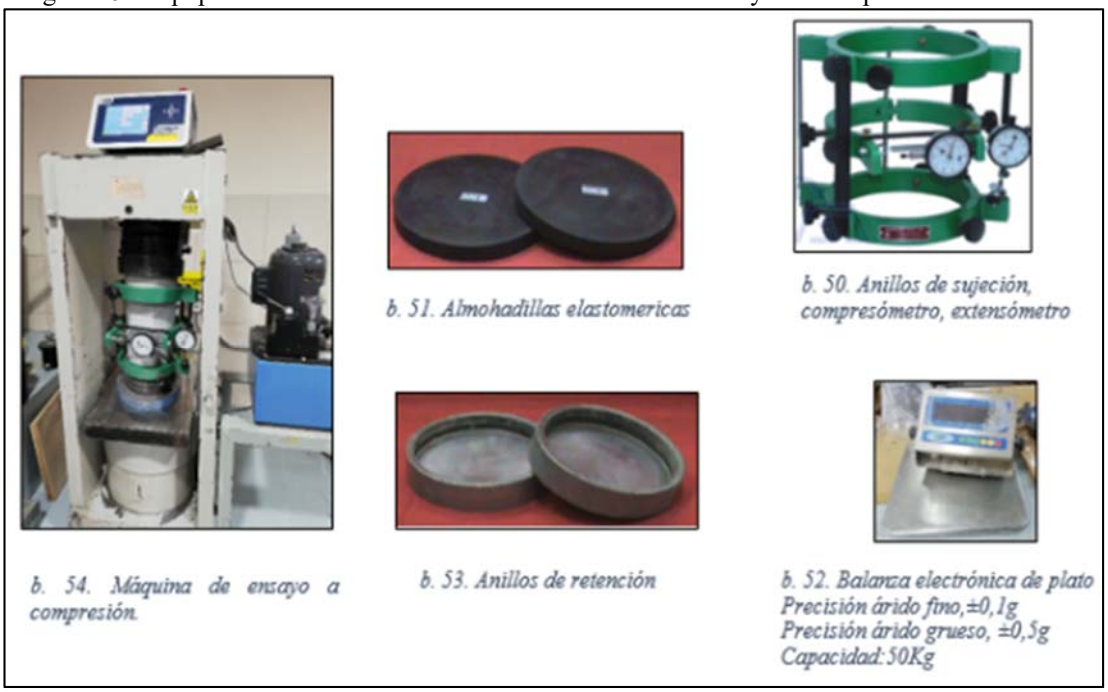
a. 39. Regla metálica

a. 40. Escuadra metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 162. Equipo de laboratorio determinar módulo de elasticidad y relación poisson.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Se necesitarán como mínimo 2 cilindros para realizar el ensayo, 1 cilindro para determinar su resistencia a la compresión, y el otro se lo prepara, para determinar el módulo de elasticidad y coeficiente de poisson. (NTC 4025, 2006)

c.1. Verificación de geometría, planeidad y perpendicularidad del espécimen

La presente verificación, se deberá realizar a todos los especímenes.

Imagen 163. Procedimiento de verificación



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- A la edad de 28 días ±20 horas, extraer como mínimo 2 cilindros.

Imagen 164. Procedimiento de verificación



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Los especímenes deben ser ensayados en condición húmeda. Y se deben mantenerse húmedos durante el período comprendido entre la remoción de los tanques de curado y el ensayo. (NTC 4025, 2006)

Imagen 165. Procedimiento de verificación



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Antes de realizar el ensayo, comprobar las medidas geométricas del espécimen cilíndrico de concreto.

- Medir 2 diámetros en ángulo recto en la parte media, superior e inferior de la altura del espécimen con una aproximación de 0,25mm, si un diámetro difiere del otro en más del 2% los especímenes no serán probados. Sacar un diámetro promedio y registrar el dato. (NTC 4025, 2006)

Imagen 166.Procedimiento de verificación



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Chequear en 2 extremos opuestos que el eje axial de perpendicularidad y los extremos planos del espécimen no se alejen más del 0,5º o 1mm en 100mm (mediante láminas graduadas). (NTC 4025, 2006)

Imagen 167. Procedimiento de verificación



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Los especímenes que no tengan sus extremos planos dentro de 0,05mm, se pulirán, esmerilaran, o capearan según ASTM C617 o ASTM C1231.

Imagen 168. Procedimiento de verificación

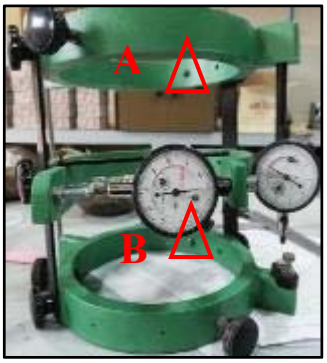


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- La longitud debe ser medida y registrada con una precisión de 1mm en 3 lugares espaciados alrededor de la circunferencia.
- Determinar y registrar la masa del cilindro.

c.2. Preparación de la muestra

Imagen 169. Procedimiento – preparación de la muestra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Medir desde la punta del tornillo "muescas" en A hasta la punta del tornillo en B ($L_{A-B} \approx 200mm$).

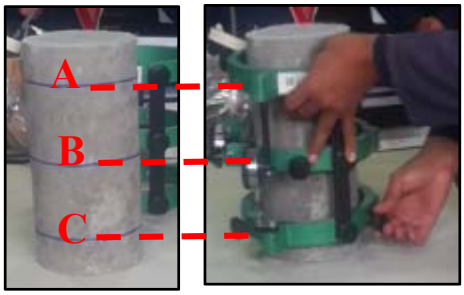
Imagen 170. Procedimiento – preparación de la muestra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Restar "L_{A-B}" de la altura promedio del espécimen y dividir para 2, en donde el valor obtenido representa el punto A y B del aparato, el cual deberá ser medido desde los extremos y marcado en el espécimen.

Imagen 171. Procedimiento – preparación de la muestra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Una vez marcados los puntos A y B, trazar otra línea en el punto medio de L_{A-B}. Teniéndose así, una longitud,$L_{A-C} \approx 100mm$ y $L_{C-B} \approx 100mm$.

- Colocar con precisión el equipo, de tal manera que:

a. El cilindro debe estar lo más centrado posible respecto al equipo.

b. Los anillos deben ser colocados y ajustados al cilindro de tal manera que la punta de las "muescas" debe coincidir con las marcas trazadas.

Imagen 172. Procedimiento – preparación de la muestra

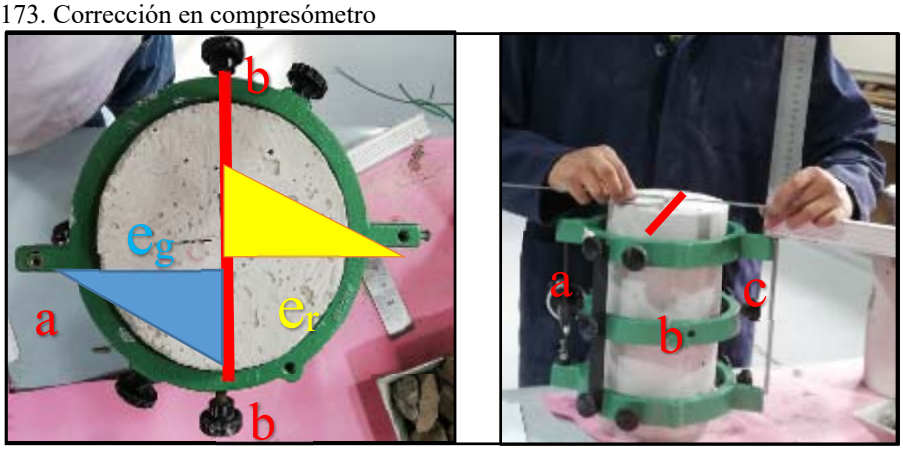


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

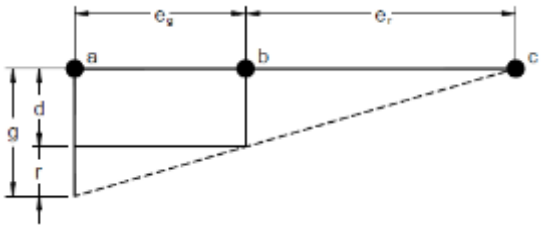
- Para determinar adecuadamente el módulo de elasticidad y relación poisson, antes de empezar el ensayo se deberá medir y registrar las siguientes medidas, las cuales están en concordancia con la norma ASTM C469:

A. Corrección en compresómetro:

Imagen 173. Corrección en compresómetro



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019



$$d = \frac{g e_r}{(e_r + e_g)}$$

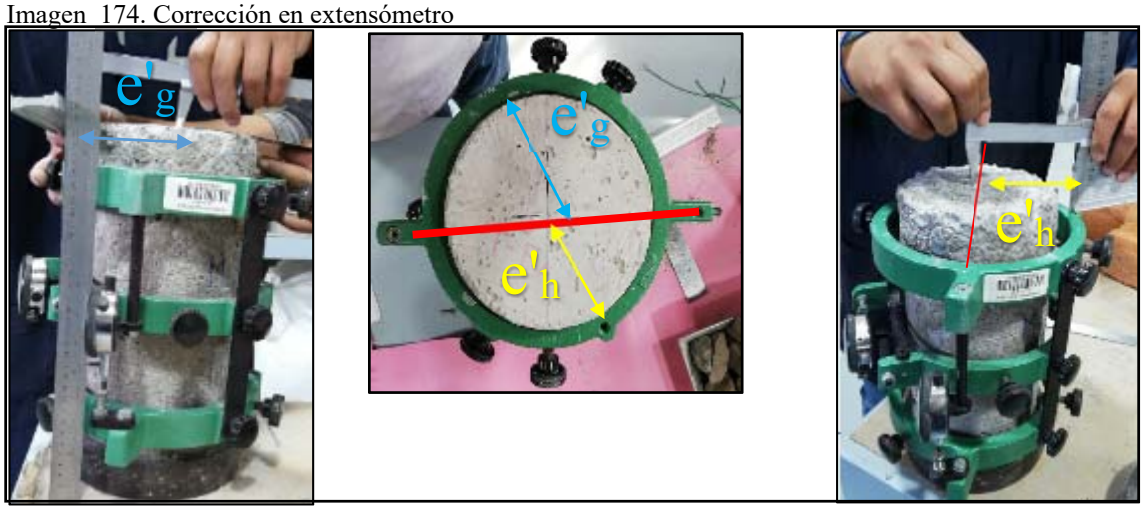
Ecuación. 34. ME

En donde:

a	=	localización del deformímetro
b	=	punto de soporte del anillo rotativo
c	=	localización del vástago largo pivotado
r	=	desplazamiento debido a la rotación del anillo alrededor de la varilla del pivote
d	=	deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva del deformímetro, µm (µ pulgada).
g	=	lectura del deformímetro, µm. (µ pulgadas).
e_r	=	excentricidad del vástago largo pivotado, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas), desde el eje del espécimen.
e_g	=	excentricidad del deformímetro, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas) desde el eje del espécimen.

B. Corrección en extensómetro

Imagen 174. Corrección en extensómetro



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

$$d' = \frac{g' e'_h}{(e'_h + e'_g)}$$

Ecuación. 35. ME

En donde:

d' = deformación transversal del diámetro del espécimen, μm.

g' = lectura del deformímetro transversal, μm.

e'_h = excentricidad de la articulación, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada), desde el eje del espécimen.

e'_g = excentricidad del deformímetro transversal, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada) desde el eje del espécimen.

11.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

11.8.1. ¿En qué condiciones deben estar los especímenes?

Los especímenes además de cumplir con las especificaciones de curado y a la edad para la cual la información de elasticidad se desea. Los especímenes se deben ensayar dentro de la hora que transcurre desde el momento en que se remueven del cuarto de

curado o almacenamiento. Los especímenes sacados del cuarto de curado para su ensayo, se deben mantener en condiciones de humedad mediante el uso de una tela húmeda que los cubra durante el tiempo que transcurra hasta la realización del ensayo. (NTC 4025, 2006)

11.8.2. ¿De qué depende el módulo de elasticidad del concreto?

El valor del módulo de elasticidad no es una constante y es un valor que dependen: (Sánchez de Guzmán, 2001)

- el tipo de agregado
- la dosificación utilizada
- el contenido del aire
- la velocidad de aplicación de la carga en el ensayo
- la humedad de la muestra en el momento de hacer el ensayo

11.8.3. ¿Cómo se puede incrementar el módulo de elasticidad en un espécimen de concreto?

Con el uso de agregado de buena calidad, el módulo de elasticidad del hormigón tiende a incrementarse a medida que aumenta su resistencia a compresión. (Sánchez de Guzmán, 2001)

11.8.4. ¿Entre que valores se encuentra la relación Poisson para concreto de peso normal y de que dependen dichos valores?

La relación de Poisson, en el concreto de peso normal está comprendida entre 0.15 y 0.25 y depende del tipo de agregado, de la edad y humedad del concreto. (Sánchez de Guzmán, 2001)

11.9. Procedimiento de la práctica

Imagen 175. Procedimiento de la práctica. (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Usar la pareja del espécimen para determinar la resistencia a la compresión de acuerdo con el método de ensayo establecido (NTE INEN 1573), antes del ensayo para la obtención del módulo de elasticidad. Y registrar el dato.

Imagen 176.Procedimiento de la práctica (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Colocar el otro espécimen con el equipo de medición de deformación acoplado, en la platina inferior o bloque de apoyo de la máquina de ensayo. Cuidadosamente, se alinea el eje del espécimen con el centro de la rótula del bloque superior de apoyo. (NTC 4025, 2006)

3. Aplicar carga al espécimen por lo menos 2 veces. Pero no se registran datos durante el primer ciclo de carga. Teniéndose así:

Imagen 177. Procedimiento de la práctica (3.a)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

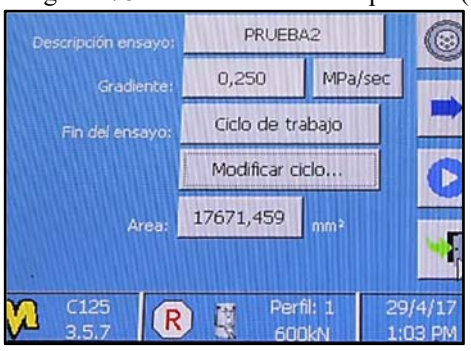
a) El primer ciclo de carga que es preliminar, se utiliza para ajustar los deformímetros y se corrige cualquier comportamiento inusual antes del segundo ciclo de carga. Para medir la deformación longitudinal, es conveniente ajustarlo antes de cada ciclo de carga de tal manera que el indicador pase por el punto cero cuando

la deformación longitudinal sea 50 millonésimas. (NTC 4025, 2006)

b) En el segundo ciclo de carga, se obtiene un conjunto de lecturas como se expone a continuación:

- Se aplica la carga continuamente y sin impacto.

Imagen 178. Procedimiento de la práctica (3.b)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- En la prensa hidráulica se aplica una carga a una tasa constante dentro del intervalo de 241kPa/s ± 34kPa/s (35psi ± 5psi). (NTC 4025, 2006)

- Se registra sin interrupción de carga, la carga aplicada y la deformación longitudinal:

Imagen 179. Procedimiento de la práctica - deformímetros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

a) Cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas.

b) Cuando la carga aplicada sea igual al 40 - 45% de la carga última.

- Si el observador falla en obtener una lectura, se completa el ciclo y se repite el ensayo. (NTC 4025, 2006)

NOTA 1: Tomar en cuenta que el deformímetro se mueve en sentido anti horario y que cada subdivisión aumenta en 0,1. Se leerán en números cerrados al más próximo superior o inferior dependiendo del caso. Además, dichas lecturas están dadas en pulgadas, por lo tanto, las lecturas obtenidas serán multiplicadas por 10^4. Ejemplo, cuando llegue el deformímetro a 9 la lectura adecuada será $1x10^4$. (NTC 4025, 2006).

NOTA 2: La deformación total longitudinal está definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva del deformímetro. (NTC 4025, 2006).

Si se va a determinar la relación de Poisson, debe registrarse la deformación transversal en los mismos puntos. (NTC 4025, 2006).

Si se desea la curva esfuerzo-deformación, se deben tomar dos lecturas más de puntos intermedios sin interrupción de la carga, o usar un instrumento que haga un registro continuo. (NTC 4025, 2006).

11.10. Plantilla para llenar

11.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON	**NTE INEN 1573** **ASTM C 469-02**

1. Describa los objetivos de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué condición deben estar los especímenes? _____

4. Cómo se obtiene la planicidad y la perpendicularidad en las probetas? _____

5. Qué dimensiones se deben obtener de las probetas de hormigón endurecido, previo al ensayo?

6. Cuál es la velocidad de ensayo?

7. Cual es la importancia y uso del ensayo?

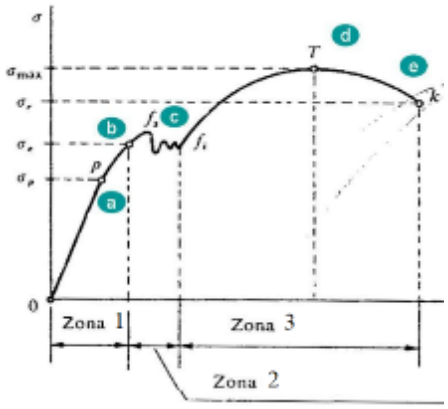
8. Entre que valores se encuentra la relación Poisson para concreto de peso normal y de que dependen dichos valores?

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

11.10.2. Análisis y discusión

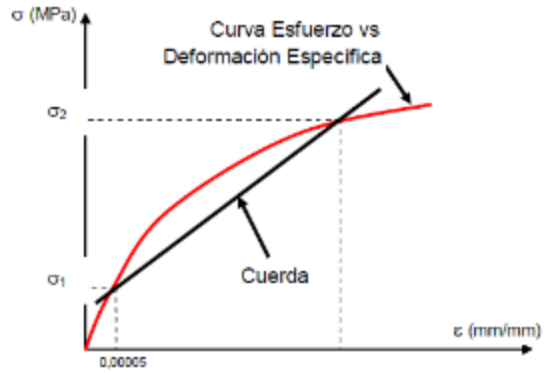
Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Mediante el siguiente gráfico, complete



- Zona 1 = _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
- Zona 2 = _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
- Zona 3 = _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

2. Mediante el siguiente gráfico de "Esfuerzo vs Deformación Específica" deduzca la fórmula del módulo de elasticidad secante (E)



3. Es importante conocer el módulo de elasticidad del hormigón, por que:

3.1. Uno de los valores más importantes en el diseño de concreto reforzado es el módulo de elasticidad, puesto que este influye en las deflexiones, derivas y rigidez de una estructura……..(V),(F)

3.2. El módulo de elasticidad del concreto está determinado por una estrecha relación que existe entre el esfuerzo que experimenta un material y la correspondiente deformación unitaria. Es un valor muy importante para el análisis estructural. ……..…..(V),(F)

3.3. Tener un buen conocimiento del módulo de elasticidad del concreto bajo condiciones de carga lenta podría emplearse en futuras investigaciones acerca del módulo de elasticidad dinámico de concreto (es decir bajo cargas rápidas) lo anterior sería importante para conocer el comportamiento real del concreto bajo la acción de un sismo. …….(V),(F)

3.4. Con el dato del módulo de elasticidad podemos conocer el acortamiento por carga axial de un elemento estructural……..……...(V),(F)

4. **El método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de poisson en concreto a compresión es el ensayo más común para evaluar:**

a) La resistencia a la compresión del hormigón.

b) La dureza del cilindro.

c) La elasticidad-ductilidad del concreto

11.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON					**ASTM C 469-02 NTE INEN 1573**
Muestra Nº					
Identificación					
Fecha de Moldeo					
Fecha de Ensayo					
Edad (días)					
Diametro (mm)					
Diametro promedio (mm)					
Área secc. transversal					
Altura (mm)					
Altura promedio (mm)					
W, Masa (gr.)					
V, Volumen (cm3)					
D, Densidad (g/cm3) D=W/V					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CILINDRO DE PRUEBA					
Velocidad (KN/s)					
Vel. = 0,25 ± 0,05 Mpa/s					
Carga Máxima (KN)					
MODULO DE ELASTICIDAD O MÓDULO DE YOUNG					
Velocidad (MPa/s)					
Vel. = 241 ± 34 Kpa/s					
Diametro promedio corregido (mm)					
45 % Carga Máxima (KN)					

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

_____

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON	**ASTM C 469-02 NTE INEN 1573**

TOMA DE LECTURAS

CARGA	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL	[plg]	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	[plg]

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

_____

CAPÍTULO 12

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN, UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS.

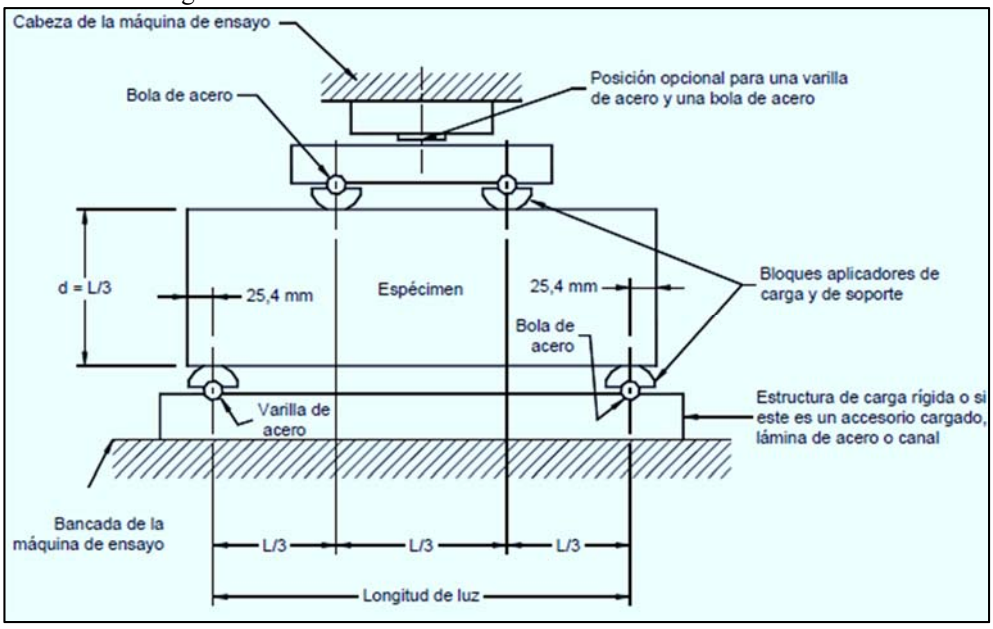
12.1.Términos y definiciones de la práctica

- Módulo de ruptura - Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a la flexión de una viga. (INEN 2554, 2010, pg. 1)

12.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Aparatos de carga. – Los aparatos de carga o bloques de carga son los que aseguran que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara del espécimen y aplicadas sin excentricidad. Un diagrama de un aparato que cumple este propósito se muestra en la siguiente figura: (INEN 2554, 2010, pg. 1)

Ilustración 10. Aparato para la determinación de la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso del método de carga en los tercios medios.



Fuente: NTE INEN 2554, 2010, pg.2

12.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 2554:2010. Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón (utilizando una viga simple con carga en los tercios). Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694:2010. Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Primera edición.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C 78:2002. "Standard test method for flexural strength of concrete compressive strength of cylindrical concrete specimens".
- NTC 2871. Norma técnica colombiana NTC 2871:2004. Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios).

12.3. Marco teórico de la práctica

12.3.1. Introducción

La capacidad del concreto simple a flexión se evalúa por medio del ensaye de vigas, durante este ensaye el concreto se ve sometido tanto a compresión como a tensión. La

capacidad a la flexión del concreto se representa por el módulo de ruptura, el módulo de ruptura es esencial para el diseño y control de calidad de estructuras como las de los pisos y pavimentos de concreto. (Gómez Domínguez, 2000, pg. 112)

La prueba para este caso se rige por la norma ASTM C-78 donde se acostumbra probar vigas de 150 x 150 mm (6 x 6pulg.) de sección transversal para concretos con agregados de hasta 50 mm (2pulg.). Cuando se utilizan agregados mayores que éstos, la dimensión mínima de sección transversal no debe ser menor que tres veces la dimensión máxima del agregado. La longitud de las vigas debe ser, por lo menos, tres veces la profundidad de la viga más 50 mm (2pulg.) o un total de más de 500 mm (20pulg.) para la viga de 150 x 150 mm (6 x 6pulg). Dicha viga de hormigón simple, se la apoya libremente en los extremos y es cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del espécimen. (Asocreto, 2010)

12.3.2. Resistencia a la flexión

Una de las características mecánicas del concreto es estado endurecido, es su resistencia a la flexión, especialmente en estructuras de concreto simple, en los proyectos de losas para carreteras, pistas de aeropuertos y pavimentos en donde aparecen esfuerzos de tracción ocasionados por la flexión de las placas, al paso de los vehículos. (Gutiérrez de López, 2003, pg.55)

En proyectos de pavimentos, la resistencia a flexión se usa, algunas veces, en lugar de la resistencia a compresión. Sin embargo, la resistencia a flexión se evita debido a su gran variabilidad. (Gutiérrez de López, 2003, pg.55)

La resistencia a flexión de concretos de peso normal es normalmente de 0.7 a 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en mega-pascales o de 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por centímetros cuadrados (7.5 a 10 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en libras por pulgadas cuadradas). (Gutiérrez de López, 2003, pg.55)

Generalmente, el valor del módulo de rotura varía en un rango comprendido entre el 11% y 23% de la resistencia a la compresión. Vale la pena mencionar que el uso de agregados de textura rugosa y/o de forma angular incrementa dicha resistencia por lo que se recomiendan este tipo de partículas cuando sea importante este factor. Sin embargo, cuando no se dispongan de ensayos a flexión, se puede utilizar la relación que se enumera a continuación, la cual proporciona valores aproximados. (Asocreto, 2010, pg.184)

$$f_r = K f'_c$$ Ecuación. 36. RF

En donde:

f_r = Valor de la resistencia a la flexión

k = Constante que varía entre 2,0 y 2,7, el ACI recomienda usar K=2,0

f'_c=Valor de la resistencia a la compresión en Mpa

12.3.3. Consideraciones previas al ensayo

El ensayo descrito en la NTE INEN 2554 consiste en apoyar las vigas a 2.54 cm como mínimo de sus extremos, con una luz de 45 cm y cargarlas en dos puntos situados en los tercios medios de la luz. El esfuerzo máximo de flexión se denomina módulo de

rotura (MR) y se calcula dependiendo donde ocurra la falla, teniéndose así los siguientes casos:

- **<u>Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz libre de la viga:</u>**

$$\boxed{MR = \frac{P * L}{b * d^2}}$$ Ecuación. 37. RF

En donde:

$MR =$ Módulo de rotura del concreto, en kg/cm^2

P = Carga máxima aplicada en kg.

L = Luz libre entre apoyos en cm.

b = Ancho de la viga en cm.

d = Altura de la viga en cm.

- **<u>Cuando la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga, pero no está separada de él por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre</u>**, el módulo de rotura debe ser calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\boxed{MR = \frac{3 * P * a}{b * d^2}}$$ Ecuación. 38. RF

En donde:

$MR =$ Módulo de rotura del concreto, en kg/cm^2

P = Carga máxima aplicada en kg.

a = Distancia entre la línea de rotura y el apoyo más próximo, medida a lo largo del eje longitudinal de la cara inferior de la viga, en cm

b = Ancho de la viga en cm.

d = Altura de la viga en cm.

- **Cuando la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga y a una distancia de él mayor del 5% de la luz libre de la viga**, el ensayo se debe descartar.

NOTA: El módulo de rotura debe ser calculado con una precisión de 0,35kg/cm^2(5 p.s.i.).

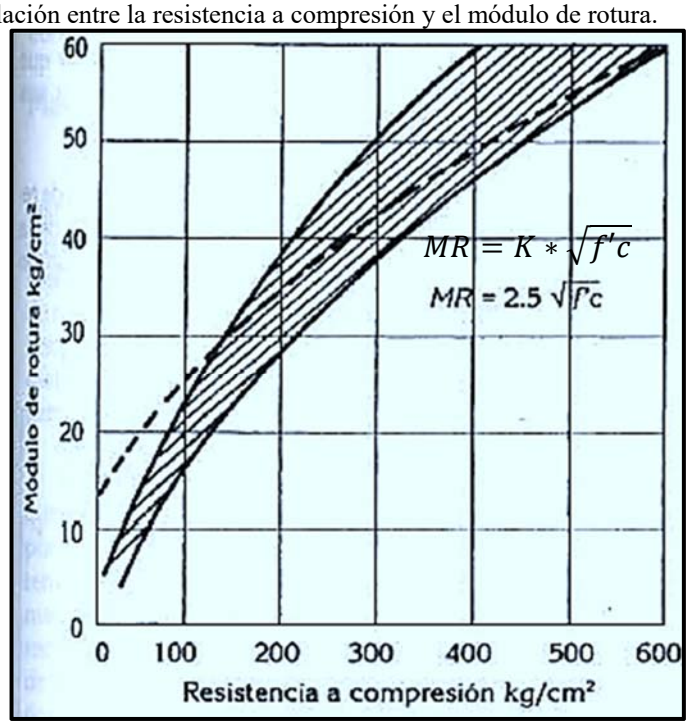
Por otra parte, el ensayo descrito por la norma ASTM C-293 consiste en apoyar las vigas de igual forma que en la NTE INEN 2554, pero con aplicación de carga en el centro de la luz. En este caso, el módulo de rotura se calcula según la siguiente expresión:

$$MR = \frac{3 * P * L}{2 * b * d^2}$$ Ecuación. 39. RF

12.3.4. Comparación de pruebas

A medida que aumenta la resistencia a la compresión del concreto, también aumenta su resistencia a la flexión. Sin embargo, la correlación que existe entre la resistencia a compresión del concreto y su módulo de rotura no es lineal sino más bien de tipo parabólico, como se indica en la siguiente figura: (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.142)

Gráfico 10. Correlación entre la resistencia a compresión y el módulo de rotura.



Fuente: Tomado del libro "Tecnología del concreto y del mortero", 2001, pg.143

En donde:

$MR =$ Módulo de rotura del concreto, en kg/cm^2

$f'c =$ Resistencia a la compresión del concreto en kg/cm^2

K = Valor que varía entre 2.0 y 2.7 (El Comité Europeo recomienda 2.5 y el ACI 2.0)

Mediante el gráfico 1 se puede definir que a medida que aumenta la resistencia a compresión la resistencia a flexión también aumenta, pero en menor proporción. Adicionalmente, el Módulo de Rotura presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión. En la práctica, lo que se recomienda para establecer con cierta precisión la correlación existente entre MR vs f'c, es realizar ensayos previos de cilindros y vigas. (Sánchez de Guzmán, 2001, pg.142)

12.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios medios.

Objetivo específico

- Determinar la carga máxima con la que se produjo la rotura
- Visualizar y registrar mediante un dibujo la fractura del espécimen.
- Calcular el módulo de rotura.

12.5. Alcance

Aplicar una carga en los tercios medios de una viga previamente elaborada de hormigón simple (150x150x540mm) y así determinar su resistencia a flexión

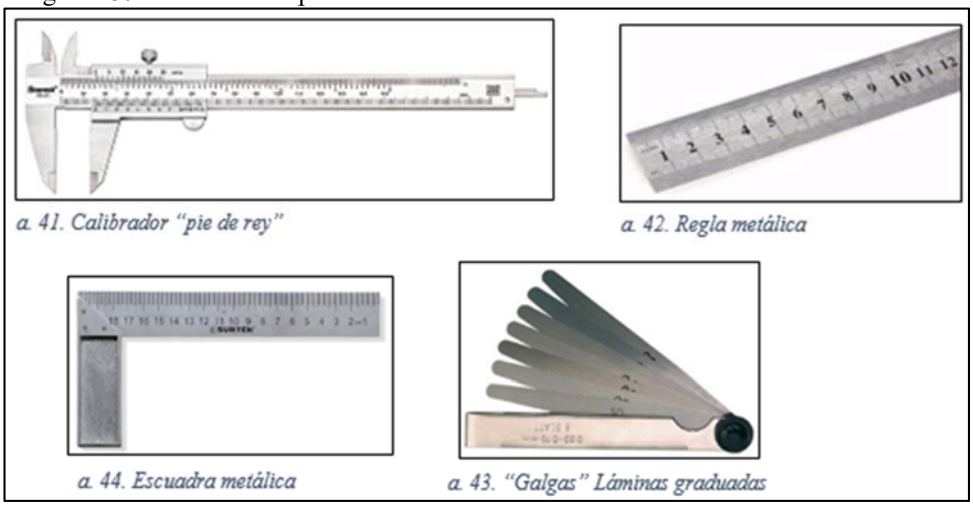
12.6. Importancia y aplicación

- Este ensayo se utiliza en las pruebas del hormigón para la construcción de losas y pavimentos, en donde adicionalmente aparecen esfuerzos de tracción ocasionados por la flexión de las placas, al paso de los vehículos. (Asocreto, 2010)
- Los resultados de este método de ensayo son utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones o como base para la dosificación, mezcla y en las operaciones de colocación. (Asocreto, 2010)

12.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 180. Herramientas para determinar la resistencia a la flexión



a. 41. Calibrador "pie de rey"

a. 42. Regla metálica

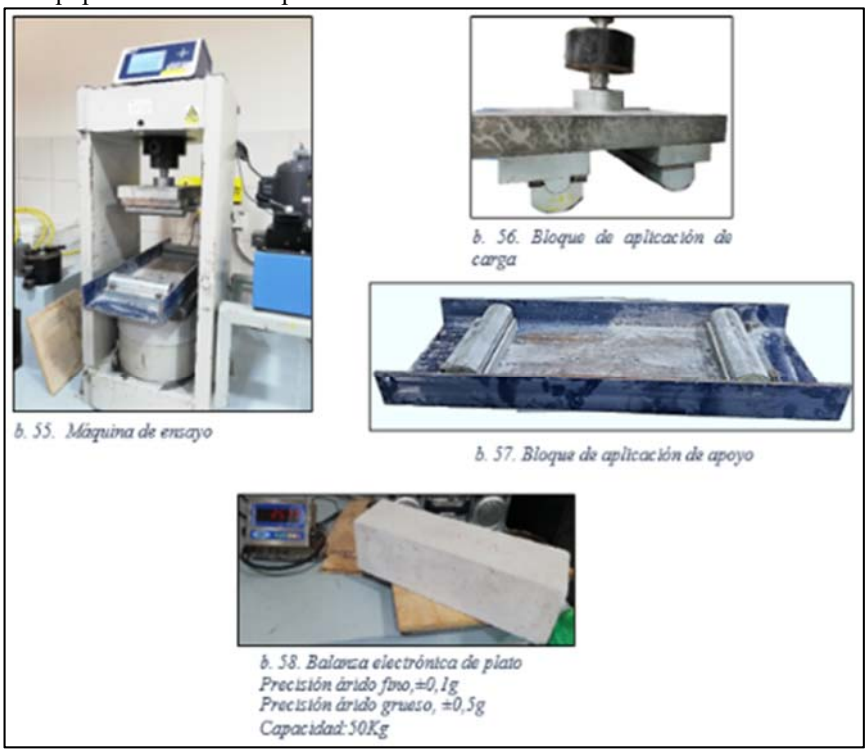
a. 44. Escuadra metálica

a. 43. "Galgas" Láminas graduadas

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 181. Equipos de laboratorio para determinar la resistencia a la flexión



b. 55. Máquina de ensayo

b. 56. Bloque de aplicación de carga

b. 57. Bloque de aplicación de apoyo

b. 58. Balanza electrónica de plato
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g
Capacidad:50Kg

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

- Dependiendo de la edad (7 días, 14 días, 28 días, 90 días), extraer del tanque de curado las muestras, y proteger al espécimen de la pérdida de humedad, evitando asentar la viga sobre toallas o papel. (INEN 2554, 2011)

Imagen 182. Preparación de la muestra.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Verificar que los lados del espécimen deben formar ángulo recto con la parte superior e inferior. Todas las superficies deben estar lisas y libres de marcas, desportilladuras, agujeros o marcas de identificación impresas. (INEN 2554, 2011)

- Pesar el espécimen, medir y registrar los datos:

Imagen 183. Preparación de la muestra – verificación de geometría.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 184. Preparación de la muestra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Tomando en cuenta que la luz libre entre apoyos del "bloque de aplicación de apoyo" es de 45cm. Restar los 45cm de la longitud promedio del especímen, dividir para 2, con la distancia obtenida, medir desde la cara externa de la viga y marcar el espécimen.

Tomar en cuenta que desde el punto de apoyo a la cara externa de la viga debe haber una distancia mínima de 2,5cm.

Imagen 185. Preparación de la muestra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Marcar los puntos en donde se va a posicionar el "bloque de aplicación de carga", en donde, se deberá dividirlos 45cm de luz libre en 3 partes iguales.

- Determinar la proporción de aplicación de carga o velocidad de carga mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{S * b * d^2}{L}$$ Ecuación. 40. RF

En donde:

r = Velocidad de carga, N/min

S = Velocidad del incremento del esfuerzo máximo sobre la cara de tracción, entre 0,86MPa/min y 1,21Mpa/min.

b = Promedio del ancho del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm

d = Promedio de la altura del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm

L = luz libre de la viga, en mm

12.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio.

12.8.1. ¿Son los resultados de una prueba más altos en un espécimen húmedo que en uno seco?

Los resultados de una prueba de compresión no son más altos en un espécimen húmedo, pero sí lo son en una prueba a la flexión. Si se seca el espécimen justo antes de ejecutar la prueba se tendrá un ligero aumento de la resistencia a la compresión y un marcado descenso de la resistencia a la flexión. El secado parcial o superficial de los especímenes para pruebas a la flexión coloca a las fibras exteriores en un estado de tensión aun antes de aplicar la carga, con lo cual se reduce la resistencia medida. (Libia Gutiérrez, 1989)

12.8.2. ¿Qué relación existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión?

Mediante ensayos se ha comprobado que a medida que aumenta la resistencia a la compresión del concreto, también aumenta su resistencia a la flexión. Adicionalmente, el módulo de rotura presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión. Sin embargo, la correlación ($MR=k\sqrt{fc}$) que existe entre la resistencia a compresión del concreto y su módulo de rotura no es lineal sino más bien de tipo parabólico, es decir, a medida que aumenta la resistencia a compresión la resistencia a flexión también aumenta, pero en menor proporción. (Sánchez de Guzmán, 2001)

12.8.3. ¿Por qué es importante el módulo de rotura en el diseño de pavimentos?

El módulo de rotura del concreto es una medida útil para el diseño de pavimentos de concreto, puesto que las placas del pavimento trabajan principalmente a flexión; de ahí que, en estos casos, la calidad del concreto se especifique indicando su módulo de rotura. (Asocreto, 2010)

12.8.4. ¿Existen datos que relacionan a/c con la resistencia a la flexión que sean tan confiables como los obtenidos para la resistencia a la compresión?

No. La resistencia a la flexión es más sensible a las características de los agregados, especialmente la forma de las partículas, la textura superficial y el contenido de humedad del concreto. Una pequeña cantidad de secado superficial en los especímenes de prueba de resistencia a la flexión producirá una gran reducción en la resistencia a la flexión aparente pero un aumento bastante pequeño en la resistencia a la compresión entre especímenes de prueba comparativos. Por lo tanto, donde el concreto vaya a ser aceptado o rechazado en función de pruebas de resistencia a la flexión, la curva deberá seleccionarse del lado conservador mientras no se hagan pruebas en la obra. (Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003)

12.9. Procedimiento de la práctica

1. Colocar el espécimen en la máquina de ensayo, de tal manera que la cara lateral del espécimen (*cara que fue encofrada) se posicione en el “bloque de apoyo”. (INEN 2554, 2011)

Imagen 186. Procedimiento flexión (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Centrar el sistema de carga con respecto a la fuerza aplicada.

3. Llevar los bloques de aplicación de carga superiores en contacto con la superficie del espécimen en los tercios de la luz libre y aplicar una carga de entre 3% y 6% de la carga final estimada. (INEN 2554, 2011)

Imagen 187. Procedimiento flexión (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Utilizando calibradores de lámina de 0,10 mm y 0,38 mm, determinar si alguna holgura entre el espécimen y los bloques de aplicación de carga o de apoyo es mayor o menor que cada uno de los calibradores en una longitud de 25mm o más. Caso contrario se deberá limar, refrentar o usar calzas de cuero en la superficie de contacto del espécimen para eliminar cualquier diferencia mayor a 0,10mm. (INEN 2554, 2011)

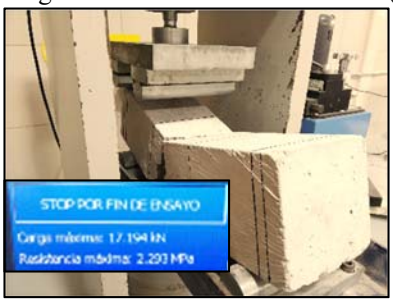
5. Aplicar carga, con la velocidad previamente calculada de tal manera que aumente constantemente el esfuerzo máximo sobre la cara de tracción entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta que se produzca la rotura. (INEN 2554, 2011)

Imagen 188. Procedimiento flexión (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 189. Procedimiento flexión (6)



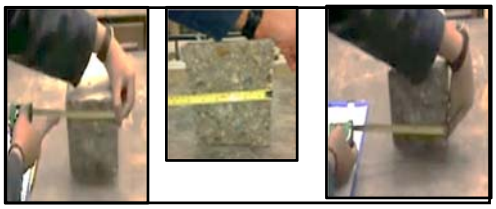
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. Registrar la carga máxima con la que se produjo la rotura.

7. Para determinar las dimensiones de la sección transversal del espécimen, para el cálculo del módulo de rotura, tomar medida a través de una de las caras fracturadas luego del ensayo, como se detalla a continuación:

Nota: Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Utilizar las tres medidas en cada sentido, para determinar los valores promedio de ancho y alto. Tomar todas las medidas con una aproximación de 1mm. Si la fractura se produce en una sección refrentada, incluir el espesor del refrentado en la medición. (INEN 2554, 2011)

Imagen 190. Procedimiento flexión (7.a)

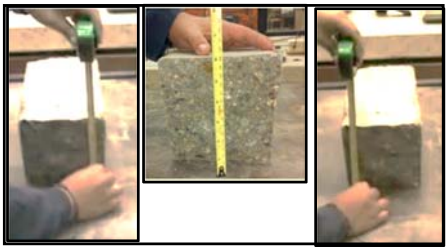


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

a) Medir en la fractura, el ancho, y según la manera de orientación del espécimen de ensayo, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. (INEN 2554, 2011)

b) Medir en la fractura, la altura, de igual manera, se toma 3 medidas, en cada borde y en el centro de la sección transversal. (INEN 2554, 2011)

Imagen 191. Procedimiento flexión (7.b)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 192. Procedimiento flexión (7.c)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c) Medir desde el extremo de la viga hasta la línea de ubicación de la fractura, en la sección de falla. (INEN 2554, 2011)

8. Registrar las medidas con una aproximación de 1mm, y se calcula el módulo de rotura, como se indica a continuación: (INEN 2554, 2011)

- Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz libre de la viga:

$$MR = \frac{P * L}{b * d^2}$$ Ecuación. 41. RF

MR = Módulo de rotura del concreto, en kg/cm^2

P = Carga máxima aplicada en kg.

L = Luz libre entre apoyos en cm.

b = Ancho promedio del espécimen en la fractura en cm.

d = Altura promedio del espécimen en la fractura en cm.

- Cuando la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga, pero no está separada de él por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre:

$$\mathrm{MR} = \frac{3 * \mathrm{P} * \mathrm{a}}{\mathrm{b} * \mathrm{d}^2}$$ Ecuación. 42. RF

a = Distancia entre la línea de rotura y el apoyo más próximo, medida a lo largo del eje longitudinal de la cara inferior de la viga, en cm

12.10. Plantilla para llenar

12.10.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN	**NTE INEN 2554** **NTE INEN 694** **ASTM C 78-09**

1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué condición deben estar los especímenes? _____

4. Cuál es la velocidad de carga? _____

5. Cuáles son los datos que se deben registrar para el ensayo?

6. Qué relación existe estre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión?

7. Indique la importancia y uso del presente ensayo

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

12.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **La resistencia a la flexión se puede aumentar, realizando los siguientes cambios:**

   a) Mejorando la granulometría de la mezcla, usando agregados de textura rugosa.

   b) Añadiendo aditivos que mejores su resistencia a la flexión.

   c) Modificando la relación agua-cemento de la mezcla.

   d) Ninguna de las anteriores. Justifique su respuesta. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

2. **Cree usted que la adhesión entre la pasta de concreto y las partículas de los agregados es afectada por la presencia de arcilla adherida. Justifique su respuesta.**

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

b) La resistencia a la compresión del concreto se afecta muy poco por la resistencia de las partículas del agregado cuando son muy débiles, pero la resistencia a la flexión puede ser dañada por los agregados débiles……..…(V),(F)

c) El módulo de rotura es utilizado en el diseño estructural para pre dimensionar vigas…….……..…(V),(F)

12.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN					**NTE INEN 2554 NTE INEN 694 ASTM C 78-09**
Muestra Nº					
Identificación					
Fecha de Moldeo					
Fecha de Ensayo					
Edad (días)					
L,Longitud del espécimen, mm					
b,Ancho promedio del espécimen, mm					
d,Altura promedio del espécimen, mm					
Masa , gr.					
Volumen, cm3					
Densidad, gr./cm3					
Velocidad del incremento del esfuerzo máximo sobre la cara de tracción					
*NTE INEN2554: 0,0143 - 0,02 MPa/seg.					
Velocidad de carga, N/min					
$r = \frac{S * b * d^2}{L}$					
Carga Máxima, KN					
Carga Máxima, Kg					
L,Longitud del espécimen, mm					
b,Ancho promedio del espécimen, en la fractura, mm					
d,Altura promedio del espécimen, en la fractura, mm					
CASO A, Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz libre de la viga:	$MR = \frac{P * L}{b * d^2}$				
Módulo de rotura, MPa					
kg/cm2					
CASO B, Cuando la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga,:	$MR = \frac{3 * P * a}{b * d^2}$				
Módulo de rotura, MPa					
kg/cm2					
					Firma o sello del laboratorista

CAPÍTULO 13

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA Y PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS DE MADERA.

13.1.Terminología y definiciones de la práctica

- Madera verde. - Aquella que conserva su humedad natural por encima del punto de saturación de las fibras (30 %). (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Madera seca en ambiente climatizado. - Aquella que ha adquirido un equilibrio en un clima cuyas condiciones son 65 % ± 2 % de humedad relativa y 20 °C ± 1 °C de temperatura.

- Peso constante. - Aquel que se obtiene cuando la diferencia entre dos pesadas consecutivas, en un intervalo de 24 h, no es mayor de 0,02 %.

- Agua libre. - Es la contenida en las cavidades celulares, sobre el punto de saturación de las fibras, cuya eliminación durante el proceso de secado no produce cambios volumétricos en la madera. (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Agua de imbibición. - Es la que impregna las paredes celulares. Su eliminación durante el proceso de secado cuando el contenido de humedad disminuye por debajo del punto de saturación de las fibras, produce contracción en la madera. (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Celulosa. - Es la sustancia de carácter polisacárido, que constituye la estructura o esqueleto de las paredes celulares. (INEN 1156, 2013, pg.2)

- Contenido de humedad. - Es la cantidad de agua presente en la madera, expresada en porcentaje. (INEN 1156, 2013, pg.3)

- Corte plano. - Es el que se realiza con herramientas manuales o mecánicas según un plano geométrico. (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Corte radial. - Es el corte longitudinal, perpendicular a los anillos de crecimiento. (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Corte tangencial. - Es el corte longitudinal, tangente a los anillos de crecimiento. (INEN 1156, 2013, pg.5)

- Deflectómetro. - Debe utilizarse en caso de que la prensa no disponga de un registrador automático de la curva de esfuerzo-deformación. Al montarse éste sobre la probeta, debe haber entre sus abrazaderas una separación mínima de 6 cm.

- Densidad real o absoluta. Es la masa de la unidad de volumen de la materia leñosa que constituye la madera.

- Densidad aparente. - Es la masa de la unidad de volumen de la madera, con determinado contenido de humedad. (INEN 1156, 2013)

- Densidad aparente anhidra. - Es la masa de la unidad de volumen de la madera en estado anhidro. (INEN 1156, 2013)

- Densidad básica. - Es el cociente de la masa de la madera seca al horno y su volumen en estado verde. (INEN 1156, 2013, pg.3)

- Fibra. - Es la dirección o alineamiento que forman en el plan leñoso los elementos constitutivos de la madera. Se expresa: fibra, recta, oblicua, entrecruzada, irregular, etc.

- Higroscopicidad. - Es la propiedad de la madera de absorber agua del medio ambiente que la rodea. (INEN 1156, 2013, pg.3)

- Madera anhidra. - Es aquella en la que ha sido eliminada toda la humedad. (INEN 1156, 2013, pg.3)

13.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Soporte magnético. – Es un accesorio de medición idealizado para utilizarlo como un instrumento de medición como indicadores de cuadrante o palpadores, permitiendo su fijación en cualquier posición deseada:

- Utiliza una base magnética que permite la fijación en posición horizontal, vertical o inclusive invertida. Posee una base en "V" que permite su fijación sobre superficies cilíndricas.
- Posee un eje fijo y otro libre, y además un adaptador en la extremidad del eje libre que permite el posicionamiento del instrumento de medición en cualquier sentido.
- Tiene también un sistema de traba mecánica independiente para el eje y para el instrumento.

13.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

NTE INEN. – Normas técnicas ecuatorianas.

COPANT. – Comisión Panamericana de Normas Técnicas

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

JUNAC. - Junta del acuerdo de Cartagena

- COPANT 464:1972 – Maderas – Método de determinación de la compresión paralela al grano.
- COPANT 466:1972 – Maderas – Método de determinación de la compresión perpendicular al grano.
- COPANT 460:1972 – Maderas – Método de determinación de la humedad.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM D 143: 1994. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.
- NTC 785. Norma técnica colombiana NTC 785:1974. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano.

13.3. Marco teórico de la práctica

13.3.1. Introducción

El ensayo de compresión en maderas es un ensayo utilizado para conocer su comportamiento ante fuerzas o cargas de compresión. El ensayo se realiza sobre una probeta del material, normalmente de forma rectangular, en una máquina universal de ensayos.

A partir de este ensayo a más de determinar la resistencia a la compresión máxima y rotura se determina los siguientes parámetros:

- La resistencia a la compresión al límite de proporcionalidad.
- La deformación al límite de proporcionalidad.
- El módulo de elasticidad.
- Se determinar experimentalmente las propiedades mecánicas (límites de proporcionalidad (elasticidad) y fluencia) para la madera, para el caso de solicitación a compresión.
- Y se observa la falla a compresión en una probeta de madera.

13.3.2. Madera

La madera es un material renovable que el hombre ha utilizado desde tiempos remotos para diferentes fines: Elaboración de herramientas, utensilios, muebles, etc., fue el primer material de construcción trabajado por el hombre, que le proporcionó protección. (Gutiérrez de López, 2003, pg.145)

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución, o de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman. El cómo están colocados u ordenados estos elementos servirá para comprender mejor el comportamiento de este material. (Stalin & Armijos, 2010, pg.74)

13.3.3. Características de la madera

La madera se caracteriza por tener las siguientes características:

a) Es un material higroscópico, ya que es capaz de disipar o captar humedad y de esta manera ajustarse o equilibrarse con el medio ambiente. (Libia Gutiérrez, 2003)

b) Heterogéneo, Posee células de diferentes dimensiones y espesores, las propiedades varían a lo largo de un mismo tronco y de un árbol a otro de la misma especie. (Libia Gutiérrez, 2003)

c) Anisotrópico**,** Las características físicas, mecánicas y de trabajabilidad difieren según el plano considerado. (Libia Gutiérrez, 2003)

d) Biodegradable**,** Magnitud de daño, cuando es atacado por hongos e insectos la depende de las características de madurez y del grado de protección que se le aplique.

e) Combustible**,** Por su composición química arde fácilmente.

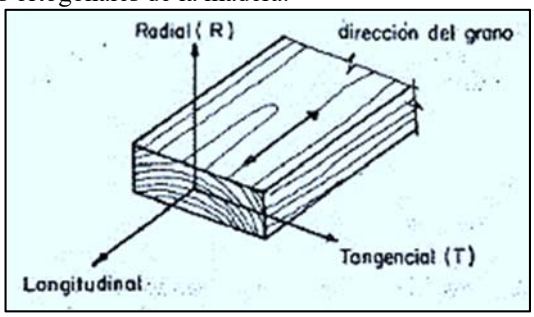
f) Deformable**,** Cuando está sometido a carga y cuando ésta actúa en forma permanente la deformación es irreversible. (Libia Gutiérrez, 2003, pg.146)

g) Fácil de trabajar, Debido a su poco gasto de energía este permite diversidad de usos.

13.3.4. Propiedades resistentes de la madera

En la madera se pueden reconocer tres direcciones principales que pueden considerarse ortogonales entre sí, estas direcciones son la longitudinal, la tangencial y la radial. En la ilustración, puede observarse que la dirección radial y la tangencial son perpendiculares al grano. (JUNAC,1984, pg.1-21)

Ilustración 11. Direcciones ortogonales de la madera.



Fuente: Tomada del libro: "Manual de diseño para maderas del grupo andino", 1984, pg. 1-21

En la práctica se consideran dos direcciones:

- la dirección longitudinal o paralela a la fibra
- y la dirección transversal o perpendicular al grano.

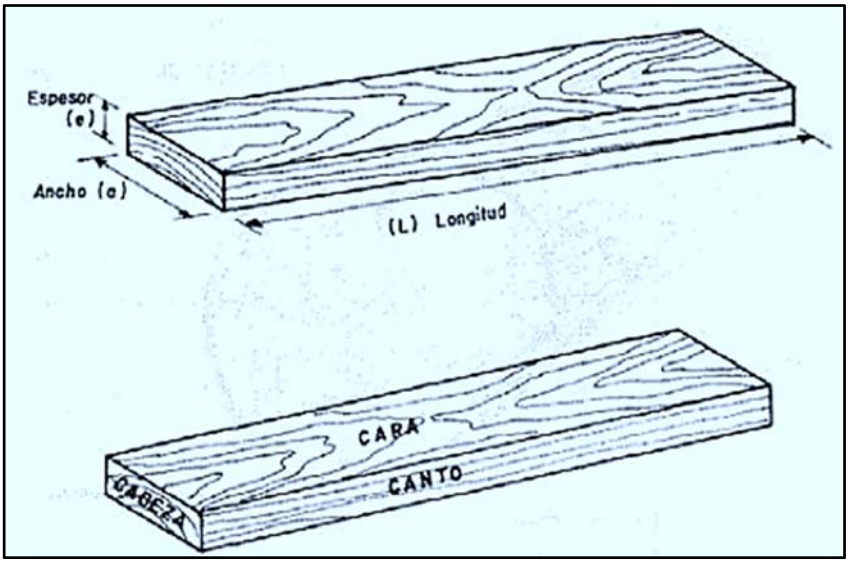
Las principales propiedades resistentes de la madera son:

- Resistencia a la compresión paralela al grano.
- La compresión perpendicular al grano.
- La flexión.
- La tracción
- Y corte paralelo al grano.

Los esfuerzos básicos para cada una de estas propiedades resistentes son obtenidos de probetas pequeñas libres de defectos y ensayadas según la norma ASTM D-143 y las normas COPANT.

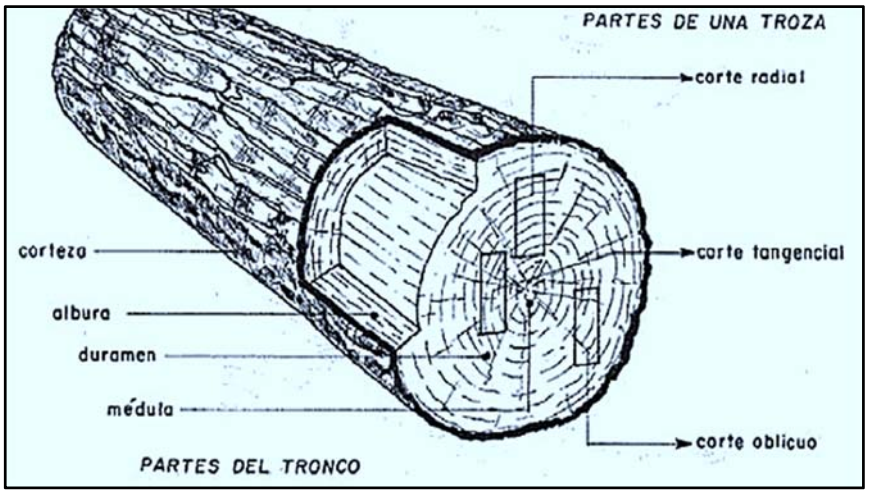
13.3.5. Formas de corte de madera

Ilustración 12. Formas de corte de madera.



Fuente: NEC-SE-MD,2015, pg.11

Ilustración 13. Partes de una troza.



Fuente: NEC-SE-MD, 2015, pg.28

13.3.6. Planos de la madera

La madera se da mediante los siguientes planos de corte, esquematizados en la siguiente ilustración:

A) Sección Transversal: Es el corte efectuado perpendicularmente al eje principal.

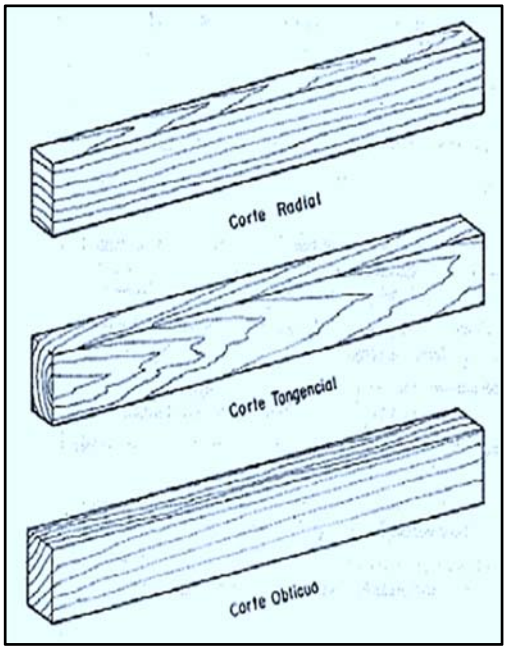
B) Sección Longitudinal (adecuado): Corte paralelo al eje del tronco, el cual puede ser:

- **Corte Radial:** Cuando es perpendicular a los anillos de crecimiento y se extiende desde la médula hasta la corteza. Si el corte longitudinal se hace paralelo a los radios desde la corteza hasta la médula. (JUNAC, 1984, pg.2-3)

- **Corte Tangencial:** Es perpendicular a los radios de crecimiento y el corte es paralelo a los anillos de crecimiento. Si el corte longitudinal sigue la dirección perpendicular a los radios o tangente a los anillos de crecimiento. (JUNAC, 1984, pg.2-3)

- **Corte Oblicuo:** Es el que sigue cualquier dirección. (JUNAC, 1984, pg.2-3)

Ilustración 14. Cortes longitudinales



Fuente: Tomada del libro: "Manual de diseño para maderas del grupo andino", 1984, pg. 2-3

13.3.7. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas hacen referencia a la resistencia de la madera a los diferentes esfuerzos de trabajo por la acción de cargas que actúan sobre ella.

En una estructura, para poder diseñar o calcular se requiere conocer las propiedades mecánicas del material que se va a utilizar.

En este caso la madera es un elemento natural está sujeta a variaciones, según su especie, origen, lugar dentro del tronco, alteraciones y defectos, etc, que no es posible fiscalizar y que tienen una gran importancia por encima de sus propiedades mecánicas.

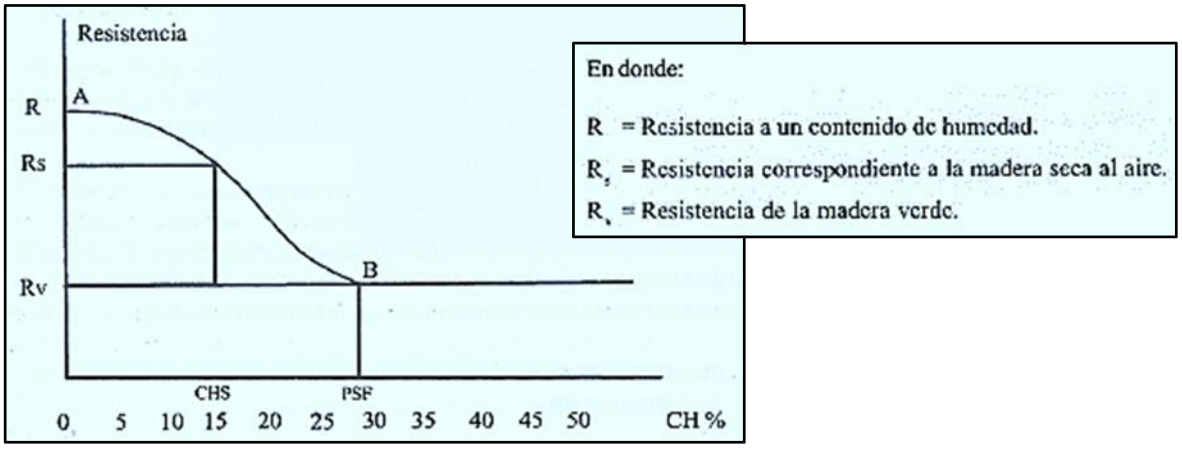
En el análisis de las características mecánicas de la madera no se hace diferencia en el sentido radial y tangencial a pesar de que, aunque existe diferencia, no se considera por su poca magnitud y porque el material no se asierra diferenciando estas dos direcciones. Las propiedades mecánicas se especifican para la dirección longitudinal o paralela a la fibra y transversal o perpendicular al grano o fibra. (Gutiérrez de López, 2003, pg.163)

Las propiedades mecánicas se ven afectadas por:

a) La dirección de la fibra con respecto al lado largo de la pieza: Existe dentro de la madera una dirección privilegiada, la del eje axial o de crecimiento del árbol, de una gran resistencia a los esfuerzos por ser estos paralelos a las fibras y dos direcciones poco resistentes, perpendiculares a la anterior, situados en el plano transversal, las direcciones radial y transversal. (Gutiérrez de López, 2003, pg.163)

b) La humedad de la madera: La humedad, al igual que el resto de las propiedades físicas, tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas de la madera. Cuando el porcentaje de humedad aumenta la resistencia mecánica disminuye, hasta llegar al punto de saturación de las fibras a partir del cual las propiedades mecánicas permanecen constantes. El anterior comportamiento puede observarse en todos los ensayos a los cuales es sometida la madera, a excepción del choque o impacto y la tracción perpendicular a la fibra. (Gutiérrez de López, 2003, pg.163)

Gráfico 11. Variación de la resistencia con la humedad.



Fuente: Tomada del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción", Gutiérrez de López, 2003, pg. 164.

En donde:

R, resistencia a un contenido de humedad

Rs, resistencia correspondiente a la madera seca al aire

Rv, resistencia de la madera verde

CHS, contenido de humedad en estado seco

PSF, punto de saturación de las fibras

Por lo anterior la resistencia de una madera a un esfuerzo dado es función del grado de humedad y en consecuencia, la resistencia considerada no puede definirse con exactitud sino con respecto a un porcentaje de humedad determinado. El valor de CHS es generalmente 12% considerando como el valor que define la madera seca al aire y el PSF se puede considerar igual al 30%. Además, en cuanto a la variación dimensional, cuando se seca la madera se presentan contracciones que son las que originan los cambios dimensionales de las piezas de madera al cambiar su contenido de humedad. Por lo que, para disminuir los cambios dimensionales en los elementos de la estructura, la madera se seca a un contenido de humedad de entre el 12-15% antes de usarla. El PSF varía de 25-35%. Cuando el CH es menor que el PSF la madera sufre cambios dimensionales; también varían sus propiedades mecánicas. Para maderas de la subregión andina se han encontrado los siguientes porcentajes de variación, en los valores de la resistencia con el contenido de humedad: (Gutiérrez de López, 2003, pg.164)

Tabla 30. Porcentajes de variación.

PROPIEDAD	% DE VARIACIÓN POR CADA 1% QUE VARIA LA HUMEDAD
- Compresión paralela a las fibras	4 - 6
- Tracción paralela a la fibra	3
- Corte	3
- Flexión	4
- Módulo de elasticidad	2

Fuente: Tomada del libro: “El concreto y otros materiales para la construcción”, Gutiérrez de López, 2003, pg. 164

El coeficiente de influencia de la humedad se determina experimentalmente para cada tipo de madera en muestras homogéneas sacadas del mismo anillo de crecimiento del árbol.

La madera contiene:

- Agua capilar libre
- Agua higroscópica (en la pared celular)
- Y agua en sus moléculas.

Por lo tanto, el contenido de agua "CH" será el porcentaje en peso que tiene el agua libre más el agua higroscópica, todo esto con respecto a la madera en estado anhidro.

$$CH = \frac{P_{húmedo} - P_{seco}}{P_{seco}} x100$$ Ecuación. 43. CPM

Cuando la madera no tiene agua libre y empieza a perder el agua higroscópica, se considera que la madera se halla en estado de saturación de sus fibras.

El contenido de humedad en estado de saturación (CHS) está entre un 25% a 35%, por lo tanto, si el contenido de humedad acrecienta, las propiedades mecánicas no cambian.

El contenido de humedad de equilibrio (CHE) se presenta cuando la madera pierde el agua higroscópica hasta alcanzar la humedad de equilibrio con la humedad del aire.

El CH máximo se define como la máxima cantidad de agua capilar que se adiciona a la humedad de saturación.

$$C.H._{MAX} = C.H.S. + C.H._{capilar}$$ Ecuación. 44. CPM

$$C.H._{MAX} = \left(0.30 + \frac{1.5 - Z_O}{1.5 * Z_O}\right) * 100$$ Ecuación. 45. CPM

En donde:

Zo, Densidad en estado seco

Por el contenido de humedad la madera se considera:

Tabla 31. Contenido de humedad de la madera

Madera Seca	**C.H.** < 20%
Madera semi-seca o verde	20% ≤ **C.H.** ≤ 30%
Madera húmeda o saturada	**C.H.** > 30%

Fuente: Gutiérrez de López, 2003, pg. 164

Se debería utilizar la madera en estado seco, pero si existiera dificultades para emplear clavos en las uniones, se puede recurrir a madera en estado verde, siempre y cuando se dé un tratamiento a esta contra hongos, insectos, y se tome en consideración el problema de la variación volumétrica.

c) La densidad: La densidad tiene gran importancia en la resistencia mecánica de la madera. En probetas pequeñas se considera que la resistencia varía proporcionalmente con la densidad, esto es a mayor densidad mayor resistencia. (Gutiérrez de López, 2003, pg.165)

d) Temperatura: Influye en las propiedades mecánicas, si se aumenta la temperatura hay disminución en ellas. La madera expuesta por un tiempo prolongado a altas temperaturas sufre cambios irreversibles en sus propiedades. A un contenido de humedad constante y una variación en la temperatura alrededor de 200°C, la variación de las propiedades mecánicas es lineal y los cambios reversibles, pero cambios bruscos de temperatura, producen cambios irreversibles. (Gutiérrez de López, 2003, pg.165)

e) Tensiones de crecimiento: Son los esfuerzos horizontales a los que es sometido el árbol durante su crecimiento; el viento, la excesiva pendiente del terreno y la luz en un sólo sentido puede provocar fallas en el tronco que cicatrizan porque el árbol está vivo, pero que al cargar el elemento en la estructura su resistencia es baja por la falta de continuidad en las fibras o por falta de paralelismo. . (Gutiérrez de López, 2003, pg.165)

f) Defectos en la madera: Algunos defectos de la madera, especialmente los nudos que son discontinuidades debidas al nacimiento y desarrollo de las ramas, afectan el comportamiento mecánico de la madera, especialmente cuando se encuentran en zonas de tensión; por lo tanto, debe realizarse una inspección visual a las piezas de madera que se van a destinar a uso estructural. (Gutiérrez de López, 2003, pg.166)

13.3.8. Resistencia a la compresión paralela a la fibra:

La madera tiene resistencia a los esfuerzos de compresión paralelos a sus fibras, ya que, las fibras están encauzadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular, la cual es la capa de mayor espesor de las fibras. (Libia Gutiérrez, 2003)

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia al aplastamiento. Mediante la acción de un esfuerzo de compresión en el sentido axial, una pieza de madera se expande en su parte media; los haces de fibras, presentando predisposición a separarse en columnillas y luego a fallar individualmente; la rotura

puede residir en un agrietamiento longitudinal de la pieza que se arruina por pandeo de estas columnillas, o por un movimiento de la parte superior sobre la parte inferior, a lo largo de un plano más o menos oblicuo sobre el eje de la pieza. (Libia Gutiérrez, 2003)

En elementos a escala natural, como en el caso de columnas, solamente aquellas con una relación de esbeltez (longitud/ancho) <10, presentan toda su resistencia al someter el elemento a esfuerzos de compresión. (Libia Gutiérrez, 2003)

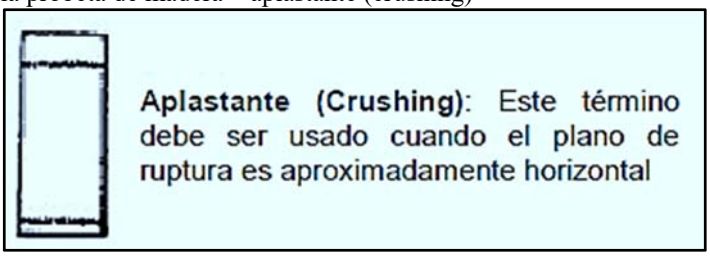
En elementos esbeltos, se limita la resistencia por el pandeo lateral y depende más de la forma geométrica de la pieza que de la propia capacidad resistente de la madera.

Los valores del esfuerzo para maderas tropicales de rotura en compresión paralela a la fibra varían entre 100kg/cm^2 y 900kg/cm^2.

En la siguiente ilustración se presenta las formas de falla de las probetas de madera sometidas al ensayo de compresión paralelo a la fibra:

a) Aplastante (crushing):

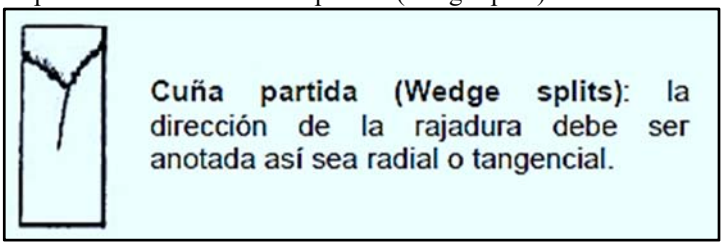
Ilustración 15. Falla probeta de madera – aplastante (crushing)



Fuente: Google

b) Cuña partida (Wedge splits):

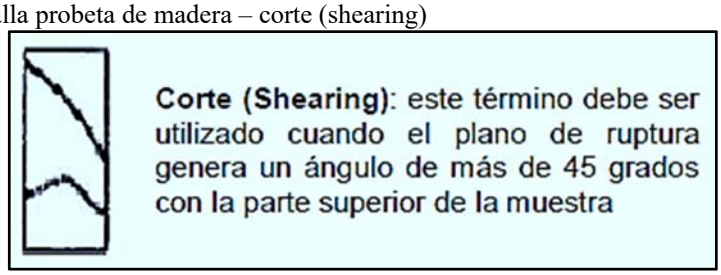
Ilustración 16. Falla probeta de madera – cuña partida (wedge splits)



Fuente: Google

c) Corte (shearing):

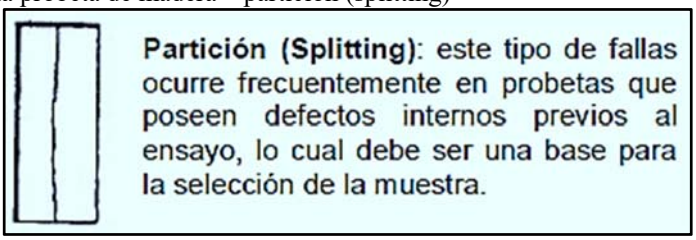
Ilustración 17. Falla probeta de madera – corte (shearing)



Fuente: Google

d) Partición (Splitting):

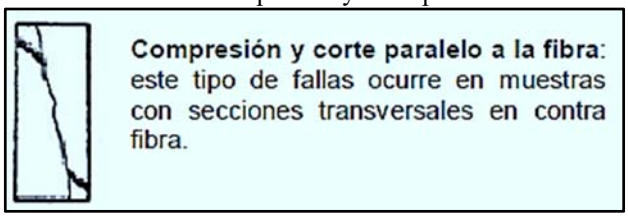
Ilustración 18. Falla probeta de madera – partición (splitting)



Fuente: Google

e) Compresión y corte paralelo a la fibra:

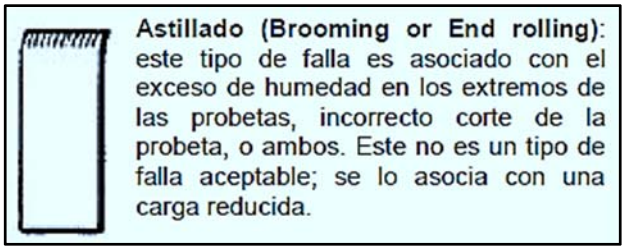
Ilustración 19. Falla probeta de madera – compresión y corte paralelo a la fibra



Fuente: Google

f) Astillado (Brooming or End Rolling)

Ilustración 20. Falla probeta de madera – astillado



Fuente: Google

13.3.9. Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra:

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.

Las fibras bajo este tipo de carga están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas; permitiendo que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los

pequeños cilindros que semejan las fibras), incrementando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga.

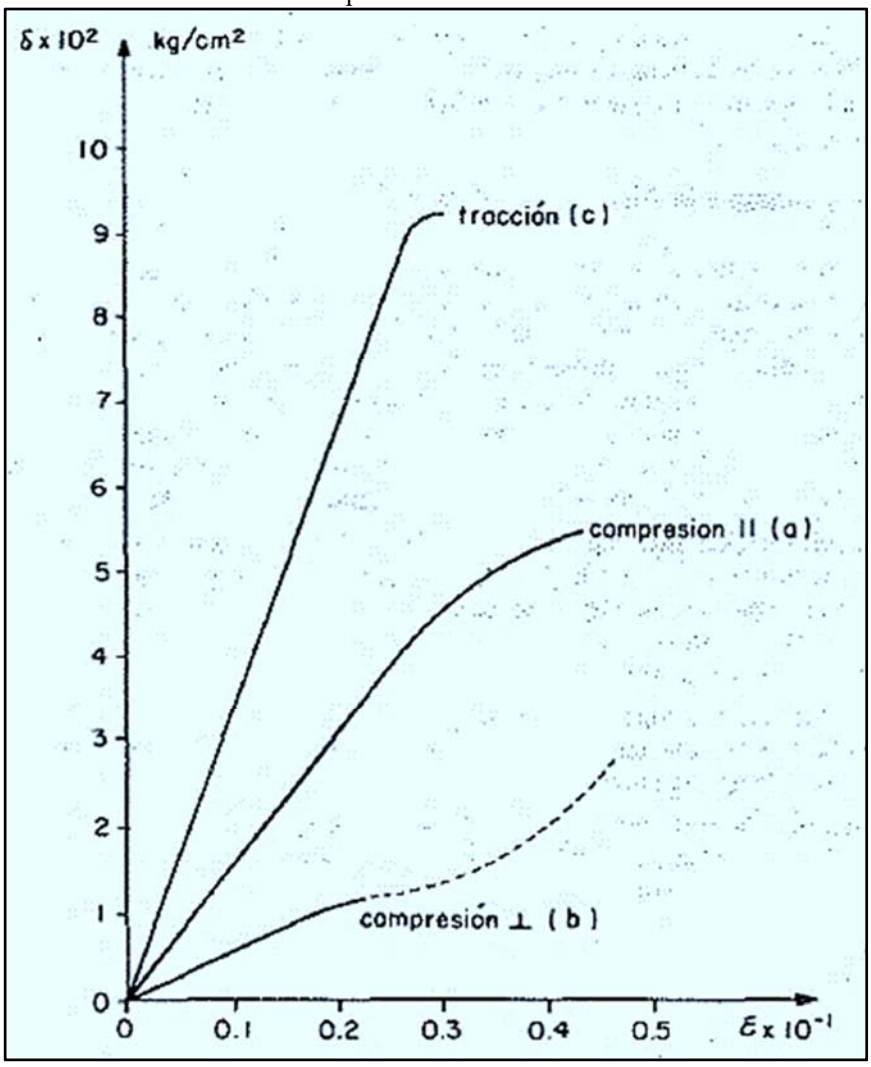
La resistencia está caracterizada por el esfuerzo-al límite proporcional. Este varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela. (JUNAC, 1984, pg.1-22)

Cuando las fibras reciben la carga a un ángulo intermedio entre o" (paralela a las fibras) y 90° (perpendicular a las fibras) la resistencia alcanza valores intermedios. (JUNAC, 1984, pg.1-22)

Al aplicar carga en sentido perpendicular a la fibra tiende a comprimir las cavidades de las células, provocando que la densidad se incremente y por consiguiente la capacidad de resistir; sin embargo, la deformación es alta, siendo ésta la limitante para cargar el elemento.

Hay que tener en cuenta que la carga máxima que se aplica a la probeta es la que produzca una deformación del 5%. (NTC785, 1974, pg3)

Gráfico 12. Curvas esfuerzo-deformación para maderas latifoliadas.



Fuente: Tomada del libro "Manual de diseño para maderas del grupo andino, 1984, pg. 1-23

13.3.10. Clasificación de la madera estructural

La madera se clasifica en 3 grupos, la misma que dependerá de las propiedades mecánicas y de la densidad básica.

Tabla 32. Clasificación de la madera estructural

Grupo	Peso Esp. Rel.	Resistencia	Densidad	Especie
A	1.1 T/m3	Mayor	0,71 a 0,90	Guayacán
B	1.0 T/m3	Intermedia	0,56 a 0,70	Chanul, moral fino
C	0.90 T/m3	Baja	0,40 a 0,55	Fernán Sánchez, Mascarey

Fuente: Apuntes de clase

13.3.11. Módulo de elasticidad

Este módulo se emplea en diseños a compresión paralela a la fibra, tracción, flexión, bajo el mismo principio estadístico que para esfuerzos de rotura (exclusión del 5%). Se asume un valor único para tracción y compresión paralela a la fibra. El módulo de elasticidad varía en función al tipo de madera estructural.

Tabla 33. Módulo de elasticidad de madera A,B,C

Módulo Elasticidad (kg/cm^2)	**A**	**B**	**C**
E 0.05	95000	75000	55000
E pro	130000	100000	90000

Fuente: Apuntes de clase

13.3.12. Formulas y cálculos – compresión paralela a la fibra

- La resistencia máxima a la rotura por compresión axial se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma = c\,//\;\; máx. = \frac{P}{S}$$ Ecuación. 46. CPM

En donde:

$\sigma = c\,//\;\; máx.$ Resistencia máxima a la rotura, en MPa.

P = Carga máxima soportada por la probeta, en KN.

S = Superficie de la sección transversal de la probeta, calculada antes del ensayo, en centímetros cuadrados.

- La resistencia en el límite proporcional a la compresión axial se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma\, c\,//\;\; límite\;\; proporcional = \frac{P_1}{S}$$ Ecuación. 47. CPM

En donde:

$\sigma\, c\,//\;\; límite\;\; proporcional$ = Resistencia en el límite proporcional, en MPa

P1 = Carga soportada por la probeta en el límite proporcional, en KN.

S = Superficie de la sección transversal de la probeta, en centímetros cuadrados.

- Para calcular el Módulo de Elasticidad a compresión de una probeta analizada, se debe realizar un cuadro que analice la carga y la deformación de la probeta, que se transformará en esfuerzo y deformación unitaria. A través de la fórmula de la Ley de Hooke se establecerá el Módulo de Elasticidad:

$$\sigma = E * \varepsilon$$ Ecuación. 48. CPM

En donde:

σ , Esfuerzo, MPa

E, módulo de elasticidad, MPa

ε , deformación unitaria

13.3.13. Fórmulas y cálculos - compresión perpendicular al grano

- La resistencia en el límite proporcional se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma = c \perp = \frac{P_1}{S}$$ Ecuación. 49. CPM

En donde:

$\sigma = c \perp$ = resistencia en el límite proporcional en MPa por centímetro cuadrado.

P1 = carga en el límite proporcional, en KN.

S = superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión, en centímetros cuadrados. Esta superficie se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$S = a \cdot a'$$ Ecuación. 50. CPM

a = ancho de la probeta, en centímetros

a' = ancho del prisma recto, en centímetros

- La resistencia a una deformación del 1 % del espesor de la probeta se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma c \perp 1\% = \frac{P}{S}$$ Ecuación. 51. CPM

En donde:

$\sigma c \perp 1\%$, resistencia a una deformación del 1 %, en MPa por centímetro cuadrado.

P = carga en el 1 % de deformación, en KN.

S = superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión, en centímetros cuadrados.

13.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión en probetas de madera estandarizadas de diferente especie.

Objetivo específico

- Determinar la resistencia a la compresión axial o paralela al grano.
- Determinar la resistencia a la compresión perpendicular al grano.
- Determinar la humedad y peso específico.

13.5. Alcance

Mediante probetas de madera normalizadas sin fallas ni defectos y perfectamente labradas las cuales se someterán a una carga a compresión para determinar el esfuerzo último, módulo de elasticidad y mediante la acción de un horno se determinará el contenido de humedad del espécimen.

13.6. Importancia y aplicación

- Mediante el presente ensayo se podrá determinar si el espécimen de madera puede ser utilizado:

  a) De manera estructural, para la construcción ya sea para dar soporte como viga, viguetas o columna.

b) O madera de elaboración (no estructural), para uso de carpintería y ebanistería (puertas, marcos o piezas decorativas).

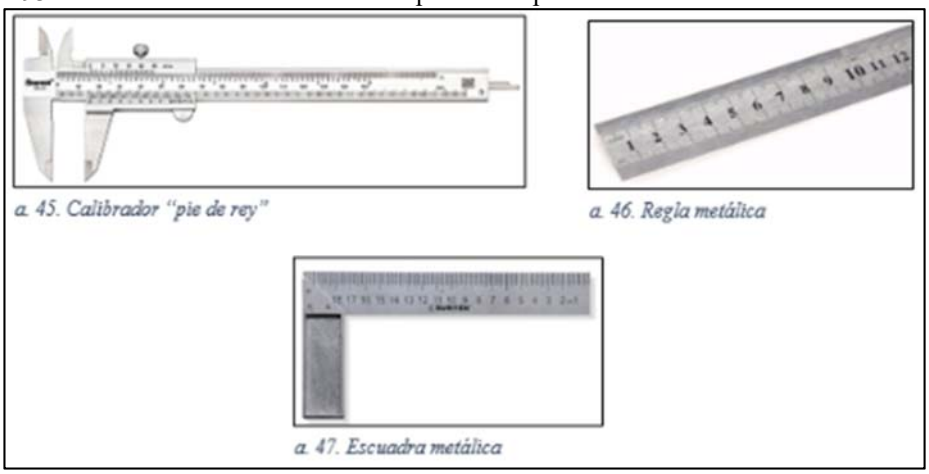
- La resistencia mecánica de la madera como la densidad en probetas pequeñas se tiene que la resistencia varía proporcionalmente con la densidad, esto es a mayor densidad mayor resistencia.
- La madera es un material procedente de seres vivos que son los árboles, contiene agua en su interior. Posterior al secado, la madera pierde una elevada cantidad de agua mas no toda, ya que como materia prima se comporta como un material "higroscópico", esto es, tiene la propiedad de ceder o ganar humedad en intercambio con la humedad del medio ambiente que la rodea, hasta alcanzarse un estado de equilibrio entre el valor de la humedad relativa del aire y el contenido de humedad de la madera. Esta propiedad(higroscopicidad), hace que la madera en condiciones normales de uso siempre contenga una cierta cantidad de agua en las paredes de las células que la conforman, por lo que la variación de esa cantidad de agua tiene incidencia en las demás propiedades como son su resistencia mecánica, su aptitud para el trabajo con máquinas y herramientas, su aptitud para recibir acabados y adhesivos, el poder calorífico que puede generar, su resistencia al ataque de hongos cromógenos (manchadores) y xilófagos (de pudrición), su aptitud para la impregnación, en el peso y en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia de la variación en su contenido de humedad.
- Cuando las contracciones por la pérdida de humedad en la madera son intensas, los esfuerzos de tensión que en ella se originan tienden también a provocar la separación de las fibras, lo que se conoce como grieta y/o rajadura, desmeritando la calidad del espécimen y fracturando el acabado.

- El exceso de humedad en la madera evita que los recubrimientos como lacas, barnices, pinturas, etc., se puedan fijar o anclar apropiadamente en la superficie de la madera. La falta de compatibilidad entre el agua y los solventes, así como el ocupamiento de los poros de la madera por agua son las principales limitantes para la fijación de los recubrimientos, haciendo que éstos se desprendan, en todo caso, en breve tiempo.

13.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

Imagen 193. Herramientas – resistencia a compresión en probetas de madera



a. 45. Calibrador "pie de rey"

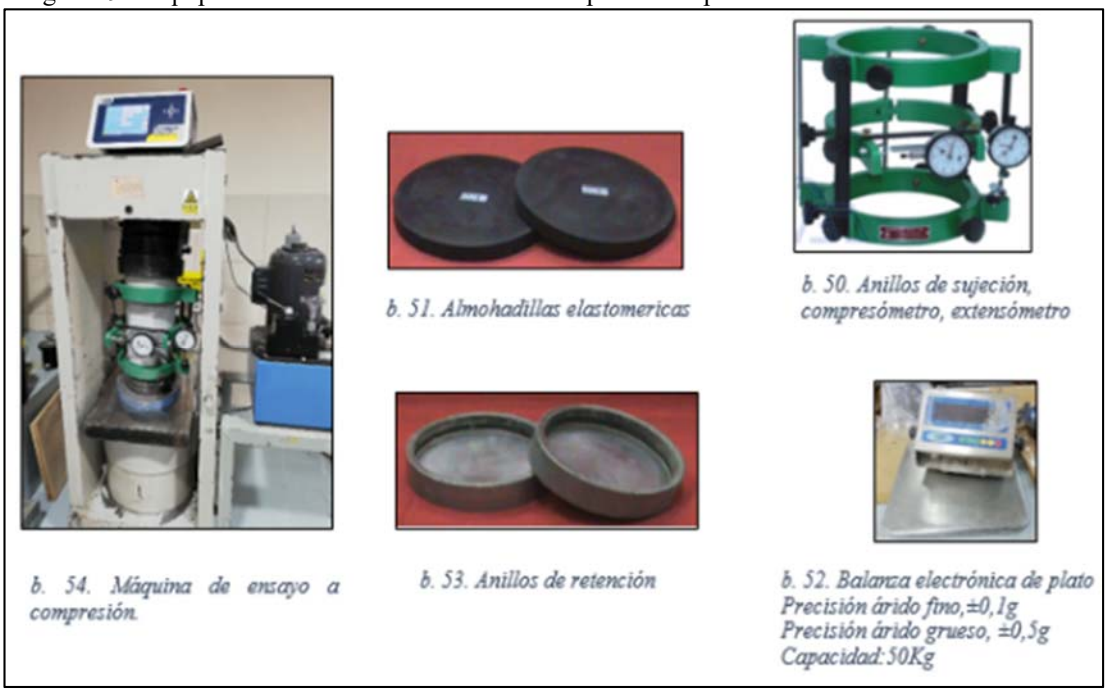
a. 46. Regla metálica

a. 47. Escuadra metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 194. Equipo de laboratorio - resistencia a compresión en probetas de madera



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

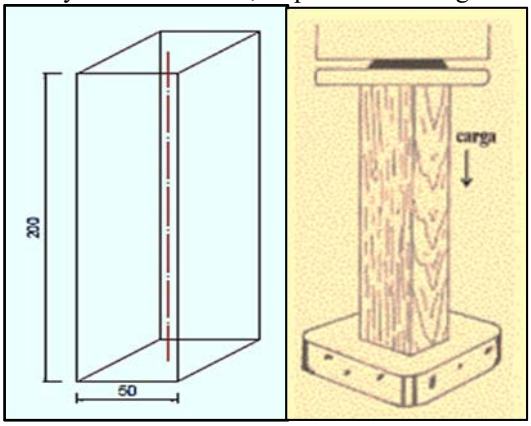
c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

El número de probetas a ensayar tanto para compresión paralela al grano como perpendicular al grano, está determinado por el grado de exactitud que se desee alcanzar en el ensayo. Se recomienda, 2 probetas de diferente especie por cada ensayo.

- **<u>Probeta parea ensayo de compresión paralela al grano:</u>**

Las probetas normalizadas son de forma prismática con sección rectangular de 5cm x 5cm x 20cm, de acuerdo a lo establecido las normas: COPANT464 y ASTM D143. Se debe tener especial cuidado en la elaboración de estas probetas, y asegurar que los extremos de las probetas sean paralelos entre sí, y en ángulo recto al eje longitudinal. El eje longitudinal de la probeta debe ser paralelo a la dirección general del grano.

Imagen 195. Probeta para ensayo – dimensiones, disposición de carga



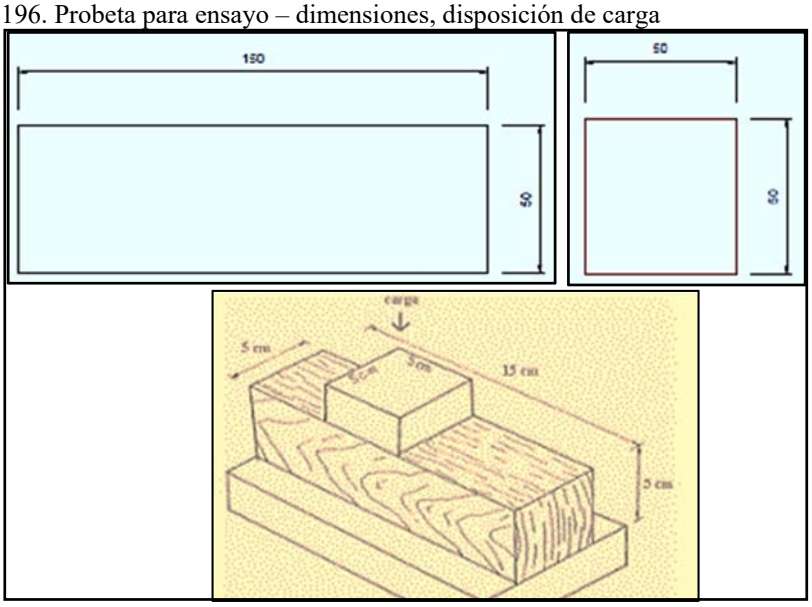
Fuente: NTC 785, pg3.

- **<u>Probeta parea ensayo de compresión perpendicular al grano:</u>**

Las dimensiones de las mismas serán de: 5cm x 5cm x 15cm, de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Panamericanas, COPANT-466 y ASTM-C143

La probeta no deberá tener: nudos sueltos, rajaduras, grietas, fibras hinchadas, perforaciones, alabeos; puesto que las mismas comprometerán la confiabilidad del ensayo.

Imagen 196. Probeta para ensayo – dimensiones, disposición de carga



Fuente: NTC 785, pg.4

Las probetas deberán ser perfectamente labradas, y no deberán tener ninguno de los siguientes defectos:

- **Nudos**

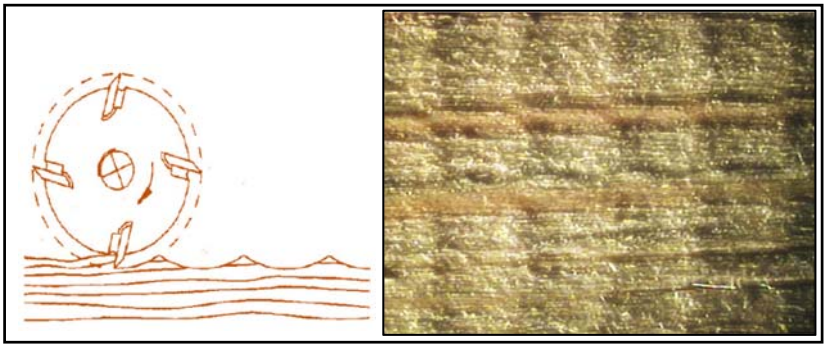
Imagen 197. Defectos - nudos



Fuente: Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/links/58639c7808ae8fce490b6841/MADERA-SERRADA-ii-DEFECTOS-Y-ALTERACIONES.pdf.

- **Textura irregular**

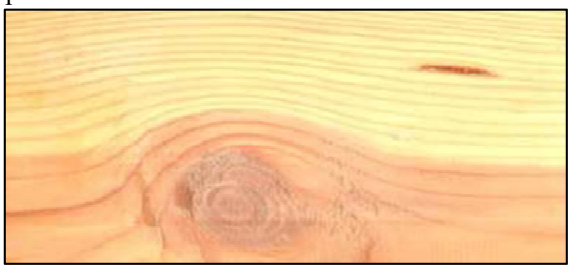
Imagen 198. Defectos – textura irregular



Fuente: Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/links/58639c7808ae8fce490b6841/MADERA-SERRADA-ii-DEFECTOS-Y-ALTERACIONES.pdf.

- **Pieza con albura, duramen y bolsa de resina**

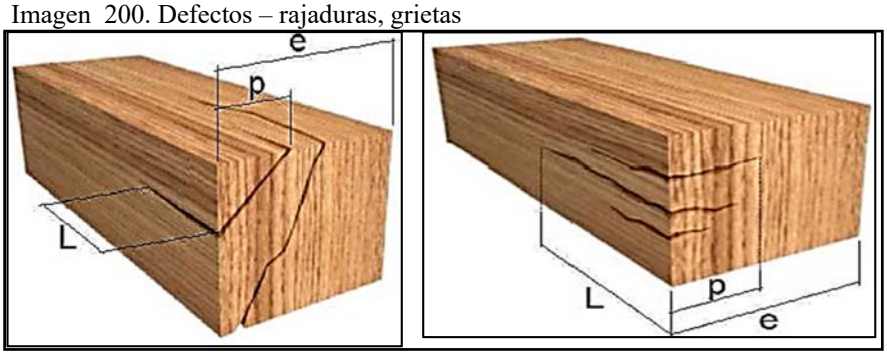
Imagen 199. Defectos – pieza con albura



Fuente: Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/links/58639c7808ae8fce490b6841/MADERA-SERRADA-ii-DEFECTOS-Y-ALTERACIONES.pdf.

- **Rajaduras o grietas**

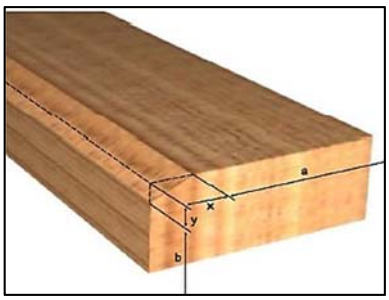
Imagen 200. Defectos – rajaduras, grietas



Fuente: Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/links/58639c7808ae8fce490b6841/MADERA-SERRADA-ii-DEFECTOS-Y-ALTERACIONES.pdf.

- **Canto muerto**

Imagen 201. Defectos – canto muerto



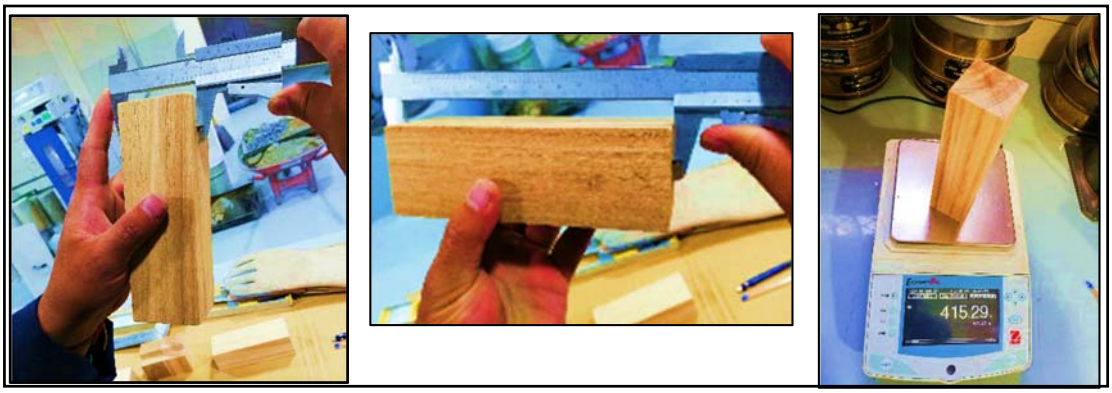
Fuente: Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/links/58639c7808ae8fce490b6841/MADERA-SERRADA-ii-DEFECTOS-Y-ALTERACIONES.pdf.

c.1. Preparación de la muestra – Compresión paralela al grano

- Etiquetar a cada espécimen, en lo posible marcar: el tipo de espécimen, el número de espécimen, según corresponda.

- Medir y registrar los valores correspondientes a la geometría y masa del espécimen.

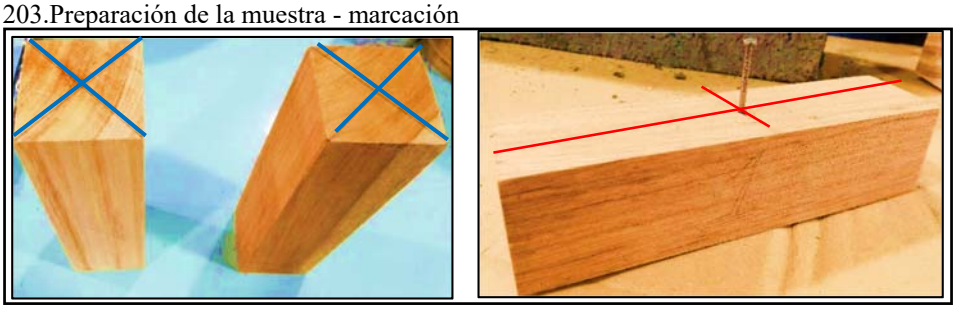
Imagen 202.Preparación de la muestra, geometría, peso.



Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Marcar con una cruz el punto de aplicación de la carga y colocar un clavo que no penetre todo el espécimen, en el punto medio de una de las caras laterales de la probeta.

Imagen 203.Preparación de la muestra - marcación

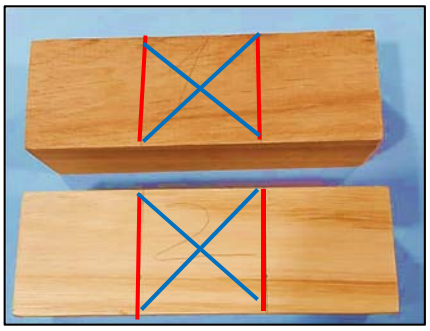


Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Preparación de la muestra – Compresión perpendicular al grano

- Etiquetar a cada espécimen, en lo posible marcar, el tipo de espécimen, el número de espécimen, según corresponda.
- Medir y registrar los valores correspondientes a la geometría y masa del espécimen.
- Dividir la longitud de la probeta en 3 partes iguales, marcar la probeta, de tal manera que en la fracción media sirva para colocar adecuadamente la placa de compresión.

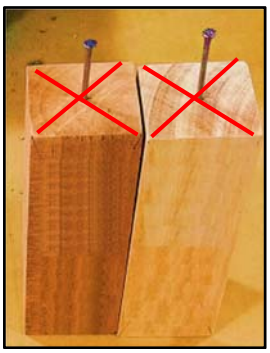
Imagen 204. Preparación de la muestra



Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Marcar con una cruz cualquier cara de los extremos de la probeta, y colocar un clavo

Imagen 205. Preparación de la muestra - marcación



Fuente: Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

13.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

13.8.1. ¿De qué manera interfieren las propiedades mecánicas en la madera?

Cuando se habla de "propiedades mecánicas" se refiere a la resistencia que brinda la madera a los diferentes esfuerzos de trabajo por la acción de cargas que ejercen sobre ella. (Libia Gutiérrez, 2003)

13.8.2. ¿Para poder realizar un cálculo estructural que datos se necesita saber de una madera?

Para poder desarrollar los cálculos de una estructura es preciso conocer las propiedades mecánicas del material que se va a utilizar. (Libia Gutiérrez, 2003)

13.8.3. ¿Cuáles son las principales propiedades mecánicas de la madera que más interesan desde el punto de vista estructural?

- Resistencia a la compresión paralela a la fibra
- Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra
- Resistencia a la tracción paralela a la fibra
- Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra
- Resistencia al corte
- Resistencia a la flexión

13.8.4. ¿Cuáles son los factores por los que se ven afectado las propiedades mecánicas de la madera?

- La dirección de la fibra con respecto al lado largo de la pieza
- Humedad de la madera.

- La densidad
- La temperatura
- El tiempo de aplicación de la carga
- Tensiones de crecimiento
- Defectos de madera

13.8.5. ¿Cuál es una de las propiedades de la madera que le brinda resistencia?

La propiedad que le brinda resistencia a la madera es la dureza, la cual le brinda una resistencia que se opone al desgaste, al marcado y a los clavos, la misma que a su vez depende de la densidad, sentido de aplicación del esfuerzo, edad, estructura. (Libia Gutiérrez, 2003)

13.8.6. ¿Cómo se relaciona la dureza de la manera con la trabajabilidad en madera?

La dureza está relacionada con el trabajo que se hace en la madera, bien sea a mano o mecánicamente; debido a una relación directa entre la dureza y la dificultad para realizar este trabajo. Además, existe una relación entre la dureza y la densidad, en donde se establece que las maderas más pesadas son las más duras. (Libia Gutiérrez, 2003)

13.8.7. ¿En un incendio, cómo la madera pierde su resistencia?

Después de un incendio, la reducción de resistencia en un elemento estructural de madera se debe a la disminución de su sección útil.

13.8.8. ¿Cómo se logra que la madera tenga un buen comportamiento ante el aire, luz y agua?

En ambientes constantes la madera es químicamente estable. Pero se recomienda impregnarlas con pintura para madera o sustancias hidrófugas y de esta manera lograr una buena resistencia a los cambios externos y rápidos de humedad de las capas superficiales. Cabe mencionar que las maderas pesadas y de duramen bien marcado son bastante perdurables.

13.8.9. ¿Cómo afecta un ambiente húmedo a la madera y qué relación tiene con la celulosa?

La celulosa es un compuesto principal de la madera que a temperatura ambiente y al aire seco es inalterable, pero su comportamiento en ambientes húmedos, la madera toma un color oscuro y perdiendo su resistencia. (Libia Gutiérrez, 2003)

13.9. Procedimiento de la práctica – Compresión paralela al grano

Imagen 206. Procedimiento – paralela al grano, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Colocar la muestra entre las platinas del equipo, el operador deberá colocar la celda de carga, de tal manera que la fuerza sea aplicada en dirección paralela a las fibras, hasta que las platinas tengan un pequeño contacto con la cara superior de la muestra a ensayar, en ese instante los valores iniciales de carga y de deformación deben ser cero. (NTC784, 1974)

2. Colocar soporte magnético con indicador de dial, teniendo en cuenta que se debe girar la palanca de la base magnética a la posición "ON" para fijarla sobre la superficie magnetizable y ajustar los ejes a la posición deseada de medición, de tal manera que el clavo tenga contacto con el deformímetro.

Imagen 207. Procedimiento – paralela al grano, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Aplicar la carga sobre las caras transversales del prisma, en forma continua y durante todo el ensayo para que produzca una deformación de 0,6 milímetros por minuto. (NTC784, 1974)

4. Registrar los valores que se vayan dando en el dial cada 5kN de carga, aún después de la rotura de la probeta.

Imagen 208. Procedimiento – paralela al grano, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Registrar la carga máxima obtenida cuando falla la probeta.

6. Describir las roturas por compresión de acuerdo con la apariencia de las mismas en la superficie en que aparezcan. En caso de presentarse dos o más roturas, se describen en el orden en que ocurrieron. En la planilla correspondiente debe dibujarse, la forma de la rotura.

7. Cortar la probeta en un prisma de 50mm de altura, cuyas superficies y aristas se deben fijar convenientemente a fin de despojarlas de astillas y otras irregularidades.

Imagen 209. Procedimiento – paralela al grano, (8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

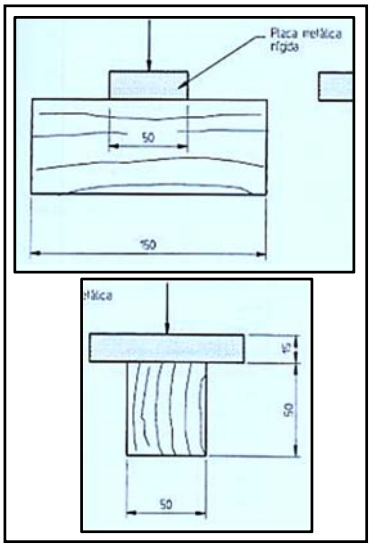
8. Pesar la muestra y registrar el dato.

9. Colocar la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura de 103 ± 2°C. Una vez transcurrido el tiempo señalado, se considera a la muestra Anhidra.

10. Pesar la muestra prismática y se determinar el contenido de humedad.

13.10. Procedimiento de la práctica – Compresión perpendicular al grano

Imagen 210. Procedimiento – perpendicular al grano, (1)



Fuente: NTC 785

1. Colocar la probeta centrada sobre la base del aparato, de manera que la fuerza sea aplicada sobre la cara radial. hasta que la placa metálica rígida tenga un pequeño contacto con la cara superior de la muestra a ensayar, en ese instante los valores iniciales de carga y de deformación deben ser cero. (NTC 7985, 1974)

Imagen 211. Procedimiento – perpendicular al grano, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

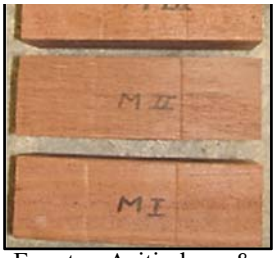
2. Colocar soporte magnético con indicador de dial, teniendo en cuenta que se debe girar la palanca de la base magnética a la posición "ON" para fijarla sobre la superficie magnetizable y ajustar los ejes a la posición deseada de medición, de tal manera que el clavo tenga contacto con el deformímetro.

3. Accionar la prensa a una velocidad de ensayo de 0.3mm/min. Esta velocidad debe mantenerse constante hasta alcanzar una **deformación controlada** del 5 % del espesor de la probeta. (NTC 7985, 1974)

4. Registrar los valores que se vayan dando en el dial leyendo la respectiva carga por cada 100 divisiones en el dial del deformímetro, cuya sensibilidad es de 0.001 mm (mm x 10^3). (NTC 7985, 1974)

5. La deformación límite para este ensayo es de 2.5 mm, pero únicamente en el área de apoyo de la placa, de modo que la deformación es puntual y no se imposibilita a la muestra, por lo que tenemos el caso de un ensayo "no destructivo".

Imagen 212. Procedimiento – perpendicular al grano,



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. Cortar la probeta en un prisma de 50mm de altura, cuyas superficies y aristas se deben fijar convenientemente a fin de despojarlas de astillas y otras irregularidades.

7. Pesar la muestra y registrar el dato.

Imagen 213. Procedimiento – perpendicular al grano, (7)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

8. Colocar la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura de 103 ± 2°C. Una vez transcurrido el tiempo señalado, se considera a la muestra Anhidra.

9. Pesar la muestra prismática y se determinar el contenido de humedad.

13.11. Plantilla para llenar

13.11.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO Y PERPENDICULAR A LAS FIBRAS EN ESPECÍMENES DE MADERA — **ASTM D 143-94 NTC785, NTC784**
1. Escriba el objetivo de la práctica _____
2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____
3. En qué estado fisico deben estar los especímenes? _____
4. Cuál es la velocidad de carga para compresión paralela y perpendicular al grano? _____
5. Qué dimensiones debe tener la probeta, para compresión paralela y perpendicular al grano ?
6. Grafique la dirección de las fibras e identifique las caras de aplicación de carga en el espécimen según normativa, tanto para compresión paralela y perpendicular al grano
7. Indique la importancia y uso del presente ensayo
FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA _____

13.11.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. De acuerdo a su laboratorio complete y compare.

	Espécimen 1		Espécimen 2	
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 1	Probeta 2
Nombre (tipo de madera)				
Resistencia a la compresión ‖				
Resistencia a la compresión ⊥				

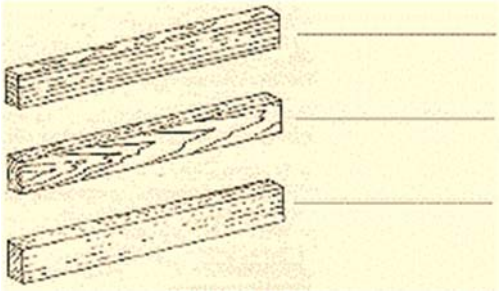
¿Cuál madera posee mayor resistencia a la compresión?, ¿Cuándo la fuerza es aplicada paralela a las fibras, o cuando la carga es aplicada en forma perpendicular a las fibras? Justifique su respuesta.

_ _

_ _

¿Establezca un porcentaje de la diferencia que existe entre la resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra utilizando sus datos?

2. Mencione los planos de corte



13.11.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO A LAS FIBRAS EN ESPECÍMENES DE MADERA,

ASTM D 143-94
NTC 784



	Madera tipo:			Madera tipo:		
Muestra N°						
Identificación						
Longitud promedio, mm						
Ancho promedio, mm						
Altura promedio, mm						
Área (cm2)						
Carga máxima, KN						
Gráfico, Tipo de falla						
Esfuerzo máximo MPa						
$\sigma = \frac{Carga\ de\ rotura}{Secc.de\ falla\ por\ compresión}$						
Esfuerzo promedio MPa						
E, Módulo de elasticidad promedio						

CONTENIDO DE HUMEDAD

Dim. del prisma, mm						
Masa Húmeda, gr.						
Masa Seca, gr.						
% de Humedad						

Firma o Sello del Laboratorista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante:

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO A LAS FIBRAS

ASTM D 143-94
NTC 784

N	Especimen	Carga	Deformación		Esfuerzo	Deformación	E	E
	Identificacion	P	Δ		σ	específica, ε		
		KN	plg.	mm	MPa	mm/mm	MPa	kg/cm2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

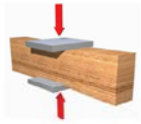
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

ASTM D 143-94
NTC785



	Madera tipo:			Madera tipo:		
Muestra Nº						
Identificación						
Longitud promedio, mm						
Ancho promedio, mm						
Altura promedio, mm						
Área (cm2)						
Carga máxima, KN						
Gráfico, Tipo de falla						
Esfuerzo máximo MPa						

$$\sigma = \frac{Carga\ de\ rotura}{Secc.\ de\ falla\ por\ compresión}$$

Esfuerzo promedio MPa		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Dim. del prisma, mm						
Masa Húmeda, gr.						
Masa Seca, gr.						
% de Humedad						

Firma o Sello del Laboratorista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante:

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

ASTM D 143-94
NTC 785

N	Especimen	Carga	Deformación		Esfuerzo	Deformación específica, ε	E	E
	Identificacion	P	Δ		σ			
		KN	plg.	mm	MPa	mm/mm	MPa	kg/cm2

CAPÍTULO 14

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA TRACCIÓN PARALELA Y PERPENDICULAR AL GRANO

14.1.Terminología y definiciones de la práctica

- Mordazas. – Son dos piezas idénticas cuya forma y dimensiones se indica en el capítulo "equipos de laboratorio", en donde una de ellas se asegura a una cruceta fija y la otra a una cruceta móvil. (NTC 961, 1975)

14.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

NTE INEN. – Normas técnicas ecuatorianas.

COPANT. – Comisión Panamericana de Normas Técnicas

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- COPANT 742:1972 – Maderas – Método de ensayo de tracción paralela al grano.
- COPANT 743:1972 – Maderas – Método de ensayo de tracción perpendicular al grano.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM D 143:1994. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.
- NTC 944. Norma técnica colombiana NTC 944:1975. Maderas – Determinación de la tracción paralela al grano.

- NTC 961. Norma técnica colombiana NTC 961:1975. Maderas – Determinación de la tracción perpendicular al grano.

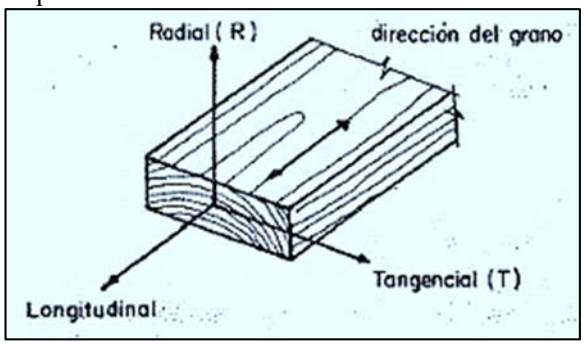
14.3. Marco teórico de la práctica

14.3.1. Introducción

La denominación de los ensayos en madera por lo general van referidos a la dirección, que con respecto a las fibras se entrega la carga a una probeta; por ello, es importante tener la noción del alias que se da a las diferentes direcciones que se tiene en una madera con respecto a sus anillos de crecimiento; y, relacionarlas con las direcciones que con respecto a las fibras se puede entregar una carga a una muestra.

Para visualizar en mejor forma lo anteriormente expuesto es precisa la realización del siguiente gráfico:

Ilustración 21. Ejes Ortotrópicos de la madera.



Fuente: Tomada del libro: Manual de diseño para maderas del grupo andino, 1984, pg.1-21

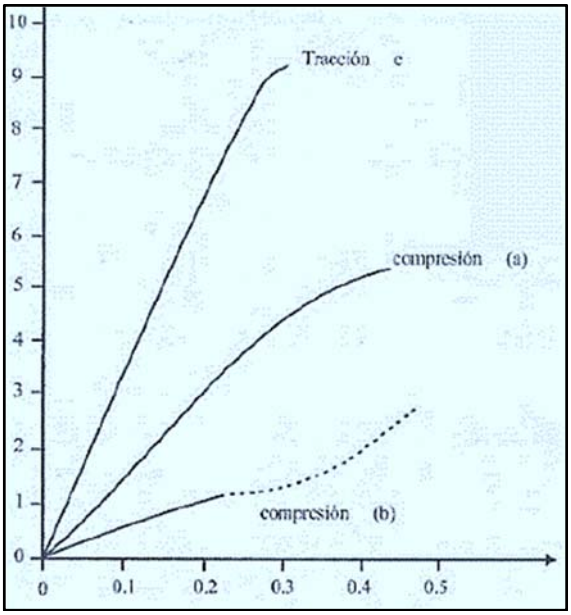
14.3.2. Resistencia a la tracción paralela a la fibra

La resistencia a la tracción paralela a la fibra en probetas pequeñas libres de defectos, es aproximadamente dos veces la resistencia a la compresión paralela a la fibra; la falla es súbita, comportándose la madera en este aspecto como un material frágil, pero rara

vez en las construcciones falla por tracción pura; antes se rompe bajo la acción de esfuerzos secundarios, que normalmente acompañan a este tipo de solicitudes, originados por la interrupción de las fibras, por agujeros de los pasadores o tornillos, cambios de sección, compresión causada por piezas de enlace en los nudos, etc. El valor del esfuerzo de rotura para el ensayo de tracción paralela a la fibra varía entre 500 y 1500 kg/cm^2. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 167)

En la siguiente gráfica se compara las curvas esfuerzos-deformación para maderas latifoliadas sometidas a los esfuerzos hasta ahora descritos.

Gráfico 13. Resistencia de la madera frente a diferentes situaciones de esfuerzo.



Fuente: Tomada del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" de Libia Gutiérrez, 2003, pg. 167

Como se puede observar en la gráfica y como se mencionó anteriormente la resistencia a la tracción paralela en especímenes pequeños libres de defectos es aproximadamente 2 veces la resistencia a la compresión paralela. Además, se puede observar un comportamiento lineal y elástico de la curva esfuerzo vs deformación, se observa también la naturaleza explosiva y violenta con la que se produce la falla. (Libia Gutiérrez, 2003)

El valor típico que caracteriza este ensayo es el esfuerzo de rotura que varía entre 500 y 1500 kg/cm^2.

La resistencia a tracción paralela es afectada significamente por la inclinación del grano. Por ejemplo. Para una inclinación de 1 en 8 (7°) el esfuerzo de rotura es el 75 por ciento del esfuerzo de rotura paralelo al grano, para una inclinación de 1 en 4 (14°) el esfuerzo de rotura es sólo el 45 por ciento. El esfuerzo de rotura perpendicular al grano (90°) es del 2 al 5 por ciento del es fuerzo de rotura paralelo al grano. Para efectos prácticos la resistencia a la tracción perpendicular es nula. La influencia de otros defectos característicos de la madera hace que la resistencia de elementos a escala real puede ser tan baja como un 15 por ciento del esfuerzo de rotura en tracción en probetas. (JUNAC, 1984, pg.1-22)

14.3.3. Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra

La madera tiene menor resistencia a los esfuerzos de tracción perpendicular a sus fibras, porque a este esfuerzo se opone, únicamente, la adherencia entre las fibras, que por ser muy pequeña permite la rotura con esfuerzos muy reducidos, que van entre 20 y 40 kg/cm2. La resistencia no depende, como en otros ensayos, de la densidad, pero sí de la composición química de la madera. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 167)

14.3.4. Fórmulas y cálculos – Determinación de la tracción paralela al grano

- El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\boxed{EM = \frac{P}{A}}$$ Ecuación. 52. TM

Donde:

EM = esfuerzo unitario máximo, en N/cm^2.

P = carga máxima soportada por la probeta, en newtons.

A = área de la selección mínima de la probeta, en centímetros cuadrados.

- El esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad se calcula mediante la ecuación:

$$\boxed{ELP = \frac{P_1}{A}}$$ Ecuación. 53. TM

Donde:

ELP = esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad, en N/cm2.

P1 = carga al límite de proporcionalidad, en newtons.

A = área de la sección mínima de la probeta, en centímetros cuadrados

- El módulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\boxed{MOE = \frac{P_2 \; x \; 1}{A \; x \; d}}$$ Ecuación. 54 TM

Donde:

ELP = esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad, en N/cm2.

P2 = carga al límite de proporcionalidad, en newtons.

A = área de la sección mínima de la probeta, en centímetros cuadrados

A = área de la sección mínima de la probeta, en centímetros cuadrados.

d = deformación de la probeta en centímetros.

14.3.5. Fórmulas y cálculos – Determinación de la tracción perpendicular al grano

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\boxed{RT = \frac{P}{A}}$$ Ecuación. 55. TM

Donde:

RT = esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular, en N/cm2.

P = carga máxima soportada por la probeta, en newtons.

A = área de la sección mínima, en centímetros cuadrados.

14.4. Objetivo de la práctica

Objetivo General

Determinar la carga máxima en tracción paralela y perpendicular al grano que soporta una probeta de determinada especie.

Objetivo específico

- Determinar el esfuerzo unitario máximo.
- Determinar el esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad
- Determinar el módulo de elasticidad de las maderas a la tracción paralela al grano.
- Determinar el esfuerzo unitario máximo de la madera a la tracción perpendicular al grano.

14.5. Alcance

Mediante una probeta de dimensiones estandarizadas por la norma ASTM D143 se va a determinar la resistencia que tendrá dicho espécimen de madera, el cual va a estar sometido a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.

Y de la misma manera con una probeta de dimensiones estandarizadas por la norma ASTM D143 se va a determinar la resistencia que tendrá dicho espécimen de madera, el cual va a estar sometido a una carga de tracción en dirección perpendicular a las fibras.

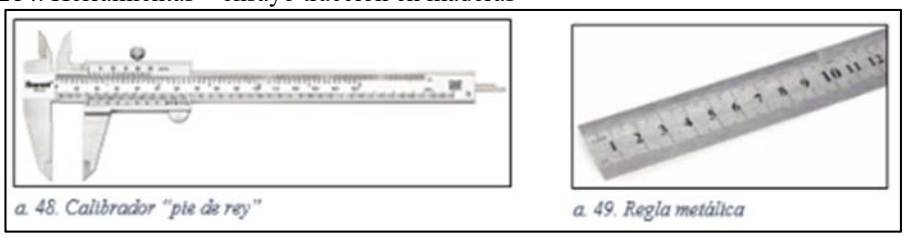
14.6. Importancia y aplicación

- En las uniones, piezas, elementos de amarre en una estructura de madera es importante conocer previamente el cómo se van a comportar las piezas o elementos estructurales y para ello se debe conocer el tipo de especie, su comportamiento a la tracción, compresión, corte, dirección de las fibras y según su resistencia y comportamiento para iniciar a diseñar la estructura requerida.
- En un sismo se debe prever que los elementos van a trabajar a tracción, por lo que el diseñador deberá escoger adecuadamente la madera con la que va a trabajar o los sistemas constructivos antisísmicos que va a implementar para que la estructura de madera soporte todas las solicitaciones previstas.

14.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 214. Herramientas – ensayo tracción en maderas



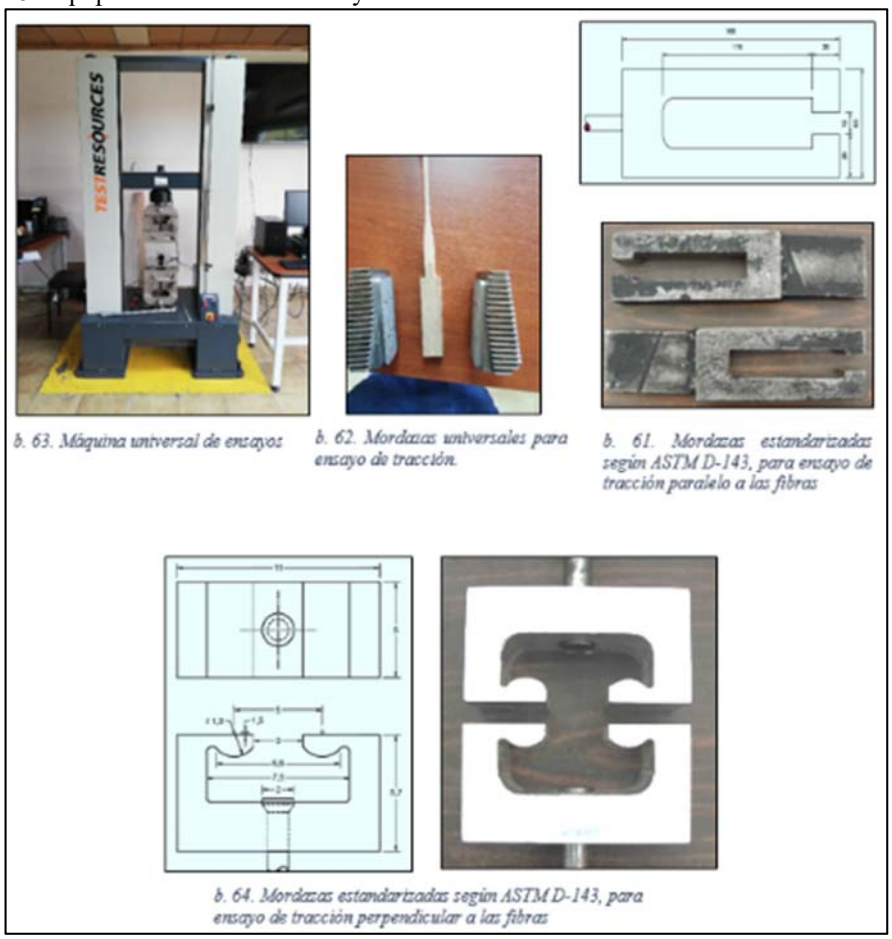
a. 48. Calibrador "pie de rey"

a. 49. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 215. Equipo de laboratorio – ensayo tracción en maderas



b. 63. Máquina universal de ensayos

b. 62. Mordazas universales para ensayo de tracción.

b. 61. Mordazas estandarizadas según ASTM D-143, para ensayo de tracción paralelo a las fibras

b. 64. Mordazas estandarizadas según ASTM D-143, para ensayo de tracción perpendicular a las fibras

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

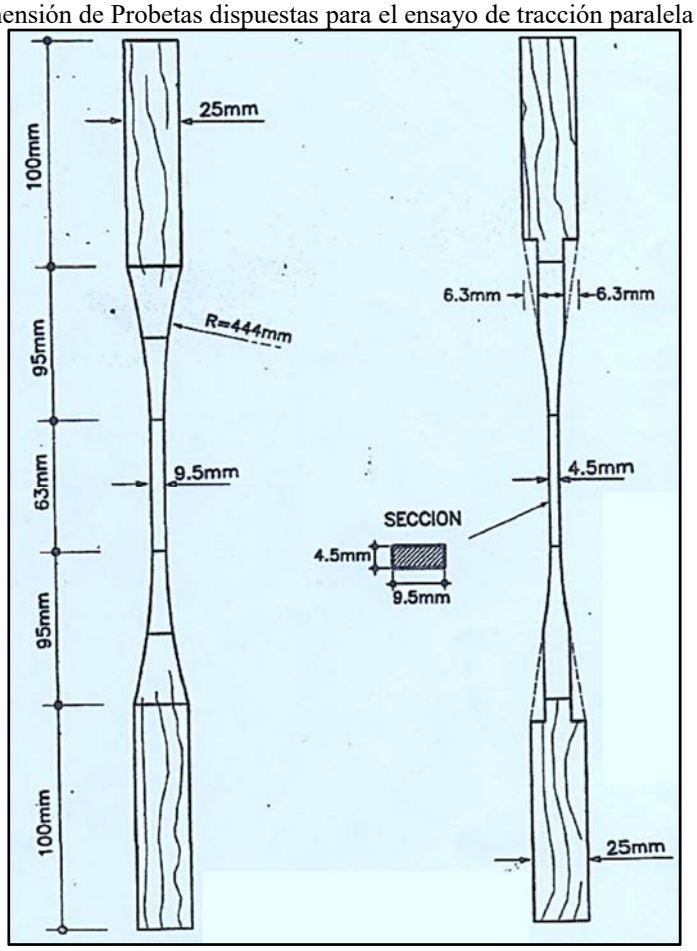
c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

c.1. Materiales – ensayo de tracción paralela a las fibras

Las probetas empleadas para este ensayo deben tener la forma y dimensiones indicadas en la siguiente ilustración. Las probetas se elaboran de tal forma que la dirección de los anillos de crecimiento, en la zona de la sección reducida, sea perpendicular a la mayor dimensión de dicha sección. El número de probetas de ensayo está de acuerdo

con el grado de exactitud requerido. Las dimensiones de las probetas deben comprobarse con una exactitud de ± 0,3 % en el momento de ensayo. (NTC944, 1975)

Ilustración 22. Dimensión de Probetas dispuestas para el ensayo de tracción paralela a las fibras.



Fuente: Norma ASTM D143

- Marcar las probetas, colocando: la inicial del tipo de especie, el número de especie y registrar los datos en la plantilla u hoja de ensayo correspondiente.

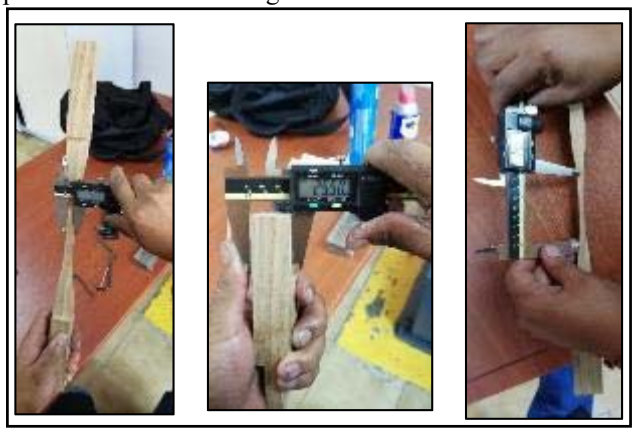
Imagen 216. Probetas tracción – paralelo a la fibra



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Medir y registra cada una de las dimensiones del espécimen con una exactitud de ±0,5mm.

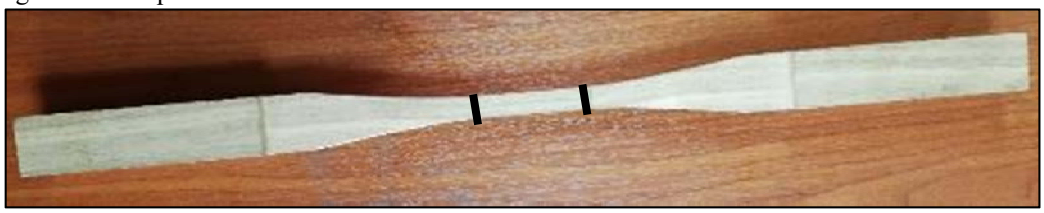
Imagen 217.Preparación de la muestra - geometría



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Medir, registrar y marcar la sección intermedia – 5cm

Imagen 218. Preparación de la muestra- marcación de zona intermedia

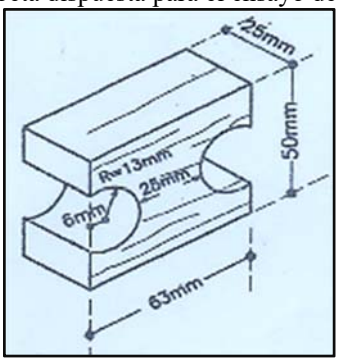


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.2. Materiales – ensayo de tracción paralela a las fibras

Las probetas empleadas para este ensayo deben tener las formas y dimensiones indicadas en la siguiente ilustración. La mitad de las probetas se elabora y se ensaya de tal forma que la superficie de rotura esté en un plano tangencial a los anillos de crecimiento y la otra mitad esté en un plano radial. El número de probetas de ensayo está de acuerdo en el grado de exactitud requerido. Las dimensiones de las probetas deben comprobarse en el momento del ensayo, con una exactitud de ±0,3%. (NTC944, 1975)

Ilustración 23. Dimensiones de probeta dispuesta para el ensayo de tracción perpendicular a las fibras



Fuente: Norma ASTM D-143

14.8. Procedimiento de la práctica – Tracción paralela al grano

Imagen 219. Procedimiento tracción – paralela al grano, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Colocar la muestra en la máquina universal, el ajuste de las mordazas debe ser de tal forma que las partes extremas de la probeta queden alineadas para asegurar que la falla se produzca en la zona central de la misma, evitando concentración de esfuerzos en las zonas de transición.

Imagen 220. Procedimiento tracción – paralela al grano, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Medir y registrar la distancia ente “grips” (mordazas).

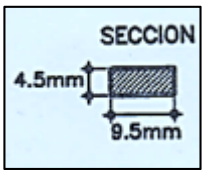
3. Las probetas se colocan y se mantienen durante todo el ensayo, en tal forma que la cruceta móvil se desplace con una velocidad de **1.00mm/min ± 0.25mm/min**. (NTC944, 1975)

4. La máquina universal utiliza el software "R Series Controller", en el cual se deberán ingresar los siguientes datos, en el módulo de tracción:

- Pestaña: "Specimen"

a) Tipo, "Type": Flat (plano)

b) Ancho de la sección trasversal media, "Width" (mm)



c) Espesor de la seccíin transversal media, "Thickness" (mm)

d) Longitud entre separadores de la probeta, "Grip separation" (mm)

- Pestaña: "Report Setup"

a) Tipo de madera, "Title"

Imagen 221. Procedimiento tracción – paralela al grano, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro. 2019

- Pestaña: "Acquisition"

a) Ensayo # "User Prefix", ejemplo: "ensayo 1"

- Pestaña: "Analysis – Selected Analysis"

a) Carga máxima

b) Fluencia de carga, "Offset" al 0,2% (paralelo al límite elástico)

c) Esfuerzo de fluencia

d) Carga de fluencia, "Extensión" vertical al 0,5%

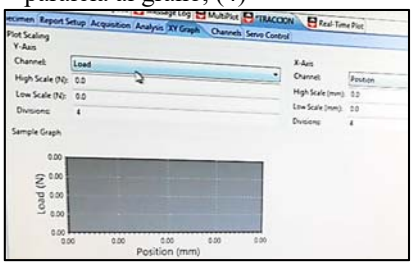
e) Esfuerzo de fluencia

- Pestaña: “XY Graph”

a) Carga que se está ejerciendo sobre la probeta, (N), Y-Axis / Channel / Load

b) Desplazamiento de la máquina hacia arriba, (mm), X-Axis / Channel / Possition

Imagen 222. Procedimiento tracción – paralela al grano, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Pestaña: “Channels”

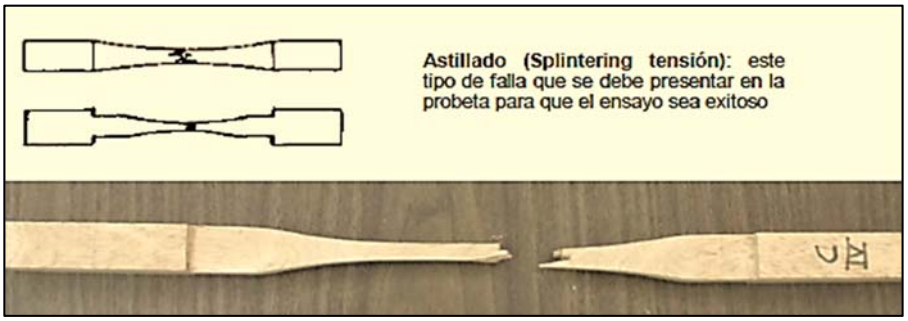
a) Esfuerzo, “Stress”, (MPa)

- Pestaña: “Servo control”

a) Velocidad, “Rate (mm/min)”

5. Ejecutar el programa, en donde el software inicialmente aplicara una precarga, seguirá hasta que se produzca la rotura, y se detendrá poco después de haberse producido la falla.

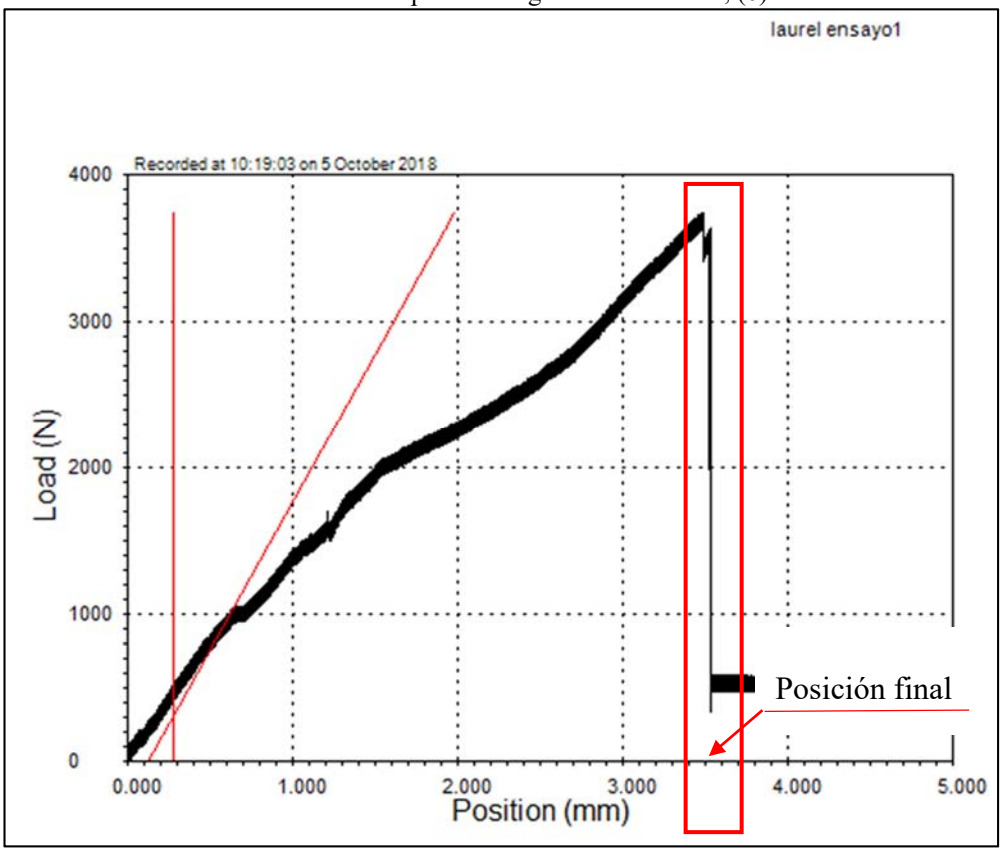
Imagen 223. Procedimiento tracción – paralela al grano – rotura tipo, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

6. El programa arrojará los siguientes resultados:

Gráfico 14. Procedimiento tracción – paralela al grano – resultados, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 224. Procedimiento tracción – paralela al grano – resultados, (6)

Specimen Identifier:	43
Test Date:	5 October 2018
Start Time:	10:19:03
End Time:	10:21:27
Geometry:	Flat
Width:	9.7 mm
Thickness:	4.3 mm
Area:	41.7 sq mm

Analysis Results

Maximum Load	
Load	3735.238 N
Yield by Offset (Load)	
Yield	709.386 N
Offset	0.200 %
Yield by Offset (Stress)	
Yield	17.00757 MPa
Offset	0.200 %
Yield - EUL (Load)	
Yield	495.280 N
Extension	0.500 %
Yield - EUL (Stress)	
Yield	11.87438 MPa
Extension	0.500 %

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Para determinar la deformación unitaria, se tendrá:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{Long.final - Long.inicial, (long.entre\ mordazas)}{Longitud\ inicial}$$

Ecuación. 56. TM

En donde:

Longitud final: Longitud entre mordazas + desplazamiento hasta el punto de rotura “Posición final”

Longitud inicial: Longitud entre mordazas.

7. Exportar los datos a Excel, (clic derecho/exportar a Excel/guardar), en donde se va a obtener la carga a tracción y los datos de desplazamiento del cabezal.

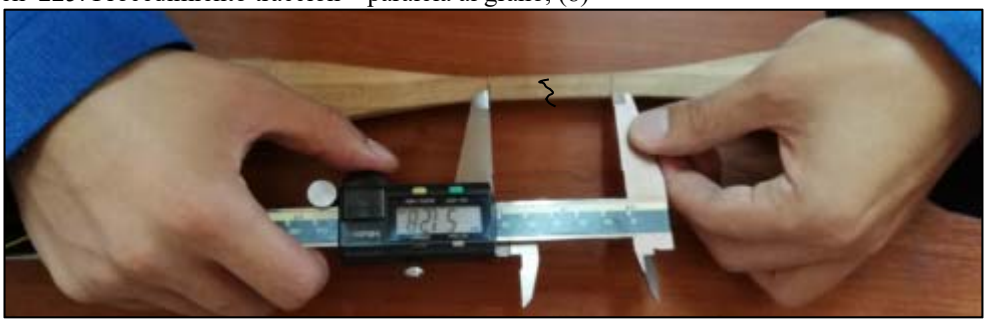
Tabla 34. Resultados tracción en probeta de madera, (7)

TIME	TIME2	LOAD	AXIAL	TRANS	AUXIL	AUXIL_2	AUXIL_3	AUXIL_4	POSN
		Kilogramos							Metros
0	0	2.630444	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.23159E-05
11	0	6.0500216	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.25019E-07
21	0	11.047866	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	3.64639E-07
31	0	1.0521777	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	6.56349E-07

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

8. Unir la probeta, para determinar un módulo de elasticidad aproximado, medir y registrar su longitud de deformación.

Imagen 225. Procedimiento tracción – paralela al grano, (8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

14.9. Procedimiento de la práctica – Tracción perpendicular a la fibra

El procedimiento será igual al ensayo de "Tracción paralela a la fibra" con la diferencia que, la cruceta móvil se va a desplazar con una velocidad de 2.50mm/min ± 0.6mm/min. (NTC961, 1975)

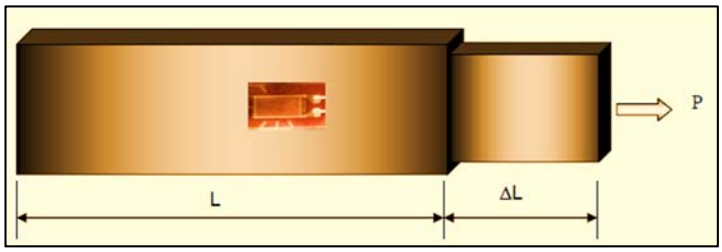
14.10. Preguntas previas al laboratorio

1. **¿Cómo puedo obtener datos más exactos en el ensayo de tracción paralela a la fibra?**

Se deberán utilizar "Strain gages" para obtener datos exactos al momento del cálculo. El "strain gages" hace el trabajo de un extensómetro ó galga extensiométrica el cual es un dispositivo de medida universal que se utiliza para la medición eléctrica de diversas magnitudes mecánicas como: Presión, carga, torque, deformación, etc.

Se entiende por Strain a la cantidad de deformación de un cuerpo producto de la fuerza aplicada sobre él, en términos matemáticos Strain (ε) se define como la tasa de cambio en longitud.

Ilustración 24. Barra sometida a tracción



Fuente: Google

Para medir con un “Strain gage” se cumple:

$$\varepsilon = \frac{R}{\Delta R} \times GF$$

Ecuación. 57. TM

En donde:

E: Deformación

GF: Gage factor

ΔR: Variación de resistencia

R: Resistencia Strain Gage

14.11. Plantilla para llenar

14.11.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Determinación de la tracción paralela y perpendicular al grano	**ASTM 143-94 NTC 944**

1.- Escriba el objetivo del ensayo

_____
_____

2.- Si en un determinado valor de fuerza P se detiene el ensayo de tracción y se quita las fuerzas que lo tensionan: ¿Cómo se determina la longitud final de la probeta?

_____
_____

3.- Qué equipo utilizan para determinar las dimensiones de la probeta:

_____
_____

4.- Cuál es la diferencia entre carga y esfuerzo

_____
_____

5.- En cuàl posiciòn (paralela o perpendicular a la fibra) la muestra de madera es mas resistentey porquè

_____
_____

6.- Que significa COPANT

_____
_____

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

14.11.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. De acuerdo a su laboratorio complete y compare.

	Espécimen 1		Espécimen 2	
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 1	Probeta 2
Nombre (tipo de madera)				
Resistencia a la tracción ‖				
Resistencia a la tracción ⊥				

¿Cuál madera posee mayor resistencia a la tracción?, ¿Cuándo la fuerza es aplicada paralela a las fibras, o cuando la carga es aplicada en forma perpendicular a las fibras? Justifique su respuesta.

_ _

_ _

2. A su criterio, cómo considera que fue la falla de su probeta. ¿fue una falla súbita? ¿ó fue una falla lenta o paulatina?

_ _

3. Con sus datos, compare: la resistencia a la tracción paralela a la fibra en probetas pequeñas libres de defectos con la resistencia a la compresión paralela a la fibra. Y establezca una relación.

_ _

14.11.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

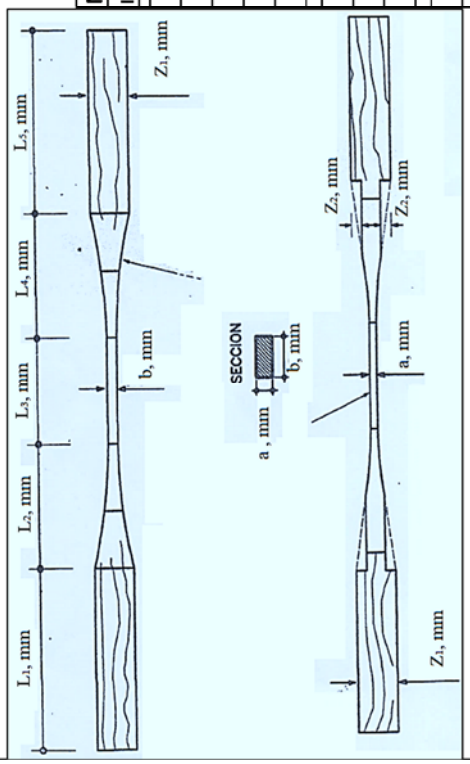
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

ASTM D 143-94
NTC 944

1. Mediante el calibrador , establesca las dimensiones de los especímenes, apoyandose en la siguiente gráfica



Muestra N°														
Identificación														
L1, mm														
L2, mm														
L3, mm														
L4, mm														
L5, mm														
Z1, mm														
Z2, mm														
R, mm														
a, mm														
b, mm														
Área, cm2														
Carga Máxima														

Firma o Sello del Laboratorista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

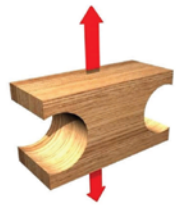
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

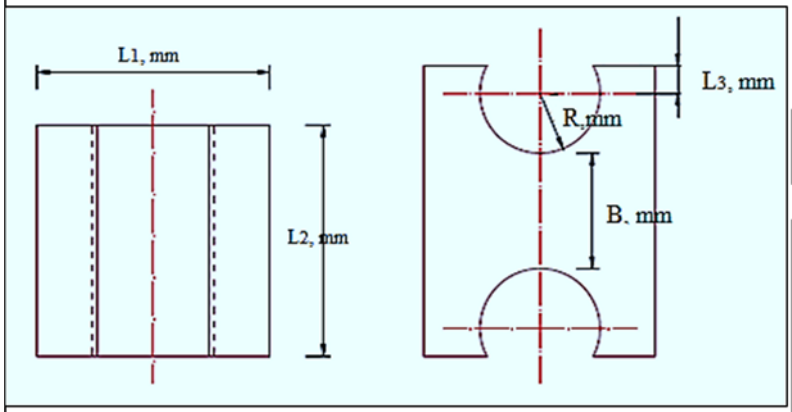
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

ASTM D 143-94
NTC 961



1. Mediante el calibrador , establesca las dimensiones de los especimenes, apoyandose en la siguiente gráfica



Muestra Nº						
Identificación						
L1, mm						
L2, mm						
L3, mm						
R, mm						
B, mm						
Área, cm2						
Carga Máxima						

Firma o Sello del Laboratorista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Determinación de la tracción paralela y perpendicular al grano	**ASTM 143-94 NTC 944**

Tipo de muestra _____

Procedencia de la _____

Fecha de ensayo _____

RESULTADOS

Nº	Carga (P)	Carga P	Deformaciòn	Deformaciòn	Esfuerzo σ	Def. esp
	kg	KN	m	mm	Mpa	mm/mm

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

CAPÍTULO 15

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN UNA VIGA DE MADERA

15.1.Terminología y definiciones de la práctica

- Madera anhidra. - Es aquella en la que ha sido eliminada toda la humedad. (INEN 1156,2013, pg.5)

- Resistencia máxima a la flexión (Módulo de rotura, $\sigma_{f-máx}$). - Esfuerzo de flexión máximo soportado por la probeta en el momento de la rotura.

- Resistencia a la flexión en el límite proporcional. - Esfuerzo de flexión máximo soportado por la probeta en el momento en que la deformación y el esfuerzo dejan de ser directamente proporcionales. (NTC 663, 1973, pg.1)

- Módulo de elasticidad (E).- Relación entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria.

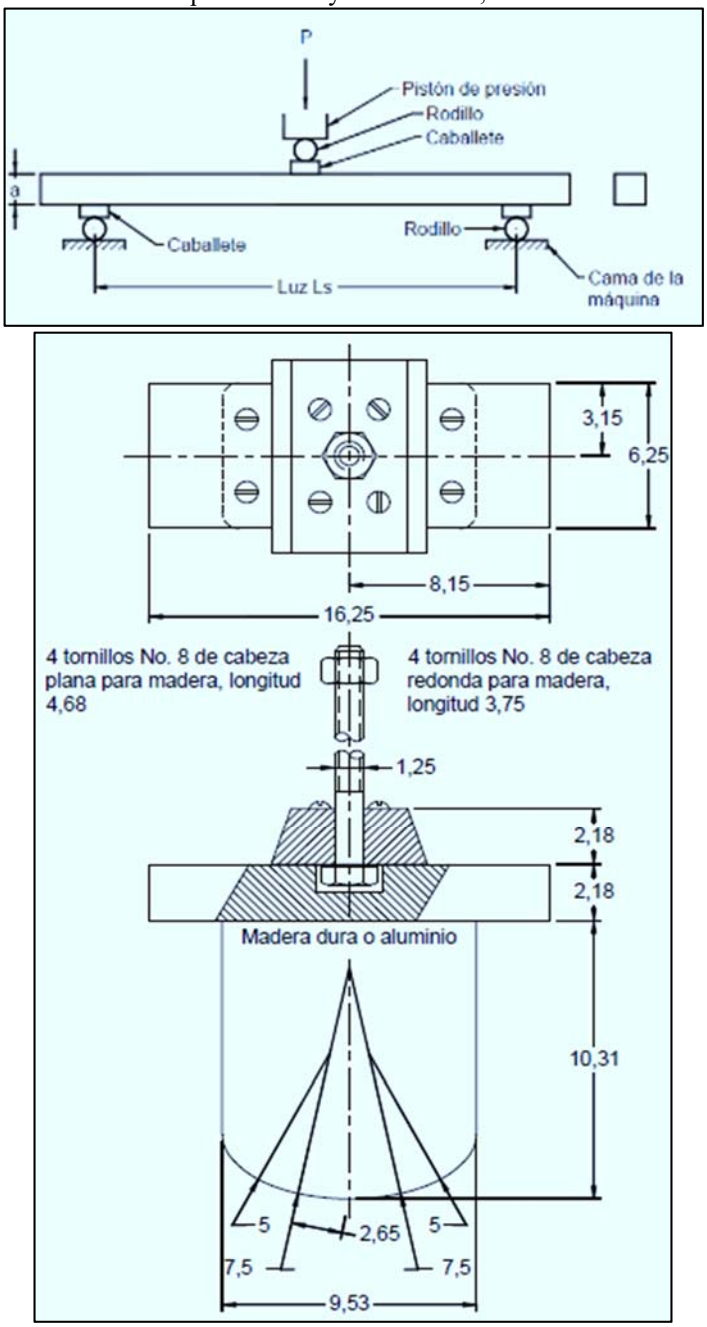
15.1.1. Terminología y definiciones de herramientas y equipo de laboratorio

- Prensa: Una máquina de ensayo universal, provista de mecanismo que permita regular la velocidad lineal del cabezal. (COPANT 555, 1972, pg.4)

En el presente ensayo, la probeta debe estar de tal manera que en sus apoyos no se produzca aplastamiento, roces u otros esfuerzos ajenos a la flexión. Además, los dispositivos de apoyo deben permitir la libre deformación de la probeta y la absorción de leves torsiones o alabeos que ella pudiera experimentar durante el montaje y el proceso de carga. (COPANT 555, 1972, pg.4)

- Cabezal o bloque de carga: La carga se aplica a través de un cabezal de metal o madera cuyo peso específico no sea menor de 1g/cm3. La forma y tamaño de los bloques para los distintos tipos de probeta serán: (NTC 663, 1973, pg.3)

Ilustración 25. Detalle del caballete para los ensayos de flexión, dimensiones en cm.



Fuente: COPANT, pg.9

15.2. Siglas y normativa referencial

NTE INEN. – Normas técnicas ecuatorianas.

COPANT. – Comisión Panamericana de Normas Técnicas

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

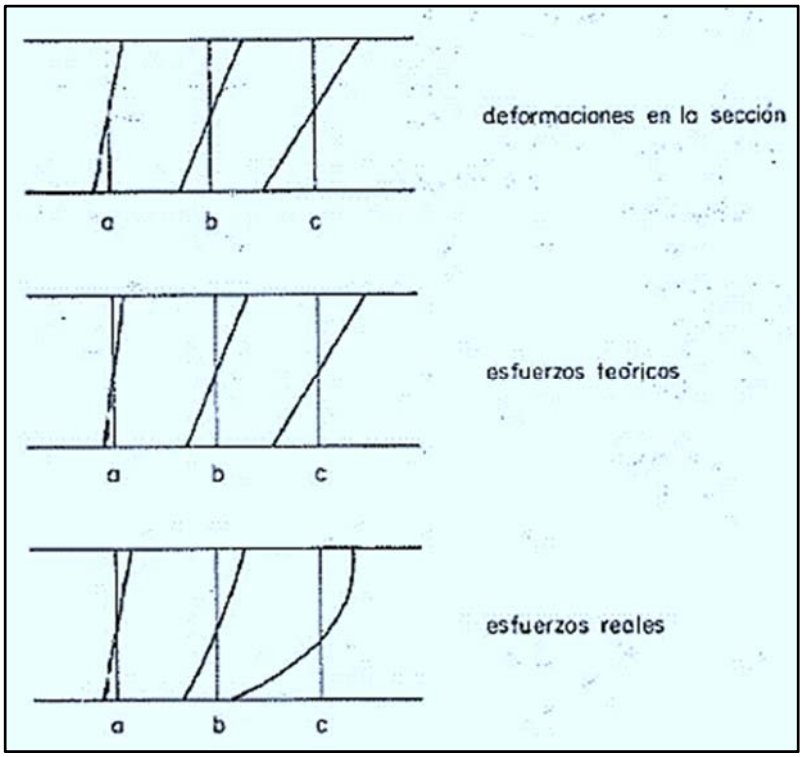
- COPANT 663:1972 – Maderas – Determinación de la resistencia a la flexión.
- COPANT 460:1972 – Maderas – Método de determinación de la humedad.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM D 143:1994. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.

15.3. Marco teórico de la práctica

La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la compresión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de madera en flexión. Como la resistencia a la compresión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de compresión. Con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción, lo que a su vez hace aumentar rápidamente las deformaciones totales; finalmente la pieza se rompe por tracción. (JUNAC, 1984, pg. 1-24)

En vigas secas, sin embargo, no se presenta primeramente una falla visible de la zona comprimida, sino que ocurre directamente la falla por tracción. La siguiente ilustración muestra la situación descrita anteriormente. (JUNAC, 1984, pg. 1-24)

Ilustración 26. Sección sometida a flexión.

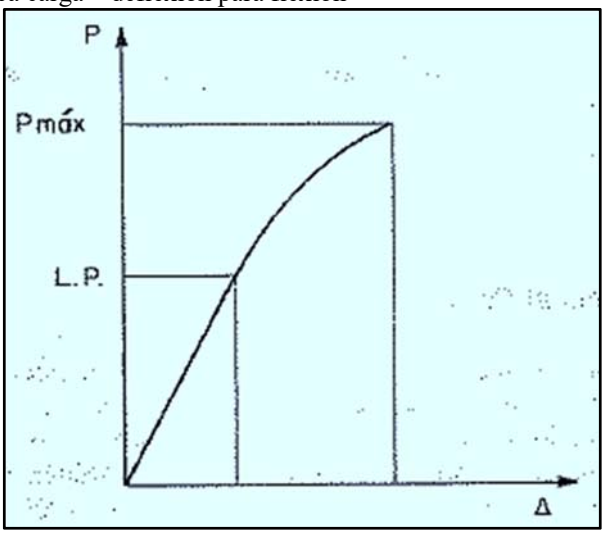


Fuente: Tomada del manual de diseño para maderas del grupo Andino, 1984, pg. 1-25

Esta información experimental evidencia que la hipótesis sobre la permanencia de la sección plana durante la deformación no se cumple, y la aplicación de las fórmulas de la teoría de vigas para el cálculo de los esfuerzos no es estrictamente aplicable. Por lo tanto, la resistencia a la flexión así estimada resulta en esfuerzos mayores que los de compresión y menores que los de tracción. (JUNAC, 1984, pg. 1-24)

En la siguiente ilustración se presenta una curva típica carga-deformación para maderas tropicales, en ella se puede apreciar que la carga en el límite proporcional es aproximadamente el 60 por ciento de la carga máxima. (JUNAC, 1984, pg. 1-24)

Gráfico 15. Curva típica carga – deflexión para flexión



Fuente: Tomada del manual de diseño para maderas del grupo Andino, 1984, pg. 1-25

En ensayos de probetas pequeñas libres de defectos los valores promedios de la resistencia a la flexión varían entre 200 y 1700 kg/cm^2 dependiendo de la densidad de la especie y del contenido de humedad. (JUNAC, 1984)

15.3.1. Formas de falla en el ensayo de flexión

En una pieza sometida a esfuerzos de flexión, una parte está sometida a esfuerzos de compresión y la otra a esfuerzos de tensión, separados por la fibra neutra, en la que sólo existen esfuerzos cortantes; las fibras más alejadas de la neutra son las que están sometidas a los máximos esfuerzos. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 168)

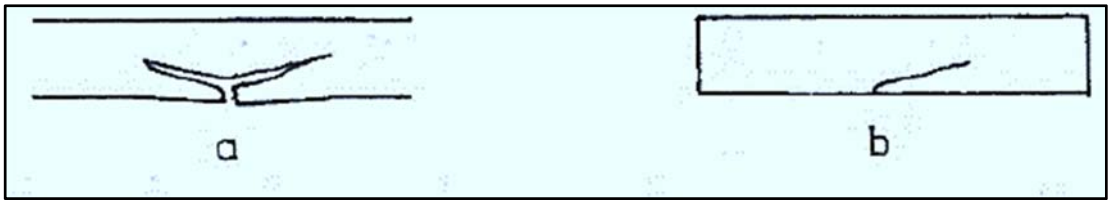
Como la resistencia a la compresión es menor que a la tensión, la falla se inicia en la zona de compresión, lo que hace que se incrementen las deformaciones en la zona comprimida, y que el eje neutro se desplace a la zona de tracción, aumentando

rápidamente las deformaciones totales hasta que la pieza falla por tensión. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 168)

La resistencia a la flexión de la madera varía entre 200 y 1700 kg/cm^2 dependiendo de la densidad, de la especie y del contenido de humedad. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 169)

La siguiente ilustración se muestra las diferentes formas de fallas en una probeta cuando es sometida al ensayo de flexión.

Ilustración 27. Formas de falla 1



Fuente: Libia de Gutiérrez, 2003, pg.168

En donde:

a) Tensión simple (vista lateral)

b) Tensión a través de la fibra (vista de la cara en tensión)

Ilustración 28. Formas de falla 2



Fuente: Libia de Gutiérrez, 2003, pg.168

En donde:

c) Tensión astillante (vista de la superficie en tensión).

d) Tensión pura (vista de la superficie en tensión).

Ilustración 29. Formas de falla 3



Fuente: Libia de Gutiérrez, 2003, pg.168

En donde:

e) Compresión (vista lateral)

f) Corte horizontal (vista lateral).

15.3.2. Fórmulas y cálculos

- Cálculo del esfuerzo unitario en el límite de la proporcionalidad: para el cálculo se aplica la fórmula siguiente:

$$\sigma_{ulp-f} = \frac{3 * P2 * L}{2 * a * h^2}$$ Ecuación. 58. RF

Donde:

σ_{ulp-f} ,el esfuerzo unitario en el límite de proporcional, en kg/cm²

P2, la carga en el límite de proporcionalidad, en kg

L, la luz de la probeta, es decir la separación entre apoyos, en centímetros

a, el ancho de la probeta, en centímetros

h, la altura de la probeta, en centímetros

- Cálculo del esfuerzo unitario máximo: El esfuerzo unitario máximo se calcula con la formula siguiente

$$\sigma_{m-f} = \frac{3 * Pm * L}{2 * a * h^2}$$ Ecuación. 59. RF

Donde:

σ_{m-f} ,el esfuerzo unitario máximo, en kg/cm²

Pm, la carga máxima obtenida, en kg

L, la luz de la probeta, es decir la separación entre apoyos, en centímetros

a, el ancho de la probeta, en centímetros

h: la altura de la probeta, en centímetros

- Cálculo del módulo de elasticidad: El cálculo del módulo de elasticidad se realiza con la formula siguiente:

$$E_f = \frac{P2 * L^3}{3 * d1 * b * h^3}$$ Ecuación. 60.RF

Donde:

E_f: es el módulo de elasticidad, en kg/cm²

d1, el valor de la deformación o flecha de la probeta en el límite de proporcionalidad, en centímetros

P2, la carga en el límite de proporcionalidad, en kg

L, la luz de la probeta, es decir la separación entre apoyos, en centímetros

b, el ancho de la probeta, en centímetros

h, la altura de la probeta, en centímetros.

15.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia de la madera a la flexión, con probetas pequeñas sin defectos.

Objetivo específico

- Determinar la carga de rotura
- Determinar la resistencia a la flexión
- Determinar la tensión en el límite de proporcionalidad,
- Determinar la tensión de rotura
- Determinar el módulo de elasticidad.
- Determinar el contenido de humedad

15.5. Alcance

Utilizando una viga de 50cm de madera se va a determinar la flexión estática, mediante la aplicación de una carga puntual aplicada en el centro de la luz.

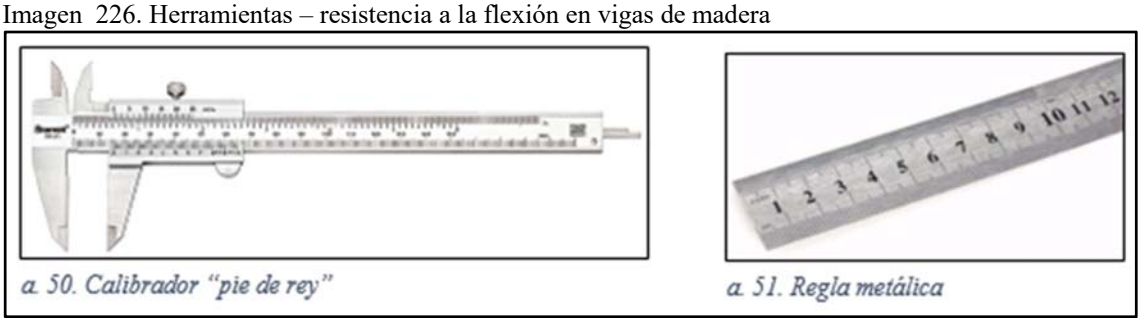
15.6. Importancia y aplicación

- En el dimensionamiento de las diferentes piezas para elementos estructurales es de importancia saber la resistencia a la flexión de la madera a utilizar
- En la construcción se tienen columnas, vigas y viguetas las cuales se deben diseñar teniendo en cuenta su resistencia a la flexión y así poder decidir qué tipo de madera es la más apta para las solicitaciones deseadas.

15.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica

a. Herramientas

Imagen 226. Herramientas – resistencia a la flexión en vigas de madera



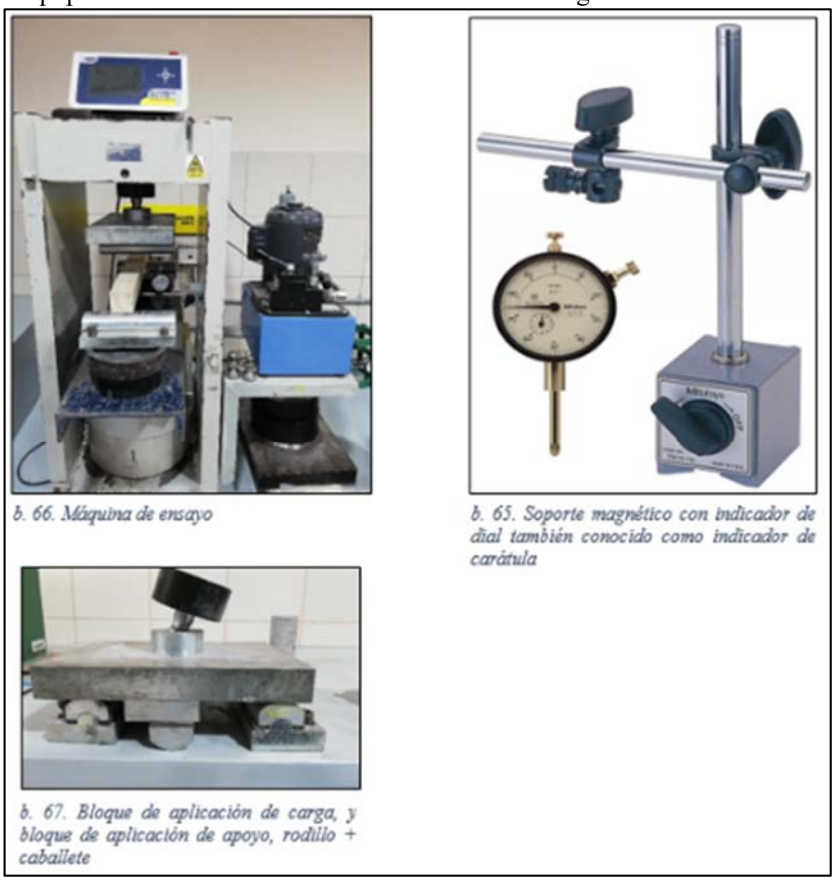
a. 50. Calibrador "pie de rey"

a. 51. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 227. Equipo de laboratorio - resistencia a la flexión en vigas de madera



b. 66. Máquina de ensayo

b. 65. Soporte magnético con indicador de dial también conocido como indicador de carátula

b. 67. Bloque de aplicación de carga, y bloque de aplicación de apoyo, rodillo + caballete

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Para el presente ensayo las probetas deben elaborarse de sección cuadrada con una sección transversal de 50 mm y una longitud de 500mm.

Imagen 228. Preparación de la muestra, flexión - madera

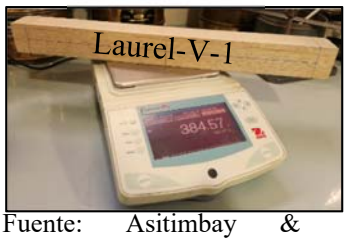


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Identificar la probeta, colocando el tipo de espécimen, el número a ensayar y registrar los datos.

- Medir la geometría del espécimen, tanto la longitud del espécimen como la sección transversal y registrar el dato.

Imagen 229. Preparación de la muestra, flexión - madera



Fuente: Asitimbay & Fierro. 2019

- Pesar el espécimen y registrar el dato

- Preparar la muestra, marcando la probeta de tal manera que exista una luz libre entre marcas de 45cm, teniendo en cuenta que la marca debe trazarse en todas las caras de la probeta. Y es el lugar en donde se van a ubicar los apoyos.

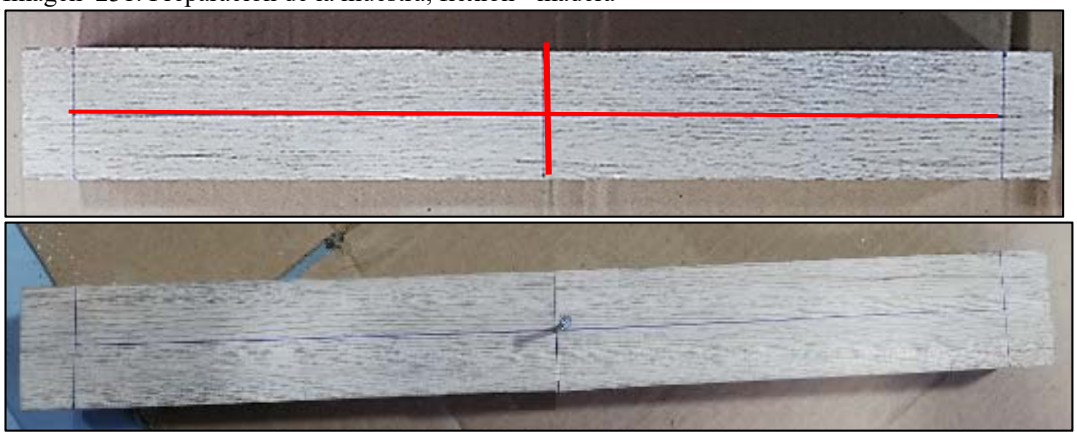
Imagen 230. Preparación de la muestra, flexión - madera



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Colocar un clavo que no perfore en su totalidad al espécimen, en la intersección entre la paralela de una de las aristas del lado largo y la paralela de la marca previamente trazada en el punto medio de la luz libre del espécimen.

Imagen 231. Preparación de la muestra, flexión - madera

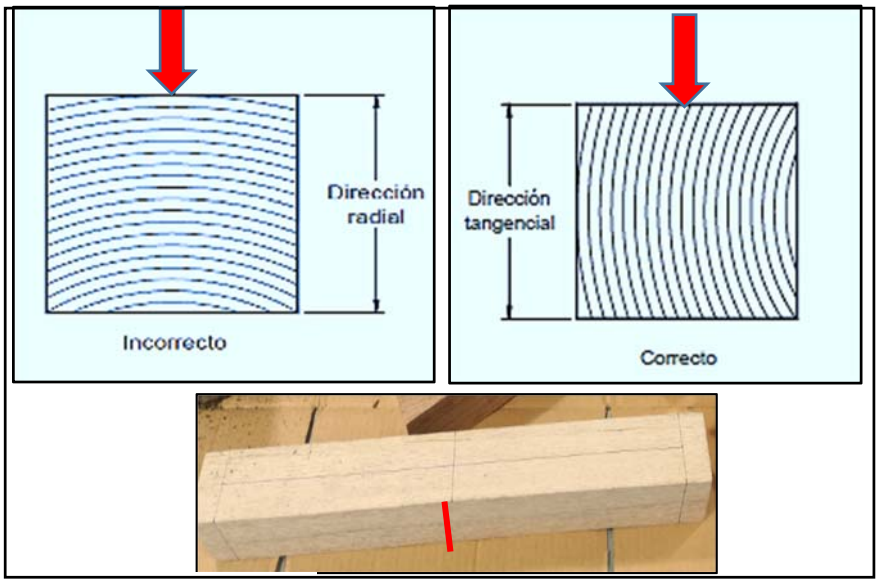


Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Marcar el punto de aplicación de la carga, en este caso la carga se va aplicar en el punto medio de la probeta. Tener en cuenta que el sentido de la fibra sea en dirección perpendicular a las caras que serán sometidas a compresión, o la dirección del grano debe ser paralela a la aplicación de carga en el equipo

Imagen 232. Preparación de la muestra, flexión - madera

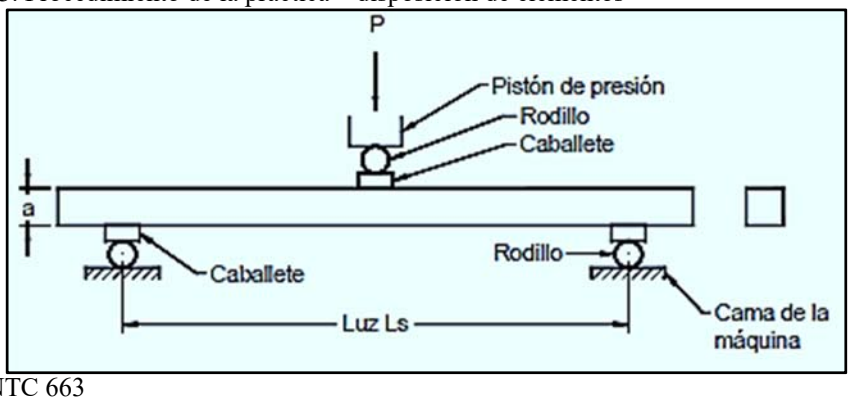
.



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

15.8. Procedimiento de la práctica

Imagen 233. Procedimiento de la práctica – disposición de elementos



Fuente: NTC 663

1. Colocar la probeta sobre el bloque de aplicación de apoyo, de modo que la carga aplicada mediante el cabezal, coincida con el punto medio de la luz de la misma. (NTC 663, 1973)

Imagen 234.Procedimiento de la práctica, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro. 2019

Imagen 235. Procedimiento de la práctica, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Colocar soporte magnético con indicador de dial, teniendo en cuenta que se debe girar la palanca de la base magnética a la posición "ON" para fijarla sobre la superficie magnetizable y ajustar los ejes a la posición deseada de medición, de tal manera que el clavo tenga contacto con la punta de contacto del husillo del deformímetro.

3. Aplicar la carga en la probeta en forma continua y constante para obtener una deformación de **2,5mm/min**. para la en espécimen de sección transversal de 5cm x 5cm, hasta la rotura. (NTC 663, 1973, pg.4)

4. Registrar la deformación y la carga correspondientes, teniendo en cuenta que la lectura de la carga debe efectuarse en intervalos de 0,02mm de deflexión y después del límite proporcional en razón del aumento de la carga, cada 100kg. (NTC 663, 1973, pg.4)

5. Registrar la carga máxima obtenida durante el ensayo de la probeta hasta su falla. Y graficar la falla de la probeta.

6. Cortar la probeta, en una zona próxima a la de rotura, un prisma de la misma sección transversal de la probeta, de longitud adecuada y determinar el contenido de humedad.

Imagen 236. Procedimiento de la práctica, (4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

15.9. Plantilla para llenar

15.9.1. Preguntas previas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	**ASTM D 143-94 NTC663**

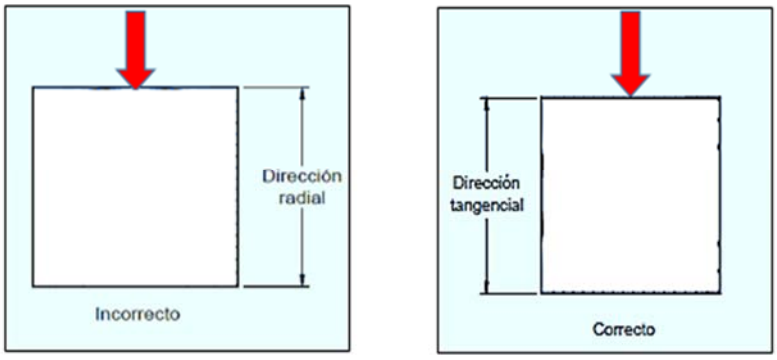
1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué estado fisico deben estar los especímenes? _____

4. Cuál es la velocidad de carga para determinar la resistencia la flexión? _____

5. Grafique el sentido de la fibra, de la sección transversal, que debe tener la probeta en el" bloque de aplicación de apoyo", previo a la aplicación de la carga



FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

15.9.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **Determine si la premisa es verdadera o falsa**

a) En una pieza sometida a esfuerzos de flexión, una parte está sometida a esfuerzos de compresión y la otra a esfuerzos de tensión, separados por la fibra neutra, en la que sólo existen esfuerzos cortantes; las fibras más alejadas de la neutra son las que están sometidas a los máximos esfuerzos. …….(V),(F)

2. **Cómo afecta la presencia de albura, duramen, bolsa de resina o nudos y otros defectos de la madera a la resistencia a la flexión?. En la práctica que tipo de defectos omitiría usted si se tratara de un elemento estructural.**

_ _ _ _

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

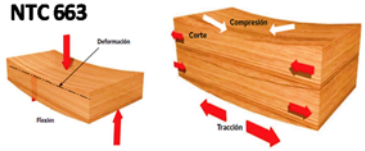
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

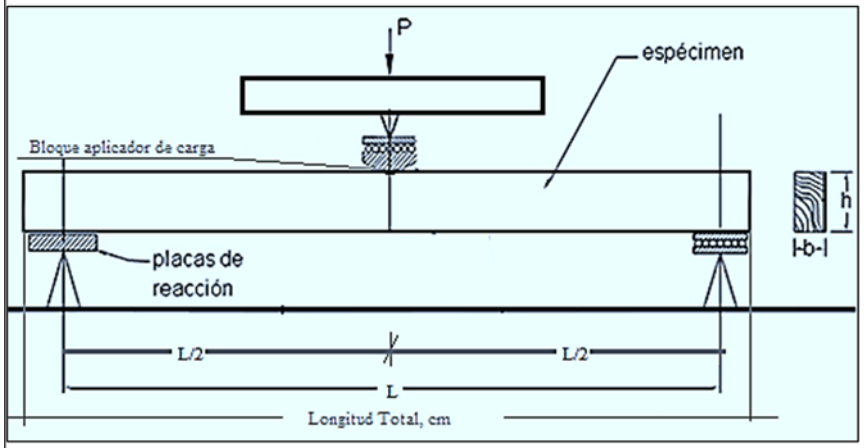
Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ASTM D 143-94
NTC 663



1. Mediante el calibrador , establesca las dimensiones de los especimenes, apoyandose en la siguiente gráfica



Muestra Nº					
Identificación					
L, cm					
L/2, cm					
b, cm					
h, cm					
Vel., mm/min					
Carga Máxima					

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Masa Húmeda, gr.					
Masa Seca, gr.					
% de Humedad					

Firma o Sello del Laboratorista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante:

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ASTM D 143-94
NTC 663

N	Especimen	Carga	Deformación		Esfuerzo	Deformación	E	E
	Identificacion	P	Δ		σ	específica, ε		
		KN	plg.	mm	MPa	mm/mm	MPa	kg/cm2

CAPÍTULO 16

ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO

16.1. Siglas y normativa referencial

NTE INEN. – Normas técnicas ecuatorianas.

COPANT. – Comisión Panamericana de Normas Técnicas

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- COPANT 463:1972 – Método de determinación del cizallamiento paralelo al grano.
- COPANT 460:1972 – Maderas – Método de determinación de la humedad.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM D 143:1994. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.
- NTC 775. Norma técnica colombiana NTC 775:1974. Maderas – Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano.

16.2. Marco teórico de la práctica

16.2.1. Introducción

Por la naturaleza fibrosa de la madera, su resistencia al corte es mucho mayor en la dirección perpendicular a la fibra que en la dirección paralela. La resistencia al corte en el sentido perpendicular a la fibra es tan alta que en el diseño normal de estructuras

no se considera pues antes de que el material falle por cortante es necesario ejercer sobre la pieza un esfuerzo de compresión tal que hace que el material falle. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 168)

La resistencia al corte en el sentido paralelo a la fibra varía entre 25 y 200kg/cm^2, este valor aumenta con la densidad, aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión, también depende mucho del tamaño de los elementos. (Gutiérrez de López, 2003, pg. 168)

16.2.2. Resistencia al corte

En elementos constructivos el esfuerzo por corte o cizallamiento se presenta cuando las piezas están sometidas a flexión (corte por flexión). Los análisis teóricos de esfuerzos indican que en un punto dado los esfuerzos de corte son iguales tanto a lo largo como perpendicularmente al eje del elemento. (COPANT, 1984, pg. 1-23)

Como la madera no es homogénea, sino que sus fibras se orientan por lo general con el eje longitudinal de la pieza, presenta distinta resistencia al corte en estas dos direcciones. La menor es aquella paralela a las fibras y que proviene de la capacidad del "cementante" de las fibras “la lignina” a este esfuerzo. Perpendicularmente a las fibras la resistencia es de tres a cuatro veces mayor que en la dirección paralela. (COPANT, 1984, pg. 1-23)

Como se mencionó el esfuerzo de rotura en probetas de especímenes de madera sometidas a corte paralelo varía entre 25 y 200 kg/cm^2 en promedio. Es mayor en la

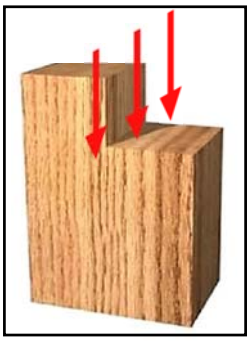
dirección radial que en la tangencial. Aumenta con la densidad, aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión. (COPANT, 1984, pg. 1-23)

En elementos a escala natural hay una disminución por la presencia de defectos como por la influencia del tamaño de las piezas. Por otro lado, este esfuerzo casi siempre se presenta combinado con otros lo que puede resultar en menores valores. (COPANT, 1984, pg. 1-24)

El ensayo de cizalle se clasifica según la dirección de las fuerzas que la producen; teniendo así:

- Cizalle paralelo tangencial. – La solicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla, tangente a los anillos de crecimiento.

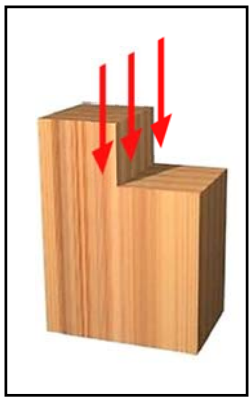
Imagen 237. Cizalle paralelo tangencial



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Cizalle paralelo radial. – La solicitación es paralela a las fibras y produce un plano de fala perpendicular a los anillos de crecimiento.

Imagen 238. Cizalle paralelo radial



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

16.2.3. Fórmulas y cálculos

A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo del esfuerzo último por corte:

$$\tau_{ult} = \frac{V_{ult}}{A}$$ Ecuación. 61. CM

Donde:

τ_{ult}, esfuerzo último a corte, en kg/cm²

V_{ult}, cortante último, en kg

A: sección que falla por tracción, en cm²

16.3. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia de la madera al cizallamiento paralelo al grano.

Objetivo específico

- Determinar la carga máxima soportada por la probeta
- Determinar la resistencia máxima de rotura
- Determinar el porcentaje de humedad

16.4. Alcance

Con una probeta de dimensiones establecidas y mediante el uso de la máquina de ensayos se aplicará una carga la cual actuará como una guillotina, en donde las fuerzas de compresión actúan sobre un espécimen de prueba estándar, con el fin de provocar fuerza de corte, sobre una sección determinada.

16.5. Importancia y aplicación

- La prueba de fuerza de corte paralela a la fibra, se utilizará para obtener datos necesarios para dimensionar elementos estructurales.
- La resistencia a corte paralela a la fibra es de gran importancia para varillas de madera, rodillos, poleas y cizalles. Ya que el corte es la separación de las fibras, por medio de la tensión paralela aplicada sobre ellas. La prueba consiste en aplicar y medir la tensión de las fibras de madera, con el fin de provocar la separación entre ellas. (Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl)

16.6. Herramientas y equipos de laboratorio

a. Herramientas

Imagen 239. Herramientas – cizallamiento paralelo al grano



a. 52. Calibrador "pie de rey"



a. 53. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 240. Equipo de laboratorio - cizallamiento paralelo al grano



b. 70. Máquina de ensayo



b. 69. Dispositivo de cizallamiento



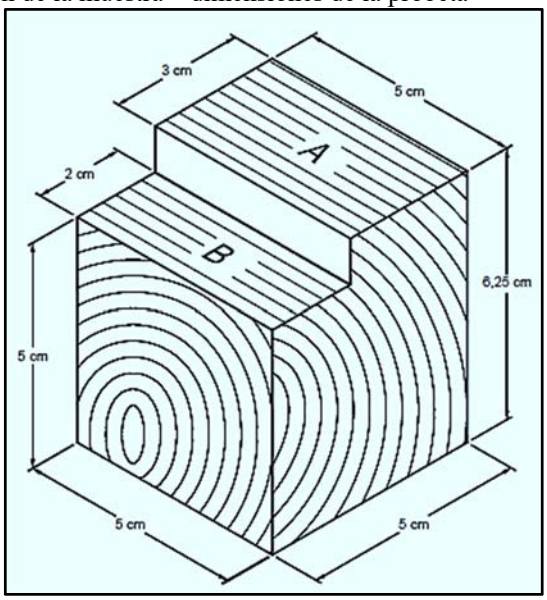
b. 68. Balanza electrónica
Capacidad: 8100g
Precisión árido fino,±0,1g
Precisión árido grueso, ±0,5g

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

- Se deberá tener como mínimo 2 probetas de diferente especie, cuyas dimensiones serán de 5 cm x 5 cm x 6,25 cm, tal como se muestra en la figura, cuidando que las superficies A, B sean paralelas entre sí y, al mismo tiempo, perpendiculares a la dirección general del grano (NTC 775, 1974)

Ilustración 30. Preparación de la muestra – dimensiones de la probeta



Fuente: Asitimbay & Fierro

- Marcar las probetas, las cuales deben estar plenamente identificadas y numeradas, medir con el calibrador, y registrar la geometría de cada una de las probetas.
- Pesar la muestra y registrar el dato

16.7. Procedimiento de la práctica

Imagen 241. Procedimiento de la práctica – cizalla, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Colocar la probeta en la mordaza de corte dejando un espacio de 3mm entre el lado interno de la probeta y la superficie de corte. Es necesario que los lados verticales de la probeta se encuentren bien ajustados a la mordaza de corte para generar una superficie de corte paralela al grano. (NTC 775, 1974)

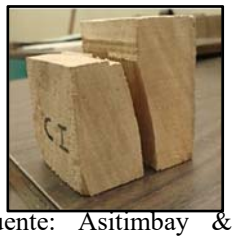
Imagen 242. Procedimiento de la práctica – cizalla, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Colocar el dispositivo del ensayo de corte, teniendo en cuenta que la velocidad con que se aplicará la carga será de **0.6mm/min,** la misma que transmitirá una carga constante al elemento a ser ensayado. (NTC 775, 1974)

Imagen 243.Procedimiento de la práctica – cizalla, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. El ensayo terminará cuando la cara de la pieza sometida a la carga falle. Registrar la carga máxima.

Imagen 244. Procedimiento de la práctica – cizalla, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro. 2019

4. Graficar y registrar la grieta del cizallamiento.

5. Terminado el ensayo, se determina el contenido de humedad y el peso específico de la probeta. Se utiliza para este fin la porción separada de la probeta por el cizallamiento.

16.8. Plantilla para llenar

16.8.1. Preguntas previas al laboratorio

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA REISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO	**ASTM D 143-94** **COPANT 463** **NTC 775**

1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué estado físico deben estar los especímenes? _____

4. Cuál es la velocidad de carga para determinar la resistencia al corte? _____

5. Grafique el sentido de las fibras, de la pieza que se va a someter al presente ensayo

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

16.8.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **En una obra, se requiere cortar varios troncos de madera con hacha. ¿Cuál sería su recomendación para cortar dicho tronco?.**

a) Todo mundo sabe que, para hacer leña de un tronco de madera, el golpe del hacha debe ser perpendicular a las fibras con el propósito de desgajarlo fácilmente.

b) Todo mundo sabe que, para hacer leña de un tronco de madera, el golpe del hacha debe ser paralelo a las fibras con el propósito de desgajarlo fácilmente.

c) Todo mundo sabe que, para hacer leña de un tronco de madera, el golpe del hacha debe ser de manera rotacional a las fibras con el propósito de desgajarlo fácilmente.

d) Todas las anteriores.

e) Ninguna de las anteriores. Justifique su respuesta. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ __

2. **¿Cuándo la madera presenta una mayor resistencia?**

a) En el caso de la resistencia al esfuerzo cortante, la madera presenta una mayor resistencia cuando la fuerza cortante actúa en forma perpendicular a la orientación de las fibras.

b) En el caso de la resistencia al esfuerzo cortante, la madera presenta una mayor resistencia cuando la fuerza cortante actúa en forma paralela a la orientación de las fibras.

c) En el caso de la resistencia al esfuerzo cortante, la madera presenta una mayor resistencia cuando la fuerza cortante actúa en forma diagonal a la orientación de las fibras.

d) Todas las anteriores.

e) Ninguna de las anteriores. Justifique su respuesta. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ __

16.8.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA REISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO

ASTM D 143-94
COPANT 463
NTC 775

1. Mediante el calibrador , establesca las dimensiones de los especimenes, apoyandose en la siguiente gráfica

Muestra N°						
Identificación						
L1, cm						
L2, cm						
L3, cm						
L4, cm						
L5, cm						
L6, cm						
Carga Máxima						
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa Húmeda, gr.						
Masa Seca, gr.						
% de Humedad						

Firma o Sello del Laboratorista

CAPÍTULO 17

ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50MM DE ARISTA.

17.1. Terminología de definiciones de la práctica

- Moldes para especímenes. Las muestras cúbicas de 50 mm, deben ser de ajuste perfecto, no deben tener más de 3 compartimentos cúbicos y no deben ser separables en más de dos partes. Las partes de los moldes, cuando estén ensambladas, deben sostenerse unidas con precisión. Los moldes deben ser de metal duro, no atacable por el mortero de cemento, con una dureza Rockwell del metal, para moldes nuevos, no menor de HRB 55. Las paredes deben ser lo suficientemente rígidas para evitar ensanchamientos o alabeos; las caras interiores deben ser superficies planas y deben cumplir con las tolerancias de la tabla. (INEN 488, 2009, pg.2)

Tabla 35. Variaciones permisibles en moldes para especímenes.

PARÁMETRO	MOLDES CÚBICOS DE 50 mm DE ARISTA	
	NUEVOS	EN USO
Lisura de los lados	< 0,025 mm	< 0,05 mm
Distancia entre lados opuestos	50 mm ± 0,13 mm	50 mm ± 0,50 mm
Altura de cada compartimento	50 mm + 0,25 mm a – 0,13 mm	50 mm + 0,25 mm a – 0,38 mm
Ángulo entre caras adyacentes [A]	90 ± 0,5°	90 ± 0,5°
[A] Medido en puntos ligeramente separados de la intersección. Medidos separadamente para cada compartimento entre todas las caras interiores y caras adyacentes y entre las caras interiores y los planos superior e inferior del molde.		

Fuente: NTE INEN488, pg.2.

- Pisón. Debe ser de un material no absorbente, no abrasivo, ni quebradizo, tal como un compuesto de caucho, que tenga una dureza según el durómetro Shore A de 80 ± 10 o una madera de roble curada, impermeabilizada por una inmersión en parafina durante 15 minutos a aproximadamente 200 °C. Debe tener una sección transversal de

alrededor de 13 mm x 25 mm y una longitud conveniente de alrededor de 120mm a 150mm. La cara de apisonar debe ser plana y perpendicular al eje longitudinal del pisón. (INEN 488, 2009, pg.2)

- Espátula. Debe tener una hoja de acero de 100 mm a 150 mm de largo con bordes rectos. (INEN 488, 2009, pg.2)

17.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 488:2009. Cemento Hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista. Segunda revisión.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C-109:1999. "Standard Test Methods for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2in or 50mm cube specimens). American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C-511:2003. Especificaciones para gabinetes húmedos, cámaras de curado y tanques de almacenamiento en agua, usados en los ensayos de cementos hidráulicos y hormigón.

17.3. Marco teórico de la práctica

17.3.1. Introducción

El uso del mortero en la construcción ha sido muy diverso; en Ecuador se usa considerablemente como material de revoque, para nivelar pisos, proteger taludes, recubrir elementos estructurales, pero el mayor uso está en la construcción de mampostería, razón por la cual la tecnología del mortero se ha enfocado principalmente en esta rama.

La principal función del mortero es proporcionar para siempre apoyo y adherencia a las unidades de mampostería, lo cual se logra si dentro del ensamblaje actúa como elemento integral, con unas características de comportamiento deseadas. Además de influir en las propiedades estructurales de la mampostería, el mortero tiene por objeto reducir la permeabilidad. (Asocreto, 2010, pg. 147)

Es un material versátil capaz de satisfacer una variedad de requisitos. Una porción relativamente pequeña de mortero influye significativamente en el comportamiento de la mampostería. No hay una mezcla particular que satisfaga todas las situaciones. Sólo un conocimiento sobre los materiales que lo componen y sus propiedades, simple y colectivamente, permitirán seleccionar el tipo de mortero de acuerdo con un uso específico. (Asocreto, 2010, pg. 147)

A causa de que algunos de los componentes principales del concreto de cemento Pórtland y de los morteros son los mismos, a menudo se asume erróneamente que la práctica de un buen concreto es también la práctica de un buen mortero. Realmente, el mortero difiere del concreto en las consistencias, en los métodos de colocación y el ambiente de curado. Este último es comúnmente usado como unión de dos unidades

de mampostería dentro de un elemento estructural simple, mientras el concreto es usualmente un elemento estructural en sí mismo. (Asocreto, 2010, pg. 147)

Una mayor diferencia entre estos materiales es ilustrada por la forma como ellos son manejados durante la construcción. El concreto es usualmente colocado en un molde de madera o metal no absorbente, de tal forma que la mayor cantidad de agua es retenida. El mortero es colocado entre unidades de mampostería, pue son absorbentes, y tan pronto como hacen contacto comienza a perder agua. La resistencia a la compresión es de gran consideración en el concreto y en el mortero es sólo uno de los factores importantes, por esto se adiciona agua al mortero después de mezclado hasta obtener el grado adecuado de trabajabilidad, que permita una eficiente colocación y por tanto una buena adherencia. (Asocreto, 2010, pg. 147)

Como es lógico, el mortero no es muy diferente al concreto en cuanto al desarrollo de sus propiedades y por tanto se deben realizar cuidadosamente las tareas de manejo, colocación y curado. Estas influencian de gran manera su desempeño, el cual a la vez depende de la cantidad de cemento y dosificación de los demás componentes. (Asocreto, 2010, pg. 147)

Hoy el curado del concreto es tenido en cuenta en la mayoría de las obras, desafortunadamente no ocurre lo mismo con el mortero, y no es frecuente que se apliquen medidas que garanticen el desarrollo adecuado de sus propiedades. (Asocreto, 2010, pg. 147)

17.3.2. Definición, Tipos y usos de los morteros.

Se define al mortero como una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso. (Asocreto, 2010, pg. 147)

Atendiendo a su endurecimiento se pueden distinguir dos tipos de morteros: Los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas. (Gutiérrez De López, 2003, pg.115)

Teniendo en cuenta los materiales que los constituyen, pueden ser:

- **Morteros calcáreos:** los que interviene la cal como aglomerante, se distinguen, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos.

  Las cales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris (dolomítica); en los morteros aéreos la arena tiene como objetivo principal evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1-2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4. Si la proporción aumenta el mortero pierde ductilidad y trabajabilidad. (Gutiérrez De López, 2003, pg.115)
- **Morteros de yeso:** Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50%, para estucos el 60% y para moldes el

70%. El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora. (Gutiérrez De López, 2003, pg.116)

- **Morteros de cal y cemento:** Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia (superior a la de los morteros de cal; en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como Morteros de Cemento Rebajado.

  Las relaciones de mezcla más usadas varían entre 1:2:6 y l:2:10 de cemento, cal y arena y el agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada. Si el contenido de cemento es alto, el mortero será de alta resistencia y de poco tiempo entre amasado y colocación, será más o menos trabajable y tiene una contracción del 3% si el mortero es seco; en cambio si el contenido de cal es alto tendrá menor resistencia, será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción. Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción. Por lo anterior debe buscarse una combinación adecuada a las condiciones de obra. (Gutiérrez De López, 2003, pg.116)

En cada país la clasificación de los morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión. La norma más difundida es la ASTM-270, la cual clasifica los morteros de pega por propiedades mecánicas y por dosificación. (Gutiérrez De López, 2003, pg.115)

El mortero para mampostería sin refuerzo debe ser del tipo M, S o N, y los morteros para mampostería reforzada están regulados por la norma ASTM C-476 en la cual se distinguen los tipos PM y PL. (Gutiérrez De López, 2003, pg.116)

Tabla 36. Clasificación de os morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación.

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	(Kg/cm²)	(P.S.I.)	CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBANILERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
M	17.2	175	2500	1 1	1 -	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12.4	126	1800	0.5 1	1 -	0.25 a 0.50	
N	5.2	53	750	- 1	1 -	0.5 a 1.25	
O	2.4	25	350	- 1	1 -	1.25 a 2.50	
K	0.5	5	75	1	-	2.50 a 4.00	

Fuente: Tomado del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" - Gutiérrez de López – 2003, pg.116

Tabla 37. Clasificación ASTM C-476 de morteros de pega para mampostería reforzada según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación-Partes por volumen.

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	(Kg/cm²)	(P.S.I.)	CEMENTO PORTLAND	CEMENTO MAMPOSTERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
PM	17.2	175	2500	1	1	0.25 a 0.50	2.25 a 3.00
PL	17.2	175	2500	1	-		

Fuente: Tomada del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" - Gutiérrez de López – 2003, pg.117

Los morteros de relleno se encuentran regulados por la Norma ASTM C-476. Los morteros de relleno son aquellos que se utilizan para dispersar en el interior de los muros con el objeto de aumentar la sección neta resistente del muro y ayudar la unión entre la mampostería y el refuerzo.

Tabla 38. Morteros de relleno – Partes por volumen.

TIPO DE RELLENO	CEMENTO PORTLAND	CAL	AGREGADO FINO SUELTO	AGEGADO GRUESO SUELTO
Relleno fino	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	-
Relleno grueso	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	1 a 2

Fuente: Tomando del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" - Gutiérrez de López – 2003, pg.117

- **Morteros de cemento:** Son los más empleados, se componen de arena y cemento Portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua. (Gutiérrez De López, 2003, pg.117)

  En el mortero de cemento al igual que en el hormigón, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad. (Gutiérrez De López, 2003, pg.117)

  En algunos casos se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes. (Gutiérrez De López, 2003, pg.117)

  Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante. Por otro lado, si el

> mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente, pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos. (Gutiérrez De López, 2003, pg.118)

En Ecuador el uso del mortero de cemento es considerablemente conocido, y se dosifica de acuerdo a la proporción en peso de cemento y arena.

- Los morteros 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia.
- Los morteros 1:4 a 1:6 se deben hacer con arena limpia o semilavada.
- Para los morteros 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tienen muy poca resistencia.

Los morteros según su uso se pueden clasificar así: (Gutiérrez De López, 2003, pg.117)

- Morteros que tienen suficiente resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.
- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
- Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.
- Morteros que sirven para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

Tabla 39. Usos de los morteros de cemento.

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: Tomada del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" - Gutiérrez de López – 2003, pg.118.

17.3.3. Propiedades de los morteros en estado plástico

- **Manejabilidad:** Es una medida de la facilidad de manipulación de la mezcla, es decir, de la facilidad para dejarse manejar. La manejabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal que como se encuentra en estado plástico; depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena. (Gutiérrez De López, 2003, pg.119)

- **Retención de agua:** Se refiere a la capacidad del mortero de mantener su plasticidad cuando queda en contacto con la superficie sobre la que va a ser colocado, por ejemplo, un ladrillo. Para mejorar la retención de agua se puede agregar cal, o aumentar el contenido de finos en la arena, o emplear aditivos plastificantes o incorporadores de aire. La retención de agua influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no

retenga el agua no permite la hidratación del cemento. (Gutiérrez De López, 2003, pg.119)

- **Velocidad de endurecimiento:** Los tiempos de fraguado final e inicial de un mortero están entre 2 y 24 horas; dependen de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y humedad. (Gutiérrez De López, 2003, pg.119)

Tabla 40. Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación.

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Tomada del libro: "El concreto y otros materiales para la construcción" - Gutiérrez de López – 2003, pg.120.

17.3.4. Propiedades de los morteros en estado endurecido

- **Retracción:** se debe principalmente a la retracción de la pasta de cemento y se ve aumentada cuando el mortero tiene altos contenidos de cemento. Para mejorar esta retracción y evitar agrietamientos es conveniente utilizar arenas con granos de textura rugosa, y tener en cuenta además que en clima caliente y de muchos vientos, el agua tiende a evaporarse más rápidamente produciendo tensiones internas en el mortero, que se traducen en grietas visibles. La retracción es proporcional al espesor de la capa, a la riqueza en cemento de la mezcla y a la mayor absorción de la pared sobre la que se vaya a aplicar. (Gutiérrez De López, 2003, pg.120)

- **Adherencia:** es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada, comparable con la del mortero. (Gutiérrez De López, 2003, pg.120)

- **Resistencia:** Si el mortero es utilizado como pega, debe proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión. Para diseñar morteros de alta resistencia se debe tener en cuenta que para un mismo cemento y un mismo tipo de agregado fino,

el mortero más resistente y más impermeable será aquel que contenga mayor contenido de cemento para un volumen dado de mortero; y que para un mismo contenido de cemento en un volumen determinado de mortero el más resistente y probablemente el más impermeable será aquel mortero que presente mayor densidad, o sea aquel que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. El tamaño de los granos de la arena juega un papel importante en la resistencia del mortero; un mortero hecho con arena fina será menos denso que un mortero hecho con arena gruesa para un mismo contenido de cemento. (Gutiérrez De López, 2003, pg.121)

Por último, el contenido de agua del mortero influye sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados.

- **Durabilidad:** Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que muestra el mortero ante agentes externos como: baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos. En general, se puede mencionar que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad. (Gutiérrez De López, 2003)
- **Apariencia:** El aspecto del mortero posterior al fraguado juega un importante papel en las mamposterías de ladrillo a la vista; para alcanzar una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad. (Gutiérrez De López, 2003)

17.3.5. Fórmulas y cálculos

La resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$fm = \frac{P}{A}$$ Ecuación. 62. CCM

Donde:

fm = Resistencia a la compresión en MPa.

P = Carga total máxima de la falla, en N.

A = Área de la sección transversal del cubo a la que se aplica la carga, en mm².

Si la sección transversal de una muestra varía en más de1,5 % de la nominal, utilice el área real para el cálculo de la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de todos los especímenes de ensayo aceptables, hechos de la misma muestra y ensayados al mismo período debe ser promediada y reportada con una aproximación de 0,1MPa.

17.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de los morteros elaborados con cemento hidráulico, usando cubos de 50mm de arista

Objetivo específico

- Determinar la carga máxima soportada por la probeta.
- Determinar la dosificación adecuada para aplicarla en el “capping” en los ensayos correspondientes de bloques y ladrillos.

17.5. Alcance

Mediante el diseño de un mortero de determinada dosificación, se elaborará cubos de 50mm de arista, se procederá a curar el espécimen y por último se determinará la resistencia a la compresión del mortero, en donde los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones requeridas.

17.6. Importancia y aplicación

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros, o en prácticas de laboratorio para ensayos de materiales para la construcción. Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, revoques. (Libia de Gutiérrez, 2003, pg.117)

- **Mortero de pega:** debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del

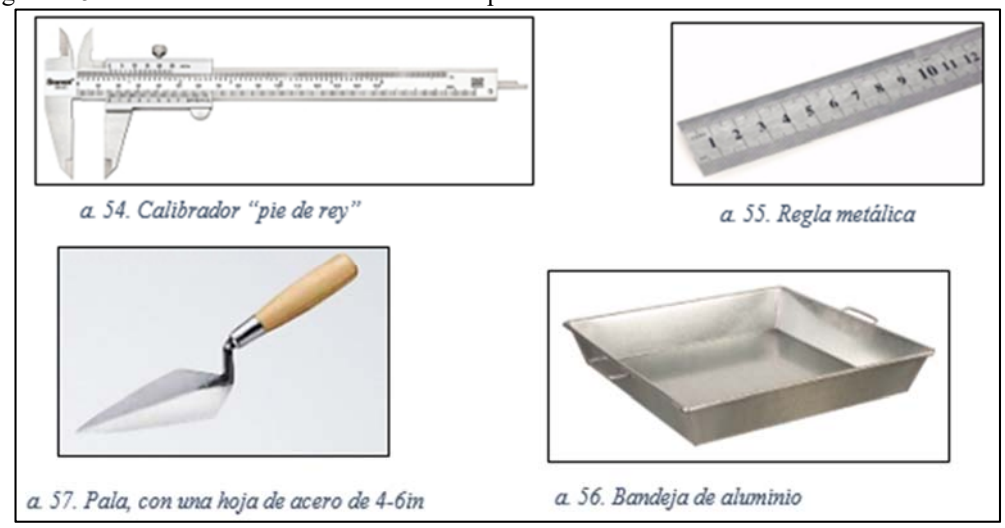
sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

- **Morteros de relleno:** Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia. (Libia de Gutiérrez, 2003, pg.119)
- **Morteros de recubrimiento:** Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante. (Libia de Gutiérrez, 2003, pg.119)

17.7. Herramientas y equipos de laboratorio

a. Herramientas

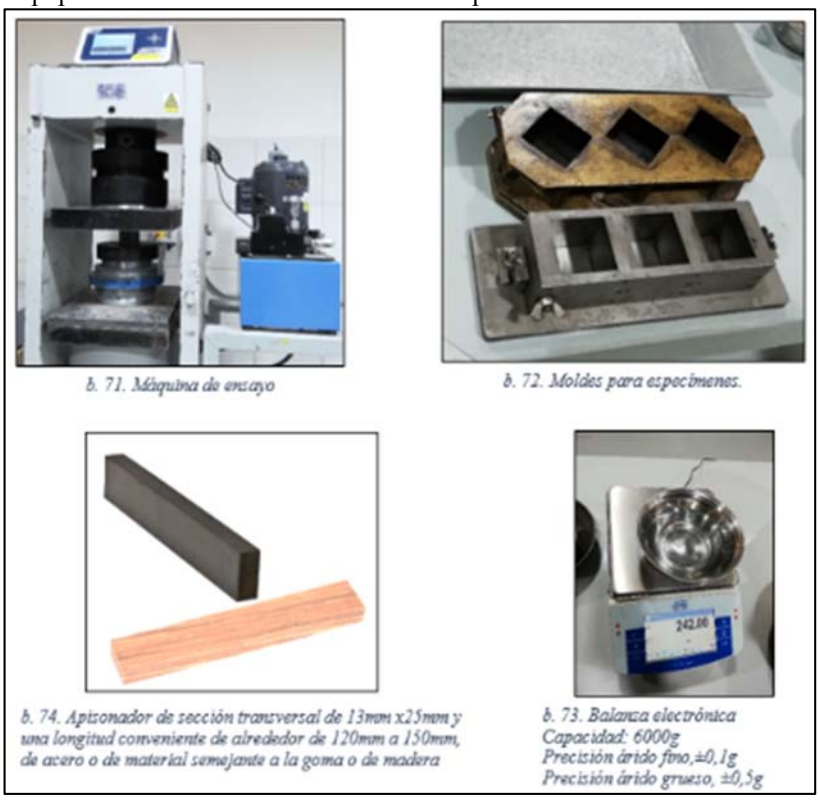
Imagen 245. Herramientas – resistencia a la compresión en morteros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 246. Equipo de laboratorio - resistencia a la compresión en morteros



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

La norma técnica ecuatoriana propone la siguiente dosificación para la realización del presente ensayo

- Proporción en masa, de los materiales secos para el mortero normalizado deben ser: 1 parte de cemento por 2,75 partes de arena normalizada graduada. Se debe utilizar una relación agua – cemento de 0,485 para todos los cementos portland y 0,460 para todos los cementos portland con incorporador de aire. La cantidad de agua de mezclado para otros cementos que no sean portland y portland con incorporador de aire, debe ser la necesaria, para que produzca una fluidez de 110 ± 5, y se debe expresar como un porcentaje de la masa de cemento.

Tabla 41. Cantidades de materiales a ser mezcladas de una vez, en una amasada de mortero para elaborar 6 y 9 especímenes de ensayo.

MATERIAL	NÚMERO DE ESPECÍMENES	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1 375	2 035
Agua, cm^3		
- Portland (a/c = 0,485)	242	359
- Portland con incorporador de aire (a/c = 0,460)	230	340
- Otros (para un flujo de 110 ± 5)	----	----

Fuente: INEN 488, 2009, pg.4

Imagen 247. Preparación de la muestra – morteros, (c.1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Pesar, la cantidad necesaria de cemento, arena, agua.

Imagen 248. Preparación de la muestra – morteros, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.2. Mezclar los materiales en una bandeja, hasta obtener una masa trabajable.

Imagen 249. Preparación de la muestra – morteros, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. El llenado de los moldes debe iniciarse dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar el primer mezclado de la amasada del mortero.

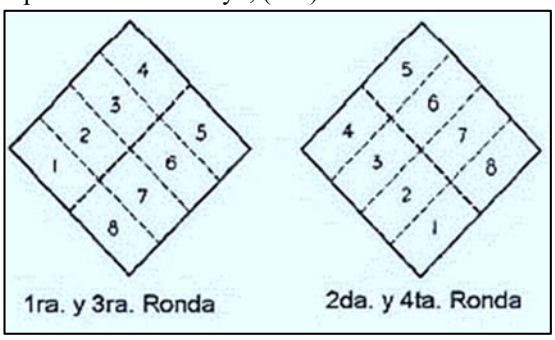
c.4. Los moldes deben llenarse en dos capas. Colocar una capa de mortero de alrededor de 25mm (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos.

Imagen 250. Preparación de la muestra – morteros, (c.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Ilustración 31. Orden de apisonado al moldear los especímenes de ensayo, (c.5.)

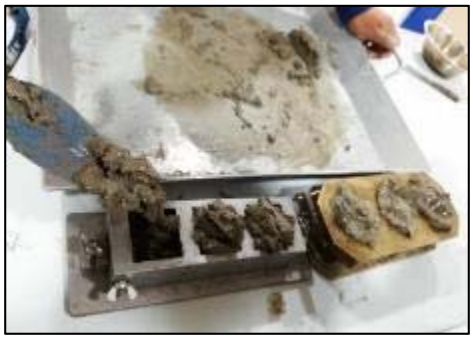


Fuente: INEN 488, 2009, pg.6

c.5. Apisonar el mortero en cada compartimento cúbico 32 veces en alrededor de 10 segundos, en 4 rondas, en cada ronda se debe compactar con 8 golpes, en dirección perpendicular a la anterior, como se indica en la figura. (INEN488, 2009)

c.6. Una vez terminada la compactación de la primera capa en todos los compartimentos cúbicos, llenar los compartimentos con el mortero restante y compactar como se ha especificado para la primera capa.

Imagen 251. Preparación de la muestra – morteros, (c.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Durante la compactación de la segunda capa, mediante el compactador y los dedos con las manos enguantadas, colocar nuevamente al interior el mortero que haya rebosado sobre el borde superior de los moldes después de cada ronda de compactación, hasta completar cada una de las rondas y antes de empezar la siguiente ronda de apisonado. (INEN488, 2009)

Imagen 252. Preparación de la muestra – morteros, (c.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.7. Al finalizar la compactación, la superficie de mortero en todos los cubos debe sobresalir ligeramente sobre el borde de los moldes. Retirar con una espátula el mortero que ha rebosado sobre el borde de los moldes y alisar los cubos pasando una vez el lado plano de la espátula con el propósito de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale del borde del molde sea de espesor más uniforme. (INEN488, 2009)

Imagen 253. Preparación de la muestra – morteros, (c.8)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.8. Para evitar la pérdida de agua por evaporación colocar una lámina de plástico sobre los moldes ya elaborados.

Imagen 254. Preparación de la muestra – morteros, (c.9)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.9. Luego de 24 horas, desencofrar los cubos, etiquetarlos con su fecha de elaboración, número de espécimen.

c.10. Llevar los cubos inmediatamente a la cámara de curado. Con las caras superiores expuestas al aire húmedo, pero protegidas contra la eventual caída de gotas de agua.

Imagen 255. Preparación de la muestra – morteros, (c.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

17.8. Procedimiento de la práctica

1. Ensayar las muestras inmediatamente después de retirarlas del gabinete húmedo o del agua de almacenamiento. Todas las muestras de ensayo correspondientes a determinada edad de ensayo y deben ensayarse dentro de las tolerancias permisibles de tiempo que se indica en la tabla. (INEN488, 2009)

Tabla 42. Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos, (1)

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± ½ hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: NTE 488, pg.4

2. Secar cada muestra hasta una condición de superficie seca y eliminar los granos sueltos de arena u otras incrustaciones, de las caras que estarán en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo. Controlar las caras aplicando una regla, si hay una curvatura apreciable, se debe esmerilar la cara o caras, hasta lograr superficies planas o se descarta la muestra.

Imagen 256. Procedimiento de la práctica, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Colocar cuidadosamente la muestra en la máquina de ensayo, de manera que la carga se aplique a dos caras del cubo previamente medidas y que estaban en contacto con las superficies planas del molde.

Imagen 257. Procedimiento de la práctica, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

4. Aplicar la velocidad de carga en el rango de **900-1800N/s**, esta velocidad de aplicación de carga debe ser alcanzada durante la primera mitad de la carga máxima estimada y no se debe reajustar la velocidad de carga en la última mitad de la carga, especialmente mientras el cubo está rápidamente fluyendo antes de la falla. (INEN488, 2009)

5. Registrar la carga total máxima indicada por la máquina de ensayo.

17.9. Plantilla para llenar

17.9.1. Preguntas previas al laboratorio

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA REISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50mm DE ARISTA	**NTE INEN 488** **ASTM C-109** **ASTM C-511**

1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. Qué dosificación va utilizar en la mezcla de mortero, y cual es el proposito de su investigación? _____

4. Cuál es la velocidad de carga para determinar la resistencia ? _____

5. Grafique el sentido u orden de apisonado al moldear los especímenes de ensayo.

Notas:

	FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA
	_____

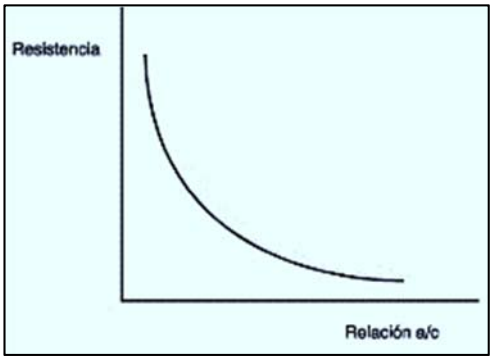
17.9.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Determine si la premisa es verdadera o falsa.

a) La resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento…….... (V),(F)

2. Interprete la siguiente gráfica.

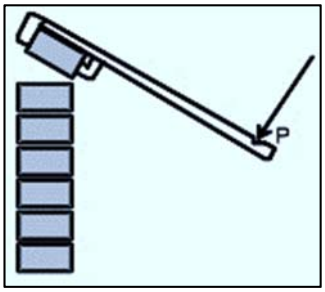


_ _

_ _

3. Complete, con la/s palabras más adecuadas

Se emplean _ para realizar la



prueba en mamposterías de tabique, para evaluar la capacidad de adherencia de los morteros, la norma que cubre este ensaye es la ASTM C-1072 la cual indica como probar la resistencia a la adherencia de los tabiques pegados con mortero, para esto se emplea una llave especial con la que se aplica un momento sobre el tabique superior de un muro de prueba construido para el caso, según se puede apreciar en la figura.

La prueba debe instrumentarse para detectar el _ _ _ __ _ _ _ _ _ _ necesario para lograr desprender el tabique de arriba. La ventaja de la prueba anterior es que además de permitir evaluar la capacidad de adherencia del mortero, también se puede usar como una medida de control de _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ en la construcción de muros de mampostería de tabique.

17.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO : DETERMINACIÓN DE LA REISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50mm DE ARISTA					**NTE INEN 488 ASTM C-109 ASTM C-511**
Dosificación del mortero (Cemento, Arena, Agua)					
Muestra N°					
Identificación					
Fecha de Moldeo					
Fecha de Ensayo					
Edad (días)					
Geometria del espécimen — a					
Geometria del espécimen — b					
Geometria del espécimen — c					
Área secc. transversal					
W, Masa (gr.)					
Velocidad de carga					
Carga Máxima (KN)					
Resistencia (Mpa)					
Resistencia (Kg/cm2)					
Gráfico de falla					

Observaciones: _____

CAPÍTULO 18

ENSAYO: PREPARACIÓN DE LADRILLOS Y COMPRESIÓN DE LADRILLOS.

18.1. Términos y definiciones de la práctica

- Ladrillo. - Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formado paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería. (INEN 293, 2014, pg. 1)

- Medidas principales. - Se entiende por medidas principales: el largo, el ancho y el alto del ladrillo.

- Superficie bruta de contacto. - Es la superficie normal al eje del o de los huecos, sin descontar la superficie de estos, es decir: el producto del largo por el ancho del ladrillo.

- Superficie neta de contacto. - Es la superficie bruta de la cual se ha descontado la superficie recortada para la realización del ensayo.

- Volumen total. - Es el volumen del ladrillo, calculado con sus medidas principales.

- Ladrillo Artesanal. - Es el ladrillo elaborado con procedimientos manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para impedir que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se define por variaciones de unidad a unidad.

- Ladrillo Industrial. - Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

- Ladrillo macizo. - Unidad de ladrillos cerámicos, usualmente conformado por un prisma rectangular. Los ladrillos macizos pueden tener perforaciones que aligeran hasta un 25 % de su masa. (INEN 293, 2014, pg. 3)

- Ladrillo hueco. - Ladrillos aligerados por encima del 25 % de su masa y menos del 65 % total. (INEN 293, 2014, pg. 3)

18.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

NTC. - Norma técnica colombiana

- Norma técnica ecuatoriana INEN 292:2015. Ladrillos cerámicos. Muestreo.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 293:2015. Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 294:2015. Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 297:2015. Ladrillos cerámicos. Requisitos.

- Norma técnica ecuatoriana INEN 2619:2012. Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. refrentado para el ensayo a compresión

18.3. Marco teórico de la práctica

18.3.1. Introducción

Son elementos constructivos en forma de prisma rectangular que pueden ser de arcilla cocida o arcilla cruda; a estos últimos se les llama adobes y sólo son utilizados en cercas o construcciones pequeñas, tienden a ser reemplazados por los bloques o por los ladrillos cocidos; Hoy en día se utiliza el adobe reforzado con fibras naturales, como fique, poliéster o paja; también se hacen mezclando la arcilla con un 5% de cemento con el objeto de dar mayor resistencia. (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)

18.3.2. Clasificación

Los ladrillos se pueden clasificar en:

- Macizos
- Huecos.

Los ladrillos macizos se clasifican según su calidad en:

- **Tipo A**, serán ladrillos prensados con un color rojizo uniforme, ángulos y aristas rectas, sin manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras o aristas. (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)

- **Tipo B,** son ladrillos de maquina rojizos con ángulos y aristas rectas, con pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores con diferencia a la anterior, y variaciones de hasta 5 mm en sus aristas. (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)
- **Tipo C,** son parecidas al tipo B pero con aceptación de 8 mm en sus aristas como variación al tipo anterior. (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)

Los ladrillos huecos se clasifican según su uso en:

- **Tipo D,** se emplean en muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- **Tipo E,** se empleará solo en tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- **Tipo F,** se emplearán solo en losas alivianadas de hormigón armado.

18.3.3. Fabricación

Los ladrillos se construyen por medio de cocción al rojo vivo, con una temperatura mínima de 800ºC. una vez ya cocidos, deben tener una masa constante de resistencia homogénea.

Debe tener un color rojizo y producir un sonido metálico cuando es golpeado por otro material duro.

18.3.4. Muestreo

Para tomar la muestra se procede de la siguiente manera:

a) **Aleatoria:** En donde cada elemento de un lote tiene la misma probabilidad de ser representado para ser muestra
b) **Estratificada:** En donde un lote grande puede ser dividido en sub grupos, obteniendo de cada ellos una muestra separada.
c) **Sistemática:** cuando se presentan en una forma ordenada los componentes del lote, de esta forma simplificando el muestreo escogiendo sus unidades a intervalos regulares hasta completar el número de muestras.

Se marcan las muestras adecuadamente para su posterior identificación siempre y cuando estas no ocupen más del 5% de la superficie de la muestra.

El número de muestras se tomará según el volumen del lote como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 43. Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección

Tamaño del lote	Unidades de muestreo	Ac_1	Re_1	Ac_2	Re_2
Hasta 1 200	3	0	2	1	2
De 1 201 hasta 35 000	5	0	2	1	2
Mayor de 35 000	8	0	3	3	4

Fuente: NTE INEN 292, 2014, pg. 3

Criterios de aceptación o rechazo de los lotes de inspección:

- **AC_1**: Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra sea igual al número de aceptación, el lote en cuestión será aceptado.
- **RE_1:** Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra sea mayor o igual que el número de rechazo, el lote será rechazado.

- **AC_2**: Si el número total de unidades defectuosas es igual o menor que el número de aceptación, el lote en cuestión será aceptado.
- **RE_2:** Si el número total de unidades defectuosas es mayor o igual que el número de rechazo Re2, se rechazará el lote.

Nota: Los ladrillos de un mismo lote deben tener dimensiones uniformes. No se permitirá en ellas una variación mayor al 4%

18.3.5. Propiedades químicas

Los ladrillos tienen resistencia a la humedad o acción química del agua, y a la acción de sales y ácidos asociados. Esta resistencia depende de: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg.139).

- temperatura de cocción,
- porosidad.
- intensidad en la sintetización, es decir, intensidad en la soldadura a nivel molecular.
- propiedades químicas de la arcilla.
- permeabilidad.

Las características de un ladrillo con buena resistencia química son: (Libia Gutiérrez de López, 2003, pg.139).

- absorción entre 6 y 7%
- resistencia mecánica a la compresión muy alta.

- una pérdida de masa por disolución no mayor del 3%, cuando se coloca en ebullición, por una hora en ácidos concentrados.

Resistencia a la compresión simple

Al instante de su entrega, los ladrillos deben cumplir con las resistencias netas mínimas a la compresión simple, establecidas en la siguiente tabla.

Tabla 44. Resistencia mínima a la compresión Mpa.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)	
	Promedio de 5 unidades	Individual
macizo tipo A	25	20
macizo tipo B	16	14
macizo tipo C	8	6
hueco tipo D	6	5
hueco tipo E	4	4
hueco tipo F	3	3
Método de ensayo	INEN 294	

Fuente: NTE INEN 297,2014, pg. 2

Refrentado con mortero de cemento.

El mortero es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso. (Libia Gutiérrez, 2003, pg.115)

Es el procedimiento de aplicación y moldeo de la capa de refrentado sobre una superficie de carga en una probeta, predestinado a corregir los defectos de planeidad y paralelismo entre las caras con el fin de conseguir la mejor coincidencia posible con las piezas de apoyo y carga de la prensa de ensayo y una repartición uniforme de tensiones durante la aplicación de la carga. (Libia Gutiérrez, 2003)

18.3.6. Fórmulas y cálculos

a) Área bruta

Calcular el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta } (A_g), (mm^2) = l \times a$$

Ecuación. 63. CL

donde:

Ag = Área bruta de la unidad, (mm^2)

L = Largo promedio de la unidad, (mm),

a = Ancho promedio de la unidad, (mm).

El área bruta de la sección transversal de una unidad es igual al área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga.

b) Resistencia a la compresión del área bruta

Calcular la resistencia a compresión del área bruta de la unidad, de la siguiente manera:

$$c = \frac{Pmax}{Ag}$$

Ecuación. 64. CL

Donde:

Pmáx: Carga máxima de compresión (N),

Ag = Área bruta de la unidad (mm^2)

C = Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)

18.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de ladrillos cerámicos.

Objetivo específico

- Realizar la preparación de ladrillos (refrentado) para su posterior ensayo de compresión.
- Clasificar al espécimen de acuerdo a su resistencia a la compresión.
- Definir la densidad del ladrillo.

18.5. Alcance

Mediante el procedimiento del refrentado “Capinng” se va a corregir los defectos de planeidad para aplicar adecuadamente la carga, se determinara la resistencia a la compresión y su clasificación de acuerdo a los resultados de compresión.

18.6. Importancia y aplicación

- Se utilizan en torres para ácidos, ductos para la conducción de gases, calderas.
- En la construcción, cumple las funciones como elemento de mampostería, estructural y decorativo, tanto de fachadas como interiores, pero que el ladrillo cumpla o no estas cualidades en las construcciones no depende sólo del producto,

sino que tiene mucho que ver su manejo en la obra, sistema de transporte, forma de apilarlo y especialmente la forma de colocarlo y pegarlos en los muros.

- Es mejor construir con ladrillo que con aluminio, pues éste último es el mejor conductor de temperatura. Si hace frío, se enfría y si hace calor, se recalienta, cosa que no acontece con el ladrillo, que tiene más resistencia mecánica.
- Tiene baja conductividad térmica, aislante acústico, absorción de agua, resistencia al fuego, durabilidad incluso es un buen aislante térmico.

18.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 258. Herramientas – Preparación de ladrillos, y compresión



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 259. Equipo de laboratorio - Preparación de ladrillos, y compresión



b. 75 Cortadora mecánica

b. 76 Maquina universal de compresión

b. 77 Cámara de curado

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

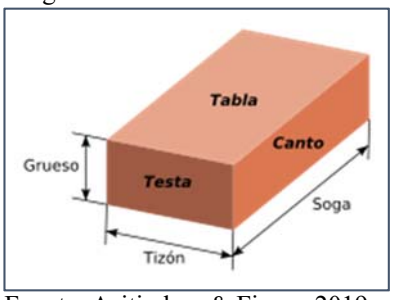
Se necesita como mínimo 3 ladrillos, los ladrillos que encontramos en el mercado tienen estas dimensiones, 10x15x32 cm.

Grueso = 10 cm

Tizón = 15 cm

Soga = 32 cm

Imagen 260.Dimensiones ladrillo



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

La muestra se ensayará completa siempre y cuando esta no muestre imperfecciones en sus aristas en caso contrario se precederá a lo siguiente:

Imagen 261. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Dividir la muestra en cuartos y tomar los 2 cuartos internos,

Imagen 262. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.2. Cortar el espécimen con la sierra eléctrica para obtener aristas perfectas con caras planas y paralelas.

Imagen 263. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. Medir, pesar, marcar las muestras (número de espécimen, fecha e identificación) y registrar esos datos.

c.4. Sobre una superficie nivelada:

- Colocar los 3 núcleos de ladrillo
- Colocar dos codales y sujetarlos
- Considerar un refrentado máximo de 6mm como espesor (con el calibrador)

Imagen 264. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Nivelar en las dos direcciones mediante un nivel de burbuja.
- Los codales deben estar previamente recubierto con una ligera capa de desmoldante.

Imagen 265. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.5. Mediante el diseño previo del mortero (1:1) o de cualquier otro mortero de por lo menos 24MPa a los 7 días refrentar los especímenes de la siguiente manera:

- Preparar el mortero con la dosificación de diseño previamente establecido.
- Humedecer las muestras.
- Colocar el mortero y distribuirlo uniformemente.
- Nivelar la mezcla al ras de los codales dejando un terminado lizo.
- Retirar los codales con un movimiento suave hacia abajo evitando dañar las aristas de los especímenes.
- Después de 24 horas repetir el procedimiento con la cara opuesta del espécimen.

c.6. Colocar los especímenes en la cámara de curado hasta la fecha de ensayo.

Imagen 266. Preparación de la muestra – compresión ladrillos, (c.6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

18.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

18.8.1. ¿Cuáles son las propiedades químicas de los ladrillos?

Los ladrillos tienen resistencia a la humedad o acción química del agua, y a la acción de sales y ácidos asociados. Esta resistencia depende de:

- temperatura de cocción,
- porosidad.
- intensidad en la sintetización, es decir, intensidad en la soldadura a nivel molecular.
- propiedades químicas de la arcilla.
- permeabilidad.

18.8.2. ¿De qué nos sirve el refrentado?

El refrentado es un procedimiento destinado a corregir los defectos de la muestra como irregularidades, planeidad, paralelismo entre las caras con el fin de aplicar adecuadamente la carga y de esta manera obtener la mejor coincidencia posible con las piezas de apoyo y carga de la prensa de ensayo y una distribución uniforme de tensiones durante la aplicación de la carga. (NCH 1172, 2010)

18.8.3. ¿Cuál es la clasificación de ladrillo qué conoce?

Los ladrillos se pueden clasificar en: Macizos, Huecos.

- Los ladrillos macizos se clasifican según su calidad en: (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)

- **Tipo A**, serán ladrillos prensados con un color rojizo uniforme, ángulos y aristas rectas, sin manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras o aristas.
- **Tipo B,** son ladrillos de maquina rojizos con ángulos y aristas rectas, con pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores con diferencia a la anterior, y variaciones de hasta 5 mm en sus aristas.
- **Tipo C,** son parecidas al tipo B pero con aceptación de 8 mm en sus aristas como variación al tipo anterior.

Los ladrillos huecos se clasifican según su uso en: (Gutiérrez De López, 2003, pg. 135)

- **Tipo D,** se emplean en muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- **Tipo E,** se empleará únicamente en tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- **Tipo F,** se emplearán solo en losas alivianadas de hormigón armado.

18.8.4. ¿Qué entiende por ladrillo?

Son elementos constructivos en forma de prisma rectangular que pueden ser de arcilla cocida o arcilla cruda. La arcilla con la que se elabora el ladrillo es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita. Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción; a estos últimos se les llama adobes y sólo son utilizados en cercas o construcciones pequeñas. (Libia Gutiérrez, 2003, pg.135)

18.9. Procedimiento de la práctica

1. Sacar las muestras de la cámara de humedad, teniendo en cuenta que, al momento de su ensayo, las muestras deben estar libres de humedad visible.

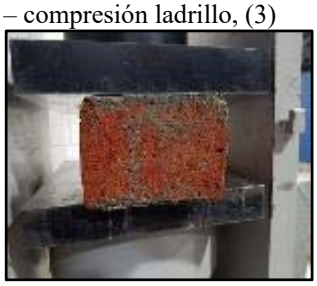
Imagen 267. Procedimiento – compresión ladrillo, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Verificar que el centroide de la superficie de carga de la muestra este alineada verticalmente con el centro de aplicación de carga.

Imagen 268. Procedimiento – compresión ladrillo, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Aplicar una carga controlada a una velocidad conveniente hasta que se provoque la ruptura de la muestra. Registrar la carga máxima de compresión, en kN.

18.10. Plantilla para llenar

18.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE LADRILLOS, COMPRESIÓN DE LADRILLOS	NTE INEN 292 NTE INEN 293 NTE INEN 294 NTE INEN 297

1.- Escriba el objetivo del ensayo

2.- Que material es utilizado para fabricar ladrillos

3.- Qué equipo utilizan para quitar la humedad:

4.- Cuál es la diferencia mas importante entre usar ladrillo y bloque de hormigon

---

5.- Qué entiende por ladrillo

6.- Que es refrentado y por que es importante realizarlo

7.- En el proceso de determinar la carga máxima soportado de un ladrillo cual es la consideración mas importante

---

8.- Cuantos tipos de ladrillo existen en el mercado

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

18.10.2. Plantilla de laboratorio para llenar.

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE LADRILLOS, COMPRESIÓN DE LADRILLOS	NTE INEN 292 NTE INEN 293 NTE INEN 294 NTE INEN 297

Tipo de muestra (A, B, C,D ,E, F) _____

Procedencia de la muestra _____

Fecha de ensayo _____

RESULTADOS

Muestra Nº	1	2	3	4	5	6
Longitud (cm)						
Ancho (cm)						
Altura (cm)						
Área bruta (cm2)						
Masa (gr)						
Densidad (kg/cm3)						
Carga máxima (KN)						
Resistencia (Mpa)						

Observaciones	Firma o sello del laboratorista

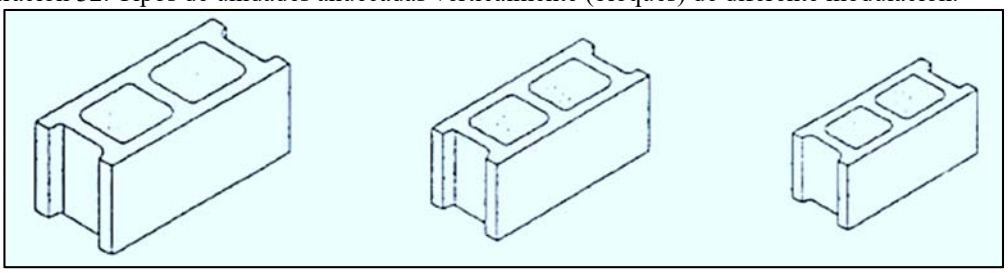
CAPÍTULO 19

ENSAYO: PREPARACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN.

19.1. Términos y definiciones de la práctica

- Unidad ahuecada verticalmente, bloque: Unidad que tiene dos huecos principales en el sentido de su altura, para que conformen celdas al superponer varias hiladas en aparejo de petaca o de tizón, o que posee más perforaciones que en las condiciones descritas no conforman celdas continuas y regulares. (IMYCYC, 2001, pg55)

Ilustración 32. Tipos de unidades ahuecadas verticalmente (bloques) de diferente modulación.



Fuente: Tomada del: "Manual de construcción de mampostería de concreto, IMYCYC", 2001, pg.55

Nota: A partir de esta definición se seguirá utilizando la palabra "bloque" en vez de "unidad ahuecada verticalmente", para simplificar el contenido de este léxico. (IMYCYC, 2001, pg55)

- Bloque de hormigón. - Pieza prefabricada de hormigón simple, elaborada con cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, con o sin aditivos, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior. (IMYCYC, 2001, pg55)

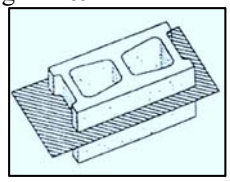
- Plano de carga. - Superficie perpendicular a la dirección de aplicación de la carga en un ensayo de compresión simple. (IMYCYC, 2001, pg55)

- Resistencia a la compresión bruta. - Relación entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie bruta, expresada en MPa. (IMYCYC, 2001, pg55)

- Superficie bruta. - Superficie paralela al plano de carga del bloque de hormigón. Esta es el resultado de multiplicar el largo por el ancho de este. (IMYCYC, 2001, pg55)

- Superficie neta. - Superficie de hormigón paralela al plano de carga del bloque de hormigón. Esta es el resultado de dividir el volumen neto de hormigón del bloque para su altura. (IMYCYC, 2001, pg55)

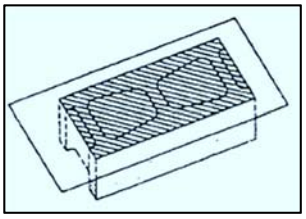
Imagen 269.Sección transversal



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- Sección transversal. Es la resultante de cortar una unidad con un plano, por lo general horizontal, estando en su posición normal. (IMYCYC, 2001, pg56)

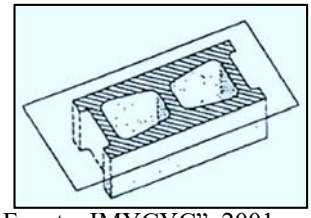
Imagen 270. Sección transversal bruta



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- Sección transversal bruta. Es la sección transversal definida por la totalidad del volumen de una unidad de mampostería, incluyendo los huecos y las salientes (en un bloque). (IMYCYC, 2001, pg56)

Imagen 271. Sección transversal neta

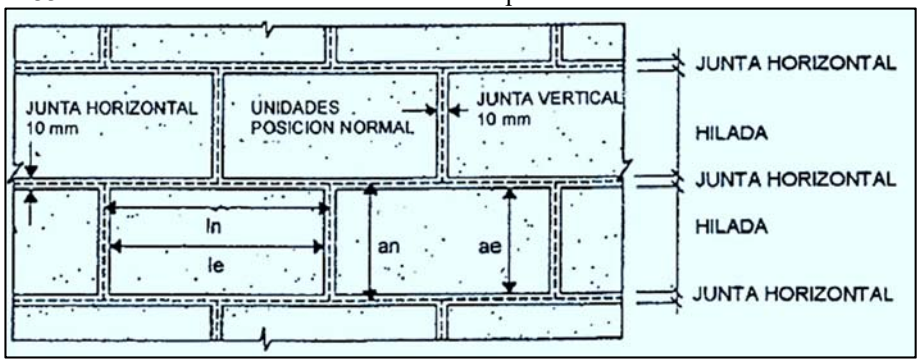


Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- Sección transversal neta. Es la sección transversal ocupada sólo por la parte maciza que conforma la unidad (paredes, tabiques y salientes en un bloque). (IMYCYC, 2001, pg56)

- Hilada. - Sucesión de unidades de mampostería alineadas horizontalmente en un muro, y que, por lo general, está delimitada por dos juntas horizontales continuas, una arriba y otra abajo. (IMYCYC, 2001, pg52)

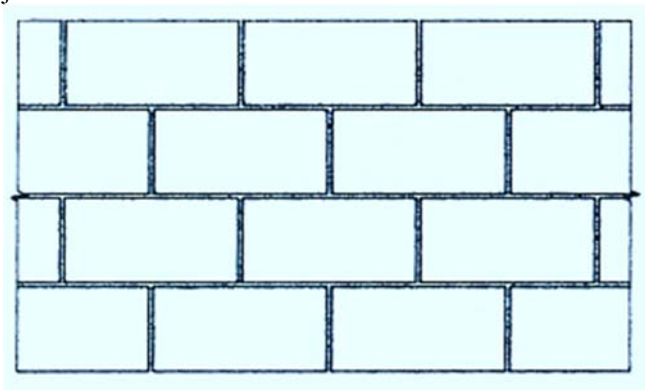
Ilustración 33. Hilada. Manual de construcción de mampostería de concreto.



Fuente: IMYCYC, 2001, pg.62

- Traba. Intersección continua o traslape entre las unidades de mampostería en el plano de un muro o entre dos muros paralelos adosados, que define la forma del aparejo. (IMYCYC, 2001, pg68)

Ilustración 34. Aparejo trabado.



Fuente: IMYCYC, 2001, pg.68

19.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Norma técnica ecuatoriana INEN 3066:2016“Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo”.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 2619:2012 “Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería refrentado para el ensayo a compresión”.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 2619:2012. Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. refrentado para el ensayo a compresión
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C90:2002. “Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units”.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C140:2001. “Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units”.

19.3. Marco teórico de la práctica

19.3.1. Introducción

Como mampostería se entiende la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades de mampostería, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir (muro, bóveda, etc.), y cuyo peso y tamaño

depende del sistema de manejo que se vaya a emplear (manual, equipo mecánico, equipo motorizado, etc.). (Imcyc, 2001, pg.1)

Según el tipo de junta, la mampostería puede ser: al tope, cuando no ti ene ningún elemento de unión en las juntas entre las unidades; y pegada, cuando existe una capa de mortero en las superficies o puntos de contacto entre las unidades, o sea en las juntas. (Imcyc, 2001, pg.1)

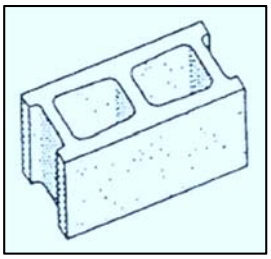
Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede ser: estructural, cuando los muros que con forma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos; y no estructural, cuando los muros deben soportar tan so lo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios. La mampostería estructural también sirve como divisoria. (Imcyc, 2001, pg.1)

Ambos tipos de mampostería de concreto se pueden elaborar con unidades perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). Los principios de fabricación, calidad, construcción y desempeño, aplican de igual manera para ambos. Sin embargo, en el presente documento, las unidades de mampostería a la que se hace referencia, a no ser que se indique lo contrario, serán unidades perforadas verticalmente (bloques). (Imcyc, 2001, pg.1)

En las úl timas décadas se ha desarrollado el concepto de mampostería arquitectónica, o sea la elaborada con unidades con acabado arquitectónico independientemente de su función estructural. (Imcyc, 2001, pg.1)

19.3.2. Tipos de bloque según su forma

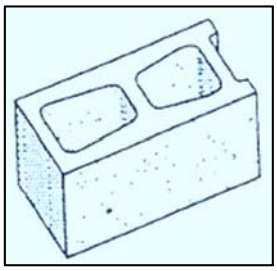
Ilustración 35. Bloque intermedio



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque intermedio.** Bloque en el cual ambos extremos son cóncavos. (IMYCYC, 2001, pg56)

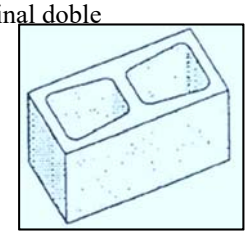
Ilustración 36. Bloque terminal



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque terminal.** Bloque en el que al menos uno de sus extremos es plano.
- **Bloque terminal, sencillo.** Bloque en el que uno de sus extremos es plano.

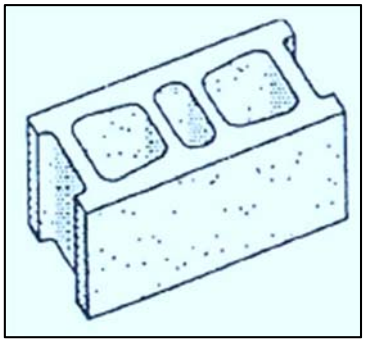
Ilustración 37. Bloque terminal doble



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque terminal, doble.** Bloque en el que ambos extremos son planos. (IMYCYC, 2001, pg56)

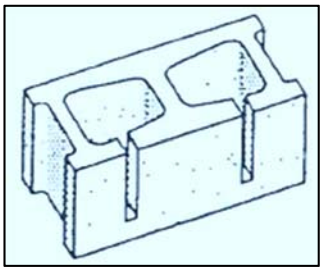
Ilustración 38. Bloque de tercer hueco



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque de tercer hueco en el centro.** Bloque que, ajustándose a la modulación del bloque intermedio, ti ene un tercer hueco en el centro, más pequeña en el sentido de la longitud del bloque, que permite que las perforaciones de una cavidad coincidan más exactamente que cuando se usan bloques intermedios. (IMYCYC, 2001, pg56)

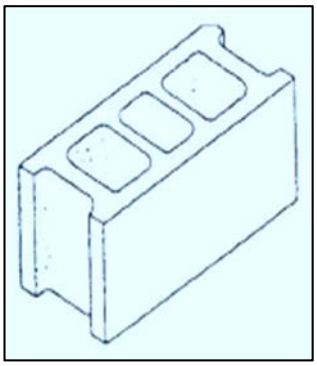
Ilustración 39. Bloque hendido



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque hendido**. Bloque al que, en una de sus caras y en una o ambas perforaciones se le ha generado una abertura vertical estrecha, de casi la totalidad de su altura, para propósitos acústicos. (IMYCYC, 2001, pg56)

Ilustración 40. Bloque de tres huecos iguales

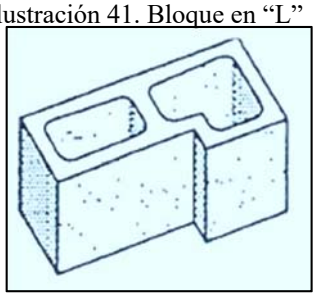


Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque de tres huecos iguales.** Bloque que, ajustándose a la modulación del bloque intermedio, tiene tres huecos iguales, por lo cual al superponer varias hiladas en aparejo de petaca o de tizón, no con forman celdas continuas y regulares, por lo cual sólo se puede utilizar para mampostería en aquellos lugares donde no se vayan a colocar celdas con refuerzo. Por lo general sólo se usa para mampostería no estructural. (IMYCYC, 2001, pg56)

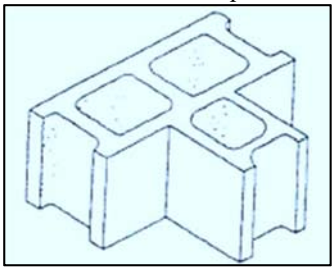
- **Bloque en '"L".** Bloque con forma de "L", en planta. que se utiliza para resolver problemas de modulación en la intersección perpendicular de dos muros, que forman esquina, especialmente cuando se utilizan bloques con ciertos espesores. (IMYCYC, 2001, pg56)

Ilustración 41. Bloque en "L"



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

Ilustración 42. Bloque en T

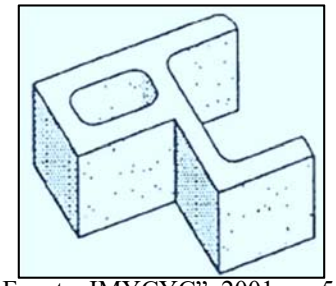


Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Bloque en '"T".** Bloque con forma de "T'. en planta. que se utiliza para resolver problemas de modulación en la intersección perpendicular de dos muros, que no forman esquina, especialmente cuando se utilizan bloques con ciertos espesores. (IMYCYC, 2001, pg56)

- **Bloque para columnas.** Bloque elaborado con una forma especial o modificada posteriormente, que individualmente o en conjunto con otras unidades iguales o diferentes, se utilizan para conformar espacios cerrados en los cuales se elaboran posteriormente columnas; o agrupaciones de celdas que debidamente reforzadas y llenadas con mortero de inyección, funcionen como columnas. (IMYCYC, 2001, pg56)

Ilustración 44. Bloque para columnas

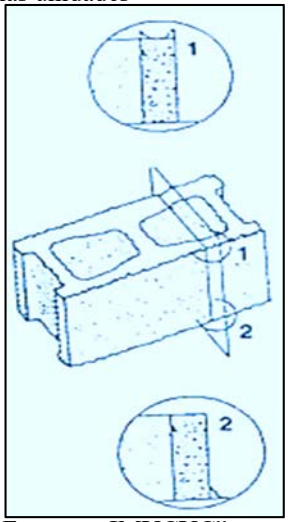


Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

19.3.3. Defectos de las unidades

- **Rebaba.** Irregularidad de las paredes o tabiques de los bloques o en la masa de los ladrillos, en las aristas correspondientes a la cara superior e inferior, debida a defectos en el proceso de fabricación. (Imcyc, 2001, pg.65)

Ilustración 43. Defecto de las unidades



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.56

- **Desportilladura.** Pérdida de parte del volumen de un espécimen, en un borde o en una esquina durante producción, transporte o manejo del mismo. (Imcyc, 2001, pg.65)

- **Fisura.** Fractura o hendidura de la masa del concreto, por lo general de poco ancho y profundidad. (Imcyc, 2001, pg.65)

19.3.4. Propiedades de las unidades

- **Densidad (d).** Relación entre el volumen bruto y la masa (peso) de una unidad o espécimen. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Carga máxima (Cmax).** Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen individualmente. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Resistencia a la compresión (RC_{28}).** Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen, dividida por el área de la sección transversal que la soporta, pudiendo ser esta el área bruta o el área neta. En general es la capacidad de una unidad o espécimen de resistir cargas de compresión individualmente, y es diferente de la resistencia del murete. Está directamente asociada a las demás propiedades de las unidades. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Absorción (AA, AA%).** Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (Aa) o como un % de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (Aa%).(Imcyc, 2001, pg.66).

- **Contenido de humedad (h).** Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.(Imcyc, 2001, pg.66)
- **Contracción.** Reducción en el volumen de una masa (unidad de mampostería, mortero o concreto), debida a una reacción química o a su secado. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Contracción lineal por secado (cls).** Cambio (reducción) en la longitud de la unidad o espécimen debido a la pérdida de agua (secado) de su volumen de concreto, desde el estado de saturación hasta una masa y una longitud de equilibrio, determinada bajo condiciones específicas de secado acelerado. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Durabilidad.** Habilidad de un material para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión y otras condiciones de servicio. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Eflorescencia.** Depósito de sales solubles. generalmente blancas y comúnmente sulfato de calcio, que se forma en la superficie de la mampostería al evaporarse la humedad. (Imcyc, 2001, pg.66)
- **Succión.** Absorción inicial de una superficie de una unidad de mampostería en contacto con un mortero. (Imcyc, 2001, pg.66)

19.3.5. Clasificación del bloque

Los bloques son elementos premoldeados diseñados para mampostería confinada y armada y se clasifican por su uso, densidad y resistencia a la compresión en:

Tabla 45. Bloques de hormigón de acuerdo con su uso.

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: NTE INEN 3066, 2016, pg. 3

Tabla 46. Bloques de hormigón de acuerdo con su densidad

Tipo	Densidad del hormigón (kg/m^3)
Liviano	< 1 680
Mediano	1 680 a 2 000
Normal	> 2 000

Fuente: NTE INEN 3066, 2016, pg. 3

Tabla 47. Bloques de hormigón de acuerdo a su resistencia a la compresión.

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
* 1 MPa = 10,2 kg/cm^2			

Fuente: NTE INEN 3066, 2016, pg. 6

19.3.6. Materiales para su elaboración

Los bloques de hormigón se elaboran con cemento hidráulico, áridos finos y gruesos (arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados).

El cemento hidráulico que se utilice en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de una de las siguientes normas: NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152.

19.3.7. Muestreo

El fabricante y el comprador de común acuerdo definirán el lugar de muestreo de los bloques. (INEN 3066, 2016.pg7)

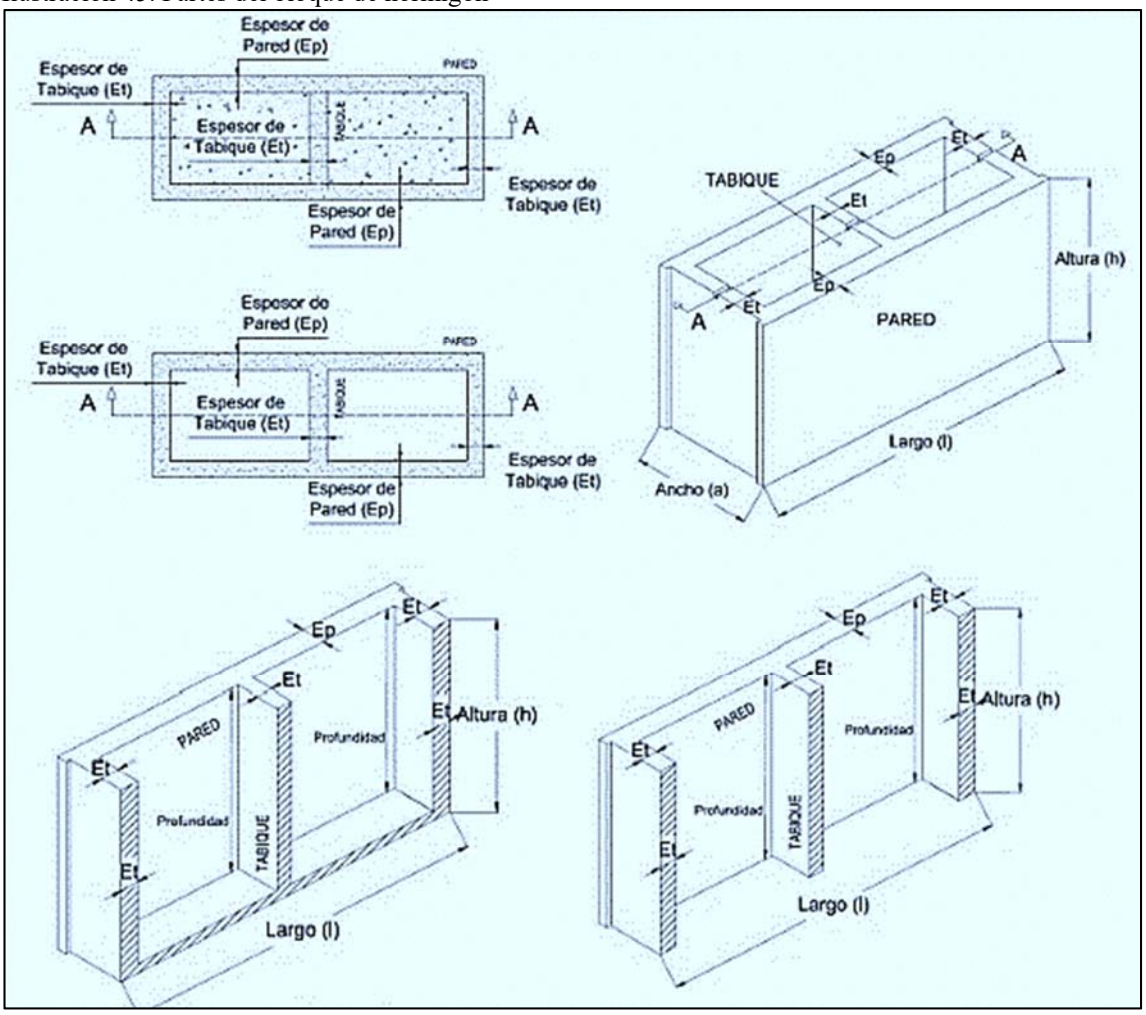
Tabla 48. Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada

Propiedad	Número de bloques
Dimensiones	3[a]
Aspectos visuales	Lote completo
Absorción, densidad y otros	3
Resistencia a la compresión simple	3
[a] Estos bloques, luego de haber sido utilizados para la determinación de las dimensiones, pueden ser usados en los otros ensayos, siempre y cuando no hayan sufrido alteraciones.	

Fuente: NTE INEN 3066, 2016, pg. 7

19.3.8. Partes del bloque de hormigón

Ilustración 45. Partes del bloque de hormigón



Fuente: NTE INEN 3066, 2016, pg. 7

En donde:

l = largo

h = altura

a = ancho

EP = espesor pared

Et = espesor tabique

19.3.9. Fórmulas y cálculos

- Área bruta

Calcular el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta } (A_g), (mm^2) = l \times a$$ Ecuación. 65 CB

donde:

Ag = Área bruta de la unidad, (mm^2)

l = Largo promedio de la unidad, (mm),

a = Ancho promedio de la unidad, (mm).

El área bruta de la sección transversal de una unidad es igual al área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga, incluidas las áreas dentro de las celdas y los espacios entre las salientes, a menos que estos espacios vayan a ser ocupados por porciones de mampostería adyacente.

- Resistencia a la compresión del área bruta

Calcular la resistencia a compresión del área bruta de la unidad, de la siguiente manera:

$$c = \frac{Pmax}{Ag}$$ Ecuación. 66. CB

Donde:

Pmáx: Carga máxima de compresión (N),

Ag = Área bruta de la unidad (mm^2)

C = Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)

- Densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$ Ecuación. 67. CB

Donde:

ρ: Densidad de la muestra (g/cm^3),

m = Masa de la muestra (g)

V = Volumen de la muestra, (cm^3)

19.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de bloques de hormigón

Objetivos específicos

- Realizar la preparación de los bloques (refrentado) para su posterior ensayo de compresión.
- Clasificar al espécimen de acuerdo a su resistencia a la compresión.
- Definir la densidad de los bloques.

19.5. Alcance

Mediante el procedimiento del refrentado “Capinng” se va a corregir los defectos de planeidad, grietas e imperfecciones para aplicar adecuadamente la carga, se

determinara la resistencia a la compresión y su clasificación de acuerdo a los resultados de compresión.

19.6. Importancia y aplicación

- El bloque es utilizado ampliamente en la construcción, desde viviendas de interés social a edificaciones de grandes magnitudes.
- Construcción de lozas.
- Muros simples o divisorios (paredes no soportarán ninguna carga).
- Muros estructurales.

19.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

19.7.1. Refrentado para el ensayo a compresión

a. Herramientas

Imagen 272. Herramientas – compresión en bloques



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 273. Equipo de laboratorio – compresión en bloques



b. 78 Cámara de curado

b. 79 Maquina universal de compresión

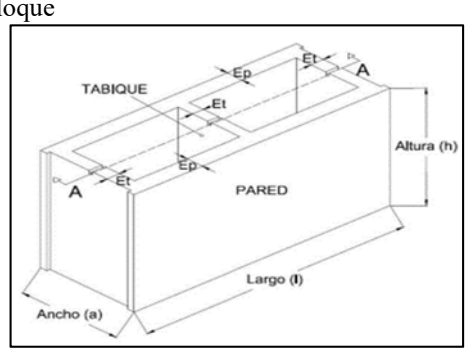
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Se necesita como mínimo 3 bloques, los bloques que encontramos en el mercado tienen estas dimensiones.

- 15cm x 20cm x 40cm

Imagen 274. Dimensiones bloque



Fuente: INEN 3066, pg.5

Imagen 275. Preparación bloque, (c.1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Medir, pesar, marcar las muestras (número de espécimen, fecha e identificación) y registrar esos datos.

c.2. Sobre una superficie nivelada:

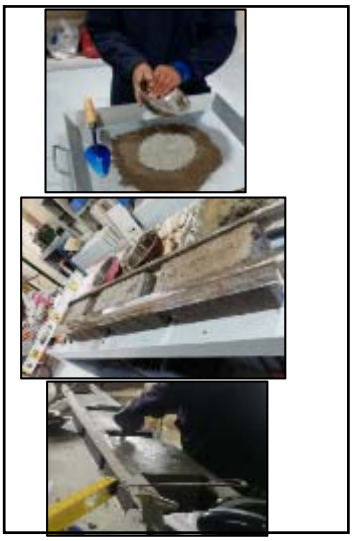
- Colocar los 3 bloques
- Colocar dos codales y sujetarlos
- Considerar un refrentado máximo de 6mm como espesor (con el calibrador)
- Nivelar en las dos direcciones mediante un nivel de burbuja.
- Los codales deben estar previamente recubierto con una ligera capa de desmoldante.

Imagen 276. Preparación bloque, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 277. Preparación bloque, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. Mediante el diseño previo del mortero (1:1) o de cualquier otro mortero de por lo menos 24MPa a los 7 días refrentar los especímenes de la siguiente manera:

- Preparar el mortero con la dosificación de diseño previamente establecido.
- Humedecer las muestras.
- Colocar el mortero y distribuirlo uniformemente.

- Nivelar la mezcla al ras de los codales dejando un terminado lizo.
- Retirar los codales con un movimiento suave hacia abajo evitando dañar las aristas de los especímenes.
- Después de 24 horas repetir el procedimiento con la cara opuesta del espécimen.

c.4. Colocar los especímenes en la cámara de curado hasta la fecha de ensayo.

Imagen 278. Preparación bloque, (c.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

19.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

1. **¿Por qué es importante determinar la carga máxima en un bloque de hormigón?**

Para determinar si el bloque de hormigón es estructural o no estructural.

2. **¿De qué nos sirve el refrentado?**

Es el procedimiento de aplicación y moldeo de la capa de refrentado sobre una superficie de carga en una probeta, destinado a corregir los defectos tales como rugosidades, planeidad, paralelismo entre las caras con el fin de aplicar y transmitir la carga de manera uniforma hacia la muestra. (Libia Gutiérrez, 2003)

3. **¿Cuál es el objetivo de saturar a las unidades de bloques antes del refrentado?**

Una vez saturada la unidad, el mortero del refrentado se pegará a ella con mayor facilidad logrando con ello una mayor distribución y uniformidad del mortero.

4. ¿Todos los Bloques de Hormigón son iguales?

NO, porque según sea la forma y los equipos con que se fabriquen se obtienen dos tipos de bloques totalmente diferentes: **a) Bloques de patio:** Fabricados con equipos manuales rudimentarios, comúnmente denominados ponedoras; cuyos productos no cumplen con las normas de calidad vigentes y carecen de las virtudes inherentes a un buen bloque de hormigón. **b) Bloques de alta calidad:** Fabricados con equipos industriales de última generación, cuyos productos aseguran el cumplimiento de la Norma NTE INEN 3066

19.9. Procedimiento de la práctica

1. Sacar las muestras de la cámara de humedad, teniendo en cuenta que, al momento de su ensayo, las muestras deben estar libres de humedad visible.

Imagen 279. Procedimiento de la práctica- compresión bloque, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Verificar que el centroide de la superficie de carga de la muestra este alineada verticalmente con el centro de aplicación de carga

Imagen 280. Procedimiento de la práctica- compresión bloque, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Aplicar una carga controlada a una velocidad conveniente hasta que se provoque la ruptura de la muestra. Registrar la carga máxima de compresión, en kN.

19.10. Plantilla para llenar

19.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN, COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGON	**NTE INEN 3066 NTE INEN 2619**

1. Describa el objetivo del ensayo

2. Defina por qué es importante realizar un buen refrendado

3.¿Cuántos tipos de BH hay actualmente en el mercado? ¿Cómo se clasifican?

4. ¿Como se protege de la lluvia a una pared de bloques?

5. ¿Es necesario hacer algún tipo de ensayo de laboratorio antes de comenzar a colocar los bloques?

6. ¿Por Que es necesario controlar la fisuración de las paredes?

7. ¿Qué es un Bloque de Hormigón?

8. ¿Cuánto pesa un Bloque de hormigón?

	Firma o sello del laboratorista

19.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **Con los datos obtenidos de la práctica de laboratorio de "resistencia a la compresión en ladrillos" y los datos obtenidos de la práctica "resistencia a la compresión en bloque". ¿Cuál de los dos recomendaría para la construcción de un muro portante para una edificación? Además, establezca las ventajas y desventajas de cada uno.**

	Ladrillo			Bloque		
	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
TIPO						
Resistencia a la compresión						

_ _

_ _

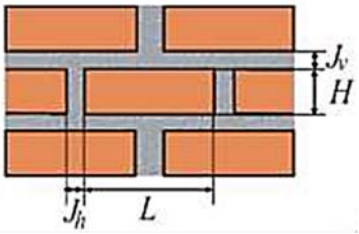
_ _

_ _

2. **Con sus datos. Calcular cuántos ladrillos entren en 1m2 de pared. Ayudándose de la siguiente fórmula:**

$$CL = \frac{1}{(L + J_h)x(H + J_v)}$$

CL = cantidad de ladrillos por m²
L = longitud de ladrillo (m)
Jh = espesor junta horizontal (m)
H = altura del ladrillo (m)
Jv = espesor junta vertical (m)



19.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN, COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGON	NTE INEN 3066 NTE INEN 2619

Tipo de muestra (A, B, C) _____

Procedencia de la muestra _____

Fecha de ensayo _____

RESULTADOS

Muestra Nº	1	2	3	4	5	6
Longitud (cm)						
Ancho (cm)						
Altura (cm)						
Área bruta (cm2)						
Área neta (cm2)						
Masa (gr)						
Densidad (kg/cm3)						
Carga máxima (KN)						
Resistencia (Mpa)						

Observaciones	Firma o sello del laboratorista

CAPÍTULO 20

ENSAYO: TRACCIÓN INDIRECTA EN ADOQUINES

20.1.Términos y definiciones de la práctica

- **Adoquín de hormigón.** (1) Unidad prefabricada de hormigón, utilizada como parte del pavimento. (2) Según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, adoquín es: "un elemento prismático, generalmente de forma regular, que se coloca uno junto a otro para formar una capa adecuada al tráfico de una vía" (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

- Adoquín permeable. Es un elemento prefabricado de hormigón, diseñado con pasos verticales para permitir el flujo de agua a través de estos o entre adoquines.

- Ancho total. Lado menor del rectángulo de menor área capaz de abarcar la superficie vista del adoquín, excluyendo cualquier espaciador. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Arista. Parte de un adoquín donde se encuentran dos de sus caras. Puede ser viva, biselada, redondeada o achaflanada. (INEN 3060, 2016, pg3)

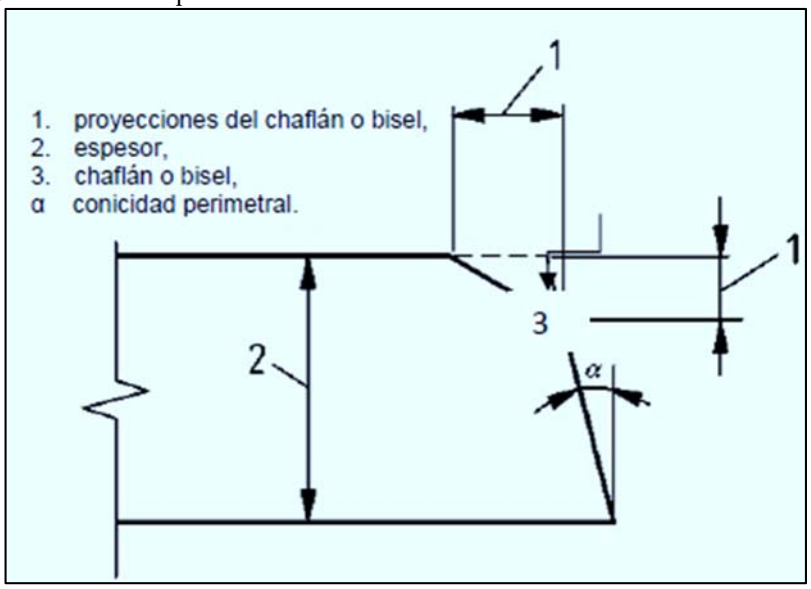
- Capa de limpieza. Mortero fino o lechada de cemento aplicado a la superficie del adoquín. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Cara base. Superficie inferior del adoquín, paralela a la cara vista, que está en contacto con el suelo después de su colocación. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Cara lateral ranurada. Cara lateral de un adoquín cuyo perfil tiene acanaladuras. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Cara vista. Es la superficie del adoquín que queda a la vista en condiciones de uso del adoquín. (INEN 3060, 2016, pg3)

Ilustración 46. Partes del adoquín - nomenclatura



Fuente: INEN 3060

- Chaflán o bisel. Cara larga y estrecha, que resulta en un sólido de cortar por un plano una esquina. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Conicidad perimetral. Ángulo previsto en la cara lateral respecto al plano vertical sobre toda la altura o superficie lateral de un adoquín, tal como se muestra en la figura. (INEN 3060, 2016, pg3)

- **Dimensión nominal.** Dimensión de un adoquín especificada por su fabricante, a la cual debe ajustarse su dimensión real dentro de las tolerancias admisibles especificadas. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Dimensión real. Dimensión de un adoquín obtenida de su medición. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Espaciador. Perfil saliente, situado en la cara lateral de un adoquín. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Espesor. Distancia entre la cara base y la cara vista del adoquín. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Formato. Dimensiones nominales de un adoquín, especificadas de acuerdo a su longitud total, ancho total y espesor. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Longitud total. Lado mayor del rectángulo de menor área, capaz de abarcar la superficie vista del adoquín, excluyendo cualquier espaciador. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Lote. Cualquier cantidad de producto, de características similares, provenientes de una fuente común. (INEN 3060, 2016, pg3)

- Resistencia al deslizamiento. Capacidad de resistir un movimiento relativo entre el neumático de un vehículo y la cara vista del adoquín. (INEN 3060, 2016, pg4)

- Resistencia al resbalamiento. Capacidad de resistir un movimiento relativo entre el pie de un peatón y la cara vista del adoquín. (INEN 3060, 2016, pg4)

- Tratamiento secundario. Proceso de fabricación para dar textura a cualquiera de las superficies del adoquín, llevado a cabo después del proceso básico de fabricación y antes o después del endurecimiento. (INEN 3060, 2016, pg4)

- Tránsito ligero. Grupo de vehículos de cuatro ruedas destinados al transporte de pocas personas (generalmente de dos a nueve y con más frecuencia de cuatro a seis), o de mercancía ligeras y que no sea mayor a 2 t. (INEN 3060, 2016, pg4)

- Tránsito pesado. Estos vehículos suelen constituir una parte importante, aunque no mayoritaria, del tráfico, sus dimensiones y pesos son muy superiores a los del resto de los vehículos y están destinados generalmente al transporte de mercancías pesadas o voluminosas o al transporte colectivo de personas. A este grupo pertenecen los camiones, camiones de remolque y semi remolque, así como los autobuses. (INEN 3060, 2016, pg4)

20.1.1. Máquina de ensayo

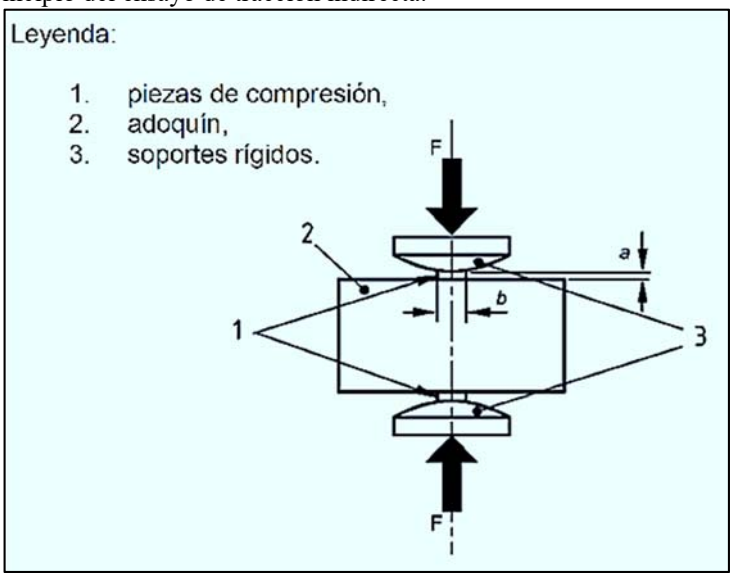
La máquina de ensayo debe tener una escala con una precisión de ± 3 % sobre el rango previsto de las cargas de ensayo y debe ser capaz de incrementar la carga a la velocidad especificada. (NTE INEN3040, 2016, pg.24)

La máquina de ensayo debe estar equipada con un dispositivo compuesto de dos soportes rígidos, cuya superficie de contacto tenga un radio de (75 ± 5) mm. (NTE INEN3040, 2016, pg.24)

Los dos soportes deben mantenerse en un plano vertical con una tolerancia de ± 1 mm en los extremos de los soportes. El soporte superior debe ser capaz de girar sobre su eje transversal. (NTE INEN3040, 2016, pg.24)

Las dos piezas de compresión deben ser de (15 ± 1) mm de ancho (b), con un espesor de (4 ± 1) mm (a) y al menos 10 mm más largo que el plano de fractura previsto. (NTE INEN3040, 2016, pg.24)

Ilustración 47. Principio del ensayo de tracción indirecta.



Fuente: NTE INEN 3040, 2016, pg. 24

20.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Norma técnica ecuatoriana INEN 3040:2016 “Adoquines de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo”.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1483:1987 “Adoquines. terminología y clasificación”.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1488:1987 “Adoquines. Requisitos”.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1484:1987 “Adoquines. Muestreo”.

20.3. Marco teórico de la práctica

20.3.1. Introducción

El adoquín es un elemento prefabricado de piedra natural y de hormigón el cual se emplea para la pavimentación de áreas transitadas por vehículos ya sean ligeros o pesados y peatones. Existen diferentes tipos de adoquín normalizados, para determinar la durabilidad del adoquín , se entiende que el adoquín será sometido a un desgaste por fricción del material, al ser puesto en áreas transitadas y para ello se hace una correlación entre entra la resistencia al desgaste (durabilidad) y la resistencia a la compresión, aunque no es una relación muy confiable y coherente es la única que se tiene para determinar la resistencia al desgaste del adoquín y posteriormente poder ser utilizado en la construcción de vías. Para determinar la resistencia a la compresión de adoquines se recurre a un método de ensayo en laboratorio según las normas INEN 1485, 1483, 1484, 1486, 1488.

Los adoquines de concreto son elementos individuales, que colocados en un patrón definido sobre una base y una sub-base compactadas, constituyen un pavimento flexible con grandes ventajas constructivas, valor estético y de gran durabilidad. (Recuperado de: https://docplayer.es/86394161-Adoquines-de-concreto.html)

Los pavimentos de adoquines de concreto se pueden emplear en usos residenciales, municipales, industriales, centros comerciales, etc. Se pueden fabricar adoquines de diferentes colores, que permiten formar figuras, señales y demarcaciones duraderas que dan una mayor belleza al pavimento. Estos encuentran aplicación en pavimentos con tráfico peatonal y liviana, sí como en pavimentos de tráfico pesado. (Recuperado de: https://docplayer.es/86394161-Adoquines-de-concreto.html)

20.3.2. Clasificación del adoquín

a) <u>Según su geometría</u>

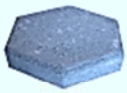
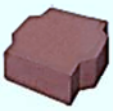
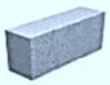
- **Adoquines tipo A:** Adoquines dentados que se unen entre sí por los cuatro lados, pueden colocarse en esterilla, y, por su geometría plana, al unirse, resisten la expansión de las juntas paralelamente, tanto en los ejes longitudinales como en los transversales de las unidades. (NTE INEN 1483, 1986, pg.1)
- **Adoquines tipo B:** Adoquines dentados que se unen con el otro solamente en dos de sus lados, que no pueden colocarse en esterilla y que, por su geometría plana, al unirse, resisten la expansión de las juntas paralelamente sólo en los ejes longitudinales de los adoquines; dependen de su precisión en su colocación para que se unan con las otras caras. (NTE INEN 1483, 1986, pg.1)
- **Adoquines tipo C:** Adoquines rectangulares de perfil sencillo que no se unen y que dependen de su precisión dimensional y de la precisión en su colocación para desarrollar el punteo. (NTE INEN 1483, 1986, pg.1)

b) <u>Según su uso</u>

- **Adoquín tipo 1:** Es el adoquín que se utiliza como superficie de rodamiento en caminos, carreteras, calles y estacionamiento de todo tipo de vehículos, con un espesor mínimo de 8 cm.
- **Adoquín tipo 2:** Es el adoquín que se utiliza como superficie en andenes peatonales y ciclo vías.
- **Adoquín especial:** Es el adoquín que se utiliza para casos especiales según requerimientos de diseño.

20.3.3. Formas y tamaños de los adoquines

Tabla 49. Formas y tamaños de adoquines.

	Adoquín Hexagonal	Adoquín Tabasco	Adoquín Betone	Tabicón Solido
				
Medidas	8*24*27.7 cm	8*22.5*25 cm	8*16*20cm	10*14*28 cm
Peso	8 Kg	7.8 Kg	4.4 Kg	7.3 Kg
Resistencias	300 kg/ cm²	300 kg/ cm²	300 kg/ cm²	150 kg/ cm²

Fuente: Tomada de la tesis de: "Yugsi Toapanta", 2018, pg.26.

Generalmente los espesores de los adoquines son de:

- 6 cm para pavimentos de tránsito con bajo volumen de peatones y vehículos
- 8cm para pavimentos de tránsito medio ha pesado de peatones y vehículos siendo el más común.
- 10 cm para pavimentos de tráfico muy pesado está casi fuera de uso.

20.3.4. Resistencia a la rotura

La resistencia característica a la tracción indirecta (T) debe ser superior o igual a 3,6 MPa. Ningún valor individual debe ser inferior a 2,9 MPa ni tener una carga de tracción indirecta por unidad de longitud (F) inferior a 250 N/mm.

20.3.5. Dimensiones y características geométricas

En cuanto al tamaño del adoquín se recomienda que la relación longitud / ancho en el plano no sea mayor de 2,0 y el espesor no deberá ser menor de 60mm ni mayor de 100mm. El espesor mínimo para tránsito peatonal será de 60mm y para tránsito vehicular 80mm. (NTE INEN 1488, 1986, pg. 2)

20.3.6. Biseles

a) Todos los adoquines tipo 1 deben ser biselados.
b) El bisel debe tener igual forma o perfil en toda su longitud.
c) Las proyecciones verticales u horizontales del bisel deben tener como mínimo 3 mm y como máximo 7mm.
d) La diferencia máxima entre cuatro mediciones de la proyección vertical y horizontal del bisel no debe superar 1,5mm.

A fin de adaptar el efecto de la relación espesor / ancho, del adoquín y la influencia de cualquier radio o biselado, aplicaremos la tabla 2 como un factor de corrección para la resistencia a la compresión.

Tabla 50. Factor de corrección.

Espesor del adoquìn	Tipo de Adoquín	
	Liso	Bìselado
60	1	1,06
80	1,04	1,11
100	1,08	1,16

Fuente: NTE INEN 1488, 1986, pg. 3

20.3.7. Absorción de agua

“Los adoquines deben cumplir con un índice de absorción inferior o igual a 6 %”. (NTE INEN 3040, 2016, pg. 6).

20.3.8. Fórmulas y cálculos

a) Área del adoquín

El área se calcula con la siguiente fórmula:

$$As = \frac{200Ws}{W}$$ Ecuación. 68. TI

Donde:

As = Área del adoquín en $cm^{2;}$

Ws = peso en g, de la cartulina con la forma del adoquín de muestra;

W = peso en g, del rectángulo de cartulina de 20 x 10 cm

b) Resistencia a tracción indirecta

Si el ensayo se realiza a lo largo de dos secciones transversales de ensayo en el mismo adoquín, la resistencia a tracción indirecta del adoquín se considera el valor medio de los dos resultados individuales. (NTE INEN 3040, 2016, pg.25)

Se calcula la resistencia a tracción indirecta del adoquín ensayado, T, en MPa empleando la siguiente ecuación:

$$T = 0{,}637 \times k \times \frac{P}{S}$$ Ecuación. 69. TI

En donde:

T, es la resistencia a tracción indirecta en MPa

P, es la carga de tracción indirecta en N

k, es un factor de corrección para el espesor "t" del adoquín calculado empleando la siguiente ecuación:

- Si $140\ mm < t \leq 180\ mm.$ $k = 1{,}3 - 30\left(0{,}18 - \frac{t}{1000}\right)^2$ Ecuación. 70. TI

- Si $t > 180\ mm$ $k = 1{,}3$

- Si $t \leq 140\ mm$, se determina con la siguiente tabla

Tabla 51. Factor de corrección k

t (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Fuente: INENE 3066, pg.24

c) Cálculo de la resistencia característica

La resistencia característica se calculará tomando como base los valores propios de las unidades que conforman la muestra. A su vez la desviación estándar se determinará a partir de la muestra de adoquines, utilizando la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fi - fm)^2}{n-1}}$$ Ecuación. 71. TI

En donde:

S, desviación estándar (MPa)

Fi, resistencia a la compresión de cada una de las muestras (MPa)

Fm, es la media aritmética (promedio) de las resistencias a la comprensión de todas las muestras (MPa).

La resistencia característica representada por "fk" se calcula de la siguiente manera:

$$fk = (fm - 1{,}64S)$$ Ecuación. 72. TI

En donde:

fk, resistencia característica.

1,64 es el factor de probabilidad.

*La resistencia característica se registrará con una precisión de 0,1 MPa

d) Correlación de resistencias

Para cada valor de f´c, valores de f´t calculados con la ecuación de Adams Neville (Tabla 3-24).

Tabla 52. Correlación entre resistencias.

Compresión	Tracción Indirecta
f´c	f´t
MPa	MPa
10	1.39
20	2.21
30	2.89
35	3.20
40	3.50
50	4.06
60	4.59
70	5.08
80	5.55
90	5.79
100	6.10
120	6.68

Fuente: Tomada de la tesis de Yugsi Toapanta, 2018, pg. 52

e) Área del plano de tracción indirecta del adoquín

El área del plano(s) de tracción indirecta del adoquín ensayado se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$S = l \times t$$ Ecuación. 73. TI

En donde:

S, superficie de tracción indirecta, en mm^2,

l, media de dos medidas de la longitud de tracción indirecta, una en su cara vista y otra en su dorso, en mm,

t, espesor del adoquín en la sección de tracción indirecta, en mm, y es la media de tres medidas, una en el medio y las otras dos en los extremos.

20.4. Objetivo de la práctica

Objetivo general

Determinar la resistencia a la rotura T, mediante el ensayo de tracción indirecta

Objetivos específicos

- Determinar la carga máxima con la cual el adoquín con la cual se produce la rotura.
- Determinar la resistencia de cada adoquín.
- Clasificar al espécimen de acuerdo a su resistencia a la rotura.

20.5. Alcance

Mediante una muestra de adoquines, debidamente preparados, se determinará la resistencia a la tracción indirecta T, con el fin de clasificar al adoquín y determinar el uso que se le puede dar.

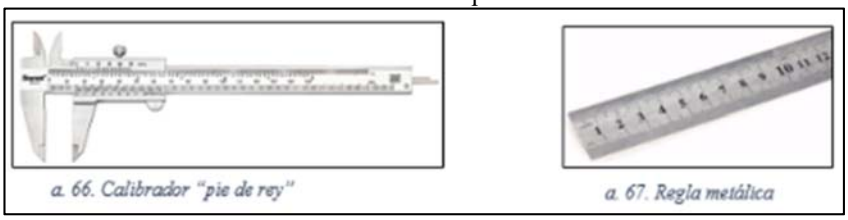
20.6. Importancia y aplicación

- Los adoquines son utilizados en vías urbanas, considerado como pavimento articulado, y tienen la función estructural de transmitir la carga vertical producida por los vehículos a las capas inferiores de la estructura del pavimento y también hacerlo de forma horizontal a los adoquines adyacentes. Esto se da gracias al pequeño espacio que existe entre adoquines y a la arena fina que se coloca entre ellos.
- El adoquín se lo utiliza para uso peatonal, estacionamientos, calles residenciales, según lo q se requiera, por ejemplo; para tráfico liviano y peatonal se recomienda un adoquín de 7cm de espesor y una resistencia promedio de 300kg/cm^2 o tráfico pesado y extra-pesado se recomienda adoquines de 8cm y 9cm de espesor y una resistencia promedio de 350-400kg/cm^2.
- Además de soportar cargas vehiculares, el adoquín no contamina el medio ambiente, tiene un bajo costo, se puede encontrar en varias formas y colores.

20.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 281. Herramientas – Tracción indirecta en adoquines



a. 66. Calibrador "pie de rey"

a. 67. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 282. Equipo de laboratorio – Tracción indirecta en adoquines



b. 81. Máquina universal dispuesta para ensayo de tracción indirecta en adoquines

b. 80. Máquina manual pulidora de adoquines

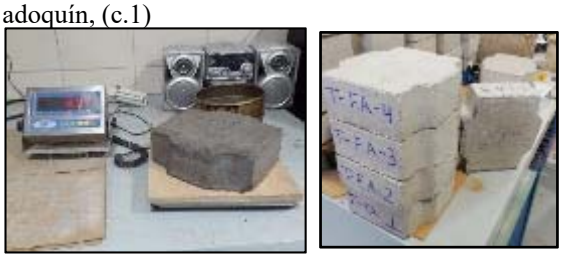
b. 82. Báscula electrónica, precizión ±0,5g

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Se necesita como mínimo 8 adoquines, los cuales deben ser preparados de la siguiente manera:

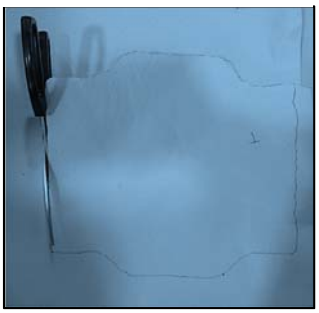
Imagen 283. Preparación de la muestra – adoquín, (c.1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Pesar y marcar las muestras (número de espécimen, fecha e identificación) y registrar esos datos.

Imagen 284. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.2. Medir el área de los adoquines:

- Colocar 1 adoquín de la muestra con la superficie de desgaste hacia arriba sobre la cartulina.
- Trazará el perímetro del espécimen con un lápiz o esfero.

Imagen 285. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Cortar la forma obtenida y pesar con una precisión de 0,01 g.

- Cortar un rectángulo de 20 x 10cm de la misma cartulina, pesar y registrar el resultado.

Imagen 286. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 287. Preparación de la muestra – adoquín, (c.2)



- Colocar los adoquines por 24±3horas en una piscina.

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. Mediante la máquina pulidora, eliminar las imperfecciones (rugosidades, rebabas salientes) de las dos caras del adoquín. Posteriormente, lavarlos, y apilarlos.

Imagen 288. Preparación de la muestra – adoquín, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 289. Preparación de la muestra – adoquín, (c.4)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.4. Con un marcador, señalar, en el lado más largo, en las dos caras del adoquín, el punto de aplicación de la carga (sección de tracción indirecta).

Se deberá tomar en cuenta que: la(s) sección(es) de tracción indirecta se deben seleccionar de acuerdo al siguiente orden de prioridad:

a) El ensayo se realiza a lo largo de la mayor sección de tracción indirecta del adoquín, paralela y simétrica a los bordes, de tal manera que se satisfaga la siguiente condición:

- La distancia entre la sección de tracción indirecta y cualquiera de las caras laterales es al menos 0,5 veces el espesor del adoquín en al menos el 75 % de la sección de tracción indirecta. (INEN3040, 2016, pg.26)

b) Si la condición establecida en el párrafo anterior no puede cumplirse, el ensayo se realiza a lo largo de dos secciones de tracción indirecta, de forma que se satisfaga la siguiente condición: (INEN3040, 2016, pg.26)

- La distancia entre las secciones de tracción indirecta o entre cualquier sección de tracción indirecta y cualquier cara lateral del adoquín es, al menos, 0,5 veces el espesor del adoquín en al menos el 75 % de la longitud de la sección de tracción indirecta considerada. (INEN3040, 2016, pg.26)

c) Si no pueden cumplirse ninguna de las condiciones establecidas anteriormente, la sección de tracción indirecta se debe escoger de tal forma que cumpla con la condición de distancia en la mayor parte proporcional de su longitud de tracción indirecta. (INEN3040, 2016, pg.26)

d) Si la sección en planta del adoquín es cuadrada, hexagonal o circular, la sección de tracción indirecta debe escogerse de tal forma que su menor longitud de corte pase por el centro de su sección en planta. (INEN3040, 2016, pg.26)

20.8. Procedimiento de la práctica

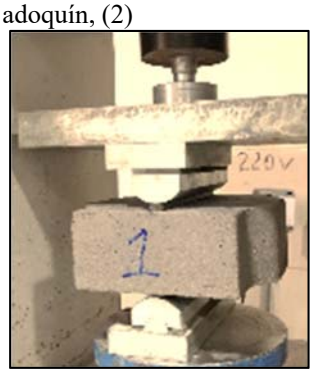
Imagen 290. Procedimiento – adoquín, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

1. Introducir las piezas de compresión y los soportes rígidos en la máquina de ensayo; de tal manera que, al colocar el adoquín, la línea previamente marcada coincida con las piezas de compresión.

Imagen 291. Procedimiento – adoquín, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Asegurar que los ejes de los apoyos y las piezas de compresión están en línea con la sección de tracción indirecta del adoquín.

Imagen 292. Procedimiento – adoquín, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Aplicar la carga suave y progresivamente, de forma que la resistencia se incremente a una velocidad de (0,05 ± 0,01)MPa/s. Registrar la carga máxima (kN) y resistencia máxima (MPa).

20.8.1. Preguntas de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN ADOQUINES	**NTE INEN 3040**

1. Escriba el objetivo de la práctica _____

2. Establezca los materiales, insumos, herramientas y/o equipos a utilizar ? _____

3. En qué estado fisico deben estar los especímenes? _____

4. Cuál es la velocidad de carga que se debe aplicar?

5. Describa brevemente el procedimiento de la práctica

6. Grafique, y especifique las dimensiones de las 2 "piezas de compresión" o tambien llamadas pletinas rectangulares.

7. Indique la importancia y uso del presente ensayo

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

20.8.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **De acuerdo a sus datos obtenidos. Determine si el espécimen cumple o no con la resistencia característica a la tracción indirecta de acuerdo a la normativa INEN3040, y determine que uso se le puede dar a dicho adoquín.**

Complete: La norma técnica ecuatoriana INEN 3040, menciona: La resistencia característica a la tracción indirecta (T) debe ser superior o igual a _ _ _ _ _ **MPa**. Además, ningún valor individual debe ser inferior a _ _ _ _ **MPa.**

	Resistencia a la tracción indirecta	Cumple con la normativa INEN3040	
Espécimen 1	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 2	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 3	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 4	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 5	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 6	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 7	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 8	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 9	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 10	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 11	_____	◯ Si	◯ No
Espécimen 12	_____	◯ Si	◯ No

Uso: _____

20.8.3. Plantilla de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

ENSAYO: TRACCIÓN INDIRECTA EN ADOQUINES

Procedencia de la muestra: _____

Fecha de ensayo: _____

Muestra N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Espesor (cm)											
Área de la muestra (cm2)											
Masa (g)											
Volumen (cm3)											
Densidad (g/cm3)											
Carga Máxima (kN)											
Resistencia (MPa)											

Oversvaciones: _____

FIRMA O SELLO DEL LABORATORISTA

CAPÍTULO 21

ENSAYO: PREPARACIÓN DE ADOQUINES DE HORMIGÓN, COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE HORMIGÓN.

21.1. Términos y definiciones de la práctica

- Adoquín. - Bloque macizo prefabricado de piedra natural y de hormigón. (INEN1485,1987, pg.1)

- Adoquinado. - Colocación de adoquín de manera que se origine un aparejo o trabado. (INEN1485,1987, pg.1)

- Aparejo. - Disposición que evita que cualquier adoquín se desplace en relación con los adoquines adyacentes. (esterilla, cuatropeo o cualquier otra forma especial). (INEN1485,1987, pg.1)

- Adoquín de hormigón. - Unidad prefabricada de hormigón, utilizada como parte del pavimento. (INEN1485,1987, pg.1)

- Arista. - Parte de un adoquín donde se encuentran dos de sus caras. Puede ser viva, biselada, redondeada o achaflanada. (INEN1485,1987, pg.1)

- Cara base. - Superficie inferior del adoquín, paralela a la cara vista, que está en contacto con el suelo después de su colocación. (INEN1485,1987, pg.1)

- Cara lateral ranurada. - Cara lateral de un adoquín cuyo perfil tiene acanaladuras.

- Cara vista. - Es la superficie del adoquín que queda a la vista en condiciones de uso del adoquín. (INEN1485,1987, pg.1)

- Chaflán o bisel. - Cara larga y estrecha, que resulta en un sólido de cortar por un plano una esquina. (INEN1485,1987, pg.1)

- Conicidad perimetral. Ángulo previsto en la cara lateral respecto al plano vertical sobre toda la altura o superficie lateral de un adoquín. (INEN1485,1987, pg.1)

21.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

INECYC. – Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1483:1987 "Adoquines. terminología y clasificación".
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1488:1987 "Adoquines. Requisitos".
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1484:1987 "Adoquines. Muestreo".
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1485:1987 "Adoquines. Determinación de la Resistencia a la Compresión".
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1486:1987 "Adoquines. Determinación de las dimensiones, Área total y Área de la superficie de desgaste".

21.3. Marco teórico de la práctica

21.3.1. Resistencia del adoquín

La resistencia a la compresión característica de los adoquines de la muestra cumplirá con la siguiente tabla.

Tabla 53. Clasificación de tránsito y tipo de adoquín

Tipo de uso	No. de vehiculos por día mayores de 3t brutas	Equivalente total de repeticiones de eje estándar después de 20 años de servicio	Forma recomendada de adoquín	Resistencia característica (MPa) compresión a los 28 dias
Peatonal	0	0	A,B,C	(20)
Estacionamiento y calles residenciales	0-150	$0\text{-}4{,}5 \times 10^{6}$	A,B,C	(30)
Caminos secundarios y calles y principales	150- 1500	$4{,}5 \times 10^{6}\text{-}4{,}5 \times 10^{6}$	A	(40)

Fuente: NTE INEN 1488, 1986, pg. 3

21.3.2. Fórmulas y cálculos

a) Área del adoquín

El área se calcula con la siguiente fórmula:

$$As = \frac{200Ws}{W}$$ Ecuación. 74. CA

Donde:

As = Área del adoquín en $cm^{2;}$

Ws = peso en g, de la cartulina con la forma del adoquín de muestra;

W = peso en g, del rectángulo de cartulina de 20 x 10 cm

b) Densidad

Calcular la densidad de la unidad del adoquín de la siguiente manera:

$$D = \frac{M3}{M1 - M2}$$ Ecuación. 75. CA

Donde:

D = Densidad seca al horno (kg)

M1= Masa saturada de la unidad (kg),

M2 =Masa sumergida de la unidad (kg),

M3 = Masa seca de la unidad al horno (kg).

c) Desviación estándar

Procedimiento a determinar la desviación estándar descartando 2 valores de los 12 adoquines (carga máxima y mínima), teniendo al final una muestra de diez adoquines, utilizando la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(f_i - f_m)^2}{9}}$$

Ecuación. 76. CA

Donde:

S = desviación estándar (MPa)

Fi= La resistencia a la compresión de cada una las muestras (MPa).

Fm= Media aritmética la resistencia a la compresión de todas las muestras (MPa).

Fk= La resistencia característica.

d) Calculo de la resistencia característica.

Ya obtenida la desviación estándar procedemos a calcular la resistencia característica de todos los adoquines ensayados de la siguiente manera:

$$f_k = (f_m - 1.64S)$$

Ecuación. 77. CA

Donde:

Fk = Resistencia característica (MPa).

Fm = Media aritmética la resistencia a la compresión de todas las muestras (MPa).

S = desviación estándar (MPa)

e) Resistencia a la compresión del área neta

Calcular la resistencia a compresión del área neta de la unidad, de la siguiente manera:

$$C = \frac{Pmax}{A}$$ Ecuación. 78. CA

Donde:

Pmáx= es la carga máxima de compresión, (N), y

A = es el área neta de la unidad, (mm^2).

C = Resistencia a compresión (MPa)

f) Absorción

Se calcula el índice de absorción de agua Wa de cada probeta como un porcentaje de su masa empleando la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\,\%$$ Ecuación. 79. CA

Donde:

Wa = absorción de agua (%).

M1= Masa de la probeta saturada de agua (gr).

M2 = Masa final de la probeta seca (gr).

21.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión en adoquines

Objetivos específicos

- Definir la absorción de los adoquines de hormigón.
- Determinar el área, masa y volumen de los especímenes de adoquines.
- Clasificar el espécimen según su tipo de uso (peatonal, tráfico ligero, tráfico pesado).

21.5. Alcance

Mediante la muestra de especímenes se determinará el tipo y uso que se le puede dar al adoquín de acuerdo a su resistencia a la compresión, además se calculará la absorción con el fin de determinar su permeabilidad.

21.6. Importancia y aplicación

- El adoquín para pavimento en obras civiles pequeñas (residencias y peatonales), debe ser resistente, antideslizante, y estéticas.
- Es utilizado para trafico ligero cuando un grupo de vehículos de cuatro ruedas predestinados al transporte de pocas personas (generalmente de dos a nueve y con frecuencia de cuatro a seis), o de mercancía ligeras y que no sea mayor a 2t.

- Y es utilizado para tráfico pesado cuando los vehículos tienen dimensiones y pesos muy superiores al resto de vehículos y están predestinados al transporte de mercancías pesadas o voluminosa. A tales como: camiones, camionetas de remolques y semi remolques, así como los autobuses.

21.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o suministros de la práctica

a. Herramientas

Imagen 293. Herramientas – compresión adoquín



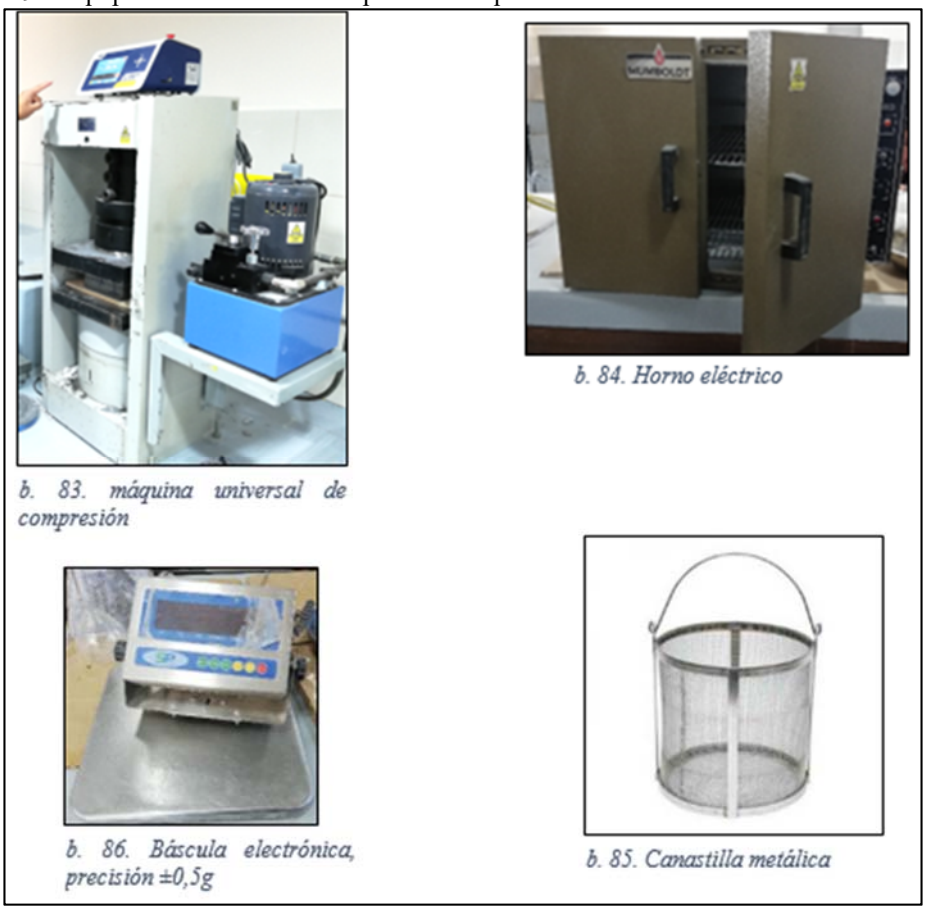
a. 68. Calibrador "pie de rey"

a. 69. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 294. Equipo de laboratorio - compresión adoquín



b. 83. máquina universal de compresión

b. 84. Horno eléctrico

b. 86. Báscula electrónica, precisión ±0,5g

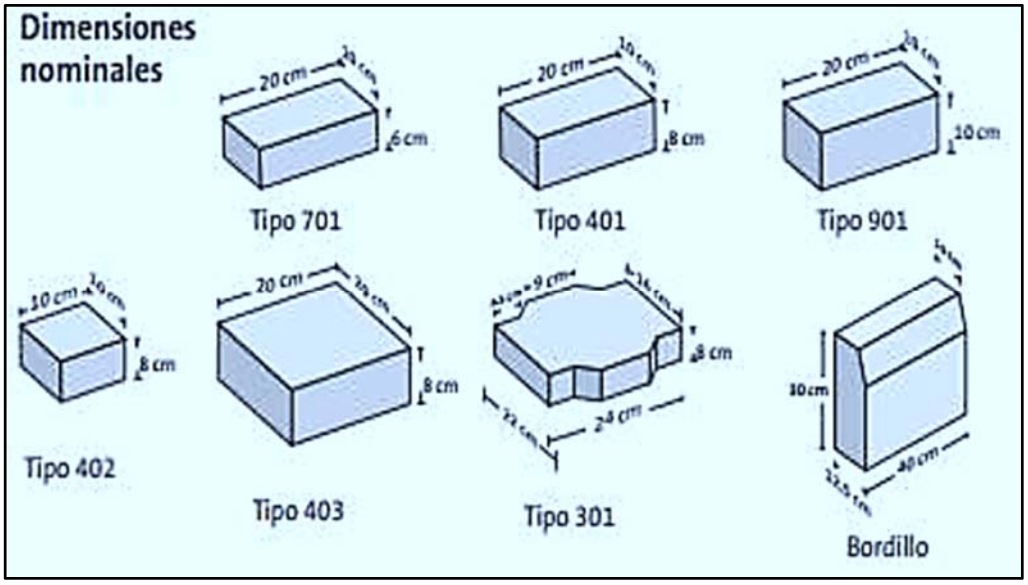
b. 85. Canastilla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

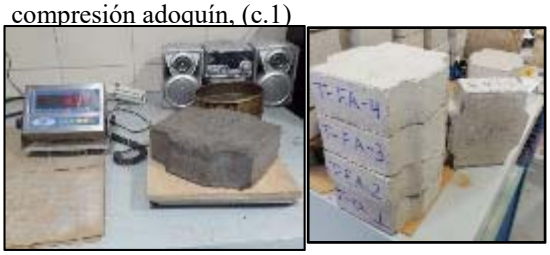
Se necesita como mínimo 15 adoquines, los primeros 12 adoquines servirán para el ensayo a compresión excluyendo el valor más alto y el valor más pequeño, y 3 adoquines para el ensayo de absorción.

Ilustración 48. Dimensiones nominales



Fuente: IMYCYC", 2001, pg.75

Imagen 295. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.1)



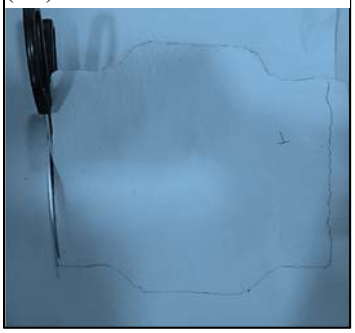
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.1. Pesar y marcar las muestras (número de espécimen, fecha e identificación) y registrar esos datos.

c.2. Medir el área de los adoquines:

- Colocar 1 adoquín de la muestra con la superficie de desgaste hacia arriba sobre la cartulina.
- Trazará el perímetro del espécimen con un lápiz o esfero.

Imagen 296. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 297. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Cortar la forma obtenida y pesar con una precisión de 0,01 g.

- Cortar un rectángulo de 20 x 10cm de la misma cartulina, pesar y registrar el resultado.

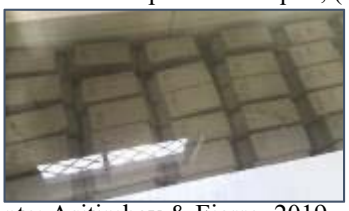
Imagen 298. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c.3. Determinar el peso de tres adoquines con el fin de obtener el % de absorción, mediante el siguiente procedimiento:

Imagen 299. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Colocar los adoquines por 24 horas en una piscina con el fin de saturarlos.

- Sacar los especímenes de la piscina y escurrir por dos minutos hasta retirar el agua superficial, pesar y registrar los datos en donde dicha masa la conoceremos como **M1** (masa saturada (kg)).

Imagen 300. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 301. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- A continuación, con la ayuda de un alambre o canastilla procedemos a determinar la masa sumergida de las muestras a la cual será **M2** (masa sumergida (kg)).

Imagen 302. Preparación de la muestra – compresión adoquín, (c.3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Colocar la muestra en el horno a 110ºC por 24 horas, dejar enfriar, pesar y registrar la masa **M3** (masa seca al horno (kg)).

21.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

1. ¿Es importante la resistencia de los adoquines?

La resistencia de los adoquines es importante, ya que soporta "aguante" la abrasión del tráfico. Hay que tener en cuenta también que el desgaste ocasionado por el paso de personas o animales es igual o peor que el de los vehículos.

2. ¿De qué está compuesta la estructura de los pavimentos de adoquines de hormigón?

Son estructuras compuestas por diferentes capas de materiales (sub-base y base, capa de arena y capa de rodadura, es decir adoquines).

3. ¿En el caso de descarga manual de adoquines ¿Cómo debe realizarse?

La descarga se realizará a mano por "voleo" (como para ladrillos, nunca como piedras con un cargador) con un determinado número de personas, dependiendo el lugar de almacenamiento, pero nunca se descargarán por "volteo" de la volqueta.

4. ¿Cuál es la altura máxima para apilar los adoquines?

Para que no se derrumben ni sufran cargas adicionales, los adoquines en obra no deberá tener más de 1,5 metros de altura. Estas cargas no se harán en torres, sino con alguna traba en cada capa. Tampoco se harán cargas contra muros porque se pueden recostar sobre ellos y tumbarlos.

5. Una vez en obra ¿En dónde conviene descargar ubicar los adoquines?

El sitio de descarga de adoquines estará lo más cerca posible del lugar donde se van a almacenar o colocar, por lo cual conviene hacer cargas pequeñas, alrededor de la zona a pavimentar.

21.9. Procedimiento de la práctica:

1. Observar que el espécimen no tenga una superficie irregular, caso contrario se lo deberá refrentar.

Imagen 303. Procedimiento – compresión adoquín, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Colocar a manera de empaque las láminas de triplay de 4mm de espesor la cual se colocará en las caras superiores e inferiores de la muestra. Teniendo en cuenta que la superficie de desgaste se debe colocar hacia arriba.

Imagen 304.Procedimiento – compresión adoquín, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Colocar una plancha de acero de aproximadamente 25mm de espesor, que cubra toda la superficie de la muestra y sea capaz de distribuir uniformemente las cargas.
4. Aplicar una velocidad de carga de 15MPa por minuto, de manera continua y sin interrupciones hasta que no se pueda soportar una carga mayor, y registrar la carga máxima aplicada.

5. Medir la resistencia a la compresión de cada muestra deberá calcularse, dividiendo la carga máxima para el área total de la cara de contacto del adoquín, representado por A_s determinado anteriormente y multiplicar por el factor de corrección (tabla NTE INEN1488, pg. 3).

21.9.1. Preguntas de laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE ADOQUÍNES, COMPRESIÓN DE ADOQUÍNES	**NTE INEN 1483** **NTE INEN 1484** **NTE INEN 1485** **NTE INEN 1486** **NTE INEN 1488**

1.- Escriba el objetivo del ensayo

_____.
_____.

2.- ¿Cuál debe ser la junta entre adoquines?

_____.
_____.

3.- Qué equipo utilizan para determinar el area del adoquín

_____.
_____.

4.- ¿Por que debe ser usado refrendado en la compactación de un adoquín?

_____.
_____.

5.- Qué entiende por Adoquín

_____.
_____.

6.- ¿Cuál es la velocidad que se debe aplicar en la compresión del Adoquín?

_____.
_____.

7.- ¿Por qué se realiza la desviación estándar en la determinar de la resistencia máxima aplicada en un adoquín

_____.
_____.

8.- Cuantos tipos de adoquínes existen en el mercado

_____.
_____.

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

21.9.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. **De acuerdo a sus datos obtenidos. Determine si el espécimen cumple o no con la resistencia a la compresión de acuerdo a la normativa INEN1488:1987, y determine que uso se le puede dar a dicho adoquín.**

Complete:

La norma técnica ecuatoriana INEN1488, menciona: Para la fabricación de adoquines se requiere de _ _ _

21.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - PREPARACIÓN DE ADOQUÍNES, COMPRESIÓN DE ADOQUÍNES	NTE INEN 1484 NTE INEN 1485 NTE INEN 1486 NTE INEN 1488

Procedencia de la muestra _____

Fecha de ensayo _____

RESULTADOS	Peso cartulina del adoquin (gr)	Peso de la cartulina rectangular (gr)

Muestra Nº	Espesor (cm)	Masa (gr)	Carga Max(KN)	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	Resistencia (Mpa)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Masa saturada M1 =		Masa sumergida M2=		Masa seca M3=	M3=
Contenido de absorción (%)					

Observaciones	Firma o sello del laboratorista

CAPÍTULO 22

ENSAYO: TRACCIÓN EN VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO

22.1. Términos y definiciones de la práctica

- **Probeta de ensayo:** Es una muestra de material, debidamente preparada para un ensayo mecánico. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Varilla corrugada:** Varilla de acero especialmente fabricada para utilizarse en estructuras de hormigón armado, en cuya superficie existen salientes denominadas resaltes. (INEN 2167, 2017, pg.1)
- **Varilla lisa:** Varilla de acero especialmente fabricada para utilizarse en hormigón armado, de núcleo circular cuya sección transversal es uniforme en todo su largo. (INEN 2167, 2017, pg.1)
- **Diámetro nominal:** Diámetro teórico por el cual se designa la varilla. (INEN 2167, 2017, pg.1)
- **Ranura:** Espacio existente a lo largo de toda la varilla con resaltes y que es limitado por los extremos de los resaltes transversales. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Resaltes:** Protuberancias o salientes, transversales, con un ángulo de inclinación comprendido entre 45° y 90°, que se presentan en la varilla con la finalidad de aumentar la adherencia e impedir el desplazamiento longitudinal de ésta, en relación del hormigón que la cubre. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Partida:** Conjunto de varillas del mismo grado o calidad de acero y diámetro nominal, que satisface totalmente un pedido. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Lote:** Conjunto de varillas del mismo grado o calidad de acero y diámetro nominal, procedente de una misma campaña de producción en serie. (INEN 2167, 2017, pg.2)

- **Lote de muestreo:** Conjunto de varillas formado a partir de un lote o de una partida, con el fin de extraer las unidades de muestreo. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Unidad de muestreo:** Una de las varillas extraídas del lote del muestreo, la cual está destinada a la inspección y/o ensayo. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Probeta:** Porción de la unidad de muestreo debidamente preparada para un ensayo. (INEN 2167, 2017, pg.2)
- **Dúctil**: Material que se puede convertir en cables o hilos, por lo que tiene capacidad para estirarse. (Libia Gutiérrez, 2003)
- **Frágil:** Material que no posee la capacidad de estirarse. (Libia Gutiérrez, 2003)

22.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2167:2017 "Varillas corrugadas y lisas de acero al carbono laminadas en caliente, soldables, micro aleadas o termo tratadas, para hormigón armado. Requisitos".
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109:1987 "Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente".
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM A 706:2003. "Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement".

22.3. Marco teórico de la práctica

22.3.1. Introducción

El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayos de tracción para determinar durante su deformación una o más propiedades mecánicas. (Castro Lisintuña, 2018, pg. 24).

Para ello se coloca la probeta, sujeta por ambos extremos por mordazas, una fija y otra móvil. Se procede a medir la carga mientras se aplica el desplazamiento de la mordaza móvil. (Castro Lisintuña, 2018, pg. 24).

La máquina de ensayo impone la deformación desplazando el cabezal móvil a una velocidad seleccionable. La celda de carga conectada a la mordaza fija entrega una señal que representa la carga aplicada, la máquina dibuja en un eje el desplazamiento y en el otro eje la carga leída. (Castro Lisintuña, 2018, pg. 24).

El acero corrugado, varilla corrugada es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado. Se trata de barras de acero que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad.

22.3.2. Resistencia a la tracción

El esfuerzo obtenido de la fuerza más alta aplicada es la resistencia a la tracción, que es el esfuerzo máximo sobre la curva carga – desplazamiento. En muchos materiales

dúctiles, la deformación no se mantiene uniforme. En cierto momento una región se deforma más que otras y ocurre una reducción local de importancia.

en la sección recta también se le conoce como límite elástico. Dado que el área de la sección transversal en este punto se hace más pequeña, se requiere una fuerza menor para continuar su deformación, y se reduce el esfuerzo al calculado a partir del área original. La resistencia a la tracción es el esfuerzo al cual inicia este encuellamiento en materiales dúctiles. (Castro Lisintuña, 2018, pg. 26-27).

22.3.3. Comportamiento mecánico del acero

Estirando el material, podemos determinar rápidamente cómo el material va a reaccionar ante las fuerzas que se le aplican y que tratan de estirarlo. A medida que estiramos el material, iremos viendo la fuerza que hacemos en cada momento y la cantidad que se estira el material (alargamiento).

Relación tensión – deformación

La relación real entre tensión y deformación de un material se determina de forma experimental mediante ensayos en laboratorios. Los ensayos más simples de realizar son los de tracción o de compresión pure sobre probetas cilíndricas o prismáticas normalizadas. Estos ensayos se realizan aplicando en los extremos de las probetas una fuerza P en dirección del eje de la misma. Llamando A al área inicial de la sección transversal de la probeta, se define como tensión nominal a la relación: (Cevera y Blanco, 2001, pg. 25).

$$\sigma = \frac{P}{A}$$ Ecuación. 80. TA

Por otro lado, llamando L a la longitud calibrada de la probeta y ΔL al alargamiento de esta producida por la fuerza axial, se define como deformación axial nominal a la relación: (Cevera y Blanco, 2001, pg. 25).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Ecuación. 81. TA

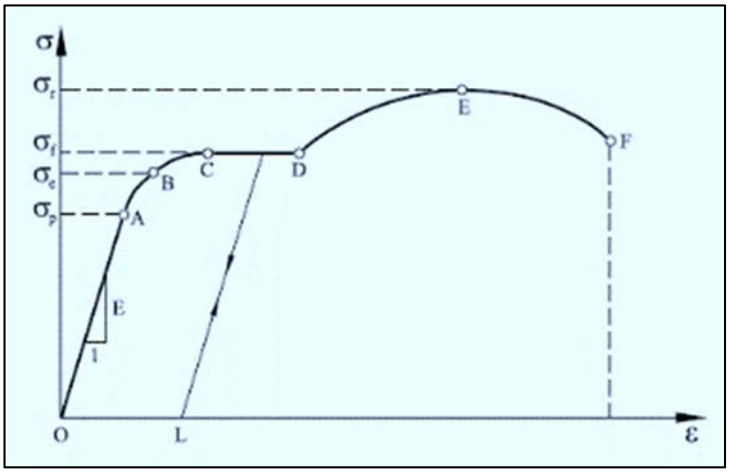
Si en el ensayo se mide también la variación Δd de una de las dimensiones transversales de la probeta, de longitud inicial d, se puede calcular la deformación transversal como: (Cevera y Blanco, 2001, pg. 25).

$$\epsilon_t = \frac{\Delta d}{d}$$

Ecuación. 82. TA

El ensayo se realiza aumentando progresivamente la fuerza P aplicada de forma lenta y gradual y midiendo los alargamientos axiales ΔL y los acortamientos transversales Δd correspondientes a cada nivel de carga. A partir de los conjuntos de valores (P, ΔL, Δd), obtenidos, se calculan los correspondientes conjuntos de valores de tensión y deformación nominales (σ, ϵ, ϵ_t). Los pares (σ, ϵ) se presentan en una curva que se denominan curva de tensión – deformación del material. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 25).

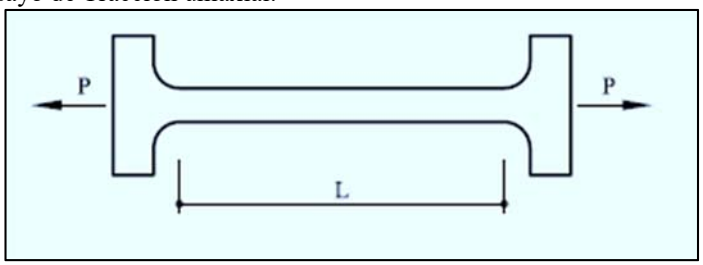
Gráfico 16.
Curva tensión – deformación unitaria.



Fuente: Tomada del libro: "Mecánica de estructuras, Libro 1, Resistencia de materiales", Cevera y Blanco, 2001, pg. 26

La curva tensión - deformación obtenida depende de multitud de factores (velocidad y aplicación de carga, temperatura, dispositivo experimental empleado), por lo que los ensayos deben realizarse de forma normalizada, con equipos estandarizados y condiciones controladas. De esta forma se consigue que los resultados sean representativos de la estructura interna característica del material ensayado. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 26).

Ilustración 49. Ensayo de Tracción uniaxial.



Fuente: Tomada del libro: "Mecánica de estructuras, Libro 1, Resistencia de materiales", Cevera y Blanco, 2001, pg. 26

Aunque el comportamiento de cada material es diferente, en la curva tensión – deformación se distinguen, en general, las zonas y tensiones límites siguientes: (Cevera y Blanco, 2001, pg. 26).

- **Tramo proporcional (OA).** En este tramo inicial se cumple la ley de Hooke, es decir, la relación entre tensión y deformación es lineal para tensiones inferiores al valor σ_p que se llama "limite proporcional". La pendiente del tramo determina el valor del módulo de elasticidad o de Young (E) del material. El coeficiente $\nu = -\epsilon_t / \epsilon_.$ de Poisson puede calcularse como la relación entre la deformación transversal y la longitudinal, (Cevera y Blanco, 2001, pg. 26).
- **Tramo elástico (OB).** En este tramo la descarga se produce de forma elástica, es decir, sin que aparezcan deformaciones permanentes al disminuir la carga hasta anularla. Se llama "limite elástico σ_e", a la máxima tensión que se puede alcanzar sin que se produzcan deformaciones permanentes, también llamadas inelásticas o plásticas. El tramo "AB", de comportamiento elástico no lineal, puede ser más o menos observable dependiendo del material. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 26).
- **Tramo plástico (BD).** En este tramo se observa deformación permanente al descargar la probeta, por ejemplo, la marcada OL en el diagrama. Se llama "limite de fluencia σ_f " a la tensión a partir de la cual el material se deforma casi sin aumento de la tensión. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 26).
- **Tramo de fluencia (CD).** En este tramo la deformación aumenta sin que se produzca un aumento apreciable de la tensión. Hasta llegar al punto "D" la deformación longitudinal y las deformaciones transversales son sensiblemente

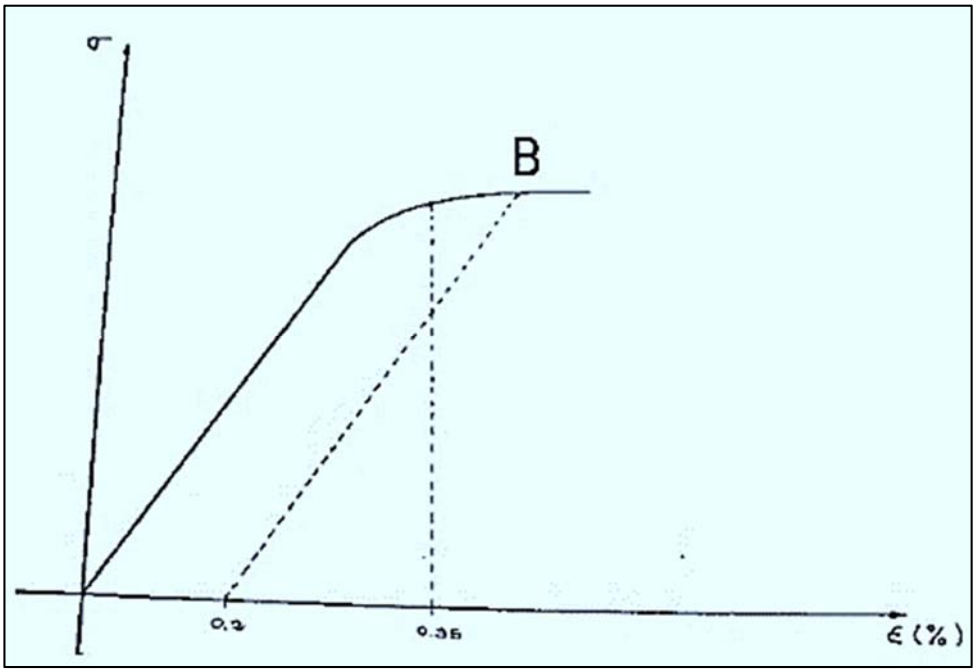
uniformes a lo largo de la longitud útil de la probeta. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 27).

- **Tramo de endurecimiento por deformación (DE).** A partir de un determinado valor de la deformación, la tensión necesaria para seguir aumentando la deformación plástica se incrementa. A este fenómeno se lo llama "endurecimiento por deformación", y suele venir acompañado por la pérdida del estado uniforme de deformaciones y el inicio de la localización de estas en la zona media de la probeta. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 27).
- **Tramo de estricción (EF).** En este tramo se observa que la sección de una parte de la probeta comienza a disminuir de la forma apreciable. Este fenómeno de localización de las deformaciones longitudinales y transversales, con pérdida del estado anterior, se denomina "estricción". La aparente pérdida de tensión en este tramo se debe a la definición nominal de la tensión, que está calculada sobre el área inicial de la probeta, en lugar de calcularla sobre el área real en cada momento, y que es menor debido a la estricción. Se denomina "tensión de ruptura σ_r", a la máxima tensión medida en el ensayo. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 27).

22.3.4. Esfuerzo de fluencia (fy)

Este valor se halla tomando sobre el eje de las deformaciones, la deformación unitaria permanece admisible, cuyo valor es el 0.2% y trazando por este punto una recta paralela a la parte recta de la curva esfuerzo unitario – deformación unitaria. Esta recta corta la curva en el punto B, siendo la ordenada de dicho punto el valor del esfuerzo de fluencia. Cabe citar que para ciertas aplicaciones se toma como deformación unitaria permanente admisible el 0.35%.

Gráfico 17. Límite de fluencia del material.



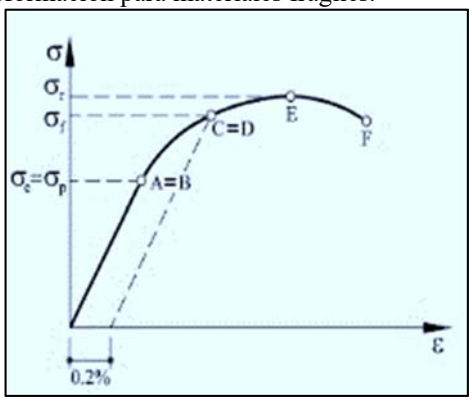
Fuente: Tomado de la monografía Manual visualizado del laboratorio de resistencia de materiales, Cabezas, 1980, pg. 50

En el caso del acero estructural cuyo esfuerzo de fluencia sea mayor a 4200kg/cm^2 ; en este caso, se trazara por dicho punto una perpendicular al eje de la deformación unitaria, la ordenada del punto donde se corta dicha perpendicular a la curva esfuerzo unitario – deformación unitaria será el valor correspondiente al límite de fluencia del material

22.3.5. Curva tensión deformación para materiales dúctiles y frágiles

El tipo de curva tensión – deformación descrito corresponde a los materiales llamados dúctiles, como por ejemplo el acero o el cobre, que presentan un marcado comportamiento plástico y alcanza la ruptura con un nivel elevado de deformación. Así, $\epsilon_D \simeq 20\,\epsilon_A$ y $\epsilon_R \simeq 200\,\epsilon_A$ para los materiales, y los tramos descritos son fácilmente identificables. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 27).

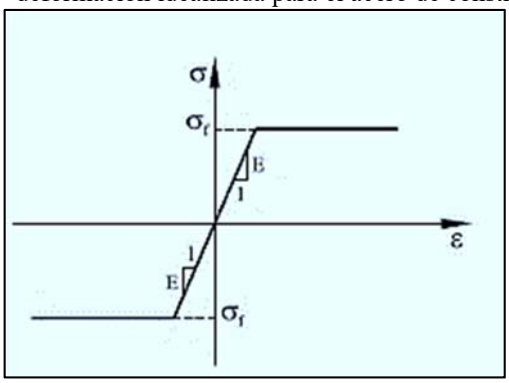
Gráfico 18. Curva tensión deformación para materiales frágiles.



Fuente: Tomada del libro. Mecánica de estructuras, Libro 1, Resistencia de materiales, Cevera y Blanco, 2001, pg. 27

Los aceros de construcción tienen un comportamiento en tracción y en compresión (para piezas poco esbeltas), y con marcados tramos de fluencia en ambos casos. Para estos materiales la curva tensión – deformación se suele representar mediante el siguiente diagrama trilinial, en los que solo se consideran los tramos proporcionales y los tramos de fluencia. Otros tipos de aleación de acero, por su parte, apenas muestran un tramo horizontal de fluencia, pero tienen una zona clara de endurecimiento por deformación habitualmente lineal. (Cevera y Blanco, 2001, pg. 27-28).

Gráfico 19. Curva tensión – deformación idealizada para el acero de construcción,

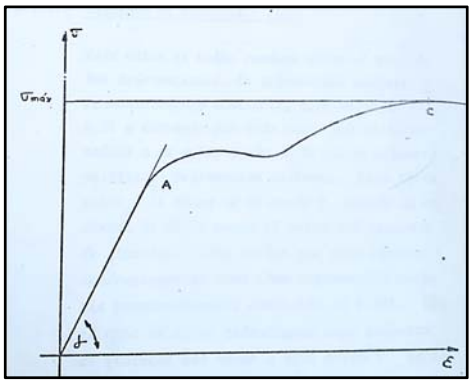


Fuente: Tomada del libro: "Mecánica de estructuras, Libro 1, Resistencia de materiales", Cevera y Blanco, 2001,

22.3.6. Esfuerzo máximo

Se lo obtiene trazando una paralela al eje horizontal, que sea tangente al punto máximo C de la curva, hasta que corte el eje de las ordenadas, el punto de corte de dicho eje dará el valor correspondiente al esfuerzo máximo. (Cabezas, 1980, pg.48)

Gráfico 20. Esfuerzo máximo.



Fuente: Tomada de la tesis de: Cabezas, 1980, pg.48

22.3.7. Requisitos mecánicos para varilla corrugada.

La resistencia a la tracción real debe ser igual o mayor a 1,25 veces el límite de fluencia real registrada en el ensayo de la probeta. (NTE INEN 2167, 2017, pg.5).

Tabla 54. Especificaciones mecánicas de las varillas lisas y corrugadas para hormigón armado.

Ensayo	Propiedad		Unidad	Grado de acero	
				42	55
Tracción	Límite de fluencia, mínimo		MPa	420	550
	Límite de fluencia, máximo			540	675
	Resistencia a la tracción, mínima			550	690
	Alargamiento, mínimo en L_0 = 200 mm	$d \leq 20$	%	14	12
		$22 \leq d \leq 36$		12	12
		$d > 36$		10	10
Doblado a 180° [a]	$d < 18$		mm	$D = 3\,d$	$D = 3{,}5\,d$
	$18 \leq d \leq 25$			$D = 4\,d$	$D = 5\,d$
	$25 < d \leq 36$			$D = 6\,d$	$D = 7\,d$
	$d > 36$			$D = 8\,d$	$D = 9\,d$

[a] d = diámetro de la varilla en mm
D = diámetro del mandril en mm
L_0 = longitud inicial

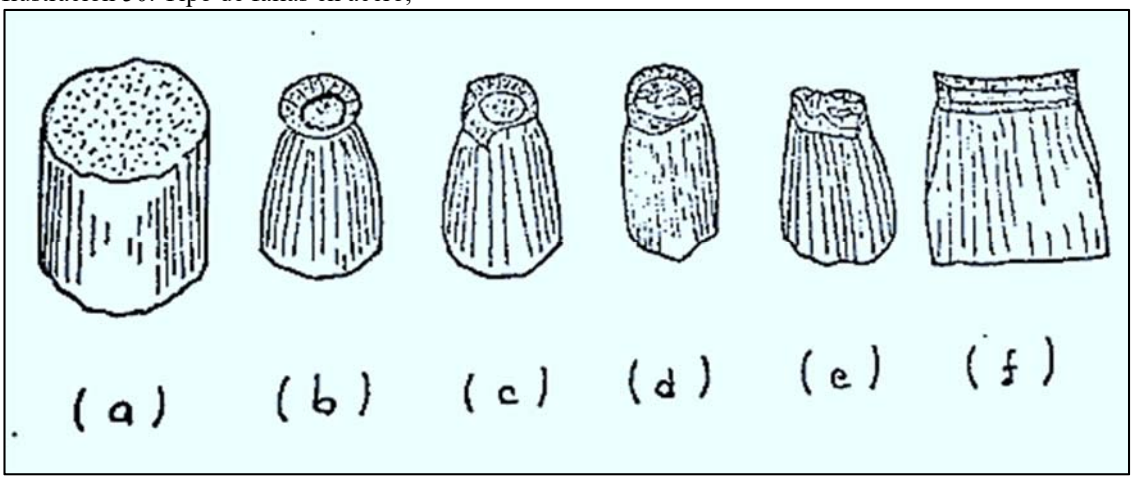
NOTA. 1 MPa equivale a 10,197 kgf/cm².

Fuente: NTE INEN 2167, 2017, pg.6

22.3.8. Tipos de fallas en las probetas de acero.

Existen 6 tipos de fallas:

Ilustración 50. Tipo de fallas en acero,



Fuente: Tomadas de la monografía Manual visualizado del laboratorio de resistencia de materiales, Cabezas, 1980, pg. 76

Donde:

(a) Cortadura plana y granulosa.

(b) Cono, cráter y sedoso.

(c) Parcialmente cono, cráter y sedoso.

(d) Fractura de estrella.

(e) Irregular y fibrosa.

(f) Cono, cráter y sedoso (probeta plana).

22.3.9. Fórmulas y cálculos

1. Esfuerzo unitario "" (kg/cm^2)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$ Ecuación. 83. TA

Donde:

P: Fuerza a la que es sometida la probeta en kg

A: Área nominal de la probeta medida en cm^2

2. Módulo de elasticidad "E" (kg/cm^2)

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}\ ;\ \tan\alpha$$

Ecuación. 84. TA

Donde:

Δσ : Esfuerzo unitario

Δε : Deformación unitaria

tan α = Tangente del ángulo que forma la parte recta de la curva esfuerzo unitario vs deformación unitaria con el eje de las abscisas.

3. Porcentaje de elongación %Elong

$$\%\ \text{Elong} = 100 * \frac{Lf - Lo}{Lo}$$

Ecuación. 85. TA

Donde:

Lf: Longitud de la muestra al final del ensayo.

Lo: Longitud de la muestra al inicio del ensayo.

22.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo general

Determinar las características mecánicas en barras de acero sometidas a un esfuerzo de tracción.

Objetivos específicos

- Determinar la resistencia del acero.
- Determinar el esfuerzo unitario máximo.
- Determinar el esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad
- Determinar el módulo de elasticidad del acero a la tracción paralela al grano.
- Determinar el esfuerzo unitario máximo de la madera a la tracción perpendicular al grano.

22.5. Alcance

Mediante la maquina universal para ensayos, se someterá a tracción una probeta de acero corrugado para la construcción; y con los datos obtenidos se determinará las propiedades mecánicas de la probeta.

22.6. Importancia y aplicación

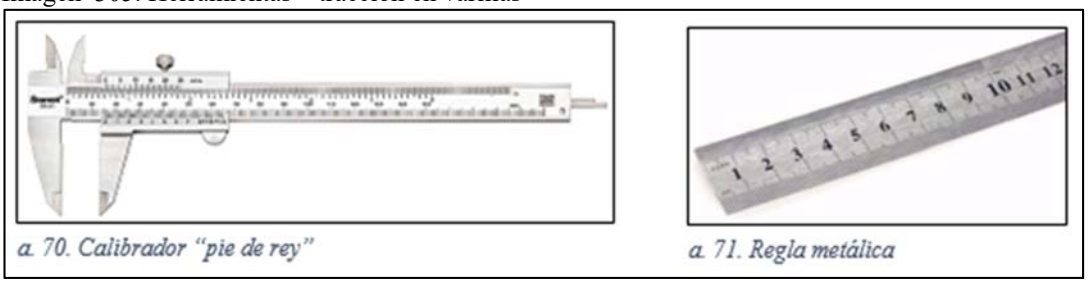
- En el diseño estructural se necesita saber el tipo de varilla a utilizar dependiendo de la carga, uso que se la va a aplicar al elemento.

- Se utilizan en casi todas las construcciones civiles como: zapatas, columnas, vigas, losas, muros de refuerzo, puentes, pavimentos rígidos, túneles).
- El mercado ecuatoriano para la construcción ofrece varillas corrugadas con bajo contenido de carbono que garantizan soldabilidad, excelente ductilidad, resalte con más altura, mayor adherencia entre las armaduras de acero y hormigón, fluencia controlada durante más tiempo, permite absorber las deformaciones ocasionadas por movimientos sísmicos, además la varilla mejora la tenacidad para mejorar la respuesta mecánica; mejorando así los sistemas constructivos.

22.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 305. Herramientas – tracción en varillas



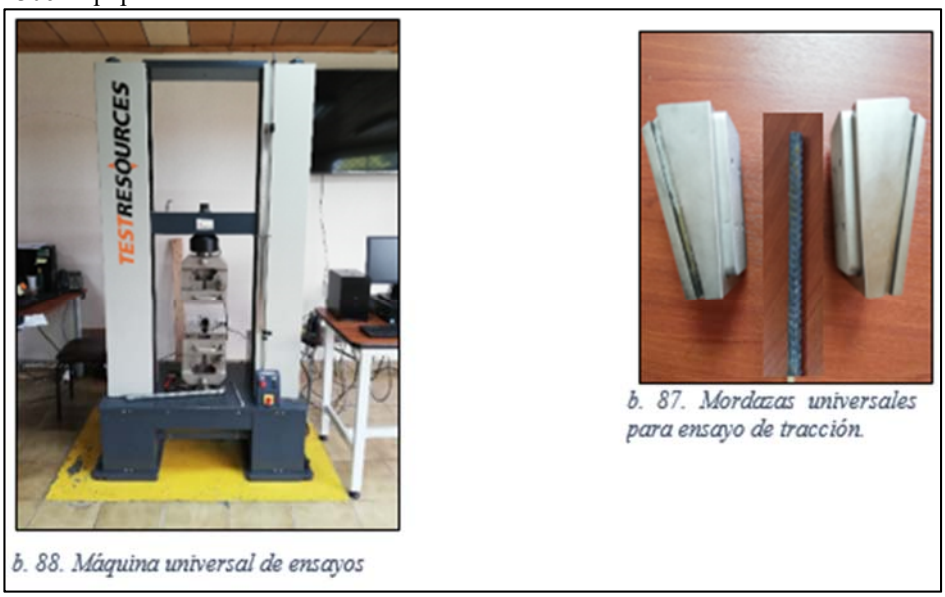
a. 70. Calibrador "pie de rey"

a. 71. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 306. Equipo de laboratorio - tracción en varillas



b. 87. Mordazas universales para ensayo de tracción.

b. 88. Máquina universal de ensayos

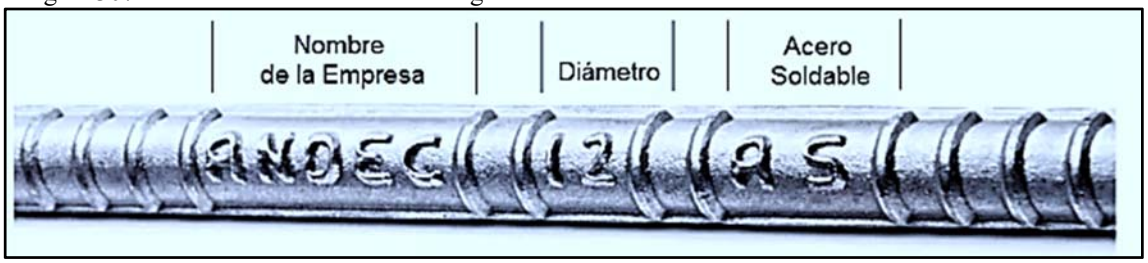
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Se recomienda utilizar, 2 varillas de acero corrugado de ø 10mm, 2 varillas de acero corrugado de ø 12mm, 2 varillas de acero corrugado de ø 14mm, dependiendo de los datos requeridos y con una longitud inicial mínima de 400mm.

Se puede identificar una varilla corrugada de la siguiente manera:

Imagen 307. Nomenclatura de varilla corrugada



Fuente: Andec

22.8. Preguntas frecuentes previas al laboratorio

1.- ¿El acero es un buen conductor del calor?

No es buen conductor del calor. Hablando siempre en términos relativos a otros metales: hierro, cobre, aluminio, el acero es un mal difusor del calor. No hay más que conocer la conductividad térmica:

Tabla 55. Conductor de calor

Material	Conductividad térmica kcal/ h.m.°C
Cobre	332
Alumninio	197
Hierro	63,58
AISI	14

Fuente: Tomadas de la monografía Manual visualizado del laboratorio de resistencia de materiales, Cabezas, 1980, pg. 76

2.- ¿Cuándo se dice que un material está sometido a un esfuerzo de tracción?

Cuando se desarrolla un esfuerzo en la sección transversal de una pieza para resistir su elongación y que tiende a alargarla.

3.- ¿Qué es la fluencia?

Cuando el material fluye, es decir se alarga sin elevación de carga hasta que la estructura se haya consolidado. Si se aumenta la carga por encima de este límite de fluencia, se produce un alargamiento que avanza rápidamente hasta el límite de tracción.

4.- ¿Cómo se determina la fluencia en un material dúctil?

Puede determinarse durante la prueba de tensión, observando el indicador de carga. Después de aumentar continuamente la carga, se observa que cae súbitamente a un

valor ligeramente inferior que se mantiene por algún tiempo mientras la probeta sigue alargándose. En un ensayo bien efectuado uno puede distinguir entre el punto de fluencia que corresponde a la carga alcanzada, justo antes de que empiece la fluencia, y el punto de fluencia más bajo que corresponde a la carga requerida para mantener la fluencia. Como el punto de fluencia superior es transitorio, debe usarse el punto de fluencia inferior para determinar la resistencia a la fluencia del material.

5.- ¿Cómo se determina la fluencia en un material duro?

Ubicamos el punto en 0.2% o en la gráfica se traza una paralela a la recta donde une a la curva es el punto de fluencia.

6.- ¿Qué aspecto presenta la fractura en un material dúctil?

Se observa una rugosidad, típica de falla por sobrecarga en tensión. Las flechas muestran múltiples frentes de propagación de grietas a lo largo de la raíz del hilo de la rosca.

7.- ¿Por qué en el ensayo de tracción se rompe una probeta con una carga inferior a la máxima soportada, según el diagrama Esfuerzo -Deformación?

Debido a la disminución del área de la probeta y no a una pérdida de la resistencia misma del material.

22.9. Procedimiento de la práctica

1. Tomar como referencia el centro de la probeta, trazar con un marcador a diez centímetros a cada lado de este y se registrara como distancia (Lo).

Imagen 308. Procedimiento tracción acero, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 309. Procedimiento tracción acero, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

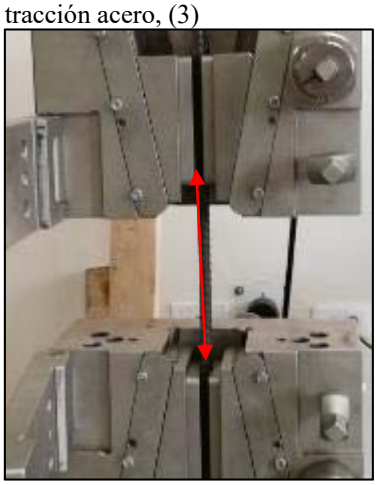
2. Colocar la muestra en la máquina universal, el ajuste de las mordazas debe ser de tal forma que las partes extremas de la probeta queden alineadas para asegurar que la falla se produzca en la zona central de la misma, evitando concentración de esfuerzos en las zonas de transición.

3. Medir y registrar la distancia ente "grips" (mordazas).

4. la cruceta móvil se desplace con una velocidad de (2-10.00mm/min ± 0.25mm/min).

5. La máquina universal utiliza el software "R Series Controller", en el cual se deberán ingresar los siguientes datos, en el módulo de tracción:

Imagen 310. Procedimiento tracción acero, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

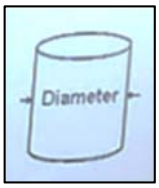
- Pestaña: “Specimen”

  a) Tipo, “Type”: Round

  b) Round Geometry Parameters, Diameter (mm)

  c) Geometry units: (mm)

  d) Longitud entre separadores de la probeta, “Grip separation” (mm)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Pestaña: “Report Setup”

  e) “Title” Titulo del número de ensayo

- Pestaña: “Acquisition”

  f) Ensayo # “User Prefix”, ejemplo: “ensayo 1”

  g) Drop Interval (% of Peak) : 60

Imagen 311. Procedimiento tracción acero, (5)

- Pestaña: “Analysis – Selectes Analysis”

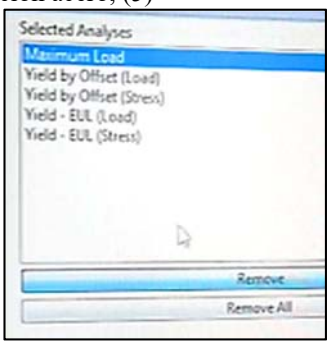
  h) Carga máxima (Maximun Load)

  i) Fluencia de carga, “Yield by Offset Load” al 0,2% (paralelo al límite elástico)

  j) Fluencia de carga, “Yield by Offset Strees” al 0,2% (paralelo al límite elástico)

  k) Carga de fluencia, “(Yield – EUL (Load)),” vertical al 0,5%

  l) Esfuerzo de fluencia (Yield – EUL (Strees)).



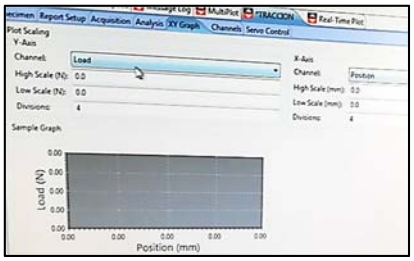
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Pestaña: “XY Graph”

  m) Carga que se está ejerciendo sobre la probeta, (N), Y-Axis / Channel / Load

  n) Desplazamiento de la máquina hacia arriba, (mm), X-Axis / Channel / Possition

Imagen 312. Procedimiento tracción acero, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

- Pestaña: “Channels”

  o) Carga, “Load”, (N)

  p) Esfuerzo, “Stress”, (MPa)

  q) Deformación, “Position”, (mm)

- Pestaña: “Servo control”

  p) Velocidad, “Rate (mm/min) (10mm/min)”

  q) Channel : Load / Value (N): 100000

6. Ejecutar el programa, en donde el software inicialmente aplicara una precarga, seguirá hasta que se produzca la rotura, y se detendrá poco después de haberse producido la falla.

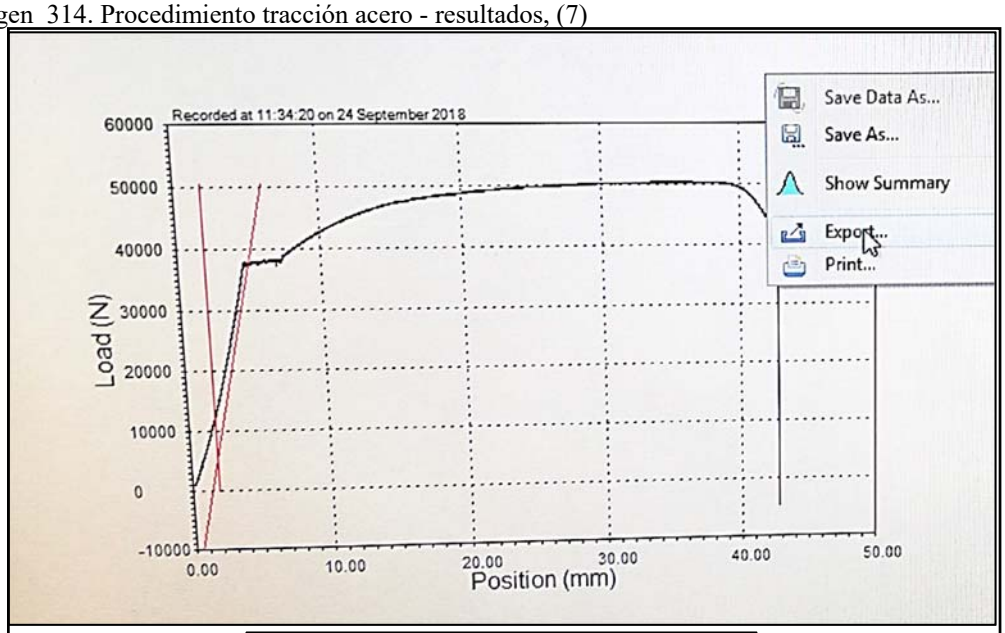
Imagen 313. Procedimiento tracción acero, (6)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

7. El programa arrojará los siguientes resultados:

Imagen 314. Procedimiento tracción acero - resultados, (7)



Analysis Results	
Maximum Load	
Load	50270.941 N
Maximum Stress	
Maximum Stress	640.06946 MPa
Yield by Offset (Load)	
Yield	37597.445 N
Offset	0.200 %
Yield by Offset (Stress)	
Yield	478.70551 MPa
Offset	0.200 %
Yield - EUL (Load)	
Yield	11770.644 N
Extension	0.500 %
Yield - EUL (Stress)	
Yield	149.86848 MPa
Extension	0.500 %

Fuente: Asitimbay & Fierro

- Para determinar la deformación unitaria, se tendrá:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{Long.final - Long.inicial, (long.entre\ mordazas)}{Longitud\ inicial}$$

En donde:

Longitud final: Longitud entre mordazas + desplazamiento hasta el punto de rotura “Posición final”

Longitud inicial: Longitud entre mordazas.

8. Exportar los datos a Excel, (clic derecho/exportar a Excel/guardar), en donde se va a obtener la carga a tracción y los datos de desplazamiento del cabezal.

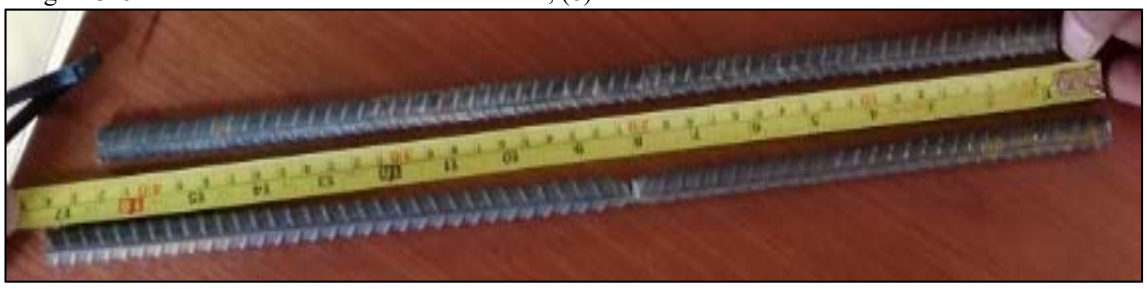
Tabla 56. Procedimiento tracción acero - resultados, (8)

TIME	TIME2	LOAD	AXIAL	TRANS	AUXIL	AUXIL_2	AUXIL_3	AUXIL_4	POSN
		Kilogramos							Metros
0	0	2.630444	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.23159E-05
11	0	6.0500216	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.25019E-07
21	0	11.047866	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	3.64639E-07
31	0	1.0521777	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	6.56349E-07

Fuente: Asitimbay & Fierro

9. Unir la probeta fracturada después del ensayo y medir la distancia entre marcas, registrar los datos.

Imagen 315. Procedimiento tracción acero - rotura, (8)



Fuente: Asitimbay & Fierro

22.10. Plantilla para llenar

22.10.1. Preguntas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Tracción en acero	**NTE INEN 2167** **NTE INEN 109**

1.- Escriba el objetivo del ensayo

_____
_____

2.- Si en un determinado valor de fuerza P se detiene el ensayo de tracción y se quita las fuerzas que lo tensionan: ¿Cómo se determina la longitud final de la probeta?

_____
_____

3.- Qué equipo utilizan determinar las dimensiones de la probeta:

_____
_____

4.- Cuál es la diferencia entre carga y esfuerzo

_____
_____

5.-¿Qué es diámetro Equivalente: ?

_____
_____

6.- Que es ductilidad

_____
_____

7.- Cuál es la diferencia entre la zona plástica y la zona elástica

_____
_____

8.- Cuál es la ley de Hooke

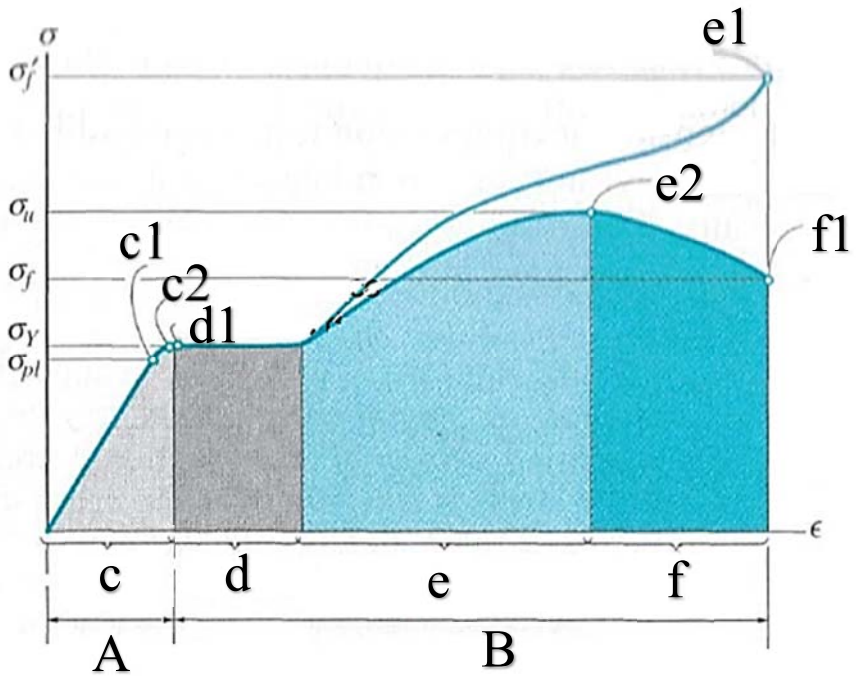
_____
_____

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

22.10.2. Análisis y discusión

Luego de haber realizado satisfactoriamente la práctica de laboratorio, responda o escoja la respuesta correcta.

1. Una mediante una línea los significados de la siguiente gráfica de tensión-deformación.



A	Limite proporcional
B	Esfuerzo de fractura real
c	Región elástica
d	Región de fluencia
e	Endurecimiento por
f	deformación.
c1	Esfuerzo de fractura
c2	Estricción
d1	Comportamiento plástico
e1	Límite elástico
e2	Esfuerzo de fluencia
f1	Comportamiento elástico
	Esfuerzo último

2.- Para el presente ensayo, en que varía el contenido de carbono presente en las varillas, será más plástico, más elástico, más dúctil o más frágil.

_ _

_ _

_ _

3. Escoja la respuesta correcta

3.1. Trefilado se refiere a:

a) El estirado o trefilado es una operación donde la sección transversal de una barra, varilla o alambre se reduce al cortar manualmente cada hilera.

b) El estirado o trefilado es una operación donde la sección transversal de una barra, varilla o alambre se reduce al tirar del material a través de la abertura de una hilera o dado.

3. Que se puede deducir si la falla de la varilla de ensayo no es en el centro si no en la parte superior o inferior.

_ _

_ _

_ _

22.10.3. Plantilla de laboratorio para llenar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Tracción en acero	**NTE INEN 2167** **NTE INEN 109**

Tipo de muestra _____

Procedencia de la _____

Fecha de ensayo _____

RESULTADOS

Carga (N)	Posicion mm	Esfuerzo	Deformación uni

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

CAPÍTULO 23

ENSAYO: TORSIÓN EN VARILLAS DE ACERO CORRUGADO

23.1. Términos y definiciones de la práctica

- **Torsión:** Es la solicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.
- **Brazo de palanca:** Es la distancia perpendicular que existe desde el eje de rotación hasta la línea de acción de fuerza.
- **Palanca:** Se define como una máquina cuya función es transferir fuerza y desplazamiento con la finalidad de incrementar la fuerza mecánica, la velocidad o la distancia recorrida por un barrote rígido.
- **Tacómetro:** Un tacómetro es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje,
- **Torquímetro**: herramienta que se emplea para el ajuste de bulones, tuercas, tornillos y otras piezas. Este instrumento permite la aplicación de una tensión específica: por eso se caracteriza por su precisión

23.2. Siglas y normativa referencial de la práctica

INEN. –Instituto ecuatoriano de normalización.

ASTM. - Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM – E143:2000 "Ensayos de torsión en acero".
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 140:2013, Ensayo de Torsión Simple para Alambre de Acero, QUITO, 2013.

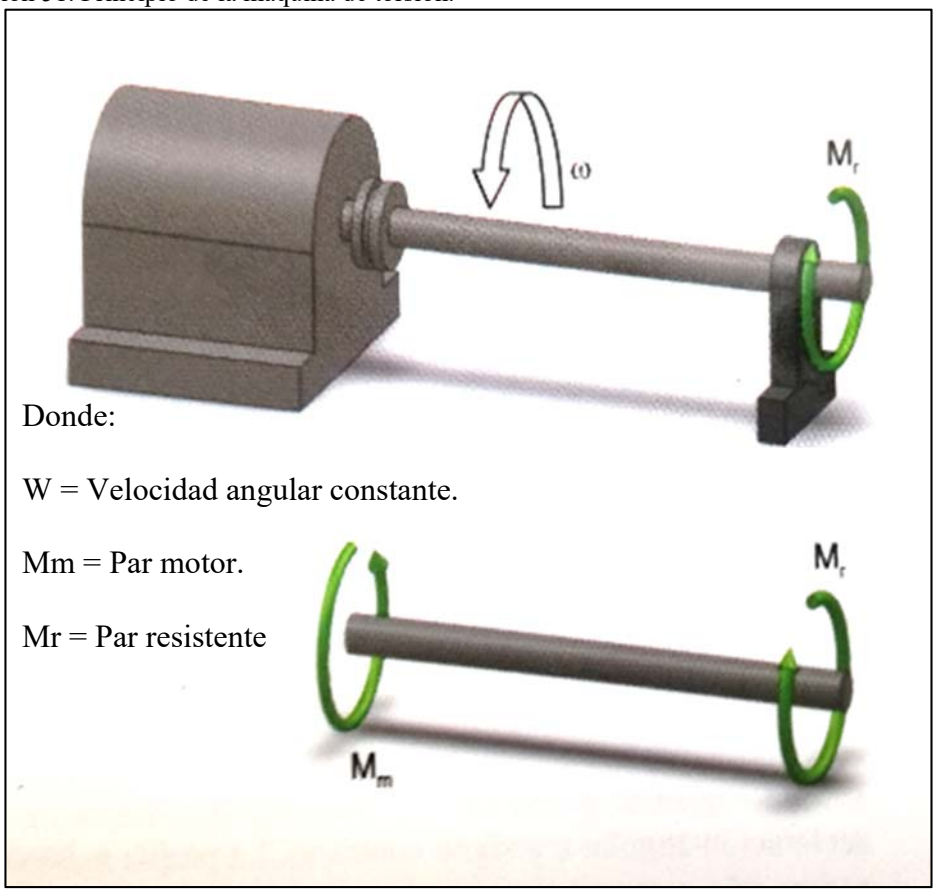
23.3. Marco teórico de la práctica

23.3.1. Introducción

La torsión en sí se refiere a un desplazamiento circular de una determinada sección transversal de un elemento cuando se aplica sobre éste un momento torsor o una fuerza que produce un momento torsor alrededor del eje. (Herrera Navarro, 2011)

Si a un material se le somete a cargas de torsión, se producen internamente esfuerzos cortantes puros, es decir, sin la intervención adicional de esfuerzos de tracción o compresión. (Herrera Navarro, 2011)

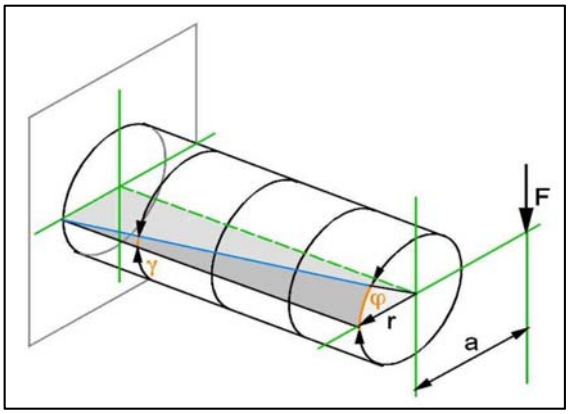
Ilustración 51. Principio de la máquina de torsión.



Fuente: Tomada del libro de, resistencia de materiales 2, Herrera Navarro, 2011, pg. 399

23.3.2. Fórmulas y cálculos

Ilustración 52. Torsión



Fuente: Tomada del libro de, resistencia de materiales 2, Herrera Navarro, 2011, pg. 399

Donde:

F: fuerza de ataque,

a: brazo de palanca,

r: radio,

γ: ángulo de deslizamiento,

φ: ángulo de torsión.

Esfuerzo cortante y deformación angular

Si una probeta cilíndrica de longitud L es sometida a un torque T, el ángulo de torsión **φ** está dado por la siguiente ecuación: (Castro Lisintuña, 2018, pg. 43)

$$\varphi = \frac{T * L}{G * I_P}$$

Ecuación. 86. TOV

$$I_P = \frac{1}{2}\pi R^4$$

Ecuación. 87. TOV

Donde:

G = Módulo de corte del material de la probeta.

I_p = Momento de inercia polar de la sección transversal de dicha probeta.

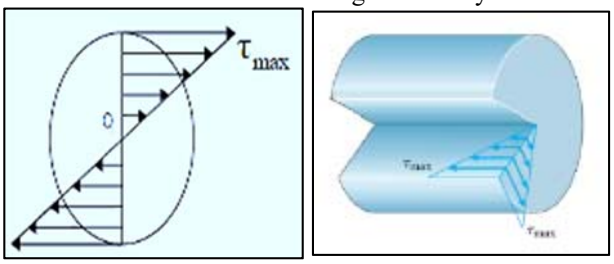
Para determinar el módulo de corte de la probeta G selo realiza con la siguiente formula: (Gere, 2002, pg.194)

$$G = \frac{T * L}{\varphi * I_P}$$

Ecuación. 88. TOV

Si los esfuerzos cortantes no sobrepasan el límite de proporcionalidad, dicho esfuerzo se distribuye linealmente, es cero en el eje central de la probeta y tiene un valor máximo en la periferia. (Gere, 2002, pg.194)

Ilustración 53. Distribución de esfuerzos cortantes longitudinales y transversales.



Fuente: Tomada de la tesis de Castro Lisintuña, 2018, pg. 44

En la figura anterior se indica la distribución de esfuerzos cortantes, en una sección transversal cualquiera, de una probeta de sección cilíndrica sometida a torsión. En este caso, el valor del esfuerzo cortante Ƭ es igual a: (Gere, 2002, pg.194)

$$\tau = \frac{T}{W_p}$$ Ecuación. 89. TOV

Siendo W_p, es módulo resistente a la torsión y está definido por: (Gere, 2002, pg.194)

$$W_p = \frac{1}{R} * I_{polar}$$ Ecuación. 90. TOV

Siendo d el diámetro de la probeta, por lo tanto, d=2R

Reemplazando el momento de inercia polar, en función del radio, se obtiene la siguiente expresión para el módulo resistente:

$$W_p = \frac{\pi R^3}{2}$$ Ecuación. 91. TOV

Por lo tanto, el esfuerzo cortante en la periferia del cilindro es igual a:

$$\tau = \frac{2T}{\pi R^3}$$

Ecuación. 92. TOV

Considerando la igualdad de arcos, según el radio R y la generatriz L, se puede deduce lo siguiente:

$$\varphi R = \gamma L$$

Ecuación. 93. TOV

Donde ɣ es la distorsión angular. Se puede deducir que dicho valor es:

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

Ecuación. 94. TOV

23.4. Objetivo de la práctica:

Objetivo general

Determinar el comportamiento de una varilla de acero sometido a cargas de torsión.

Objetivos específicos

- Analizar las propiedades mecánicas principales bajo este estado de cargas.
- Identificar esfuerzos cortantes y deformaciones cortantes como también la relación entre ellos.
- Mediante el ensayo de torsión conocer las propiedades mecánicas de la varilla redonda, posterior a su ensayo
- Realizar el diagrama Esfuerzo cortante vs Angulo de giro de la varilla.

23.5. Alcance

Mediante la máquina para ensayos de torsión con capacidad de barras macizas y huecas de 5 hasta 50mm de diámetro, con torque máximo de 350N.m, se someterá a torsión una probeta de acero corrugado para la construcción; y con los datos obtenidos se determinará las propiedades mecánicas de la probeta.

23.6. Importancia y aplicación

- En el diseño estructural para la construcción de edificios el principio de torsión se presenta en ciertas vigas que soportan directamente masas o componentes estructurales volados cuyo baricentro se halla descentrado con respecto al eje de la viga, como es el caso de las terrazas o balcones de fachada.
- Las barras sometidas a tensión pura se dan frecuentemente en el ámbito de la ingeniería mecánica cuando giran sobre su directriz, denominándose propiamente ejes o árboles. Suele ser la solución estructural preferida para la transición de potencia y energía en las maquinas.

23.7. Herramientas y equipos de laboratorio, materiales o insumos de la práctica.

a. Herramientas

Imagen 316. Herramientas – torsión en acero



a. 72. Calibrador "pie de rey"

a. 73. Regla metálica

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

b. Equipo de laboratorio

Imagen 317. Equipo de laboratorio – torsión en acero



b. 90. Máquina para ensayos de torsión con capacidad de barras macizas y huecas de 5 hasta 50mm de diámetro, con torque máximo de 350 N.m



b. 89. Torquímetro

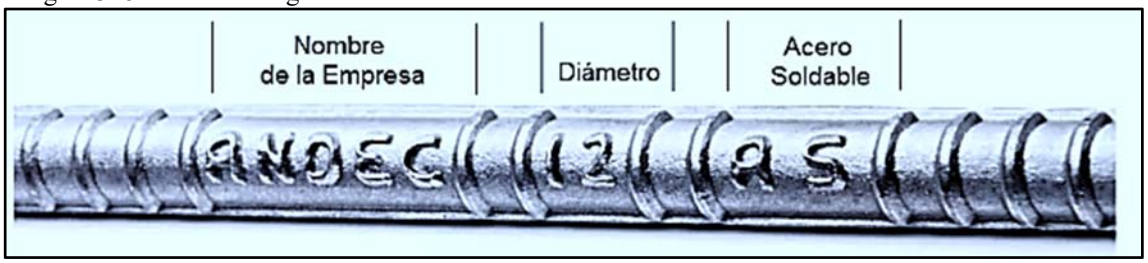
Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

c. Materiales o insumos, preparación de la muestra

Se recomienda utilizar, 2 varillas de acero corrugado de ø 10mm, 2 varillas de acero corrugado de ø 12mm, 2 varillas de acero corrugado de ø 14mm, dependiendo de los datos requeridos y con una longitud inicial mínima de 400mm.

Se puede identificar una varilla corrugada de la siguiente manera:

Imagen 318. Varilla corrugada

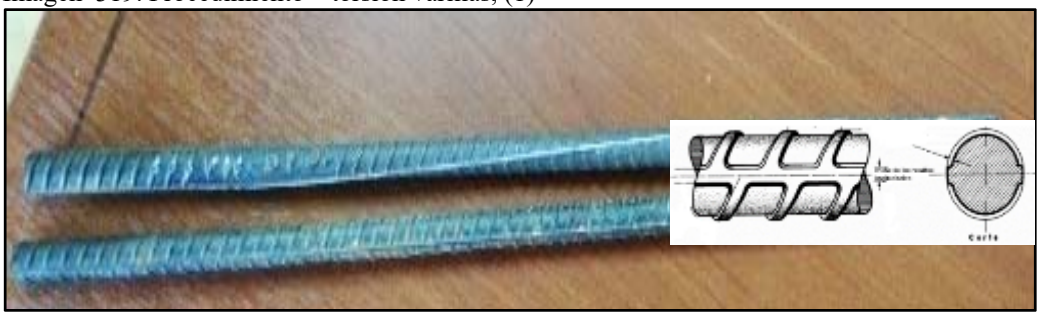


Fuente: Andec

23.8. Procedimiento de la práctica:

1. Trazar una línea recta sobre el resalte longitudinal, esto con el fin de poder visualizar de manera más fácil la deformación de la probeta de torsión.

Imagen 319. Procedimiento – torsión varillas, (1)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

Imagen 320. Procedimiento – torsión varillas, (2)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

2. Fijar la probeta a las copas de la máquina de torsión, asegurarse de que la probeta quede bien sujeta y así no tener problemas de deslizamiento de esta, en caso de existir este problema colocar en cada extremo un punto de suelda por fricción para tener más agarre.

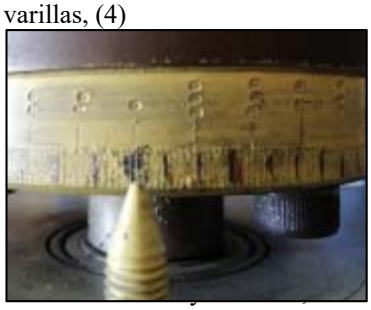
Imagen 328. Procedimiento – torsión varillas, (3)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

3. Medir la distancia entre mordazas.

Imagen 336. Procedimiento – torsión varillas, (4)



4. Graduar la aguja indicadora de ángulos en "cero", con ayuda de una llave Allen.

Imagen 344.Procedimiento – torsión varillas, (5)



Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

5. Colocar el brazo de torque mecánico y aplicar una fuerza de torque en sentido horario o anti -horario dependiendo de la calibración del aparato; la cual debe ser aplicada en forma lenta y progresiva.

6. Se debe registrar los siguientes datos:

grados	Torque (N*m)
0	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
75	
80	
85	
90	
95	
100	
105	
110	
115	
120	

Lectura de torquímetro cada 5º.
Nota: Se deberá controlar que la varilla no se suelte de las mordazas.

Fuente: Asitimbay & Fierro, 2019

23.9. Plantilla para llenar

23.9.1. Preguntas al laboratorio para llenar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Tracción en acero	**NTE INEN 2167** **NTE INEN 109**

1.- Escriba el objetivo del ensayo

_____
_____

2.- Para que nos sirve el torquimetró

_____
_____

3.- Qué equipo utilizan para determinar las dimensiones de la probeta:

_____
_____

4.- Cuál es la diferencia entre carga y torque

_____
_____

5.-¿Qué es diámetro Equivalente: ?

_____
_____

6.- Que material sera mas ductilidad, el aluminio o el acero.

_____
_____

7.- Cuál es la diferencia entre la zona plástica y la zona elástica

_____
_____

Observaciones	**Firma o sello del laboratorista**

23.9.2. Análisis y discusión

1. **Justo en el momento del ensayo, ¿qué sucedería si la varilla se suelta de las mordazas?, ¿cuál sería su influencia en el ensayo?**

_ _ _ _

23.9.3. Plantilla de laboratorio para llenar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Nombre del estudiante: _____ Fecha: _____

TEMA : ENSAYO - Torsión en acero	ASTM – E143

Tipo de muestra _____
Procedencia de la _____
Fecha de ensayo _____

RESULTADOS

Torque (N*m)	Angulo de torsión	Esfuerzo cortante	Deformación cortante

Observaciones	Firma o sello del laboratorista

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- De acuerdo a la experiencia en el desarrollo del presente “manual de laboratorio”, se pudo constatar que los estudiantes presentan ciertas dificultades al momento de realizar la práctica, tales como el desconocimiento del equipo, el desconocimiento de los procedimientos, o el miedo en si hacia el laboratorista; por lo que este manual fue elaborado con imágenes para poder eliminar las dudas referente a los procedimientos, materiales o insumos que se requieren, y de esta manera mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Teniendo en cuenta que las normas van cambiando cada cierto periodo de tiempo, y que las herramientas y equipo de laboratorio cada día son más modernos y por ende están sujetas a cambio, se recomienda realizar una actualización del presente manual cada 4 años.
- Los autores del presente manual consideramos: que el manual no debe ser una publicación impresa; al contrario, y al igual que otra universidad de prestigio del Ecuador (USFQ) el contenido del presente manual debe ser virtual, con acceso exclusivo a los estudiantes de ingeniería civil. Incluso se puede considerar la creación de una aplicación que funcione en Android y IOS que se encuentren enlazadas a la plataforma virtual de la universidad.
- Al igual que otras universidades (ESPE, USFQ), se recomienda realizar para la siguiente versión del “manual de laboratorio”; videos educativos de las prácticas que se realizan en cada práctica, con el objetivo de eliminar por completo los temores en la realización de las prácticas.
- Además, en el transcurso de la elaboración del manual, se pudo constatar la falta de voluntad, y la poca capacidad de enseñanza del laboratorista a cargo;

lo cual va creando efectos negativos en el estudiante, sin mencionar los vacíos teórico-prácticos que van dejando al alumnado salesiano. Por lo ya mencionado se recomienda cambiar de personal por uno más capacitado y dispuesto a enseñar.

REFERENCIAS

Asocreto. (2010). *Tecnología del concreto - Materiales, propiedades y diseño de mezclas.* Bogotá-Colombia: Nomos Impresores.

Cánovas, M. (2010). *Hórmigon.* Madrid, España: Garceta.

CORMA. (2011). *Manual: La construcción de viviendas en madera.* Santiago, Chile: Corporación Chilena de la madera.

Espinosa, A. S. (2011). *Propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y empernadas, sometidas a compresión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: Guayacán, Eucalipto y Fernan Sánchez; para el diseño estructural de la cubierta del proyecto casa Montufar 623, fonsal (tesis de pre.* Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.

García, C. P. (2009). *Prácticas de materiales de construcción.* Alicante, España: Universidad de Alicante.

Gómez Domínguez, J. (2000). *Materiales de la construcción.* Monterrey, México: ITESM, Departamento de INgenieria Civil.

Gutiérrez de Lópes, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción.* Manizales, Colombia: Impreso- Centro de pulicaciónes Universidad naciones sección Manizales.

Gutiérrez de López, L. (1989). *Teoría y práctica en la elavoración de mezclas de concreto.* Manizales, Colombia: Impreso- Centro de Publicaciones Universidad naciones sección Manizales.

JUNAC. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo andino.* Lima, Perú: PAD-REFORT.

Kosmatka, S. K. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Illinois, U.S.A.: Portland Cement Association.

L., G. A. (2014). *Resistencia de materiales- teoría y aplicaciones.* Lima, Perú: Macro.

Murgueytio Cabezas, R. (1980). *Manual Visualizado del laboratorio de resistecia de materiales.* Quito, Ecuador: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.

Neville, A. (2013). *Tecnología del concreto.* México D.F., México: Imcyc.

Ordoñez, J. (2017). *Caracterización de áridos de materiales de construcción del cantón Loja, (trabajo de titulación).* . Loja, Ecuador: Universidad técnica particular de Loja.

Ozyildirim, C. M. (2002). *Cartilla de condreto.* México D.F., México: Imcyc.

Rivera, G. (2000). *Concreto simple.* Cuca, Colombia: Universidad del Cauca.

Robalino, C. (Guías de prácticas de laboratorio). *2017.* Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.

Sánchez de Gusmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero.* Bogota, Colombia: Bhandar editores.

Singer, P. (1994). *Resistencia de materiales.* Madrid, España: Alfaomega.

UCE. (2015). *Manual de prácticas- Laboratorio de ensayo de materiales.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

UNACH. (2017). *Guías de laboratorio- materiales de construcción.* Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.

UTPL. (2017). *Técnico en pruebas de resistencia del Concreto.* Loja, Ecuador: Universidad Técnica particular de Loja.

Normativa Referencial

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM A 706. (2003). *Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 109. (1999). *Standard Test Methods for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2in or 50mm cube specimens).* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 127. (2001). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 469. (1994). *Standard Test Method for static modulus of elasticity and Poisson ratio of concrete in compression.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 78. (2002). *Standard test method for flexural strength of concrete compressive strength of cylindrical concrete specimens.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C128. (2001). *Standard Test Method for Density, relative density (Specific Gravity), and absorption of fine aggregate.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C131. (2003). *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C136. (2014). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* U.S.A: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C140. (2001). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C143. (2000). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C192. (2002). *Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C29. (2003). *Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and voids in aggregate.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C31. (2003). *Standard Practice for making and curing concrete test specimens in the field.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C39. (1999). *Standard test method for compressive Strength of Cylindrical concrete specimens.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C40. (2004). *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C-511. (2003). *Especificaciones para gabinetes húmedos, cámaras de curado y tanques de almacenamiento en agua, usados en los ensayos de cementos hidráulicos y hormigón.* U.S.A.: Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C702. (2003). *Standard Practice for reducing Samples of Aggregates to Testing Size.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C90. (2002). *Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units.* U.S.A: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM D 143. (1994). *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM D 143. (1994). *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM D 143. (1994). *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM D75. (1997). *Standard Practice for samping aggregates.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM E 6, A. (1999). *Standard terminology relating to methods of mechanical testing.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM E143. (2000). *Ensayos de torsión en acero.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C 566. (2004). *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.* U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

COPANT 460. (1972). *Maderas – Método de determinación de la humedad.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 460. (1972). *Maderas – Método de determinación de la humedad.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 460. (1972). *Maderas – Método de determinación de la humedad.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 463. (1972). *Método de determinación del cizallamiento paralelo al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 464. (1972). *Maderas – Método de determinación de la compresión paralela al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 466. (1972). *Maderas – Método de determinación de la compresión perpendicular al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 663. (1972). *Maderas – Determinación de la resistencia a la flexión.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 742. (1972). *Maderas – Método de ensayo de tracción paralela al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

COPANT 743. (1972). *Maderas – Método de ensayo de tracción perpendicular al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

Norma técnica colombiana NTC 127. (2000). *Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 129. (1995). *Práctica para la toma de muestras de agregados.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 129. (1995). *Práctica para la toma de muestras de agregados.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 176. (1995). *Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 1776. (1994). *Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 237. (1995). *Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 2871. (2004). *Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios).* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 369. (1992). *Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 4025. (2006). *Concretos – Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 4525. (2002). *Terminología relacionada con los métodos de ensayos mecánicos.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 673. (2010). *Concretos – Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 77. (1994). *Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 775. (1974). *Maderas – Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano.* La Paz, Bolivia: COPANT.

Norma técnica colombiana NTC 785. (1974). *Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 944. (1975). *Maderas – Determinación de la tracción paralela al grano.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 961. (1975). *Maderas – Determinación de la tracción perpendicular al grano.* Colombia: NTC.

Norma técnica colombiana NTC 98. (2006). *Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5mm, utilizando la máquina de los ángeles.* Colombia: NTC.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1483. (1987). *Adoquines. terminología y clasificación.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1484. (1987). *Adoquines. Muestreo.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1488. (1987). *Adoquines. Requisitos.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 154. (2010). *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.* Quito-Ecuador: segunda edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1573. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1576. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico – Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 1578. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de Asentamiento.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 2554. (2002). *Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón (utilizando una viga simple con carga en los tercios).* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 2619. (2012). *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería refrentado para el ensayo a compresión.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 2619. (2012). *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. refrentado para el ensayo a compresión.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 292. (2015). *Ladrillos cerámicos. Muestreo.* Quito-Ecuador: Segunda edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 293. (2015). *Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 294. (2015). *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 297. (2015). *Ladrillos cerámicos. Requisitos.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 3040. (2016). *Adoquines de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 488. (2009). *Cemento Hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista.* Quito-Ecuador: Segunda revisión.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elavorar hormigón. terminologia.* Quito, Ecuador: Primera edición.

Norma Técnica ecuatoriana INEN 695. (2010). *Árido y Muestreo.* Quito, Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 855. (2010). *Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 856. (2010). *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.* Quito-Ecuador: Primera revisión.

Norma técnica ecuatoriana INEN 857. (2010). *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.* Quito-Ecuador: Primera revisión.

Norma técnica ecuatoriana INEN 858. (2010). *Determinación de la amasa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentaje de vacíos.* Quito-Ecuador: Primera revisión.

Norma técnica ecuatoriana INEN 860. (2010). *Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana INEN 872. (2010). *Áridos para hormigones - Requisitos.* Quito-Ecuador: Primera edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109. (1987). *Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 140. (2013). *Ensayo de Torsión Simple para Alambre de Acero.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1483. (1987). *Adoquines. terminología y clasificación.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1484. (1987). *Adoquines. Muestreo.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1485. (1987). *Adoquines. Determinación de la Resistencia a la Compresión.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1486. (1987). *Adoquines. Determinación de las dimensiones, Área total y Área de la superficie de desgaste.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1488. (1987). *Adoquines. Requisitos.* Quito-Ecuador: Primera Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2167. (2017). *Varillas corrugadas y lisas de acero al carbono laminadas en caliente, soldables, micro aleadas o termo tratadas, para hormigón armado. Requisitos.* Quito-Ecuador: Segunda Edición.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 862. (2011). *Áridos para hormigón, determinación del contenido total de humedad.* Quito-Ecuador: Primera edición.