

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $f'c$ 280 kg/cm²
adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%**

Área de Investigación:
Construcción Y Materiales

Autor(es):

Br. Gutiérrez Sifuentes, Humberto Elías
Br. Portilla Medina, Jeahn Carlos

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Hurtado Zamora, Oswaldo

Secretario: Ing. Galicia Guarniz, William Conrad

Vocal: Dr. Luján Silva, Enrique Francisco

Asesor:

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2022/02/01

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $f'c$ 280 kg/cm²
adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%**

Área de Investigación:
Construcción Y Materiales

Autor(es):

Br. Gutiérrez Sifuentes, Humberto Elías
Br. Portilla Medina, Jeahn Carlos

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Hurtado Zamora, Oswaldo

Secretario: Ing. Galicia Guarniz, William Conrad

Vocal: Dr. Luján Silva, Enrique Francisco

Asesor:

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2021/xx/xx

DEDICATORIA

A mi Madre, por la oportunidad y el ánimo que me dio para entrar a estudiar esta hermosa carrera.

A mi padre, porque su trabajo y apoyo me ayudo a continuar, terminar mis estudios y llegar a culminar esta tesis.

A mi hija que es la fuente de todas mis energías y la mi motivación para ser mejor cada día, algún día serás también Ingeniera Civil, te lo prometo.

Finalmente, y más importante a ti, abuelita, que hasta el último de tus días deseabas que este momento llegara, aquí está, perdón por la demora, te lo dedico con todo el amor que siempre me tuviste. Gracias, por tanto.

Br. GUTIÉRREZ SIFUENTES, HUMBERTO ELÍAS

DEDICATORIA

Este es un logro más en mi vida; mi título se lo dedico a mi MADRE que es la persona que siempre creyó en mí, gracias a su esfuerzo y dedicación, ahora soy una persona de bien, con valores y carácter, para poder afrontar cualquier obstáculo; también lo dedico a todas las personas que me acompañan día a día, que me motivan para salir adelante, sin ningún apego y finalmente a dios que gracias a él me están pasando cosas maravillosas.

Br. PORTILLA MEDINA, JEAHN CARLOS

Agradecimiento

Deseo agradecer a mis padres, por el esfuerzo de haberme dado la oportunidad de poder culminar satisfactoriamente mi carrera universitaria, su apoyo incondicional y el ánimo para no darme por vencido. También agradezco a mi hija, por tantas alegrías que ha traído a mi vida y por ser esa inspiración que necesitaba por ser cada día mejor. Por último, agradezco de todo corazón a mi abuela, quien ya no está presente terrenalmente, pero siempre estará viva en mi corazón, gracias por tanto amor.

Br. GUTIÉRREZ SIFUENTES, HUMBERTO ELÍAS

Agradecimiento

Agradecer de todo corazón a Dios por mandarme una madre que gracias a ella pude llegar a obtener mi título profesional, también doy gracias a mi esposa y mi hijo, que sirvieron como pilares desde el inicio de mi vida académica, agradecer también a toda mi familia y amigos siempre me apoyaron y me dieron los ánimos para llegar a ser lo que soy, a mis maestros de la universidad y de todo corazón a la persona que siempre ha estado a mi lado. Gracias a todos por confiar en mí.

Br. PORTILLA MEDINA, JEAHN CARLOS

RESUMEN

En la presente tesis se realizó una investigación respecto al análisis del módulo de elasticidad dinámico de un concreto $F'c$ 280 kg/cm², y se agregaron fibras de acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%, marca Sika® Fiber CHO 80/60 NB, para reforzar el hormigón, este tiene utilidades en losas de concreto tradicionales e industriales, elementos de hormigón prefabricado, especialmente encolados para con ello permitir su homogenización durante su mezcla, así evitaremos la aglomeración de fibras individuales, estas nos suman ductilidad, tenacidad y una alta capacidad de soporte en un vasto rango de aplicaciones.

Este estudio tiene como principal objetivo determinar la variación del módulo de elasticidad dinámico para nuestro concreto, adicionando el aditivo mencionado anteriormente, con lo cual pretendemos elaborar una comparativa con información corroborada, entre ensayos destructivos y no destructivos; con ello aspiramos encontrar respuestas mediante el análisis del módulo de elasticidad estático, usando el compresómetro y hallar el módulo de elasticidad dinámico usando el equipo de resonancia ultrasónico Pundit® Lab.

En el procedimiento determinamos el módulo de elasticidad por medio del análisis de las características de los agregados finos y gruesos, haciendo uso de la Norma Técnica Peruana NTP 400.012.; seleccionamos el total de especímenes de hormigón necesarias referenciándonos en la Norma ASTM C-192.; encontramos la resistencia a la compresión empleando cemento Sol Portland Tipo I adicionando las fibras de acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%, según la norma ASTM C-31; determinamos el módulo de elasticidad estático del concreto usando la norma ASTM C-469, con el ensayo destructivo mediante el uso del compresómetro; así como también encontramos el módulo de elasticidad dinámico del concreto basándonos la norma ASTM C-597, con el ensayo no destructivo mediante el uso del ultrasonido; luego evaluamos los resultados mediante tablas y gráficos comparativos de los testigos a compresión y frecuencia de resonancia ultrasónico.

La metodología empleada haciendo una comparativa de resultados, lo que concluirá como un proyecto básico y aplicado porque al principio se va a recopilar

información o investigar teorías para luego realizar los diseños, con el fin de lograr obtener mejores resultados del módulo de elasticidad dinámico.

Por último, concluiremos con los gráficos comparativos que nos muestran el valor del módulo de elasticidad a 7, 14 y 28 días en diferentes porcentajes de adición para la trabajabilidad del diseño de mezcla de $F'c$ 280 Kg/Cm².

Palabras claves: Módulo de elasticidad dinámico, fibras de acero trefilado, aditivo.

ABSTRACT

In the present thesis, an investigation was carried out regarding the analysis of the dynamic modulus of elasticity of a concrete F'c 280 kg/cm², and 1.5%, 3.0% and 4.5%, Sika® Fiber CHO 80/60 NB brand, to reinforce the concrete, this has utilities in traditional and industrial concrete slabs, precast concrete elements, specially glued to allow its homogenization during mixing, thus avoiding the agglomeration of individual fibers, these add ductility, toughness and a high bearing capacity in a wide range of applications.

The main objective of this study is to determine the variation of the dynamic modulus of elasticity for our concrete, adding the additive mentioned above, with which we intend to elaborate a comparison with corroborated information, between destructive and non-destructive tests; with this we aspire to find answers through the analysis of the static modulus of elasticity, using the compressometer and to find the dynamic modulus of elasticity using the ultrasonic resonance equipment Pundit® Lab.

In the procedure we determined the modulus of elasticity by analyzing the characteristics of fine and coarse aggregates, using the Peruvian Technical Standard NTP 400.012; we selected the total number of concrete specimens needed, referring to the ASTM C-192 Standard; we found the compressive strength using Sol Portland Type I cement with the addition of drawn steel fibers at 1.5%, 3.0% and 4.5%, according to the ASTM C-31 standard; we determined the static modulus of elasticity of concrete using the ASTM C-469 standard, with the destructive test through the use of the compressometer; we also found the dynamic modulus of elasticity of concrete based on the ASTM C-597 standard, with the non-destructive test through the use of ultrasound; then we evaluated the results through comparative tables and graphs of the compression cores and ultrasonic resonance frequency.

The methodology used making a comparative of results, which will conclude as a basic and applied project because at the beginning we will collect information

or investigate theories to then make the designs, in order to achieve better results of the dynamic modulus of elasticity.

Finally, we will conclude with the comparative graphs that show us the value of the modulus of elasticity at 7, 14 and 28 days in different percentages of addition for the workability of the mix design of F'c 280 Kg/Cm².

Keywords: dynamic modulus of elasticity, drawn steel fibers, admixture.

Presentación

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en reglamento general de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego modificado en sesión de consejo directivo del 14 de mayo del 2020 formalizado con RESOLUCIÓN N° 148-2020-CD-UPAO, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado:

“ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO PARA CONCRETO F´C 280 KG/CM² ADICIONANDO FIBRAS DE ACERO TREFILADO AL 1.5%, 3% Y 4.5%”

El mismo que dejamos a su criterio para su dictamen, esperando reunir los requisitos para vuestra aprobación.

Atentamente,

Br. GUTIÉRREZ SIFUENTES, HUMBERTO ELÍAS

Br. PORTILLA MEDINA, JEAHN CARLOS

Trujillo, agosto del 2021.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	5
DEDICATORIA.....	6
Agradecimiento	7
Agradecimiento	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	11
Presentación.....	13
ÍNDICE GENERAL.....	14
INDICE DE TABLAS.....	16
INDICE DE FIGURAS	20
I. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Problema de Investigación.....	22
1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	22
1.1.2. Formulación del Problema	22
1.2. Objetivos.....	23
1.2.1. Objetivo General.....	23
1.2.2. Objetivo Específico	23
1.3. Justificación de la Investigación.....	23
II. MARCO DE REFERENCIA	25
2.1. Antecedentes de la Investigación	25
2.1.1. Antecedentes Internacionales:.....	25
2.1.2. Antecedentes Nacionales:	27
2.2. Marco Teórico.....	30
2.2.1. El Concreto	30
2.2.2. Propiedades del concreto	35
2.2.3. Los aditivos.....	37
2.2.4. Ensayos de Laboratorio	43
2.2.5. Módulo de elasticidad	56
2.3. Marco Conceptual.....	69
2.4. Sistema de Hipótesis	72

2.4.1. Hipótesis.....	72
2.4.2. Variables e Indicadores	72
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	74
3.1. Tipo y nivel de Investigación	74
3.1.1. De Acuerdo a la orientación o Finalidad	74
3.1.2. De Acuerdo a la técnica de contrastación	74
3.2. Población y Muestra de Estudio.....	75
3.2.1. Población.....	75
3.2.2. Muestra.....	75
3.3. Diseño de Investigación.....	76
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	76
3.4.1. Técnicas	76
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	77
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	77
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	79
4.1. Propuesta de Investigación.....	79
4.2. Análisis e Interpretación de resultados	80
4.2.1. Resultado de las propiedades físicas del agregado fino y grueso	80
4.2.2. Diseño de mezcla de Concreto según Método del ACI 211.1	86
4.2.3. Resultados de la resistencia a la Comprensión del Concreto.....	106
4.2.4. Resultados del módulo de Elasticidad Estático del Concreto	128
4.2.5. Resultados del módulo de Elasticidad Dinámico por Ultrasonido en el concreto endurecido ASTM C597	152
4.2.6. Resumen general resultados Módulo Elástico Estático y Dinámico	160
4.2.7. Comparación de resultados	161
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	165
CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDACIONES	169
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
ANEXOS	173

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.</i>	34
Tabla 2. <i>Características de las fibras como aditivos.....</i>	41
Tabla 3. <i>Asentamientos según tipo de construcción - Comité ACI 211</i>	54
Tabla 4. <i>Dimensiones laterales recomendadas de muestra - Pundit Lab. .</i>	67
Tabla 5. <i>Tabla de Selección de transductor - Pundit Lab</i>	68
Tabla 6. <i>Operacionalización de Variables</i>	73
Tabla 7. <i>Cantidad total de Testigos a usar en ensayos</i>	76
Tabla 8. <i>Granulometría del Agregado Fino ASTM C33/C33M.....</i>	80
Tabla 9. <i>Granulometría del Agregado Grueso ASTM C33/C33m - 18.....</i>	82
Tabla 10. <i>Contenido de Humedad de Agregado Grueso.....</i>	83
Tabla 11. <i>Contenido de Humedad del Agregado Fino.....</i>	83
Tabla 12. <i>Peso Unitario Suelto – Agregado Fino.....</i>	84
Tabla 13. <i>Peso Unitario Compactado – Agregado Fino.....</i>	84
Tabla 14. <i>Peso Unitario Suelto – Agregado Grueso.....</i>	84
Tabla 15. <i>Peso Unitario Compactado – Agregado Grueso.....</i>	85
Tabla 16. <i>Determinación del peso específico y absorción del A.F.....</i>	85
Tabla 17. <i>Datos muestra densidad relativa y absorción de A.G.</i>	86
Tabla 18. <i>Resultados densidad relativa y absorción de A.G.....</i>	86
Tabla 19. <i>Diseño de Mezclas de Concreto Método ACI 211 – Patrón</i>	86
Tabla 20. <i>Datos de la Muestra I - Patrón.....</i>	87
Tabla 21. <i>Datos de la Muestra II - Patrón.....</i>	87
Tabla 22. <i>Procesamiento de Datos - Patrón.....</i>	87
Tabla 23. <i>Equipo Utilizado - Patrón.....</i>	87
Tabla 24. <i>Datos de proporción de Agregados Secos – Patrón</i>	89
Tabla 25. <i>Cálculos del volumen de Agregados Secos – Patrón</i>	89
Tabla 26. <i>Proporción de Agregados Secos – Patrón.....</i>	89
Tabla 27. <i>Peso Húmedo de los Agregados – Patrón.....</i>	89
Tabla 28. <i>Resumen de proporciones en peso – Patrón.....</i>	90
Tabla 29. <i>Tanda de prueba mínima – Patrón</i>	90
Tabla 30. <i>Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211 – 1.5% F.A.T.</i>	91
Tabla 31. <i>Datos de la Muestra I - 1.5% F.A.T.....</i>	91
Tabla 32. <i>Datos de la Muestra II- 1.5% F.A.T.....</i>	92

Tabla 33. <i>Procesamiento de Datos - 1.5% F.A.T.</i>	92
Tabla 34. <i>Equipo Utilizado - 1.5% F.A.T.</i>	92
Tabla 35. <i>Datos de proporción de Agregados Secos – 1.5% F.A.T.</i>	93
Tabla 36. <i>Cálculo Volumen de Agregados Secos – 1.5% F.A.T.</i>	94
Tabla 37. <i>Proporción de Agregados Secos – 1.5 % F.A.T.</i>	94
Tabla 38. <i>Peso Húmedo de los Agregados – 1.5 % F.A.T.</i>	94
Tabla 39. <i>Resumen Proporciones en peso – 1.5 % F.A.T.</i>	95
Tabla 40. <i>Tanda Prueba Mínima – 1.5 % F.A.T.</i>	95
Tabla 41. <i>Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211– 3.0% F.A.T.</i>	96
Tabla 42. <i>Datos de la Muestra I - 3.0% F.A.T.</i>	97
Tabla 43. <i>Datos de la Muestra II- 3.0% F.A.T.</i>	97
Tabla 44. <i>Procesamiento de Datos - 3.0% F.A.T.</i>	97
Tabla 45. <i>Equipo Utilizado - 3.0% F.A.T.</i>	97
Tabla 46. <i>Datos de proporción de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.</i>	99
Tabla 47. <i>Cálculo volumen de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.</i>	99
Tabla 48. <i>Proporción de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.</i>	99
Tabla 49. <i>Peso Húmedo de los Agregados - 3.0% F.A.T.</i>	100
Tabla 50. <i>Resumen Proporciones en peso - 3.0% F.A.T.</i>	100
Tabla 51. <i>Tanda de prueba mínima – 3.0% F.A.T.</i>	100
Tabla 52. <i>Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211 – 4.5% F.A.T.</i>	101
Tabla 53. <i>Datos de la Muestra I - 4.5% F.A.T.</i>	102
Tabla 54. <i>Datos de la Muestra II - 4.5% F.A.T.</i>	102
Tabla 55. <i>Procesamiento de Datos - 4.5% F.A.T.</i>	102
Tabla 56. <i>Equipo Utilizado - 4.5% F.A.T.</i>	102
Tabla 57. <i>Datos de proporción de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.</i>	104
Tabla 58. <i>Cálculo Volumen de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.</i>	104
Tabla 59. <i>Proporción de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.</i>	104
Tabla 60. <i>Peso Húmedo de los Agregados – 4.5% F.A.T.</i>	104
Tabla 61. <i>Resumen Proporciones en peso – 4.5% F.A.T.</i>	105
Tabla 62. <i>Tanda Prueba Mínima – 4.5% F.A.T.</i>	105
Tabla 63. <i>Ens. Compresión ASTM C39-$F'c=280\text{kg/cm}^2$-07 días-Patrón ..</i>	106
Tabla 64. <i>Ens. Compresión ASTM C39-$F'c=280\text{kg/cm}^2$-14 días-Patrón .</i>	107
Tabla 65. <i>Ens. compresión ASTM C39-$F'c=280\text{kg/cm}^2$-28 días-Patrón ..</i>	108

Tabla 66. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7, 14 y 28 días-Patrón.....	109
Tabla 67. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-1.5 %.....	111
Tabla 68. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-1.5%....	112
Tabla 69. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-1.5%....	113
Tabla 70. Resumen promedios ensayos de compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días - 1.5%	114
Tabla 71. Ens. compresión ASTM C 39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-3.0%...	116
Tabla 72. Ens. compresión ASTM C 39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-3.0%...	117
Tabla 73. Ens. compresión ASTM C 39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-3.0%...	118
Tabla 74. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días - 3.0%	119
Tabla 75. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-4.5%..	121
Tabla 76. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-4.5%....	122
Tabla 77. Ens. compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-4.5%....	123
Tabla 78. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días - 4.5%	124
Tabla 79. Resumen general promedios ensayos compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días	126
Tabla 80. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-Patrón.....	128
Tabla 81. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-Patrón.....	130
Tabla 82. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-Patrón.....	132
Tabla 83. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-1.5%	134
Tabla 84. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-1.5%	136
Tabla 85. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-1.5%	138
Tabla 86. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-3.00%	140
Tabla 87. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-3.00%	142
Tabla 88. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-3.00%	144
Tabla 89. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-4.50%	146
Tabla 90. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-4.50%	148
Tabla 91. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-4.50%	150
Tabla 92. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días - Patrón	152
Tabla 93. Ens. Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días - Patrón	153
Tabla 94. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días - Patrón	153

Tabla 95. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 1.5%</i>	154
Tabla 96. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días – 1.5%</i>	155
Tabla 97. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días – 1.5%</i>	155
Tabla 98. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 3.00%</i>	156
Tabla 99. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días – 3.00%</i>	157
Tabla 100. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días – 3.00%</i>	157
Tabla 101. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 4.5%</i>	158
Tabla 102. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días – 4.5%</i>	159
Tabla 103. <i>Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días – 4.5%</i>	159
Tabla 104. <i>Resumen general de Mód. Elást. Estático - 7,14 y 28 días</i>	160
Tabla 105. <i>Resumen general de Mód. Elást. Dinámico. - 7,14 y 28 días</i> .	160
Tabla 106. <i>Comparación de resultados Mód. E. Vs. D. – Patrón</i>	161
Tabla 108. <i>Comparación resultados Mód. E. Vs. D – 1.5% A. T.</i>	162
Tabla 109. <i>Comparación resultados Mód. E. Vs. D – 3.0% A. T.</i>	163
Tabla 110. <i>Comparación resultados Mód. E. Vs. D. – 4.5% A. T.</i>	164

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Comparativa de módulos de elasticidad del concreto.</i>	57
Figura 2. <i>Ensayo de resonancia con equipo Pundit® Lab.</i>	59
Figura 3. <i>Graf. Resist. a la compresión vs. Veloc. de Pulso ultrasónico.</i>	60
Figura 4. <i>Disposición de los transductores - Pundit Lab</i>	62
Figura 5. <i>Pasos Medición de la Velocidad de Pulso - Pundit Lab.</i>	64
Figura 6. <i>Pasos de medición de la Long. de Recorrido - Pundit Lab.</i>	65
Figura 7. <i>Pasos Medición de la Long. de Recorrido - Pundit Lab.</i>	66
Figura 8. <i>Curva Granulometría A.F. ASTM C33/C33M-8</i>	81
Figura 9. <i>Curva Granulométrica del A.G. ASTM C33/C33m - 18</i>	83
Figura 10. <i>Gráf. Res. ASTM C39-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-7,14,28 días-Patrón.</i> 110	110
Figura 11. <i>Graf. Res. ASTM C39-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-7,14 y 28 días-1.5%</i> 115	115
Figura 12. <i>Graf. Res. ASTM C39-$f'c=280\text{ kg/cm}^2$-7,14 y 28 días-3.0%</i> .. 120	120
Figura 13. <i>Graf. Res. ASTM C39-$f'c=280\text{ kg/cm}^2$-7,14 y 28 días-4.5%</i> .. 125	125
Figura 14. <i>Graf. Res. general promedios Ens. Compr. ASTM C39-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-7,14, y 28 días.</i>	127
Figura 15. <i>Graf. Mód. Elast. Estático-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-7 días-Patrón</i>	129
Figura 16. <i>Graf. Mód. Elast. Estático-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-14 días-Patrón</i>	131
Figura 17. <i>Graf. Mód. Elast. Estático-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-28 días-Patrón.</i>	133
Figura 18. <i>Graf. Mód. Elast. Estático-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-07 días-1.5%</i>	135
Figura 19. <i>Graf. Mód. Elast. Estático-$F'c=280\text{ kg/cm}^2$-14 días-1.5%</i>	137
Figura 20. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$ - 28 días - 1.5%</i> .. 139	139
Figura 21. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-07 días-3.00%</i> .. 141	141
Figura 22. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-14 días-3.00%</i> .. 143	143
Figura 23. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-28 días-3.00%</i> .. 145	145
Figura 24. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-7 días-4.50%</i> 147	147
Figura 25. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-14 días-4.50%</i> .. 149	149
Figura 26. <i>Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{ kg/cm}^2$-28 días-4.50%</i> .. 151	151
Figura 27. <i>Mód. E. Vs. D. - Patrón (GPa)</i>	161
Figura 28. <i>Mód. E. Vs. D. - Patrón + Aditivo 1.5% A.T. (GPa)</i>	162
Figura 29. <i>Mód. E. Vs. D. - Patrón + Aditivo 3.0% A.T. (GPa)</i>	163
Figura 30. <i>Mód. E. Vs. D. - Patrón + Aditivo 4.5% A.T. (GPa)</i>	164

Figura 31. <i>Extracción de agregados desde Cantera Trapiche – Lima.....</i>	173
Figura 32. <i>Extracción de agregados desde Cantera Trapiche – Lima.....</i>	173
Figura 33. <i>Separación de muestras de agregado grueso.....</i>	174
Figura 34. <i>Selección de aditivos de acero trefilado.....</i>	174
Figura 35. <i>Testigos de concretos para realizar los ensayos.....</i>	175
Figura 36. <i>Colocación bases de Neopreno, Ensayo de Compresión.</i>	175
Figura 37. <i>Ensayo de Compresión.....</i>	176
Figura 38. <i>Tesistas validando datos del ensayo de Compresión.</i>	176
Figura 39. <i>Equipo de resonancia Pundit ® Lab.....</i>	177
Figura 40. <i>Calibración del equipo Pundit ® Lab.....</i>	177
Figura 41. <i>Equipo de resonancia Pundit ® Lab.....</i>	178
Figura 42. <i>Materiales usados en Ensayo de Resonancia.....</i>	178
Figura 43. <i>Testigo de concreto usado en Ensayo de Resonancia.....</i>	179
Figura 44. <i>Ensayo de Resonancia con equipo Pundit ® Lab.</i>	179
Figura 45. <i>Ensayo de Resonancia con equipo Pundit ® Lab.</i>	180
Figura 46. <i>Ensayo de Resonancia con equipo Pundit ® Lab.</i>	180
Figura 47. <i>Ensayo de Resonancia con equipo Pundit ® Lab.</i>	181
Figura 48. <i>Validación de datos con equipo Pundit ® Lab.....</i>	181
Figura 49. <i>Validación de datos con equipo Pundit ® Lab.....</i>	182
Figura 50. <i>Finalización de ensayo de resonancia equipo Pundit ® Lab. .</i>	182
Figura 51. <i>Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I Portland.</i>	183
Figura 52. <i>Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I Portland.</i>	184
Figura 53. <i>Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.</i>	185
Figura 54. <i>Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.</i>	186
Figura 55. <i>Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.</i>	187

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el mundo, el hombre tiende a buscar mejoras tecnológicas de los materiales de construcción, en beneficio para sus diversos usos y aplicaciones en el rubro, con ello se busca optimizar la productividad y reducir costos en los futuros proyectos. Por lo tanto, logramos identificar al concreto como uno de los principales materiales empleados en la mayoría de construcciones, viniendo a ser esta una mezcla de aglomerantes como piedras, arena, agua, cemento; consideramos importante también el agregar aditivos los cuales mejorarían sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Por ello, no solo se necesita conocer la procedencia y evaluar las características de los agregados con los cuales elaboraremos el concreto para un diseño de mezcla adecuado, sino que también es importante el poder corroborar desde un punto experimental la Resistencia a la compresión de diseño ($F'c$), las propiedades y características del concreto en campo con los diferentes aditivos que existen en el mercado, en este caso, las fibras de acero trefilado. Además, tomamos en cuenta la necesidad de indagar y capacitarnos sobre el uso de nuevos métodos de ensayo con el soporte de la tecnología.

Por lo tanto, se busca investigar el módulo de elasticidad dinámico del concreto añadiendo fibras de acero trefilado en diferentes porcentajes, para conocer más sobre la relación entre este método de análisis y el módulo de elasticidad estático.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cómo será la variación en el análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la variación del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%.

1.2.2. Objetivo Específico

1. Analizar las características de los agregados fino y grueso, tomando como referencia la Norma Técnica Peruana NTP. 400.012.
2. Realizar el diseño de mezcla para un concreto F'c 280 kg/cm² según la norma ACI.
3. Seleccionar el total de testigos de hormigón que serán necesarios para la investigación, tomando como referencia la norma ASTM-C 192.
4. Determinar la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28, usando cemento SOL PORTLAND TIPO I, según la norma ASTM-C31.
5. Determinar el módulo de elasticidad estático del concreto usando la norma ASTM C-469, con el ensayo destructivo mediante el compresómetro con anillos de deformación, para concreto F'c 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5% con respecto al diseño patrón.
6. Determinar el módulo de elasticidad dinámico del concreto usando la norma ASTM C-597, con el ensayo no destructivo mediante el uso de ultrasonido para concreto F'c 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5% con respecto al diseño patrón.
7. Evaluar los resultados mediante las tablas y gráficos comparativos para los ensayos de resistencia a la compresión, ensayo por anillos de deformación y de ultrasonido.

1.3. Justificación de la Investigación

Esta investigación se justifica por aplicar el método científico experimental en beneficio de la humanidad, mediante los aportes de la ingeniería en los proyectos de construcción y uso de los materiales con la incorporación de aditivos, con la misión de mejorar las propiedades y el costo de los mismos, ya que pasan por un proceso de control de calidad en cada etapa de su trabajo como lo es en el

uso del concreto añadiéndole fibras de acero aplicados en cabinas eléctricas, paneles, dispositivos de agua, pisos industriales, entre otros.

Por lo tanto, para conocer la rigidez de sus componentes y su capacidad de resistir a la deformación permanente, uno de los valores más importantes en el diseño es el módulo de elasticidad, puesto que este afectará directamente la deflexión y rigidez de la estructura, este módulo está determinado por una ajustada relación que existe entre su esfuerzo y la deformación unitaria del material.

Por consiguiente, es necesario poder evaluar de manera inmediata las propiedades del concreto. En la actualidad, debido al auge de la construcción en nuestro país, las empresas constructoras se ven en la necesidad de estar a la vanguardia respecto a los ensayos de los materiales constructivos, basándose y respetando la normativa vigente como la E060.

Además, esta investigación académicamente servirá como antecedente para futuros trabajos referentes a las propiedades del concreto.

De manera que, con el fin de poder generar un aporte tecnológico, económico y social, brindando un adecuado conocimiento respecto al módulo de elasticidad del concreto por ser de importancia, pretendemos experimentar con testigos cilíndricos de concreto haciendo uso adecuado de los laboratorios a disposición.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Se realizó investigación a nivel de tesis de como:

Sarta H. (2017) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: “Análisis Comparativo Entre El Concreto Simple Y El Concreto Con Adición De Fibra De Acero Al 4% Y 6%” de la Universidad Católica de Colombia – Colombia. El propósito de esta investigación es comparar, asimismo analizar la resistencia a la compresión, tensión indirecta, flexión del concreto convencional y concreto armado, además de ello agregar 4% y 6% de fibra de acero para concreto con una resistencia a la compresión de 3000 PSI con el fin de buscar una mejor resistencia. En este estudio, la dosis óptima se generará en función del porcentaje de fibra utilizado para demostrar su eficacia a través de datos reales. Este se desarrollará con muestras de hormigón convencional y modificado, los cuales se ensayarán en consecuencia para determinar su resistencia. El uso de fibras de acero será provechoso para los residentes de los edificios donde se aplicaron y también de productores de fibras que se benefician de las actividades. Dicho esto, es necesario implementar la adición de fibras de acero para la mejora en el sistema estructural de las construcciones, impulsando en el país nuevas tecnologías y materiales que generen un impacto en el desarrollo económico, tecnológico y social.

Se extraen las siguientes conclusiones: El conocimiento educativo teórico-práctico adquirido en el proceso de formación de la Universidad Católica de Colombia se ha complementado con métodos puramente experimentales. Según el análisis de los resultados, se puede observar que el porcentaje de incremento del hormigón modificado con respecto al hormigón convencional, en todos los casos, la resistencia del hormigón medida por cada ensayo se ha mejorado significativamente. Además, la fibra de acero crea ductilidad, lo que le permite aparecer como una deformación cuando falla, en lugar de una falla explosiva. Para concreto de 3000 PSI, la resistencia a la compresión de los testigos de concreto fallados a los 7, 14 y 28 días; mejoró debido a la adición de fibras de acero, lo que

trajo beneficios mecánicos y aumentó su resistencia a 17.54% a los 28 días de edad. En comparación con los cilindros convencionales, la resistencia a la tracción de los cilindros de hormigón que fallaron a diferentes edades ha obtenido resultados satisfactorios, lo que indica que las fibras tienen una respuesta positiva a la carga viva y tienen mejores resultados con los áridos pétreos, aumento de la cohesión y resistencia en un 42,26%.

Así también se realizó la investigación de la tesis:

Sandoval F. (2017) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: “Análisis Comparativo De La Resistencia A Tracción Y Compresión Del Hormigón Adicionando Virutas De Acero Comercial Fundido Y El Hormigón Con Fibras De Acero Comerciales” de la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. El propósito es analizar la resistencia del concreto, incluidas las virutas comerciales fundidas y las fibras de acero comerciales en el laboratorio para establecer la cantidad óptima entre agregado, cemento y virutas comerciales. En este estudio, la adición de virutas de acero fundido comerciales recicladas puede aumentar la resistencia a la tracción y a la compresión del hormigón en comparación con el hormigón fabricado con fibras de acero comerciales. Después de probar muestras de concreto cilíndrico agregando virutas de acero fundido recicladas y fibras de acero comerciales a la mezcla, se encontró que la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción mejoraron en comparación con el concreto ordinario. A los 28 días de edad, el hormigón suele alcanzar el 100% de su resistencia, y cuando añadimos virutas comerciales fundidas recicladas, tienen relaciones de compresión de 1%, 1,25% y 1,5%, respectivamente, alcanzando 102%, 117% y 115 %, alcanzando el 100%, y los niveles de estrés fueron 103,7% y 111,1%, respectivamente. Con ellos podemos estar seguros de que la resistencia obtenida es superior a la del hormigón ordinario, y se puede suponer que el porcentaje de trabajo óptimo añadido a la mezcla de hormigón es el 1,25% de viruta comercial del acero fundido reciclado.

Se han obtenido las siguientes conclusiones: se ha determinado que la trabajabilidad del hormigón es diferente del hormigón ordinario cuando se añaden virutas de acero comercial fundido reciclado y fibras de acero comercial fundido, dependiendo del aumento en la cantidad de adición de la mezcla, el volumen de

procesamiento se reduce. Se determina que la relación óptima de adición de virutas de acero comercial fundido renovable y fibra de acero comercial fundido es de 1,25%, y su valor de resistencia es superior a los 240 Kg / cm² determinados, y se concluye que en el hormigón $F'c = 240 \text{ Kg / cm}^2$, el uso de virutas comerciales es una posibilidad factible en cuanto a estructura y reducción de residuos mecánicos.

Así también se realizó la investigación de la tesis:

Lara C. (2016) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: “Obtención De La Relación Entre El Módulo De Elasticidad Estático Y Dinámico Del Concreto, Medidos Experimentalmente”, de la Universidad Panamericana de Guadalajara – México. Tuvo como objetivo en el desarrollo de la investigación evaluar la importancia de analizar el concreto y realiza un análisis comparativo del módulo de elasticidad estático y dinámico, para encontrar la existencia de una relación, con la finalidad de poder obtener el módulo estático habiendo solo medido el análisis dinámico. El autor obtiene la relación del módulo dinámico contra el módulo estático para sus muestras a diferentes resistencias del $F'c$, a lo cual se encuentra paramétricamente que los intervalos se relacionan a un $\pm 10\%$ de la línea tendencial propuesta y se toma como margen de tolerancia del 10%.

Se obtuvo las siguiente conclusión: El autor destaca que para los especímenes considerados en la investigación no se limitó a ningún tipo de agregado grueso o fino, ni a una sola resistencia a la compresión, la toma de las características de las mismas fue de forma aleatoria de los cilindros ensayados, todos los materiales para su elaboración son provenientes de la ciudad de Guadalajara, Jalisco y zonas aledañas; y que todos los testigos fueron ensayados pasado los 28 días, pudiendo estos alcanzar su resistencia de diseño a compresión.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

Gonzales E. (2016) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: “Caracterización Mecánica Del Concreto Usando Ensayos No Destructivos De Resonancia Por Impacto Y Vibración Ambiental” de la Pontificia Universidad Católica de Lima. En este trabajo el autor explora los métodos de ensayos no destructivos para la caracterización mecánica y evalúa la calidad del

concreto de mediana resistencia, a lo cual el autor toma como método de investigación los ensayos de resonancia por impacto y ensayos de vibración basados en respuestas ambientales. El autor realizó la investigación con diferentes testigos elaborados y curados en laboratorio con el fin de realizar un control y monitoreo adecuado, inicialmente con 20 testigos, en la segunda etapa se trabajó con 265 testigos procedentes de diversos proyectos de la ciudad de Lima, buscando obtener una correlación del módulo de elasticidad dinámico y de resistencia a la compresión. Donde fue validado por correlación 181 especímenes adicionales. De los métodos destructivos se tomaron en cuenta los de resistencia a la compresión según la (ASTM C39, 2012) y también la lectura del módulo de elasticidad según la (ASTM C469, 2010), en tanto los métodos no destructivos se consideraron las del método de vibración por impacto según la (ASTM C215, 2008) y el método de EMM-ARM (Azenha et al, 2010).

Conclusión: Usando el método de resonancia de impacto, el cambio en el módulo elástico dinámico a lo largo del tiempo se puede evaluar y comparar con la resistencia a la compresión. Los resultados muestran que el control de la resistencia entre 3 MPa y 50 MPa nos permite mantener la relación entre estas dos variables a través del ajuste del índice. Además, es posible volver a verificar las recomendaciones de predicción de la resistencia a la compresión basándose en los primeros resultados de la medición del módulo elástico dinámico. Esta verificación muestra que es posible obtener aproximaciones de hasta el 85%, y si estos resultados se complementan con los resultados obtenidos en este estudio, nos permitirá obtener aplicaciones interesantes, así como un método de inspección in situ y control de calidad.

Así también se realizó la investigación de la tesis:

Frias, B. y Alberto, A. (2019) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: "Análisis Del Módulo De Elasticidad Mediante El Compresómetro Y El Equipo De Resonancia, Para Concreto De Alta Resistencia $F'c$ 420 Kg/Cm² Usando Cemento Inka Tipo Ico Adicionado Con Microfiller Calizo" de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. En este trabajo los autores, realizan el análisis del módulo de elasticidad mediante el compresómetro y el equipo de resonancia, para concreto de alta resistencia $F'c$ 420 Kg/Cm², usando

cemento Inka Tipo ICo adicionado con microfiller calizo, que se utilizan en La Libertad para, concreto Armado, Concreto Reforzado, Concreto Postensado, entre otros y vienen siendo adicionados con diferentes elementos químicos, para lo cual pretende elaborar un comparativa de ensayos destructivos y no destructivos; se pretende responder a la interrogante de ¿Cómo será el análisis del módulo de elasticidad mediante el compresómetro y el equipo de resonancia?

Para ello, se evalúa los resultados promedios entre el módulo de elasticidad estático ante el módulo de elasticidad dinámico, dando como resultado que el porcentaje de diferencia varía entre (0% - 10%), teniendo como resultado máximo en módulo de elasticidad dinámico 38.6 (GPa) a los 28 días, y como resultado máximo en módulo de elasticidad estático 34.6 (GPa) a los 28 días, además que los porcentajes de error en Compresómetro (0% - 5%) y equipo de resonancia (5% - 10%).

Conclusiones: Según la norma E-060 indica que el rango elástico para ensayo estático debe estar, entre el 40% de la resistencia obtenida en ruptura de probetas, con lo cual también nos indica que el rango elástico esta entre el 0.000050

Así también se realizó la investigación de la tesis:

Sánchez L. (2015) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulada: "Relación De La Resistencia A La Compresión De Cilindros De Concreto A Edades De 3, 7, 14, 28 Y 56 Días Respecto A La Resistencia A La Compresión De Cilindros De Concreto A Edad De 28 Días" de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. En este trabajo de investigación experimental el autor se propuso como objetivo determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días. Para llegar a cumplir con este objetivo, se tomó como material de esta investigación las probetas cilíndricas, cuyas dimensiones son de 15 cm. x 30 cm.

Se llevó a cabo la mezcla de los concreto utilizando 3 tipos de cementos comercializados en el medio (cementos Pacasmayo): Cemento portland Tipo Ico,

Cemento portland Tipo V y Cemento portland Tipo Ms. Se efectuó tres (3) muestras de probetas o testigos de concreto a diferentes relaciones de agua-cemento.

Se concluye que, según los resultado del proceso de análisis obtuvimos las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto de acuerdo a cada tipo de cemento ensayado, encontrando así para el cemento portland tipo ICo tres ecuaciones; para el cemento portland tipo MS se encontraron una ecuación; para el cemento portland tipo V se encontraron tres ecuaciones, todas estas ecuaciones en función de: $R_{28} = R/(aT^b \pm c)$ DONDE: R : Resistencia obtenida a los T días de edad; T : Edad en días del concreto y R28 : Resistencia obtenida a los 28 días de edad.

2.2. Marco Teórico

Fundamentación teórica y científica del problema:

2.2.1. El Concreto

“El concreto es un material constituido por la conformación de materiales en proporciones de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua” (Harmsen, 2005, p. 11).

2.2.1.1. Componentes del concreto:

“Se ha indicado en forma detallada los componentes del concreto, pero para entender completamente las propiedades y el comportamiento del producto resultante pasaremos a evaluar de manera sucinta las características de los componentes que son el cemento portland, agua, agregados y aditivos” (Pasquel, 1995, p. 04).

2.2.1.1.1. El Cemento.

“Es un aglomerante hidrófilo que se obtiene de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera que se obtiene un polvo muy fino que en presencia de agua se endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel, 1995, p. 05).

Respecto a su composición química sabemos que durante su proceso de fabricación se usa principalmente como materia prima la cal, sílice, alúmina y hierro.

A). Los tipos de cemento.

- **Cemento Portland:** Según la ASTM Standard Specification for Portland Cement (ASTM C-150, 2007), son:

TIPO I: Normal para uso general;

Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos;

Tipo III: Rápida resistencia inicial;

Tipo IV: Bajo calor de hidratación;

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos. (p. 03)

- **Cemento portland adicionado:** Según la ASTM Standard Specification for Portland Cement (ASTM C- 1157, 2005), son:

Tipo GU: Para construcciones en general;

Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos;

Tipo HE: Rápida resistencia inicial;

Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos;

Tipo MH: Moderado calor de hidratación;

Tipo LH: Bajo calor de hidratación. (p. 05)

- **Cemento portland adicionado:** Según la Según la ASTM Standard Specification for Portland Cement (ASTM C- 1157, 2005), los cementos Portland adicionados son normalizados en los siguientes tipos según su performance:

Tipo IS: Cemento portland escoria de alto horno;

Tipo IP y P: Cemento portland puzolánico;

Tipo S: Cemento portland de escoria;

Tipo 1 (PM): Cemento Portland puzolánico modificado;

Tipo 1 (SM): Cemento Portland de escoria modificado;

- **Tipo ICo:** Cemento Portland compuesto, para ser utilizado en obras generales de construcción hasta 30% filler calizo, menor calor de hidratación. (p. 07)

“La resistencia moderada a sulfatos, moderado calor de hidratación o alguna combinación puede ser especificado por adición de los sufijos (MS), o (MH)” (ASTM C- 1157, 2005).

2.2.1.1.2. Los Agregados.

“Se define como agregado al conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP. Se les llama también áridos” (NTP 400.011, 2008, p. 04).

“Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente” (Pasquel, 1995, p. 13).

- **Agregado Fino:**

“El agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el No 200 (0.074mm), además debe cumplir con los límites establecidos en la normativa.” (Norma ASTM C 33, NTP 400.037).

“Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial que pasa por el tamiz N° 4” (Harmsen, 2005, p. 12).

- **Agregado Grueso:**

“El agregado grueso es el retenido en el tamiz normalizado No 4 (4. 75mm) proviene de la desagregación natural o artificial de la roca” (Norma ASTM C 33, NTP 400.037).

“Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial retenido en el tamiz N° 4” (Harmsen, 2005, p. 13).

- **Características físicas de los agregados:**

a). Peso específico: “Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos sin incluir los vacíos. Su valor oscila entre 2500 y 2750 kg/m³” (Pasquel, 1995, p. 12).

b). Peso unitario: “Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen total incluyendo los vacíos. Su valor para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³” (Pasquel, 1995, p. 13).

c). Análisis granulométrico: “Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaño” (Pasquel, 1995, p. 14). (Véase tabla 01).

d). Densidad: “La densidad de los agregados depende mucho de la porosidad del material mismo. Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción” (Pasquel, 1995, p. 15).

e). Contenido de humedad: “Es la diferencia en peso entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco” (Pasquel, 1995, p. 16).

f). Porcentaje de Absorción: “Se denomina absorción cuando tiene todos sus poros saturados” (Pasquel, 1995, p. 17).

g). Módulo de fineza: “Se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos hasta el tamiz que determina el grado de finura de los agregados finos y gruesos; se divide entre 100” (Pasquel, 1995, p. 18).

Tabla 1. *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cant. de la Muestra de Ensayo, Min. kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5(1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2))	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Nota: Los datos son proporcionados por (Norma Técnica Peruana NTP 400.012., 2013).

2.2.1.1.3. Agua.

“El agua es un componente esencial en la mezcla de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido; por ello es importante que el cemento y el agua sean usados en las proporciones adecuadas para obtener buenos resultados” (NTP 339.088, 2006).

“Es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades” (Pasquel, 1995, p. 11).

- **Agua de mezclado:**

“Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado de este en el lugar de la

colocación en el estado fresco” (Norma: NTP 339.088 - RNE E 060, 2006).

Funciones:

Contribuir a la trabajabilidad de la mezcla actuando como lubricante.

Reaccionar con el cemento produciendo su calor de hidratación.

Asegura el espacio de la pasta para el desarrollo de los productos.

- **Agua de curado:**

“Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación” (Norma; NTP 339.088 - RNE 060, 2006).

- **Relación agua / material cementante:**

Según Enrique Pasquel C. (2011), “afirma que:

Para $A/C > 0.42$ sobra agua y todo el cemento se hidrata;

Para $A/C = 0.42$ no sobra agua de hidratación;

Para $A/C < 0.42$ queda cemento sin hidratar” (p. 11).

2.2.2. Propiedades del concreto

Para Montalvo (2015), menciona que el concreto posee dos estados: el estado fresco y el estado sólido. Cada uno de estos posee distintas propiedades ya que varían en comportamiento y uso. (p. 5-6),

Podemos mencionar las siguientes principales propiedades que conciernen directamente en nuestro tema de investigación:

2.2.2.1. Concreto fresco.

El concreto, según Pasquel (1995), presenta las siguientes propiedades:

- **Trabajabilidad:** “Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. El método para medir su trabajabilidad ha sido desde muchos años Slump o asentamiento con el cono de Abrams” (Pasquel, 1995, p. 17).
- **Asentamiento:** “Es referido como la consistencia o fluidez de la mezcla. Esta se mide utilizando el cono de Abrams y según los resultados se puede clasificar en categorías, Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor de 37.5 mm o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Por ello, dependiendo de la consistencia de la mezcla pueden ser utilizados en distintos tipos de elementos estructurales y tener distintas consideraciones al momento de realizar el colocado y la compactación del concreto” (Rivera, 2013, p.25).

2.2.2.2. Concreto Endurecido.

El concreto, según Sánchez (1996), presenta la siguiente propiedad:

- **Resistencia a la Compresión:** “La gran mayoría de estructuras de concreto son diseñadas bajo la suposición de que este resiste únicamente esfuerzos de compresión, por consiguiente, para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad, y de allí que los esfuerzos de trabajo estén prescritos por los códigos en términos de porcentajes de la resistencia a la compresión” (Sánchez, 1996, p. 18).

“La resistencia a la compresión es la medida máxima de la resistencia a carga axial que presenta el concreto, la cual es comúnmente especificada en los planos estructurales como la resistencia que debe alcanzar a los 28 días de su elaboración en obra” (Aceros Arequipa, 2011, p. 12).

“Una vez colocado, el concreto adquiere un gran porcentaje de la resistencia diseñada a los 28 días en los primeros 7 días (aproximadamente un 75%), aumentando en una menor cantidad en los días posteriores e incluso llegando a aumentar entre un 10% y 15% a los 56 y 90 días respectivamente” (Kosmatka & Wilson, 2011, p.85).

2.2.3. Los aditivos

2.2.3.1. Definición

Es definido, según Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C-125, 2020), como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos son productos que, introducidos en pequeña porción en el concreto, modifican algunas de sus propiedades originales, se presentan en forma de polvo, líquido o pasta y la dosis varía según el producto y el efecto deseado” (p. 05).

“Son sustancias que, añadidas al concreto, alteran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido” (Harmsen, 2003, p.15).

2.2.3.2. Usos de los Aditivos

2.2.3.2.1. En el Concreto Fresco

Según Harmsen (2003), “son las siguientes:

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua;
- Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad;
- Reducir o prevenir asentamientos de la mezcla;
- Crear una ligera expansión;
- Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación;
- Reducir la segregación;
- Facilitar el bombeo;
- Reducir la velocidad de pérdida de asentamiento” (p.17).

2.2.3.2.2. En el Concreto Endurecido

Según Harmsen (2003), “son las siguientes:

- Disminuir el calor de hidratación;
- Desarrollo inicial de resistencia;
- Incrementar las resistencias mecánicas del concreto;
- Incrementar la durabilidad del concreto;
- Disminuir el flujo capilar del agua;
- Disminuir la permeabilidad de los líquidos;
- Mejorar la adherencia concreto-acero de refuerzo;
- Mejorar la resistencia al impacto” (p.18).

2.2.3.3. Modos de usos

Según Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C-125, 2020), “se usan de las siguientes formas:

- Los aditivos se dosifican hasta en un 5% del peso de la mezcla y comúnmente son usados entre el 0.1 % y 0.5 % del peso del cemento;
- La utilización de aditivos no debería, con toda objetividad ser subestimada o menospreciada;
- El efecto deseado y su uso lo describen los propios fabricantes, pero algunos son desconocidos incluso por ellos, por lo que es importante que antes de su uso se realicen pruebas a fin de constatar las propiedades del material;
- El uso del aditivo debe incluirse en el diseño de mezcla de concreto” (p.24).

2.2.3.4. Clasificación

- Según la norma técnica American Society for Testing and Materials: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto (ASTM C 494, 2008), “distingue siete tipos:

TIPO A: Reductor de Agua;

TIPO B: Retardador de Fraguado;

TIPO C: Acelerador de Fraguado;

TIPO D: Reductor de agua y Retardador;

TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador;

TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto;

TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador” (p. 08).

Los aditivos que incorporan aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 "Especificaciones for Air Entraining Admixtures for Concrete".

- Según la norma técnica American Society for Testing and Materials, (ASTM C 1017, 2013), distingue dos tipos:

TIPO I: Superplastificante; “Son reductores de agua-plastificantes especiales en que el efecto aniónico se ha multiplicado notablemente. La dosificación usual es el 0.2% al 2% del peso del cemento, debiendo tenerse cuidado con las sobre dosificaciones pues pueden producir segregación si las mezclas tienen tendencia hacia los gruesos o retardos en el tiempo de fraguado, que obligan a prolongar e intensificar el curado, algunas veces durante varios días, aunque después se desarrolla el comportamiento normal. Las mezclas en las que se desee emplear superplastificante deben tener un contenido de finos ligeramente superior al convencional ya que de otra manera se puede producir segregación si se exagera el vibrado.

Producen generalmente incremento de burbujas superficiales en el concreto por lo que hay que optimizar en obra tanto los tiempos de vibrado como la secuencia de estas operaciones, para reducir las burbujas al mínimo. Si se desea emplear al máximo sus características de reductores de agua, permiten descensos hasta del 20% a 30% trabajando con slumps del orden de 2” a 3”, lo que ha permitido el desarrollo de concretos de muy alta resistencia 750 kg/cm² con relaciones agua/cemento tan bajas como 0.25 a 0.30,

obviamente bajo optimizaciones de la calidad de los agregados y del cemento” (ASTM C 1017, 2013, p.24).

TIPO II: Superplastificante y retardante; “Es un aditivo químico el cual, cuando es agregado al concreto, produce concreto fluido sin agregado adicional de agua y retarda el fraguado del concreto” (ASTM C 1017, 2013, p.24).

- Según el American Concrete Institute, (ACI – Comité 212, 2010), “se clasifica según los tipos de materiales constituyentes o a los efectos característicos en su uso:

Aditivos acelerantes;

Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado;

Aditivos para inyecciones;

Aditivos incorporadores de aire;

Aditivos extractores de aire;

Aditivos formadores de gas;

Aditivos productores de expansión o expansivos;

Aditivos minerales finamente molidos;

Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad;

Aditivos pegantes (también llamados epóxicos);

Aditivos químicos para reducir la expansión;

Aditivos inhibidores de corrosión;

Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas;

Aditivos floculadores;

Aditivos colorantes” (p.18)

2.2.3.5. Fibras

2.2.3.5.1. Generalidades

“Las fibras, en el sentido más amplio, son los filamentos de cuerpo plástico, flexible y resistente. Asimismo, poseen una gran finura con un cuerpo macroscópicamente homogéneo y una relación largo-ancho bastante alta con una pequeña sección transversal” (Salazar, 2010, p. 40).

Tabla 2. *Características de las fibras como aditivos.*

Tipo de fibra	Resistencia a tracción (MPa)	Péndulo de elasticidad (GPa)	Densidad (kg/m³)	Alargamiento de rotura (%)
Acero	00-3000	210	7800	3,5
Acero inoxidable	2100	60	7860	3,0
Vidrio	2000	60	2700	3,6
Carbón	3000	00-500	1900	0,5
Nilón	900	4	1100	13,0-15,0
Polipropileno	400-800	5-25	900	8,0-20,0
Poliéster	700-900	8,2	1400	11,0-13,0
Concreto	5-8	30	2300	-

Nota: Los datos son proporcionados por Fernández C., (2003, p. 35).

Observando la tabla. “Se aprecian las diferencias entre las propiedades de cada tipo de fibra y las del concreto, especialmente significativas la resistencia a tracción y el módulo de elasticidad. Para que las fibras sean efectivas se recomienda que tengan un módulo de elasticidad al menos 3 veces superior al del concreto” (Naaman, 2003, p. 25)

2.2.3.5.2. Fibras de Acero Trefilado

“Las fibras de acero utilizadas en el refuerzo del concreto son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al concreto con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las

características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco empleando metodologías de mezclado tradicionales” (Salazar, 2010, p. 46).

“El uso de fibras derechas y lisas casi ha desaparecido y las modernas tienen, ya sea superficies ásperas, extremos en gancho, o son rizadas u onduladas a través de su longitud. Típicamente las fibras de acero tienen diámetros equivalentes 25 (con base en el área de la sección transversal) de 0.15 a 2 mm y longitudes de 7 a 75 mm. Las relaciones de aspecto generalmente varían de 20 a 100” (Salazar, 2010, p. 46-47).

2.2.3.5.3. Fibras de Acero Sika® Fiber CHO 80/60 NB

Según la Hoja Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB (Sika, 2016), “son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto prefabricado, especialmente encoladas para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra” (p.1).

“Su uso otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En elementos de concretos prefabricados reforzados; en losas de pisos industriales de tráfico alto, medio y ligero; en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario de malla de temperatura; en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc” (Sika, 2016, p.2).

- **Aplicación:** Según la Hoja Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB (Sika, 2016), “se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir

porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso;

En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad de 12 rpm o más. Vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.

En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo” (p.3).

2.2.4. Ensayos de Laboratorio

2.2.4.1. Ensayos realizados a los agregados:

2.2.4.1.1. Extracción y preparación de las muestras (NTP 400.010 - MTC E 201).

Según el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E – 201, 2016) “el muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto, el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

Las muestras para los ensayos de investigación preliminar serán obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial. Las muestras de materiales para el control de la producción en la cantera o el control en la obra, serán obtenidas por el productor, contratistas u otras partes responsables para verificar el trabajo. Las muestras utilizadas para

aceptación o rechazo serán tomadas por el comprador o su representante autorizado” (p.292).

“La investigación preliminar y el muestreo de potenciales canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el control de calidad del material para asegurar la durabilidad de estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra. Esta investigación deberá ser realizada sólo por personal entrenado y con experiencia” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 201, 2016, p.292).

2.2.4.1.2. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (NTP 400.037).

“Los agregados utilizados en el concreto de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deben tener en cuenta con los requisitos de la NTP 400.037 o de la NORMA ASTM E33, así como los detalles del proyecto. Los agregados finos y gruesos son materiales independientes.

Si el Proyectista da autorización, el hormigón deberá cumplirse como lo indica la Norma E 060” (NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 400.037, 2014).

Según la, Norma E.060 Concreto Armado (NTP E0.60, 2019), “estos agregados deben estar procesados, manipulados, almacenados, transportados y dosificados de manera tal, nos garanticen que:

Su pérdida de fino sea la más pequeña posible;

El agregado tenga uniformidad;

No haya una segregación o rotura valorada;

No tenga contaminación” (p. 16).

2.2.4.1.3. Determinación del contenido de humedad de un suelo (NTP 339.185 - MTC E 108).

“Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca se le denomina

porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Su influencia en el concreto está dada en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla” (Norma Técnica Peruana, NTP 339.185, 2014).

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 108, 2016, p.49).

$$W\% = A-B \times 100$$

A: Peso de la muestra húmeda

B: peso de la muestra seca

2.2.4.1.4. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global (NTP 400.012 - MTC E 204).

“El objetivo de este ensayo es determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 202, 2016, p.303).

“Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados. La determinación del material que pasa el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (Nº 200) no se obtiene por este ensayo. El método de ensayo a

emplear será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm -Nº 200- por lavado" (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 202, 2016, p.303).

- **Muestra:**

Obtener la muestra de agregado de acuerdo a MTC E 201. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en este método.

Mezclar completamente la muestra y reducir para ensayo por cuarteo manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos. La muestra para ensayo debe tener la cantidad deseada cuando esta seca y ser resultado final de reducción. No está permitido reducir a un peso exacto determinado.

- **Agregado grueso (NTP E-0.60)**

“Es la desintegración de las rocas en el cual es retenido en el tamiz N°4 que puede clasificarse en piedra chancada y grava conformada por partículas limpias de diferentes dimensiones.

Es importante que para hacer concreto de alta resistencia es indispensable tener en cuenta el rango de estos valores, porque con ello tendremos un tipo de resistencia adecuada, para la cual se deberá llegar una máxima densidad, con buena trabajabilidad” (E.060 Concreto Armado – NTP E0.60, 2006).

- **Agregado Fino (NTP E-0.60)**

“Este agregado proviene de la desintegración natural o artificial que pasa por el tamiz (3/8). No se deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler” (E.060 Concreto Armado – NTP E0.60, 2006).

Propiedades físicas de los agregados.

Análisis granulométrico (NTP 400.037, ASTM e-136).

Módulo de finura (NTP 334.045, ASTM e 136, ASTM e 125.

Indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado Fino.

$$MF = \frac{\%Ret. \text{acumulado de tamices}(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado Grueso

$$MF = \frac{\%Ret. \text{acumulado de tamices} \left(1", \frac{3}{4}, \frac{3}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100 \right)}{100}$$

2.2.4.1.5. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (Gravedad específico) y absorción del agregado fino – Agregado Grueso (NTP 400.022 - MTC E 205) / (NTP 400.021 - MTC E 206).

“El peso específico o gravedad específica, es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Pórtland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E 203” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 205, 2016, p.309).

“El peso específico aparente y peso específico relativo aparente atañen al material sólido de las partículas constituyentes que no incluyen el espacio poroso dentro de ellas que es accesible al agua. Este valor no es ampliamente usado en la tecnología de agregados de construcción” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 205, 2016, p.309-10).

“Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 206, 2016, p.309-10).

“Se utiliza en donde se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario cuando el nivel de densidad es bajo significa que es poroso, débil y de alta absorción” (Norma Técnica Peruana, NTP 400.021 – 400.022, 2014).

Peso específico de masa:

Cantidad de agua absorbida por el agregado después de estar sumergido 24 horas.

Para el agregado fino:

$$Ab = 500 - W_o \times 100$$

Donde:

Ab: porcentaje de absorción (%)

W_o: peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) Para el agregado grueso.

Para el agregado grueso:

$$\text{Absorción} = B - A \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

B: peso en el aire de la muestra saturada de superficie Seca (gr).

2.2.4.1.6. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (NTP 400.017 - MTC E 203).

“El peso unitario es el peso varillado expresado en kilos por metro cubico (kg/m³), de una muestra representativa del concreto. Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye el peso unitario. La mayor compactación incrementa el peso unitario. Pero las modificaciones del peso unitario son debidas al tipo de agregado empleado” (Lao, 2007, p.71).

$$\text{Peso Unitario del Concreto} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

2.2.4.2. Ensayos realizados en Concreto en Estado Fresco

2.2.4.2.1. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco (NTP 339.036 - MTC E 701)

“Se incluyen procedimientos para tomar muestras en mezcladoras estacionarias, mezcladoras de pavimentación y camiones mezcladores (mixers), y en equipos agitadores o no agitadores usados para transportar el concreto mezclado de una central de producción” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 701, 2016, p.766).

“Los procedimientos aquí descritos son para la toma muestras compuestas o acumulativas, a menos que el ensayo particular para el cual se requiere la muestra especifique muestras individuales, como en el caso de ensayos para verificación de la uniformidad de la mezcla o de la eficiencia de la mezcladora. No se describen procedimientos para escoger las tandas particulares de las cuales habría que extraer la muestra, sino que se recomienda un muestreo aleatorio representativo sobre el cual se verifica el cumplimiento de las especificaciones” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 701, 2016, p.766).

“También se incluyen en esta norma los procesos necesarios para preparar una muestra de concreto que se usará en ensayos posteriores, donde es necesario eliminar las partículas del agregado mayores a un tamaño determinado. Esta remoción se hace preferiblemente por tamizado en húmedo” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 701, 2016, p.766).

2.2.4.3. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes en campo (NTP 339.033 - MTC E 702).

Según el Manual de Ensayo De Materiales (MTC E – 702, 2016), “esta práctica proporciona requisitos normalizados para la preparación de materiales, mezclas de concreto y la elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo bajo condiciones controladas” (p.770).

Según el Manual de Ensayo De Materiales (MTC E – 702, 2016), “si la preparación de los especímenes se controla como lo indica esta norma, ellos se pueden emplear para obtener información útil en:

Dosificación de mezclas de concreto;
Evaluación de diferentes mezclas y materiales;
Correlaciones con resultados de pruebas no destructivas, y
Elaboración de especímenes con fines de investigación;
Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma” (p.770).

“Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 702, 2016, p.770).

2.2.4.4. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland (NTP 339.035 - MTC E 705).

“Este ensayo es el método más usado para medir la consistencia del concreto, aunque no mide todos los factores que contribuyen a la trabajabilidad, de todos modos, es usado convenientemente como una prueba de control dado que ofrece una indicación de la uniformidad de la mezcla.

Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto (en ausencia de aditivos plastificantes), el asentamiento está vinculado proporcionalmente al contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto está inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

Para este ensayo se utiliza el cono de Abrams y el tiempo de evaluación no debe ser mayor a 2.5 minutos de realizado el muestreo la mezcla. La consistencia del concreto se establece por la medida del asentamiento, el cual está determinado por la diferencia entre la altura del molde cónico invertido y la altura del cono de mezcla deformado, la medida

es tomada en el eje del cono de concreto y se expresa en pulgadas” (ASTM C143/C143M, 2020).

- **Consistencia o fluidez:** “Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez durante la colocación” (Lao, 2007, p.71).
- **Fraguado:** “Se define como fraguado al cambio de consistencia desde un estado fluido a rígido, este proceso es el resultado de reacciones químicas de hidratación ente el cemento y el agua” (Cando, 2016, p.22).
- **Adherencia:** “Se refiere al fenómeno de interacción física que se produce entre la masa de concreto y el acero” (Domínguez, 2013, p.62).
- **Compactibilidad:** “Según Domínguez (2013), es la medida de factibilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado factor de compactación, que evalúa el factor de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre las densidades del concreto compactado.

Cuando la mezcla es vibrada se hace más fluida y puede así distribuirse más uniformemente, envolviendo bien las armaduras y ocupando todas las unidades del encofrado.

Esta es la propiedad que se conoce como tixotropía y es la característica que permite la compactibilidad de la mezcla y su adaptación al molde. (p.65)

2.2.4.5. Método de ensayo volumétrico para determinar Contenido De Aire En El Concreto Fresco Método De Presión (NTP 339.081 - MTC E 706).

“Establece el procedimiento de ensayo para determinar el contenido de aire en concreto fresco hecho con agregados relativamente densos, observando el cambio de volumen ocasionado por un cambio en la presión sobre el concreto. Para determinar el contenido de aire en concreto fresco

hecho con agregados livianos, escorias de alto horno enfriadas al aire o agregados de alta porosidad, se usa el método volumétrico establecido en la norma ASTM C 173” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 706, 2016, p.804).

“Los valores dados en unidades SI deben ser considerados como la norma. Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso” (Manual de Ensayo De Materiales, MTC E – 706, 2016, p.804).

2.2.4.6. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto) (NTP 339.046 - MTC E 714).

“Este ensayo sirve para determinar el peso unitario y el rendimiento de la mezcla. Para realizar este ensayo se utiliza un molde rígido el cual se rellena y compacta metódicamente, se determina la masa de concreto restando la masa del molde de la masa total; para obtener la densidad se divide la masa del concreto entre el volumen del molde. Los valores de rendimiento (PU real entre PU teórico) deberían estar en el rango de 1.00 +/- 0.02 para considerarse aceptables” (ASTM C138/C138M, 2009).

- **Peso Unitario (NTP 400.017, ASTM e 29):** “Peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa, para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado.

Peso Unitario Seco Suelo. Relación peso /volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aprox.), en un

recipiente de volumen conocido y estable este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

Peso Unitario Seco Compactado O Varillado. Este proceso es parecido al de peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute” (Norma Técnica Peruana, NTP 400.017, 2014).

- **Contenido de aire:** “Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. Por esta razón este ensayo es aplicado para concretos con agregados relativamente densos y que requiera la determinación del factor de corrección de agregados.

Esta prueba no es aplicable al concreto de agregados ligeros, escorias de fundición enfriadas por aire o agregados con alta porosidad; en este caso el ensayo correspondiente sería de acuerdo a la norma ASTM C-173. Lo cual son utilizados comúnmente en las unidades de albañilería” (Domínguez, 2013, p.85).

- **Porcentaje de Vacíos (ASTM C 29.):** “Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29” (ASTM C29/C29M-07, 2009).

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(SxW - P.U.C.)100}{SxW}$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C.=Peso Unitario Compactado seco del agregado

2.2.4.3. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN COMITÉ ACI 211.1

Mediante su tabla ya elaborada indica la cantidad de agregado grueso a utilizar, tomando en cuenta su tamaño máximo nominal y la fineza del agregado fino. Además, permite lograr el coeficiente b/b_0 que se produce como consecuencia de dividir el peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso (kg/m^3).

Tabla 3. *Asentamientos según tipo de construcción - Comité ACI 211*

Tipos de construcción	Asentamiento en centímetros	
	Máximo*	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación reforzados.	7,5	2,5
Zapatas, cajones y muros de subestructura simples.	7,5	2,5
Losas, vigas y muros reforzados.	10,0	2,5
Columnas y placas.	10,0	2,5
Pavimentos.	7,5	2,5
Construcción pesada de concreto en masa.	5,0	2,5

Nota: Los datos son proporcionados por Comité ACI 211.

2.2.4.4. ASTM C31

“La presente norma regula los parámetros para la preparación de muestra cilíndrica, prismática y/o vigas, así mismo también regula su curado los cuales serán de concreto fresco representativo de un proyecto de construcción” (Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra. , 2008, pág. 1).

“Se utilizará concreto que haya sido previamente ajustado in situ de su dosificación de mezcla para la realización, esto incluye la adición de agua y aditivos. El asentamiento con el que contará el concreto a ensayar será mayor igual a 2” y que el tamaño máximo nominal no es mayor a $1/3$ del diámetro de la probeta o $1/2$ de la distancia de encofrado de las paredes laterales de las vigas” (Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra, 2008, pág. 4).

“Las unidades con las que serán reportados los resultados de cada ensayo estarán en unidades del sistema internacional. Con respecto a la seguridad la presente norma no pretende dar parámetros exactos para tener

un control con respecto a la seguridad, puesto que las acciones a realizar por el experimentador serán completamente su responsabilidad por ello se deberá contar con un plan de seguridad en el laboratorio o en la obra” (Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra. , 2008, pág. 1).

2.2.4.5. ASTM C39

“El método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene una densidad mayor que 800 kg/m^3 [50 lb/ft^3]” (STANDARD COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE, 2018, pág. 1).

“Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Las unidades pulgada-libra se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación” (STANDARD COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE, 2018, pág. 1).

Esta norma no pretende considerar todo el contenido relacionado con la seguridad. Es responsabilidad de los usuarios de esta norma establecer las reglamentaciones adecuadas de salud, seguridad y medio ambiente y determinar la aplicabilidad de las restricciones reglamentarias antes de su uso.

“Advertencia - Deben ser provistos los medios para contener los fragmentos de concreto durante la rotura repentina de especímenes. La tendencia a una rotura repentina se incrementa con el aumento de la resistencia del concreto y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Las precauciones de seguridad dadas en el Manual son recomendadas” (STANDARD COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE, 2018, pág. 1).

“El texto de las notas de referencia de esta norma provee material explicativo. Estas notas no serán consideradas como requerimientos de la norma.” (STANDARD COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE, 2018, pág. 1).

2.2.5. Módulo de elasticidad

(UNE 83-308-86, 1993): “Este método de ensayo determina entre el módulo de elasticidad secante y la relación de Poisson en cilindros de concreto moldeados y núcleos de concreto taladrado cuando requieren esfuerzos de compresión longitudinal. Sus definiciones se hallan en terminología E6.”

Sus valores son en libras-pulgadas que se consideran estándar. Estas normas no se procuran en mostrar las direcciones de seguridad, si en caso una está asociada con su uso. El responsable de esta norma debe decretar la seguridad y prácticas de salud con su aplicabilidad y limitaciones reguladoras antes de usarlas.

2.2.5.1. Módulo de Elasticidad estático (compresión).

Usado en concretos de peso normal, para ello nos vamos a basar en las recomendaciones del ACI para el cálculo del módulo de elasticidad la siguiente fórmula (en Kg/cm²):

$$E_c = 15,100 (f'c)^{1/2}$$

Y para concretos cuyo peso oscila entre 1,400 y 2,480 kg/m³ se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$E_c = 0.14 W_c^{1.5} (f'c)^{1/2}$$

Donde:

E_c = módulo de elasticidad del concreto, en kg/cm².

W_c = peso unitario del concreto, ton/m³.

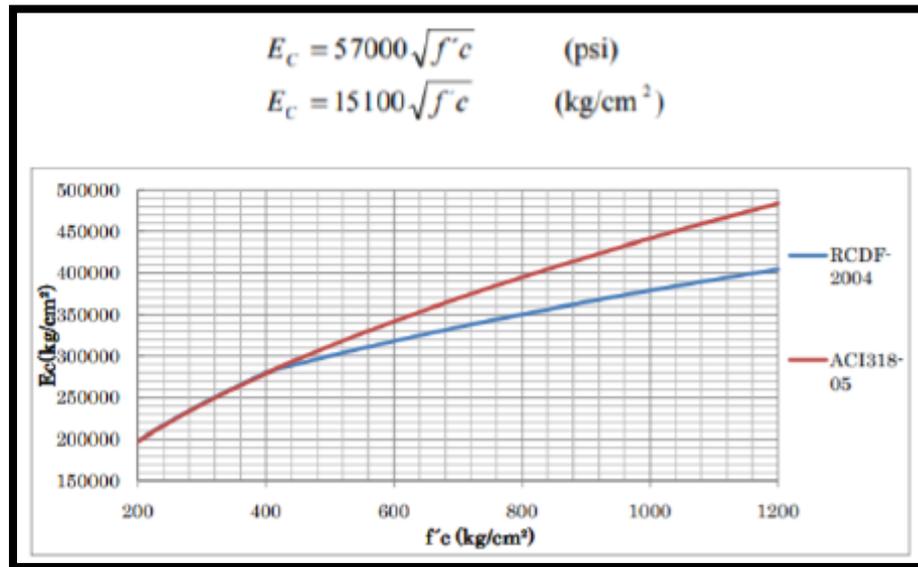
$f'c$ = resistencia especificada a la compresión, en kg/cm².

Comparación de los Módulos de Elasticidad según los Reglamentos.

- **ACI318-05 Y EL RCDF-2004**

(ACI318-05, 2004): “El módulo de Elasticidad se define con la siguiente ecuación y la cual se aplicará para todo tipo de resistencia del concreto:

Figura 1. Comparativa de módulos de elasticidad del concreto.



Nota: Aplicando los criterios de Acuerdo a los Reglamentos ACI318-05 y el RCDF, (2004).

Como interpretación al gráfico presentado, podemos observar que entre más alto sea nuestra resistencia a compresión del concreto ($F'c$) más alto será el módulo de elasticidad y con ello podremos obtener ciertas ventajas para los cálculos de la rigidez y con ellos disminuir deformaciones en la estructura.”

- **ASTM C469 (Módulo de Elasticidad y razón de Poisson en cilindros de concreto)**

(ASTM C469-94, 2014): “Este ensayo permite determinar el módulo de elasticidad o Módulo de Young, y la razón de Poisson de cilindros moldeados en campo o en laboratorio, de núcleos extraídos, cuando se aplica un esfuerzo de compresión longitudinal. El módulo de elasticidad es la pendiente de una recta trazada entre dos puntos específicos de la parte elástica de la curva esfuerzo – deformación unitaria del concreto” (p.8).

El ensayo brinda la razón entre el esfuerzo y la deformación del concreto y la razón entre la deformación lateral y longitudinal de un espécimen de concreto endurecido, a cualquier edad y condiciones de curado que se designen. El módulo de elasticidad y la razón de Poisson son aplicables dentro del rango habitual de esfuerzos de trabajo (de 0 a 40% de la resistencia última del concreto). Estos valores son utilizados para dimensionamiento de concreto reforzado y sin refuerzo y para determinar esfuerzos por medio de deformaciones observadas. Los valores de módulo de elasticidad obtenidos son usualmente menores que los módulos derivados de una aplicación rápida de carga (como cargas dinámicas o sísmicas) y usualmente son mayores que los obtenidos por aplicación lenta de carga o de duración extendida.

2.2.5.2. Módulo de elasticidad dinámico (Ensayo de resonancia con equipo Pundit ® Lab).

- **Fundamento y Descripción del Método**

(UNE 83-308-86, 1993): “El método moderno consiste en la medición del tiempo que emplea un impulso ultrasónico (es decir de frecuencia entre 20 y 150 kHz) al recorrer la distancia entre un transductor emisor Tx y un transductor receptor Rx, ambos acoplados al concreto que se está estudiando.”

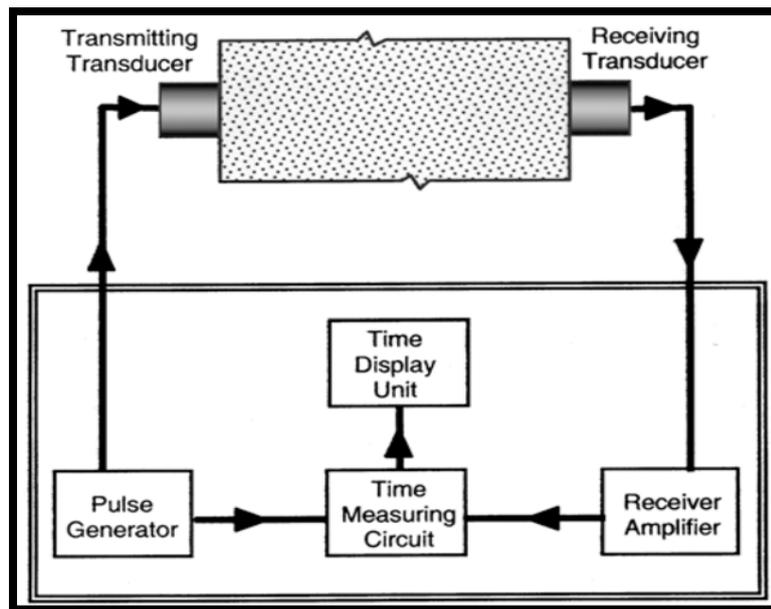
“Mediante un transductor electroacústico se genera un impulso de vibración longitudinal; después de recorrer una determinada distancia L, un segundo transductor recibe la señal y, por medio de un circuito electrónico se mide el tiempo de tránsito o de propagación del impulso a través el material.

La velocidad de transmisión o velocidad de propagación se determina en cada caso por el cociente entre la distancia o separación L entre los transductores y el tiempo de tránsito t para esta distancia.

La velocidad de las ondas en el material permite obtener informaciones sobre las propiedades elásticas. Las frecuencias de las

ondas generadas varían entre 20 y 150 kHz, y por el **concreto** se utilizan las frecuencias comprendidas entre 54 y 82 kHz. Las velocidades de propagación de las ondas en estos casos varían entre 3,5 km/s y 4,8 km/s, lo que impone un cuidado espacial durante los ensayos in situ, siendo el intervalo de velocidades posibles reducido” (Bungey, 2010, p.75).

Figura 2. Ensayo de resonancia con equipo Pundit® Lab



Nota: Annual Book of ASTM Standard, Volume 04.02 Concrete and Aggregates (2003).

- **ASTM C597 - Método de prueba estándar para la velocidad de pulso a través del concreto**

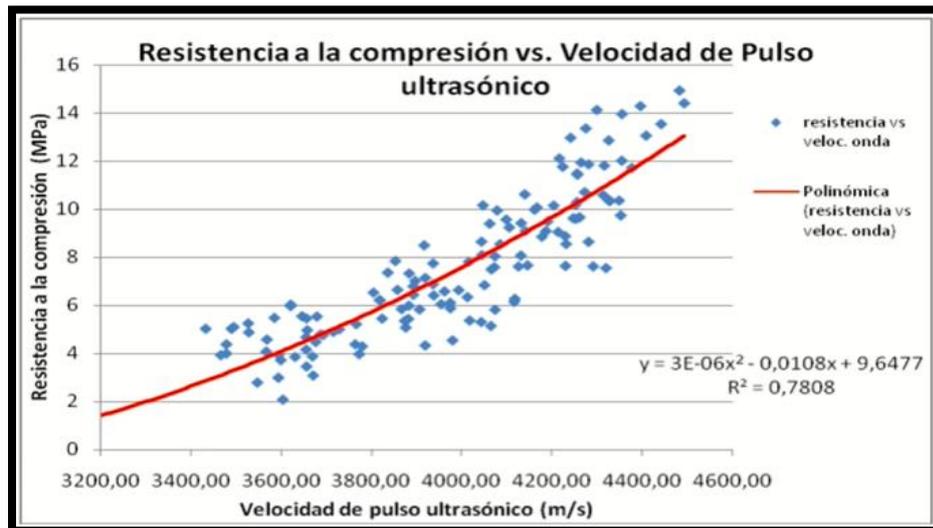
(ASTM C597-16, 2002): “Este método de ensayo consiste en determinar la velocidad de pulso ultrasónico a partir de la generación de pulsos de ondas de tensión longitudinal emitidos por un transductor electro-acústico que se mantiene en contacto con la superficie del concreto bajo prueba.

Después de recorrer a través el espécimen de concreto, estos pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor situado a una distancia (L) de la transmisión del primer transductor; el tiempo de tránsito (T) se mide electrónicamente

y la velocidad del pulso ultrasónico (V) se puede establecer dividiendo L entre T.

El parámetro obtenido (V) está asociado a las propiedades del concreto y su densidad, por lo mismo permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido; se expresa en metros por segundos (m/s).”

Figura 3. Graf. Resist. a la compresión vs. Veloc. de Pulso ultrasónico.



Nota: Annual Book of ASTM Standard, Volume 04.02 Concrete and Aggregates (2003).

“Este método se utiliza principalmente para la inspección in situ y las pruebas de control de calidad de estructuras de hormigón. Como se muestra en la ficha técnica del proveedor del equipo: “El sistema es muy adecuado para verificar la uniformidad del hormigón, cavidades, grietas o defectos causados por congelación y descongelación o fuego, y determinar la resistencia”. Este método es útil como prueba no destructiva debido a su simplicidad, versatilidad y repetibilidad” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 5).

- **Características del equipo Pundit® Lab**

Según el Pundit Lab Operating Instructions Spanish (PLOIS, 2017) son las siguientes:

Funcionamiento de medición: La conformación optimizada del pulso, la configuración de transmisión automatizada para óptimo funcionamiento y una amplia gama de transductores más potentes garantizan mediciones precisas y estables;

Visualización de forma de onda integrada: Permite el análisis de la señal recibida y el disparo manual directamente en el instrumento;

Interfaz USB y software de análisis de datos: Análisis de datos y exportación a programas de terceros;

Interfaz abierta: Controlar Pundit Lab usando un software de terceros tal como LabVIEW;

Nivel de ganancias integrado: Elimina la necesidad de un amplificador externo al usar transductores exponenciales y cables largos;

Medición de resistencia a la compresión: Curvas de conversión para la estimación de la resistencia pueden crearse en el software y ser cargadas al instrumento para proporcionar estimaciones de resistencia inmediatamente in situ;

Estimaciones combinadas con martillo de rebote: También es posible cargar curvas SONREB en el instrumento para mejores estimaciones de la resistencia a la compresión en combinación con mediciones con el martillo de rebote;

Sello de tiempo: Un reloj de tiempo real ha sido integrado para proporcionar un sello de tiempo a cada medición registrada;

Lista de revisión: Las mediciones guardadas podrán revisarse directamente in situ sin necesidad de una conexión a algún PC. (p. 6)

- **Medición con Pundit ® Lab**

Según el Pundit Lab Operating Instructions Spanish (PLOIS, 2017), “puede ser usado para varias aplicaciones, incluyendo las siguientes:

Medición de la velocidad de pulso;

Medición de la longitud de recorrido;

Evaluación de uniformidad;

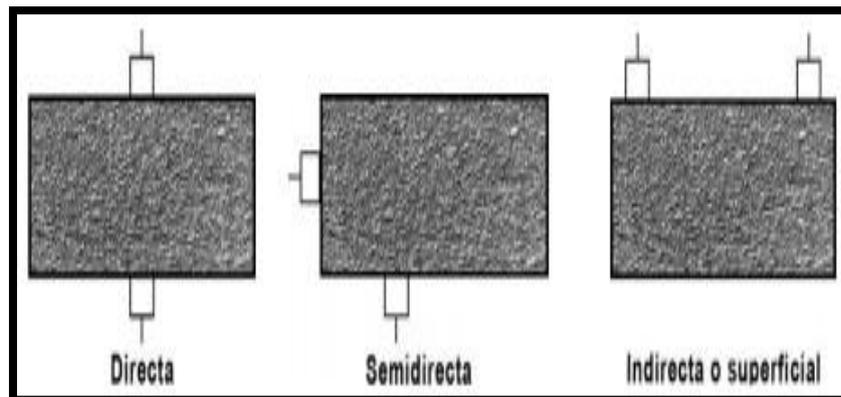
Medición de la velocidad superficial;

Medición de la profundidad de grietas;

Estimación del módulo de elasticidad dinámico de muestras (con los transductores de ondas transversales);

Disposición de los transductores: Generalmente, se usarán tres disposiciones de transductores” (p.8).

Figura 4. *Disposición de los transductores - Pundit Lab*



Nota: Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

“Siempre que sea posible, usar la disposición directa ya que esto garantiza la máxima transmisión de señales entre los transductores. La disposición semidirecta es menos sensible que la directa pero más sensible que la disposición indirecta. La longitud de recorrido es la distancia entre los centros de los transductores” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 8).

- **Preparación del Pundit® Lab.**

Control de funcionamiento del equipo con barra calibradora. “Aplicar agente de acoplamiento en los extremos de la barra calibradora y las superficies de contacto de los transductores, una vez que el equipo está energizado, presionar los transductores con firmeza contra los extremos de la barra (medición directa) hasta que el tiempo de tránsito se muestre estable en la pantalla” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 9).

Ajuste a tiempo cero. “En la misma operación de control de funcionamiento se debe realizar el ajuste al cero de referencia, esto sucede cuando el tiempo de tránsito mostrado se hace coincidir con el valor marcado en la barra calibradora. Durante operación continua del instrumento se debe verificar el ajuste a tiempo cero, principalmente cada vez que el transductor y/o cables de conexión se cambien. Si el tiempo mostrado no puede ser ajustado con el tiempo marcado en la barra es mejor no utilizar el equipo y verificar con el fabricante del mismo la correcta calibración” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 9).

Determinación del tiempo de tránsito (medición directa). “Para realizar el ensayo en probetas cilíndricas o en un elemento de concreto de una construcción existente, inicialmente verifique la calidad de la superficie del punto de evaluación, asegure la suficiente cantidad del agente de acoplamiento y luego ubique los transductores directamente opuestos entre sí en las caras del espécimen de evaluación. El tiempo de tránsito se medirá electrónicamente al activar el mecanismo de lectura en el equipo mientras presiona los transductores contra la superficie del concreto bajo prueba, registre el tiempo que figura en la pantalla cuando este se estabilice. La longitud de camino es la distancia en línea recta entre los centros de las caras de los transductores, se debe obtener de la forma más precisa dado que la exactitud de la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico se rige también por la precisión de esta, considerar que al

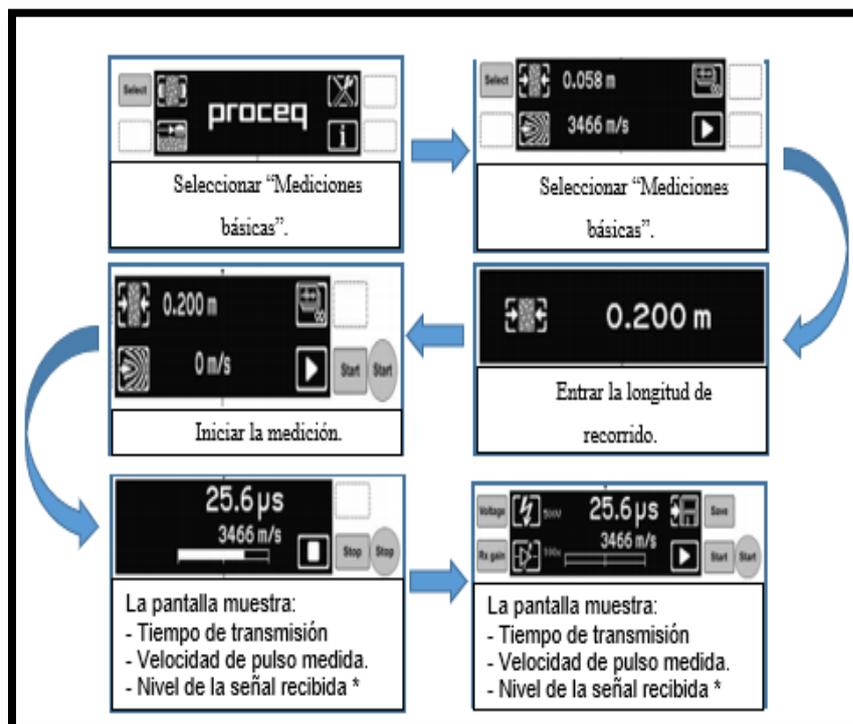
usar el método de medición directa la transferencia de energía entre los transductores está en su máximo potencial. Es conveniente repetir las mediciones en el punto de evaluación, estas deben hacerse en el mismo lugar para reducir al mínimo las lecturas erróneas debido a acoplamientos pobres” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 10).

“Finalmente, la velocidad de pulso ultrasónico (V) se calcula dividiendo la longitud de camino (L) entre el tiempo de tránsito del pulso ultrasónico (T)” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 10).

- **Medición de la velocidad de pulso.**

“Para poder medir la velocidad de pulso, será necesario medir la longitud de recorrido entre los dos transductores. Los mejores resultados se obtendrán si el nivel de la señal recibida se encuentra alrededor del 75%. Usar la configuración automática de ganancias y de tensión” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 11).

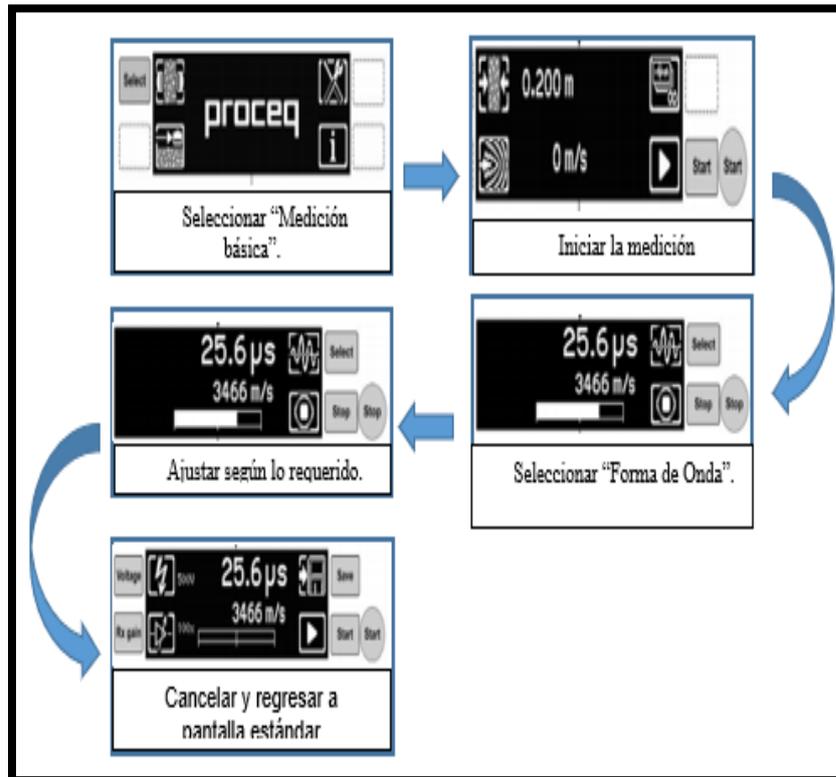
Figura 5. Pasos Medición de la Velocidad de Pulso - Pundit Lab



Nota: Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

- **Medición de la longitud de recorrido**

Figura 6. Pasos de medición de la Long. de Recorrido - Pundit Lab



Nota: Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

- **Medición de la Resistencia a la comprensión: Método SONREB**

“Antes de ejecutar esta medición, deberá crearse una curva de conversión en PunditLink y cargar la misma al instrumento. Es posible guardar un máximo de cinco curvas en el instrumento. Seleccionar la curva apropiada y ajustar la unidad de resistencia a la comprensión deseada” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 12).

Este método para la medición de la resistencia a la comprensión combina la medición ultrasónica con una medición de martillo de rebote.

El formato de la curva es: resistencia a la comprensión:

$$f_{ck} = aV^b S^c$$

En lo que:

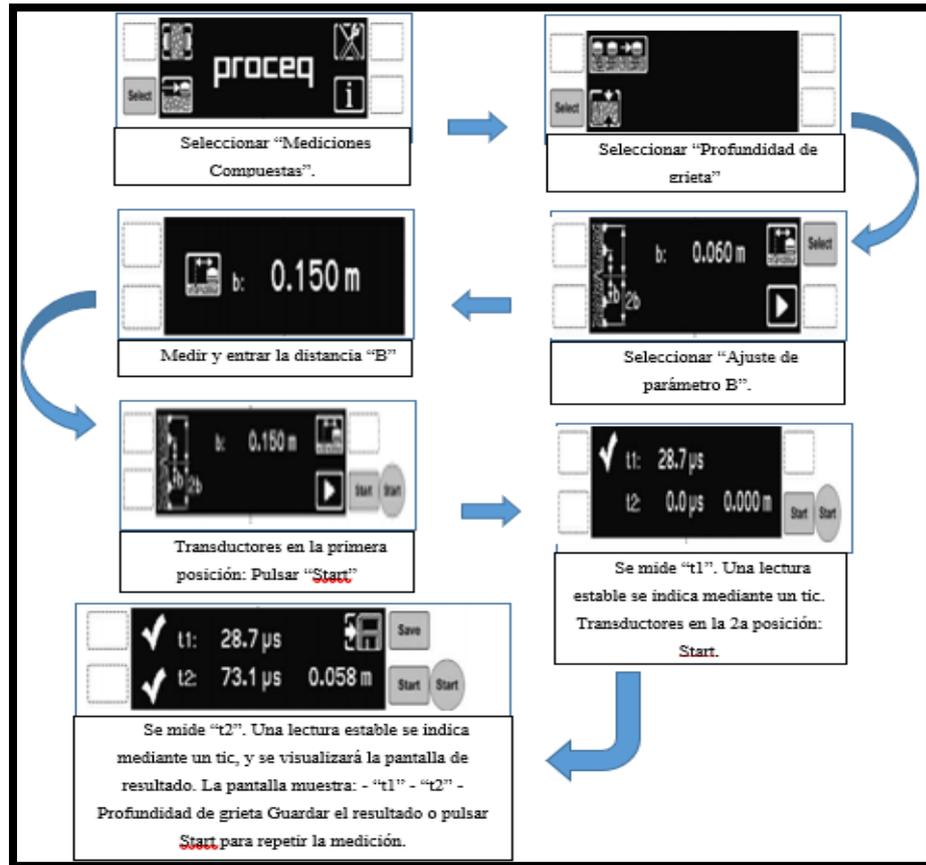
a, b y c son constantes

V es la velocidad de pulso ultrasónica en m/s

S es el valor de rebote.

- **Medición de la profundidad de grietas verticales.**

Figura 7. Pasos Medición de la Long. de Recorrido - Pundit Lab



Nota: Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

- **Dimensiones Mínimas**

Se recomiendan dimensiones mínimas para resultados de ensayo precisos.

A) Longitud de recorrido mínima

"Mínimo debe de ser 100 mm para hormigón de un tamaño de áridos máximo de 20 mm o menos. 150 mm para hormigón de un tamaño de áridos máximo de 20 a 40 mm" (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 12).

B) Dimensiones laterales mínimas de la muestra

"Esto dependerá de la longitud de onda de transmisión y de la velocidad de pulso. La longitud de recorrido mínima deberá ser

igual o más grande que la longitud de onda de transmisión, o será posible que se detecte una fuerte reducción de la velocidad de pulso. La tabla siguiente tomada de BS 1881, parte 203, muestra las dimensiones laterales mínimas recomendadas para el objeto de ensayo” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 13).

Tabla 4. *Dimensiones laterales recomendadas de muestra - Pundit Lab.*

Frecuencia Tx kHz	Velocidad de pulso 3500 m/s	Velocidad de pulso 4000 m/s	Velocidad de pulso 4500 m/s
Dimensiones laterales mínimas del objeto de ensayo			
24	146 mm	167 mm	188 mm
54	65 mm	74 mm	83 mm
150	23 mm	27 mm	30 mm

Nota: Los datos son proporcionados por Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

C) Selección de Transductor

“Por lo general, las frecuencias más bajas permitirán una mayor profundidad de penetración. Las frecuencias más altas permitirán una mejor resolución en las mediciones. La no homogeneidad en el hormigón influye en la propagación de un pulso ultrasónico” (Pundit Lab Operating Instructions Spanish, 2017, p. 14).

Esta influencia podrá ser reducida significativamente eligiendo la frecuencia f de tal modo que la longitud de onda λ sea por lo menos el doble del tamaño de áridos. λ es dada por:

$$\lambda = c/f$$

En lo que c es la velocidad de pulso (velocidad del sonido) en concreto.

La tabla más abajo muestra tamaños de áridos típicos y la respectiva frecuencia máxima recomendada:

Tabla 5. Tabla de Selección de transductor - Pundit Lab

(m/s)	3500			4000			4500		
Tamaño de áridos (mm)	8	16	32	8	16	32	8	16	32
Fmax (kHz)	219	109	55	250	125	63	281	141	70

Nota: Los datos son proporcionados por Pundit Lab Operating Instructions Spanish, (2017).

- **Cálculo del Módulo de Elasticidad Dinámico**

1. El tiempo dado en el equipo es en la unidad de microsegundos, así que es necesario convertirlos a segundos.

2. Después de atravesar el hormigón, el pulso es recibido por el segundo transductor y convertido en energía eléctrica. La distancia entre el segundo transductor y el transductor transmisor es L. El tiempo de tránsito T se mide electrónicamente. La velocidad del pulso V se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{l}{T}$$

En donde:

V, es la velocidad de pulso ultrasónico en m/s;

L, es la longitud de la trayectoria en metros;

T, es el tiempo que requiere el pulso para atravesar la longitud en segundos.

3. Para poder encontrar el Módulo de Elasticidad Elástico usaremos la siguiente fórmula:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho} \left(\frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right)} \dots (1)$$

En donde:

V, es la velocidad de pulso ultrasónico en m/s.

E, Módulo dinámico de elasticidad en MPa.

P, Densidad del concreto en Kg/m³.

V, Módulo dinámico de Poisson.

Despejamos la fórmula (1) y obtenemos:

$$E = \rho V^2 \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu}$$

4. El resultado lo obtendremos en Megapascales (MPa), así que será necesario posteriormente convertirla a Gigapascales (GPa).

2.3. Marco Conceptual

Acero: El acero es una aleación de hierro y carbono, se caracteriza por su alta resistencia y es moldeado en su estado líquido. Para esta tesis se utilizará el acero trefilado en dimensiones pequeñas.

Aditivo: “Un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto” (ASTM C- 494, 2005).

Aditivo plastificante: “También llamados plastificadores son aditivos que suavizan los materiales de las mezclas de concreto” (ASTM C- 494, 2005).

Aditivo Sika® Fiber CHO 80/60 NB: “Son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto prefabricado, especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra” (Sika Perú SA Concrete, 2016).

Agregado: “Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. 40” (Harmsen, 2005, p.11).

Agregado fino: “Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037” (Harmsen, 2005, p.12).

Agregado grueso: “Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (No 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037” (Harmsen, 2005, p.13).

Concreto: “El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción compuesto por una mezcla de agregados (arena gruesa y piedra chancada), aglomerantes y agua. Su dosificación está en relación agua /cemento y su resistencia depende de ella” (Pasquel, 1995, p.17).

Compactación: “Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de concreto (concreto) fresco” (NTP 339.047, 2006).

Curado: “Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u concreto” (NTP 339.047, 2006).

Ensayo de asentamiento: “Medida de la consistencia del mortero u concreto fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa de la posición, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado” (NTP 339.047, 2006).

Fibras: Son filamentos de pequeñas dimensiones, estas pueden ser metálicas o plásticas, estas quedan expandidas en todas direcciones cuando se mezclan con el aglomerante, dando como un producto resistente a la tracción, cortante, flexión, impacto, fatiga y fatigación.

Fibras de acero: Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.047-2006), las fibras de acero son aquellos filamentos metálicos que proporcionan mayor resistencia al concreto en sus diferentes propiedades mecánicas que posee, además éstas varían de forma y tamaños permitiendo usar la más adecuada para cada infraestructura.

Filamentos de acero cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero.

Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímero o de carácter natural como asbesto, celulosa y otros. Se incorporan a la pasta, mortero o concreto para reforzar la matriz de cemento, retardando la formación de grietas e incrementando la resistencia a la tracción. (p.24)

Granulometría: “Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución 41 mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados” (NTP 400.011, 2008- Revisada el 2013).

Influencia: Viene a ser el efecto, consecuencia o cambio que las fibras metálicas van a producir en el concreto para la elaboración de los testigos de concreto, siendo positivas o negativas estos cambios

Mecánicas: Viene a ser el comportamiento de los materiales que son sometidos a diferentes esfuerzos.

Propiedades: Son las características inherentes de los materiales.

Propiedades físicas: Es la propiedad medible de un material determinado, que sufre cambios y se transforman o evolucionan en un periodo temporal, no depende del tamaño de la extensión de la materia.

Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar uno del otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización.

Módulo de elasticidad: “Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young o módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E” (NTP 339.047, 2006).

Método de Ultrasonido: “El método ultrasónico se basa en un fenómeno físico bien conocido: la propagación de ondas en un medio material. Es un método que se utiliza frecuentemente cuando se trata de determinar la uniformidad de un elemento, su espesor, su modulo elástico de Young o de Coulomb” (NTP 339.047, 2006).

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis

Si realizamos análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%, se estimará la variación de resultados en GPa del módulo de elasticidad dinámico por ensayos destructivos y no destructivos.

2.4.2. Variables e Indicadores

a. Variable Dependiente

x_1 = Módulo de elasticidad dinámico.

b. Variable Independiente

y_1 = Adición de fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%.

c. Operacionalización de Variables

Tabla 6. Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de investigación
Módulo de elasticidad dinámico.	Rango elástico.	M= masa de la muestra (kg). n'= frecuencia longitudinal fundamental (Hz). D= 5.093 (L / d ²) para un cilindro (N s / (kg m ²)). D= 4 (L / bt) para un prisma (N s / (kg m ²)). $E = \rho V^2 \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu}$	GPa.	Ficha técnica. NTP. ASTM. ACI. Etc. Manual de uso Pundit ® Lab. Equipo de resonancia Pundit ® Lab para ensayos no destructivos. Computadoras con software para procesar datos. Testigos de concreto.
Adición de fibras de acero trefilado Sika® Fiber CHO 80/60 NB para un concreto F'c=280 kg/cm ² .	Patrón 1.5% 3% 4.5%	Análisis de agregados. Dosificación.	Kg/cm ³ Porcentaje %	Ficha técnica. NTP; ASTM; Etc. Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB. Laboratorio. Cámara fotográfica y de video. Equipo de cómputo.

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de Investigación

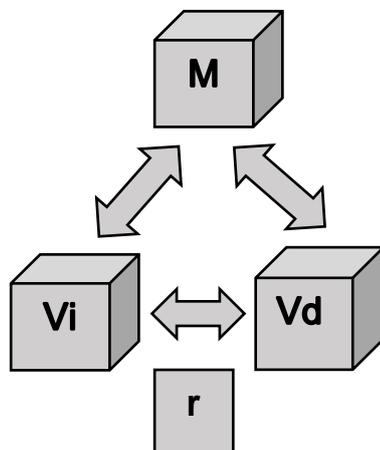
3.1.1. De Acuerdo a la orientación o Finalidad

Esta investigación es de tipo **Básica y Aplicada** porque al principio se va a recopilar información o investigar teorías para luego realizar los diseños, con el fin de obtener mejores resultados del módulo de elasticidad dinámico.

3.1.2. De Acuerdo a la técnica de contrastación

Exploratoria, Explicativa y Correlacional, porque caracteriza en un objeto o fenómeno poco conocido o estudiado como es el módulo de elasticidad mediante ensayos no destructivos, así mismo sirve de estudio para otras investigaciones, además explicativa porque hace mención a las causas y efectos establecidos y correlacional por la relación de sus variables en este análisis, (Vi: Porcentaje de adición con fibras de acero Trefilado y Vd: Módulo de elasticidad dinámico).

Esquema de estudio:



Siendo:

M: Muestra.

Ox: Porcentaje de adición con fibras de acero Trefilado.

Oy: Módulo de elasticidad dinámico.

r: Relación.

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

La población está compuesta por el concreto elaborado con el cemento “Sol Tipo I Portland”, los agregados provenientes de la cantera “Trapiche” y con la adición del aditivo de acero trefilado “Sika® Fiber CHO 80/60 NB”, en la ciudad de Lima, Perú.

3.2.2. Muestra

Las muestras usadas son un total de 108 testigos de concreto, proporcionada según las normativas: ASTM C-31 para el ensayo de compresión, la norma ASTM C-469 para el ensayo de determinación del módulo de elasticidad estático y la norma ASTM C-597 para el ensayo no destructivo mediante el uso del ultrasonido; para las cuales analizamos 4 tipos de muestras (Patrón, adicionando el acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%), seleccionando 3 testigos en cada una para una edad distinta (7, 14 y 28 días), usando 36 testigos por ensayo.

Tabla 7. Cantidad total de Testigos a usar en ensayos
RESUMEN GENERAL DE TESTIGOS USADOS EN ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDOS - F' C= 280KG/CM²

ENSAYO	PATRÓN			1.5% ACERO TREFILADO			3.0% ACERO TREFILADO			4.5% ACERO TREFILADO			TOTAL
	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE 4"X8"	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO POR ULTRASONIDO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
TOTAL												108	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

3.3. Diseño de Investigación

Diseño de investigación experimental; ya que se recolecto datos, de las muestras tomadas en la cantera "Trapiche" para luego ser analizados mediante ensayos de laboratorio para responder las preguntas de la investigación y cumplir con los objetivos propuestos.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

La presente investigación desarrolla la técnica de observación y análisis para la situación por la que experimenta el concreto con adición de fibras de acero por los resultados del módulo de elasticidad dinámico de un ensayo no destructivo, es por esto que previamente para efectuar una buena dosificación de hormigón y lograr una resistencia requerida para el proyecto se necesita de los siguientes ensayos como parte profesional que debe conocer y trabajar un ingeniero civil.

3.4.1. Técnicas

- Toma de muestras de agregados
- Análisis de las características del agregado grueso y fino.
- Diseño de mezclas usando el método del ACI.

- Ensayos de concreto en fresco.
- Ensayos de concreto endurecido.
- Ensayos no destructivos con el equipo de resonancia ultrasónica “Pundit ® Lab”.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se recopilará la información mediante los siguientes instrumentos:

- Datos de las canteras analizadas en el laboratorio.
- Hoja técnica de las fibras de acero trefilados Sika® Fiber CHO 80/60 NB.
- Laboratorio especializado de ensayo de materiales.
- Se llevará un registro con cámara fotográfica.
- Se almacenará en disco duro externo toda la información para la investigación.
- Formatos del laboratorio especializado.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

El procesar y analizar los datos recopilados se desarrollará por etapas.

- **Análisis previo:**

Se determinará la densidad real del cemento que se va a utilizar en los ensayos propuestos.

Se determinará la densidad real de los agregados gruesos y finos para comprobar si el material es apto para trabajar según la cantera.

Se interpretará los resultados de ensayos realizados a los agregados gruesos y finos.

- **Dosificación:**

Se establecerá una dosificación adecuada, para realizar los testigos cilindros o probetas a ensayar y así obtener una resistencia a la compresión admisible.

Se determinará los porcentajes de agua, para las diferentes dosificaciones que se realizarán, dependiendo el tipo de cilindro o probeta que se producirá con los porcentajes propuestos (patrón. 1.5%, 3% y 4.5%) en los diferentes días de elaboración de probetas y curado de las mismas.

- **Curado:**

Se verificará e identificará los cilindros o probetas, para determinar los días de curado que tendrá el hormigón la fecha del ensayo a compresión y tracción de dichas probetas.

- **Ensayos:**

Ensayar los cilindros de 10*20 o probetas en los días previstos, teniendo en cuenta que hay que sacar del cuarto de curado una hora antes de realizar el ensayo en la máquina de compresión.

Se determinará la resistencia a compresión de las probetas propuestas, con su determinado porcentaje, días de curado y diferentes porcentajes de adición de fibra de acero como un control de calidad.

Se determinará el módulo de elasticidad dinámico a diferentes porcentajes de adición de fibra de acero en los días secuenciales programados, con el equipo de ultrasonido Pundit ® Lab.

Realizar un análisis y revisión crítica de la información recogida.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de Investigación

Se realizó una investigación respecto al análisis del módulo de elasticidad dinámico de un concreto $F'c$ 280 kg/cm², y se agregaron fibras de acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%, marca Sika® Fiber CHO 80/60 NB. El presente estudio tiene como objetivo determinar la variación del módulo de elasticidad dinámico para nuestro concreto, adicionando el aditivo mencionado anteriormente, posteriormente a ello elaborar una comparativa de ensayos destructivos y no destructivos; con lo cual aspiramos encontrar respuestas mediante el análisis del módulo de elasticidad estático, usando el compresómetro y hallar el módulo de elasticidad dinámico usando el equipo de resonancia ultrasónico Pundit ® Lab.

Para poder hallar dicho módulo, primero se va a realizar el análisis de las características de los agregados finos y gruesos extraídos de la Cantera "Trapiche" ubicada en Lima, para ello hicimos uso de Norma Técnica Peruana NTP 400.012.; se seleccionó el total de especímenes de hormigón necesarias referenciándonos en la Norma ASTM C-192.; encontramos la resistencia a la compresión empleando cemento Sol Portland Tipo I adicionando las fibras de acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%, según la norma ASTM C-31; determinamos el módulo de elasticidad estático del concreto usando la norma ASTM C-469, con el ensayo destructivo mediante el uso del compresómetro; así como también encontramos el módulo de elasticidad dinámico del concreto basándonos la norma ASTM C-597, con el ensayo no destructivo mediante el uso del ultrasonido; finalmente evaluamos los resultados mediante tablas y gráficos comparativos de los testigos a compresión y frecuencia de resonancia ultrasónico.

4.2. Análisis e Interpretación de resultados

4.2.1. Resultado de las propiedades físicas del agregado fino y grueso

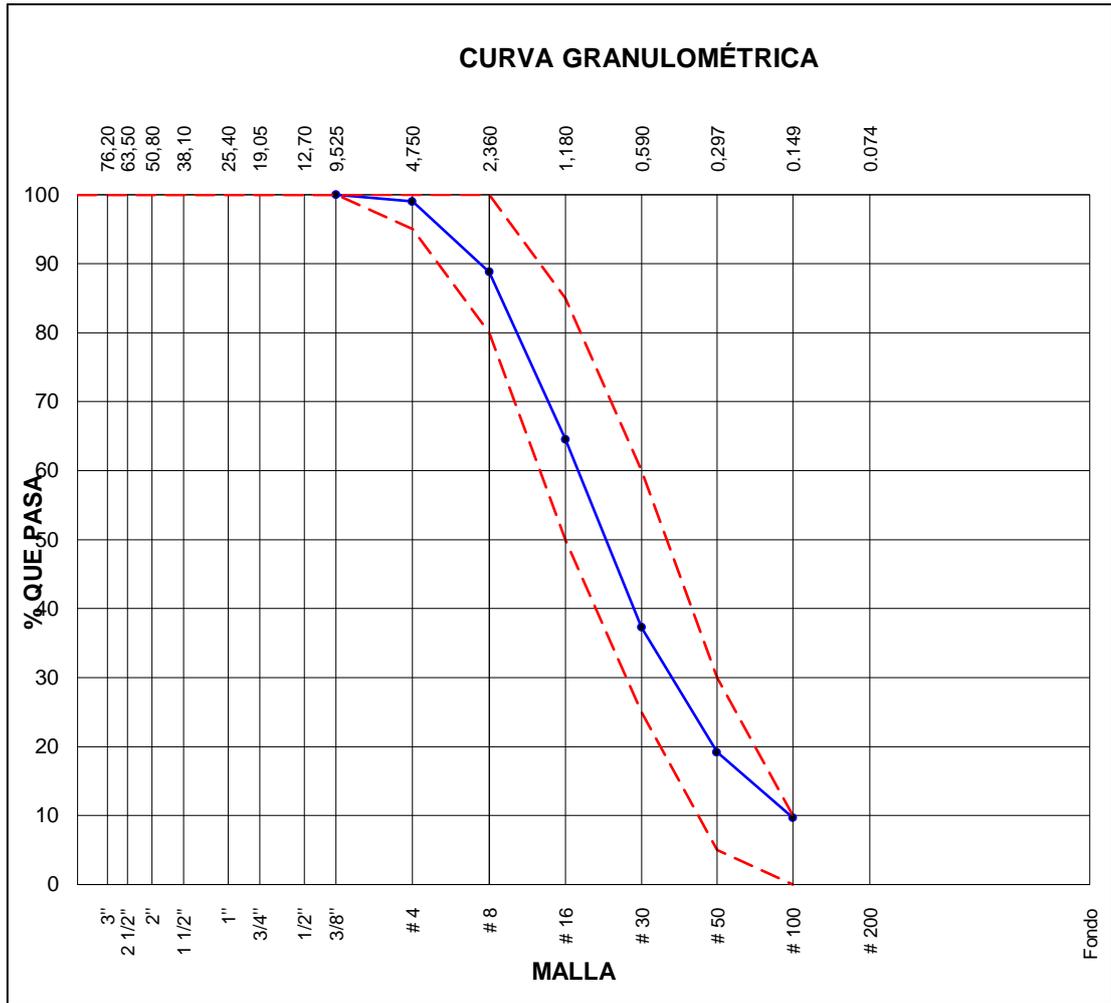
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136

Tabla 8. Granulometría del Agregado Fino ASTM C33/C33M

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136							
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%						
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina						
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina						
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad						
Material	: Agregado Fino						
Código de Muestra	: ---						
Procedencia	: Cantera Trapiche						
N° de Muestra	: ---						
AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	6.4	0.97	0.97	99.03	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	67.5	10.22	11.19	88.81	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	160.4	24.28	35.46	64.54	50.00	85.00
# 30	600 µm	180.2	27.27	62.74	37.26	25.00	60.00
# 50	300 µm	119.5	18.09	80.82	19.18	5.00	30.00
# 100	150 µm	62.7	9.49	90.31	9.69	0.00	10.00
Fondo	-	64.0	9.69	100.00	0.00	-	-
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
						MF	2.81
						TMN	---

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 8. Curva Granulometría A.F. ASTM C33/C33M-8



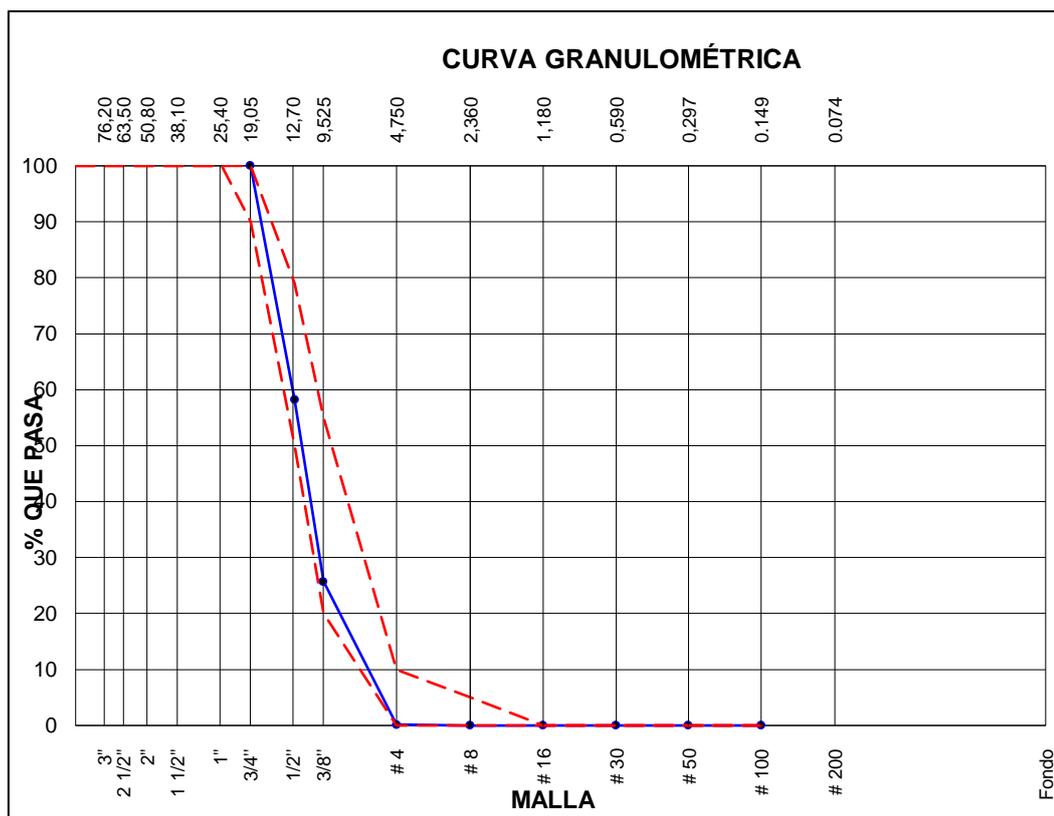
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 9. Granulometría del Agregado Grueso ASTM C33/C33m - 18

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136							
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%						
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina						
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina						
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad						
Material	: Agregado Grueso						
Código de Muestra	: ---						
Procedencia	: Cantera Trapiche						
N° de Muestra	: ---						
AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO #67							
	Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulad o Retenido	% Acumulad o que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	90.00	100.00
1/2"	12.50 mm	1532.2	41.81	41.81	58.19	50.00	79.00
3/8"	9.50 mm	1189.9	32.47	74.27	25.73	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	938.4	25.60	99.88	0.12	0.00	10.00
# 8	2.36 mm	4.1	0.11	99.99	0.01	0.00	5.00
# 16	1.18 mm	0.4	0.01	100.00	0.00	0.00	0.00
# 30	600 µm					0.00	0.00
# 50	300 µm					0.00	0.00
# 100	150 µm					0.00	0.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-
4"	100.00 mm					100.00	100.00
						MF	6.74
						TMN	1/2"

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 9. Curva Granulométrica del A.G. ASTM C33/C33m - 18



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566 – 19

Tabla 10. Contenido de Humedad de Agregado Grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	717.0	
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	4395.0	Trapiche
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	4382.0	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.4	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 11. Contenido de Humedad del Agregado Fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	154.5	
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	826.3	Trapiche
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	801.7	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.8	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17^a

Tabla 12. *Peso Unitario Suelto – Agregado Fino*

PESO UNITARIO SUELTO – AGREGADO FINO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.628	1.628	
Volumen de molde (m ³)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	6.103	5.900	
Peso de muestra suelta (kg)	4.475	4.272	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³)	1593	1521	1557

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 13. *Peso Unitario Compactado – Agregado Fino*

PESO UNITARIO COMPACTADO – AGREGADO FINO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.628	1.628	
Volumen de molde (m ³)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	6.574	6.574	
Peso de muestra suelta (kg)	4.946	4.946	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³)	1761	1761	1761

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 14. *Peso Unitario Suelto – Agregado Grueso.*

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C29 / C29M - 17^a – AGREGADO GRUESO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
PESO DE MOLDE (KG)	1.628	1.628	
VOLUMEN DE MOLDE (M ³)	0.002809	0.002809	
PESO DE MOLDE + MUESTRA SUELTA (KG)	5.660	5.646	
PESO DE MUESTRA SUELTA (KG)	4.032	4.018	
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M³)	1435	1430	1433

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 15. Peso Unitario Compactado – Agregado Grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO ASTM C29 / C29M - 17^a – AGREGADO GRUESO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
PESO DE MOLDE (KG)	1.628	1.628	
VOLUMEN DE MOLDE (M3)	0.002809	0.002809	
PESO DE MOLDE + MUESTRA SUELTA (KG)	6.064	6.072	
PESO DE MUESTRA SUELTA (KG)	4.436	4.444	
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)	1579	1582	1581

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15

Tabla 16. Determinación del peso específico y absorción del A.F.

IDENTIFICACIÓN	1
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS) 500.0
B	Peso Frasco + agua 670.8
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS 985.7
D	Peso del Mat. Seco 492.2
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$	2.66
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$	2.70
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$	2.78
% Absorción = $100*((A-D)/D)$	1.6

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C127-15

Tabla 17. Datos muestra densidad relativa y absorción de A.G.

	DATOS	A
1	PESO DE LA MUESTRA SSS	2074.0
2	PESO DE LA MUESTRA SSS SUMERGIDA	1353.3
3	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	2057.0

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 18. Resultados densidad relativa y absorción de A.G.

	RESULTADOS	1
	PESO ESPECIFICO DE MASA	2.854
	PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S.	2.878
	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.923
	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.8

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.2. Diseño de mezcla de Concreto según Método del ACI 211.1

A) Dosificación y Diseño de mezcla del Concreto - Patrón

Tabla 19. Diseño de Mezclas de Concreto Método ACI 211 – Patrón

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211	
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad
Material Agregado	: Agregado Grueso
Procedencia	: Ag. Grueso/ Ag. Fino
Cemento	: Cantera Trapiche
	: Cemento Sol Tipo I

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

a. Relación agua cemento - Patrón

$$R \text{ a/c} = 0.48 - \text{¿Por durabilidad? NO}$$

b. Determinación del Volumen del Agua - Patrón

Agua = 260 L

c. Cantidad de aire atrapado - Patrón

Aire atrapado = 2.5 %

d. Datos del Laboratorio:

Tabla 20. Datos de la Muestra I - Patrón

INSUMO	PESO ESPECÍFICO
CEMENTO SOL TIPO I	3110 kg/m ³
AGUA	1000 kg/m ³
0.0%	
0.0%	
AGREGADO GRUESO	2878 kg/m ³
AGREGADO FINO	2701 kg/m ³
AGREGADO FINO RECICLADO	0 kg/m ³
FIBRA DE PAJA DE TRIGO	0.00 kg/m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 21. Datos de la Muestra II - Patrón

HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2"
3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 22. Procesamiento de Datos - Patrón

0.55	2.80		
X	2.81		
0.53	3.00		
0.02	-0.20		
X - 0.53	-0.19		
0.549	= 868 kg	0.30159	55.82%
			44.18%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 23. Equipo Utilizado - Patrón

EQUIPO UTILIZADO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
EQUIPO			
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2018	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2018	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2018	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2018	CDR-A18-343

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Diseño de mezclas de concreto - diseño comprobado referencia ACI**211.1 - Patrón**

- a. Resistencia a la compresión requerida – Patrón

$$F'_{cr} = 364$$

- b. Relación agua cemento – Patrón

$$R_{a/c} = 0.48$$

$$R_{a/cte} = 0.48$$

- c. Determinación del volumen de agua – Patrón

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- d. Cantidad de aire atrapado – Patrón

$$\text{Aire} = 2.5 \%$$

- e. Cálculo de la cantidad de cemento – Patrón

$$\text{Cemento} = 542 \text{ Kg.} = 12.8 \text{ Bolsas} \times m^3$$

- f. Adiciones - Patrón

No Aplica

- g. Fibras – Patrón

No Aplica

- h. Aditivos – Patrón

No Aplica

i. Cálculos del volumen de agregados – Patrón

Tabla 24. Datos de proporción de Agregados Secos – Patrón

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1744 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2603 m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 25. Cálculos del volumen de Agregados Secos – Patrón

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						
Aire atrapado ≈ 2.5%	---	0.0250 m ³	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
Agregado grueso	2878 kg/m ³	0.3016 m ³	0.40%	0.80%	6.74	1433	1581	1/2"
Agregado fino	2701 kg/m ³	0.2387 m ³	3.80%	1.60%	2.81	1557	1761	---
Fibra de acero	----	0.0000 m ³	0.00%	0.00%	0	0	0	---
Volumen de pasta		0.4597 m ³						
Volumen de agregados		0.5403 m ³						

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

j. Proporción de agregados secos – Patrón

Tabla 26. Proporción de Agregados Secos – Patrón

Agregado grueso	55.8%	≈ 0.3016 m ³	≈ 868 kg
Agregado fino	44.2%	≈ 0.2387 m ³	≈ 645 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

k. Peso húmedo de los agregados - Corrección por humedad – Patrón

Tabla 27. Peso Húmedo de los Agregados – Patrón

Agregado grueso	871 kg
Agregado fino	669 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

l. Proporción en volumen de obra – Patrón

Agua – 250 L

m. Proporción en volumen de obra – Patrón

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 1.2 : 1.7 : 19.6 L

n. Resumen de proporciones en peso – Patrón

Tabla 28. *Resumen de proporciones en peso – Patrón*

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	542 kg	542 kg
AGUA	260 L	250 L
AGREGADO GRUESO	868 kg	871 kg
AGREGADO FINO	645 kg	669 kg
PUT		2333 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

o. Tanda de prueba mínima – Patrón

Tabla 29. *Tanda de prueba mínima – Patrón*

TANDA DE PRUEBA MÍNIMA	0.030 m³
COMPONENTE	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	16.271 kg
AGUA	7.489L
AGREGADO GRUESO	26.143 kg
AGREGADO FINO	20.075 kg
SLUMP OBTENIDO	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

B) Dosificación y Diseño de mezcla del Concreto - 1.5% fibra de acero trefilado

Tabla 30. Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211 – 1.5% F.A.T.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211	
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad
Material Agregado	: Agregado Grueso
Procedencia	: Ag. Grueso/ Ag. Fino
Cemento	: Cantera Trapiche
	: Cemento Sol Tipo I

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- a. Relación Agua Cemento - 1.5% fibra de acero trefilado

$$R \text{ a/c} = 0.48 - \text{¿Por durabilidad? NO}$$

- b. Determinación del Volumen del Agua - 1.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- c. Cantidad de aire atrapado - 1.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Aire atrapado} = 2.5 \%$$

- d. Datos del Laboratorio:

Tabla 31. Datos de la Muestra I - 1.5% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO
CEMENTO SOL TIPO I	3110 kg/m ³
AGUA	1000 kg/m ³
0.0%	
0.0%	
AGREGADO GRUESO	2878 kg/m ³
AGREGADO FINO	2701 kg/m ³
AGREGADO FINO RECICLADO	0 kg/m ³
FIBRA DE PAJA DE TRIGO	0.00 kg/m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 32. Datos de la Muestra II- 1.5% F.A.T.

HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2"
3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 33. Procesamiento de Datos - 1.5% F.A.T.

0.55	2.80		
X	2.81		
0.53	3.00		
0.02	-0.20		
X - 0.53	-0.19		
0.549	= 868 kg	0.30159	55.82%
			44.18%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 34. Equipo Utilizado - 1.5% F.A.T.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2018	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2018	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2018	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2018	CDR-A18-343

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Diseño de mezclas de concreto - Diseño comprobado referencia ACI

211.1 – 1.5% fibra de acero trefilado

- a. Resistencia a la compresión requerida – 1.5% fibra de acero trefilado

$$F'_{cr} = 364$$

- b. Relación agua cemento – 1.5% fibra de acero trefilado

$$R_{a/c} = 0.48$$

$$R_{a/cte} = 0.48$$

- c. Determinación del volumen de agua – 1.5% fibra de acero trefilado

Agua = 260 L

d. Cantidad de aire atrapado – 1.5% fibra de acero trefilado

Aire = 2.5 %

e. Cálculo de la cantidad de cemento – 1.5% fibra de acero trefilado

Cemento = 542 Kg. = 12.8 Bolsas x m^3

f. Adiciones – 1.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

g. Fibras – 1.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

h. Aditivos – 1.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

i. Cálculos del volumen de agregados – 1.5% fibra de acero trefilado

Tabla 35. *Datos de proporción de Agregados Secos – 1.5% F.A.T.*

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento	3110 kg/m ³	0.1744 m ³
Sol Tipo I		
Agua	1000 kg/m ³	0.2603 m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 36. Cálculo Volumen de Agregados Secos – 1.5% F.A.T.

INSUM O	PESO ESPECÍFI CO	VOLUME N ABSOLU TO	HUMED AD	ABSORCI ÓN	MÓD. FINE ZA	P.U. SUEL TO	P.U. COMPACT ADO	TMN
Aire atrapa do ≈ 2.5%	---	0.0250 m3						
Agrega do grueso	2878 kg/m3	0.3016 m3	0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2 "
Agrega do fino	2701 kg/m3	0.2387 m3	3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
Fibra de acero	----	0.0000 m3	0.0%	0.0%	0	0	0	---
Volumen de pasta		0.4597 m3						
Volumen de agregados		0.5403 m3						

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

j. Proporción de agregados secos – 1.5% fibra de acero trefilado

Tabla 37. Proporción de Agregados Secos – 1.5 % F.A.T.

Agregado grueso	55.8%	≈ 0.3016 m3	≈ 868 kg
Agregado fino	44.2%	≈ 0.2387 m3	≈ 645 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

k. Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad – 1.5% fibra de acero trefilado.

Tabla 38. Peso Húmedo de los Agregados – 1.5 % F.A.T.

Agregado grueso	871 kg
Agregado fino	669 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

l. Proporción en volumen de obra – 1.5% fibra de acero trefilado

Agua – 250 L

m. Proporción en volumen de obra – 1.5% fibra de acero trefilado

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 1.2 : 1.7 : 19.6 L

n. Resumen de proporciones en peso – 1.5% fibra de acero trefilado

Tabla 39. Resumen Proporciones en peso – 1.5 % F.A.T.

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	542 kg	542 kg
FIBRA DE ACERO	30 kg	30 kg
AGUA	260 L	250 L
AGREGADO GRUESO	868 kg	871 kg
AGREGADO FINO	645 kg	669 kg
PUT		2363 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

o. Tanda de prueba mínima – 1.5% fibra de acero trefilado

Tabla 40. Tanda Prueba Mínima – 1.5 % F.A.T.

TANDA DE PRUEBA MÍNIMA	0.030 m3
COMPONENTE	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	16.271 kg
AGUA	7.491L
AGREGADO GRUESO	26.143 kg
AGREGADO FINO	20.073 kg
FIBRA DE ACERO	0.9 kg
SLUMP OBTENIDO	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

C) Dosificación y Diseño de mezcla del Concreto – 3.0% fibra de acero trefilado

Diseño de mezclas de concreto método del ACI 211 - 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 41. Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211– 3.0% F.A.T.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211	
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad
Material	: Agregado Grueso
Agregado	: Ag. Grueso/ Ag. Fino
Procedencia	: Cantera Trapiche
Cemento	: Cemento Sol Tipo I

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- a. Relación Agua Cemento - 3.0% fibra de acero trefilado

$$R \text{ a/c} = 0.48 - \text{¿Por durabilidad? NO}$$

- b. Determinación del Volumen del Agua - 3.0% fibra de acero trefilado

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- c. Cantidad de aire atrapado - 3.0% fibra de acero trefilado

$$\text{Aire atrapado} = 2.5 \%$$

d. Datos del Laboratorio:

Tabla 42. Datos de la Muestra I - 3.0% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO
CEMENTO SOL TIPO I	3110 kg/m ³
AGUA	1000 kg/m ³
0.0%	
0.0%	
AGREGADO GRUESO	2878 kg/m ³
AGREGADO FINO	2701 kg/m ³
AGREGADO FINO RECICLADO	0 kg/m ³
FIBRA DE PAJA DE TRIGO	0.00 kg/m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 43. Datos de la Muestra II- 3.0% F.A.T.

HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2"
3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 44. Procesamiento de Datos - 3.0% F.A.T.

0.55	2.80		
X	2.81		
0.53	3.00		
0.02	-0.20		
X - 0.53	-0.19		
0.549	= 868 kg	0.30159	55.82%
			44.18%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 45. Equipo Utilizado - 3.0% F.A.T.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2018	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2018	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2018	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2018	CDR-A18-343

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Diseño de mezclas de concreto - Diseño comprobado referencia ACI**211.1 – 3.0% fibra de acero trefilado**

- a. Resistencia a la compresión requerida – 3.0% fibra de acero trefilado

$$F'_{cr} = 364$$

- b. Relación agua cemento – 3.0% fibra de acero trefilado

$$R_{a/c} = 0.48$$

$$R_{a/cte} = 0.48$$

- c. Determinación del volumen de agua – 3.0% fibra de acero trefilado

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- d. Cantidad de aire atrapado – 3.0% fibra de acero trefilado

$$\text{Aire} = 2.5 \%$$

- e. Cálculo de la cantidad de cemento – 3.0% fibra de acero trefilado

$$\text{Cemento} = 542 \text{ Kg.} = 12.8 \text{ Bolsas} \times m^3$$

- f. Adiciones – 3.0% fibra de acero trefilado

No Aplica

- g. Fibras – 3.0% fibra de acero trefilado

No Aplica

- h. Aditivos – 3.0% fibra de acero trefilado

No Aplica

i. Cálculos del volumen de agregados – 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 46. Datos de proporción de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1744 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2603 m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 47. Cálculo volumen de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FIN EZA	P.U. SUE LTO	P.U. COMPAC TADO	TM N
Aire atrapado ≈ 2.5%	---	0.0250 m ³						
Agregado grueso	2878 kg/m ³	0.3016 m ³	0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2"
Agregado fino	2701 kg/m ³	0.2387 m ³	3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
Fibra de acero	----	0.0000 m ³	0.0%	0.0%	0	0	0	---
Volumen de pasta		0.4597 m³						
Volumen de agregados		0.5403 m³						

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

j. Proporción de agregados secos – 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 48. Proporción de Agregados Secos – 3.0% F.A.T.

Agregado grueso	55.8%	≈ 0.3016 m ³	≈ 868 kg
Agregado fino	44.2%	≈ 0.2387 m ³	≈ 645 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- k. Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad – 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 49. Peso Húmedo de los Agregados - 3.0% F.A.T.

Agregado grueso	871 kg
Agregado fino	669 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- l. Proporción en volumen de obra – 3.0% fibra de acero trefilado

Agua – 250 L

- m. Proporción en volumen de obra – 3.0% fibra de acero trefilado

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 1.2 : 1.7 : 19.6 L

- n. Resumen de proporciones en peso – 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 50. Resumen Proporciones en peso - 3.0% F.A.T.

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	542 kg	542 kg
FIBRA DE ACERO	60 kg	60 kg
AGUA	260 L	250 L
AGREGADO GRUESO	868 kg	871 kg
AGREGADO FINO	645 kg	669 kg
PUT		2393 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- o. Tanda de prueba mínima – 3.0% fibra de acero trefilado

Tabla 51. Tanda de prueba mínima – 3.0% F.A.T.

TANDA DE PRUEBA MÍNIMA	0.030 m3
COMPONENTE	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	16.271 kg
AGUA	7.491L
AGREGADO GRUESO	26.143 kg
AGREGADO FINO	20.073 kg
FIBRA DE ACERO	1.8 kg
SLUMP OBTENIDO	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

D) Dosificación y Diseño de mezcla del Concreto – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 52. Datos Generales Diseño Mezclas ACI 211 – 4.5% F.A.T.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211	
Proyecto:	: Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%
Solicitante	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Atención	: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
Ubicación de Proyecto	: Trujillo, La Libertad
Material	: Agregado Grueso
Agregado	: Ag. Grueso/ Ag. Fino
Procedencia	: Cantera Trapiche
Cemento	: Cemento Sol Tipo I

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

- a. Relación Agua Cemento - 4.5% fibra de acero trefilado

$$R \text{ a/c} = 0.48 - \text{¿Por durabilidad? NO}$$

- b. Determinación del Volumen del Agua - 4.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- c. Cantidad de aire atrapado - 4.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Aire atrapado} = 2.5 \%$$

d. Datos del Laboratorio:

Tabla 53. Datos de la Muestra I - 4.5% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO
CEMENTO SOL TIPO I	3110 kg/m ³
AGUA	1000 kg/m ³
0.0%	
0.0%	
AGREGADO GRUESO	2878 kg/m ³
AGREGADO FINO	2701 kg/m ³
AGREGADO FINO RECICLADO	0 kg/m ³
FIBRA DE PAJA DE TRIGO	0.00 kg/m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 54. Datos de la Muestra II - 4.5% F.A.T.

HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/2"
3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---
0.0%	0.0%	0	0	0	---

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 55. Procesamiento de Datos - 4.5% F.A.T.

0.55	2.80		
X	2.81		
0.53	3.00		
0.02	-0.20		
X - 0.53	-0.19		
0.549	= 868 kg	0.30159	55.82%
			44.18%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 56. Equipo Utilizado - 4.5% F.A.T.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2018	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2018	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2018	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2018	CDR-A18-343

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Diseño de mezclas de concreto - Diseño comprobado referencia ACI**211.1 – 4.5% fibra de acero trefilado**

- a. Resistencia a la compresión requerida – 4.5% fibra de acero trefilado

$$F'_{cr} = 364$$

- b. Relación agua cemento – 4.5% fibra de acero trefilado

$$R_{a/c} = 0.48$$

$$R_{a/cte} = 0.48$$

- c. Determinación del volumen de agua – 4.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Agua} = 260 \text{ L}$$

- d. Cantidad de aire atrapado – 4.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Aire} = 2.5 \%$$

- e. Cálculo de la cantidad de cemento – 4.5% fibra de acero trefilado

$$\text{Cemento} = 542 \text{ Kg.} = 12.8 \text{ Bolsas} \times m^3$$

- f. Adiciones – 4.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

- g. Fibras – 4.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

- h. Aditivos – 4.5% fibra de acero trefilado

No Aplica

i. Cálculos del volumen de agregados – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 57. Datos de proporción de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1744 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2603 m ³

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 58. Cálculo Volumen de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.

INSUM O	PESO ESPECÍFI CO	VOLUME N ABSOLU TO	HUMED AD	ABSORCI ÓN	MÓD. FINE ZA	P.U. SUEL TO	P.U. COMPACT ADO	TMN
Aire atrapa do ≈ 2.5%	---	0.0250 m ³						
Agrega do grueso	2878 kg/m ³	0.3016 m ³	0.4%	0.8%	6.74	1433	1581	1/ 2"
Agrega do fino	2701 kg/m ³	0.2387 m ³	3.8%	1.6%	2.81	1557	1761	---
Fibra de acero	----	0.0000m 3	0.0%	0.0%	0	0	0	---
Volumen de pasta		0.4597 m³						
Volumen de agregados		0.5403 m³						

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

j. Proporción de agregados secos – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 59. Proporción de Agregados Secos – 4.5% F.A.T.

Agregado grueso	55.8%	≈ 0.3016 m ³	≈ 871 kg
Agregado fino	44.2%	≈ 0.2387 m ³	≈ 669 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

k. Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 60. Peso Húmedo de los Agregados – 4.5% F.A.T.

Agregado grueso	871 kg
Agregado fino	669 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

l. Proporción en volumen de obra – 4.5% fibra de acero trefilado

Agua – 250 L

m. Proporción en volumen de obra – 4.5% fibra de acero trefilado

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 1.2 : 1.7 : 19.6 L

n. Resumen de proporciones en peso – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 61. Resumen Proporciones en peso – 4.5% F.A.T.

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	542 kg	542 kg
FIBRA DE ACERO	90 kg	90 kg
AGUA	260 L	250 L
AGREGADO GRUESO	868 kg	871 kg
AGREGADO FINO	645 kg	669 kg
PUT		2423 kg

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

o. Tanda de prueba mínima – 4.5% fibra de acero trefilado

Tabla 62. Tanda Prueba Mínima – 4.5% F.A.T.

TANDA DE PRUEBA MÍNIMA	0.030 m3
COMPONENTE	PESO HÚMEDO
CEMENTO SOL TIPO I	16.271 kg
AGUA	7.491L
AGREGADO GRUESO	26.143 kg
AGREGADO FINO	20.073 kg
FIBRA DE ACERO	2.7 kg
SLUMP OBTENIDO	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.3. Resultados de la resistencia a la Compresión del Concreto

A) Ensayo de Compresión norma ASTM C39 – F'c=280 kg/cm² – Patrón

Tabla 63. Ens. Compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm²-07 días-Patrón

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
POR:									
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - PATRÓN								
MUESTRAS:	3								
PROBETA	ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm ² EDAD 07 DÍAS P. ENDURECIDA								
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	9.96	20.00	77.91	0.002	5	2.01	17065.0	219.03	78.2%
P-2	9.87	20.00	76.51	0.002	5	2.00	17696.0	231.29	82.6%
P-3	9.99	20.00	78.38	0.002	6	2.03	18465.0	235.57	84.1%
PROMEDIO	9.94	20.00	77.60	0.002	5	2.01	17742.00	228.63	81.7%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 64. Ens. Compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-14 días-Patrón

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
POR:									
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - PATRÓN								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm ² EDAD 14 DÍAS P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	9.99	20.00	78.38	0.002	3	2.00	21888.0	279.24	99.7%
P-2	10.02	20.00	78.85	0.002	5	2.00	21976.0	278.69	99.5%
P-3	9.96	20.00	77.91	0.002	5	2.01	21349.0	274.01	97.9%
PROMEDIO	9.99	20.00	78.38	0.002	4	2.00	21737.67	277.32	99.0%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 65. Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-28 días-Patrón

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trellado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
POR:									
ESFUERZO:	280 kg/cm ² · PATRÓN								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 28 DÍAS									
P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	9.88	20.00	76.66	0.002	3	2.02	24932.0	325.20	116.1%
P-2	10.01	20.00	78.70	0.002	5	2.00	25025.0	317.99	113.6%
P-3	9.81	20.00	75.58	0.002	5	2.04	23302.0	308.29	110.1%
PROMEDIO	9.90	20.00	76.98	0.002	4	2.02	24419.67	317.16	113.3%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 66. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7, 14 y 28 días-Patrón

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trellado al 1.5%, 3% y 4.5%"

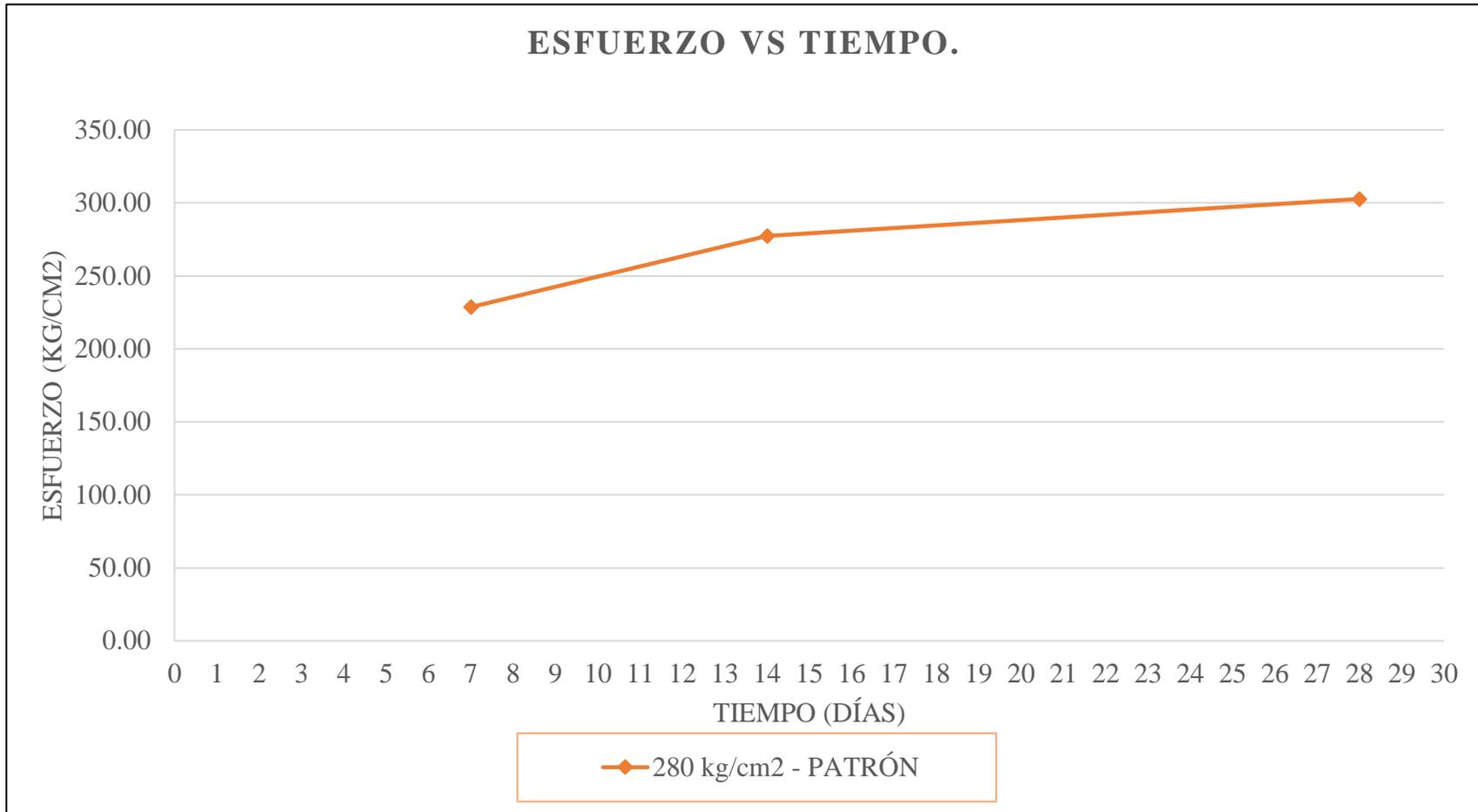
ORIGEN: CANTERA TRAPICHE
REALIZADO: POR: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
ESFUERZO: 280 kg/cm²- PATRÓN
MUESTRAS: 3

RESUMEN EN PROMEDIO DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - EDAD 7, 14, 28 DÍAS

PROBETA DÍAS DE ROTURA	DIAM. (cm)	ALT (cm)	AREA (cm ²)	VOL (cm ³)	P. ENDURECIDA	FUERZA MÁX. (Kg)	ESFUERZO (Kg/m ³)	F'c. OBT. (%)
					RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO			
7	9.94	20.00	77.60	0.002	2.01	17742.0	228.63	81.7%
14	9.99	20.00	78.38	0.002	2.00	21737.7	277.32	99.0%
28	9.90	20.00	76.98	0.002	2.04	23302.0	302.71	108.1%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 10. Gráf. Res. ASTM C39- $F'c=280$ kg/cm-7,14,28 días-Patrón



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

B) Ensayo de Compresión norma ASTM C39 – F'c=280 kg/cm²- 1.5% fibras de acero trefilado

Tabla 67. *Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm²-7 días-1.5 %*

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"

ORIGEN: CANTERA TRAPICHE
REALIZADO: POR: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
ESFUERZO: 280 kg/cm²- 1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO
MUESTRAS: 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 07 DÍAS
P. ENDURECIDA**

PROBETA

	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	10.01	20.00	78.70	0.002	5	2.00	19385.00	246.32	88.0%
P-2	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.00	17945.00	228.48	81.6%
P-3	9.97	20.00	78.07	0.002	5	2.01	18765.00	240.36	85.8%
PROMEDIO	9.99	20.00	78.43	0.002	5	2.00	18698.33	238.39	85.1%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 68. *Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-14 días-1.5%*

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
POR:									
ESFUERZO:	280 kg/cm ² · 1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 14 DÍAS									
P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	10.01	20.00	78.70	0.002	4	2.00	22807.00	289.81	103.5%
P-2	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.00	24161.00	307.63	109.9%
P-3	9.89	20.00	76.82	0.002	3	2.02	22996.00	299.34	106.9%
PROMEDIO	9.97	20.00	78.02	0.002	4	2.01	23321.33	298.93	106.8%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 69. *Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-28 días- 1.5%*

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
POR:									
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - 1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm ² EDAD 28 DÍAS P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	10.00	20.00	78.54	0.002	4	2.00	24007.00	305.67	109.2%
P-2	9.97	20.00	78.07	0.002	5	2.01	25432.00	325.76	116.3%
P-3	9.88	20.00	76.66	0.002	3	2.02	27296.00	356.04	127.2%
PROMEDIO	9.95	20.00	77.76	0.002	4	2.01	25578.33	329.16	117.6%

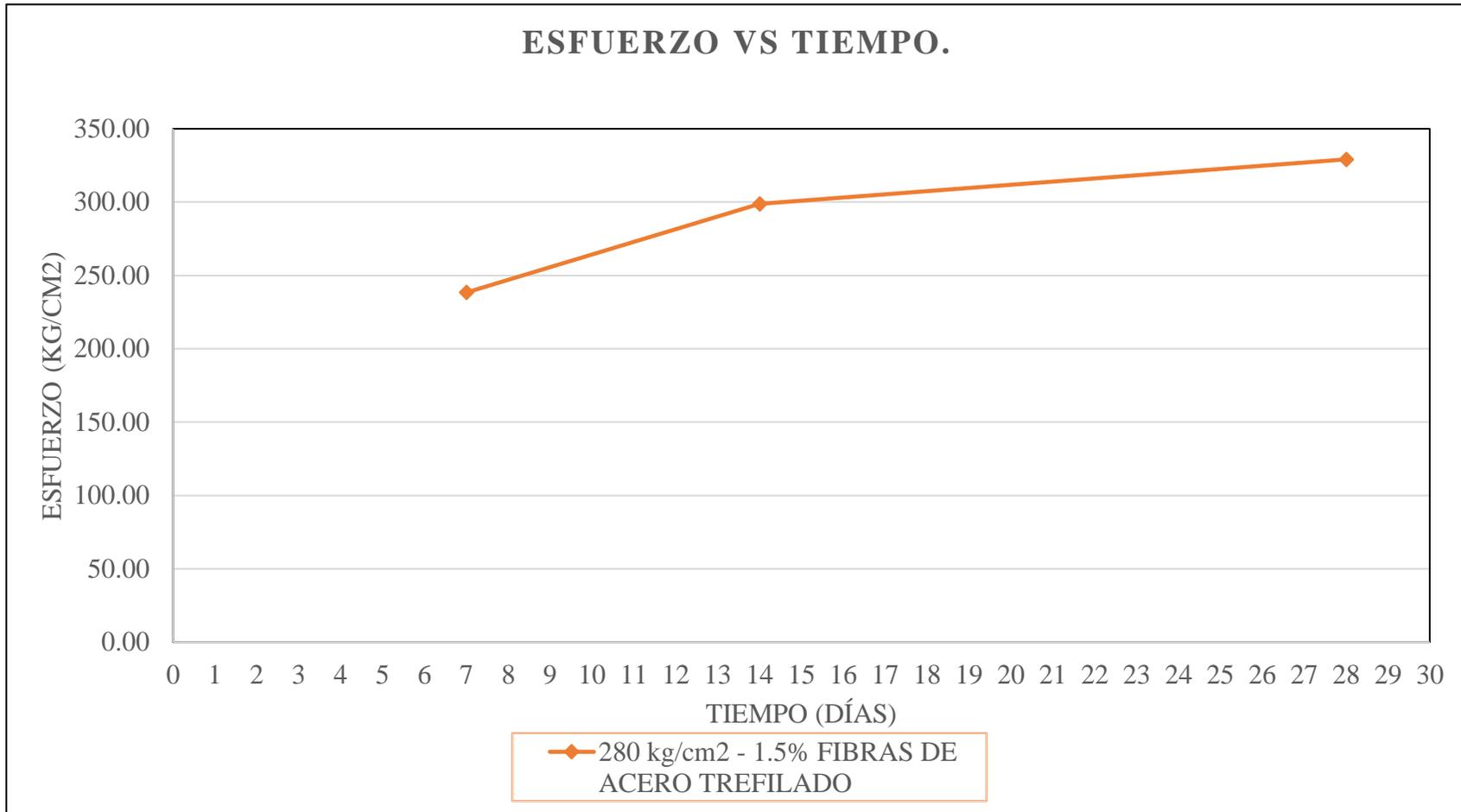
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 70. Resumen promedios ensayos de compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días – 1.5%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"								
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE							
REALIZADO:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina							
POR:								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - 1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO							
MUESTRAS:	3							
RESUMEN EN PROMEDIO DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - EDAD 7, 14, 28 DÍAS								
PROBETA	P. ENDURECIDA							
DÍAS DE ROTURA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
7	9.99	20.00	78.43	0.002	2.00	18698.3	238.39	85.1%
14	9.97	20.00	78.02	0.002	2.01	23321.3	298.93	106.8%
28	9.95	20.00	77.76	0.002	2.01	25578.3	329.16	117.6%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 11. Graf. Res. ASTM C39- $F'c=280$ kg/cm-7,14 y 28 días-1.5%



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

C) Ensayo de Compresión norma ASTM C39 – F'c=280 kg/cm² – 3.0% fibras de acero trefilado

Tabla 71. Ens. compresión ASTM C 39-F'c=280kg/cm²-07 días-3.0%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² 3.0% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 07 DÍAS P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
P-1	9.98	20.00	78.22	0.002	5	2.00	19291.00	246.61	88.1%
P-2	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.00	18972.00	241.56	86.3%
P-3	9.98	20.00	78.22	0.002	5	2.01	20896.00	267.12	95.4%
PROMEDIO	9.99	20.00	78.33	0.002	5	2.00	19719.67	251.76	89.9%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 72. Ens. compresión ASTM C 39-F´c=280kg/cm2-14 días-3.0%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F´c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² · 3.0% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F´c=280kg/cm² EDAD 14 DÍAS									
PROBETA	P. ENDURECIDA								
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F´C. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
P-1	9.79	20.00	75.27	0.002	6	2.04	23414.00	311.04	111.1%
P-2	9.98	20.00	78.22	0.002	5	2.00	25480.00	325.72	116.3%
P-3	10.03	20.00	79.01	0.002	5	1.99	27377.00	346.49	123.7%
PROMEDIO	9.93	20.00	77.50	0.002	5	2.01	25423.67	327.75	117.1%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 73. Ens. compresión ASTM C 39-F'c=280kg/cm2-28 días-3.0%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² 3.0% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 28 DÍAS									
PROBETA	P. ENDURECIDA								
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
P-1	9.89	20.00	76.82	0.002	6	2.02	24646.00	320.82	114.6%
P-2	9.91	20.00	77.13	0.002	5	2.02	26820.00	347.71	124.2%
P-3	10.01	20.00	78.70	0.002	5	2.00	29870.00	379.56	135.6%
PROMEDIO	9.94	20.00	77.55	0.002	5	2.01	27112.00	349.36	124.8%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 74. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días – 3.0%

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

“Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%”

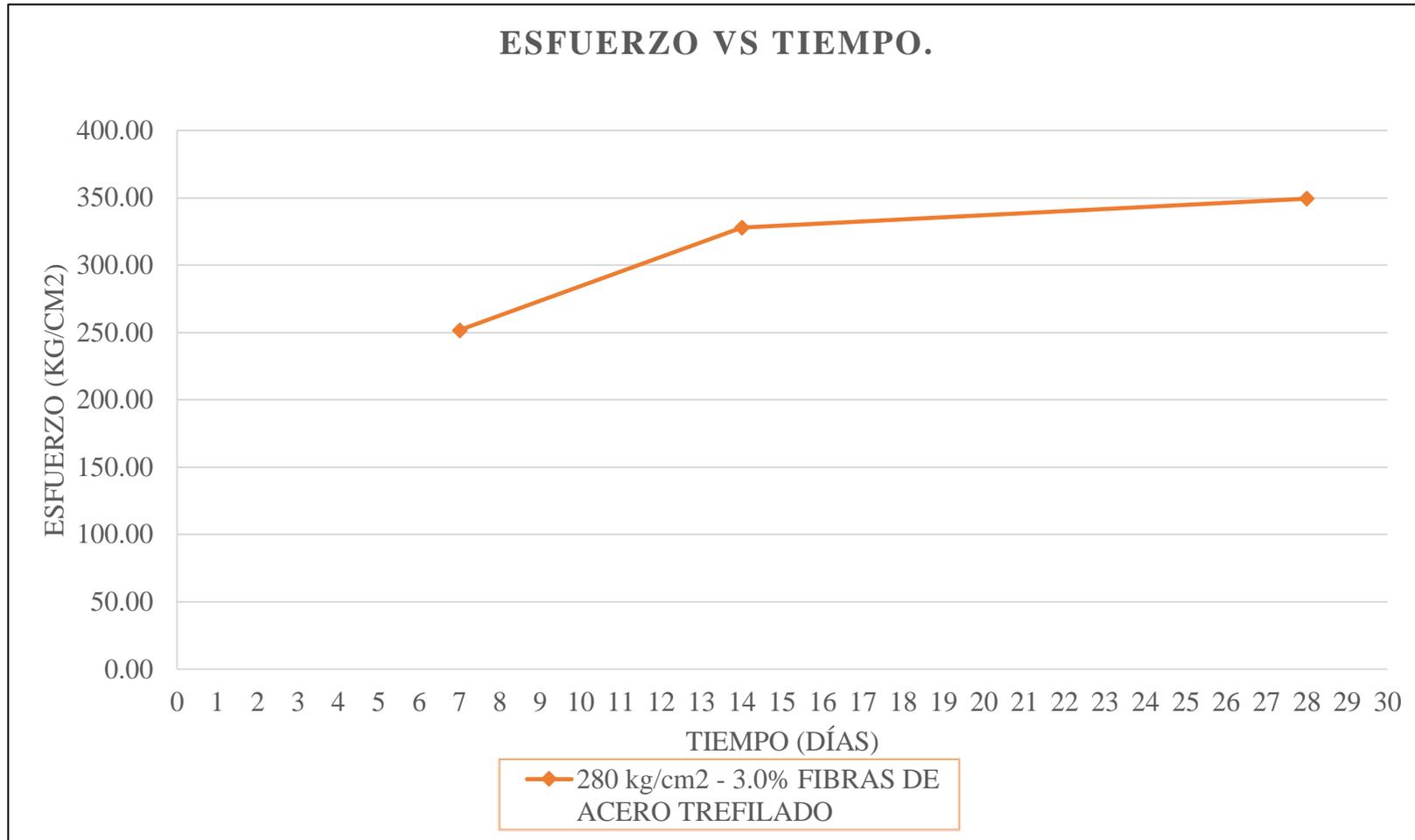
ORIGEN: CANTERA TRAPICHE
REALIZADO: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
POR:
ESFUERZO: 280 kg/cm² - 3.0% FIBRAS DE ACERO TREFILADO
MUESTRAS: 3

RESUMEN EN PROMEDIO DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - EDAD 7, 14, 28 DÍAS

PROBETA	P. ENDURECIDA								
	DÍAS DE ROTURA	DIAM. (cm)	ALT (cm)	AREA (cm ²)	VOL (cm ³)	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	FUERZA MÁX. (Kg)	ESFUERZO (Kg/m ³)	F'c. OBT. (%)
	7	9.99	20.00	78.33	0.002	2.00	19291.0	251.76	89.9%
	14	9.93	20.00	77.50	0.002	2.01	18972.0	327.75	117.1%
	28	9.94	20.00	77.55	0.002	2.01	20896.0	349.36	124.8%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 12. Graf. Res. ASTM C39- $f'_c=280$ kg/cm-7,14 y 28 días-3.0%



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

D) Ensayo de Compresión norma ASTM C39 – F'c=280 kg/cm² – 4.5% fibras de acero trefilado

Tabla 75. Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm²-07 días-4.5%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - 4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 07 DÍAS									
P. ENDURECIDA									
PROBETA	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
P-1	10.01	20.00	78.70	0.002	6	2.00	21896.00	278.23	99.4%
P-2	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.00	21492.00	273.64	97.7%
P-3	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.01	23030.00	293.23	104.7%
PROMEDIO	10.00	20.00	78.59	0.002	5	2.00	22139.33	281.70	100.6%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 76. Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-14 días-4.5%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² · 4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 14 DÍAS									
PROBETA	P. ENDURECIDA								
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
P-1	9.95	20.00	77.75	0.002	6	2.01	24327.00	312.86	111.7%
P-2	10.00	20.00	78.54	0.002	5	2.00	22730.00	289.41	103.4%
P-3	9.99	20.00	78.38	0.002	4	2.00	26158.00	333.72	119.2%
PROMEDIO	9.98	20.00	78.22	0.002	5	2.00	24405.00	312.00	111.4%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 77. Ens. compresión ASTM C39-F'c=280kg/cm2-28 días-4.5%

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES									
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm2 adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"									
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE								
REALIZADO: POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina								
ESFUERZO:	280 kg/cm ² · 4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO								
MUESTRAS:	3								
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=280kg/cm² EDAD 28 DÍAS									
PROBETA	P. ENDURECIDA								
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	TIPO	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c. OBT.
	(cm)	(cm)	(cm²)	(cm³)	FALLA	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m³)	(%)
P-1	9.88	20.00	76.66	0.002	6	2.00	22449.00	292.81	104.6%
P-2	10.01	20.00	78.70	0.002	5	2.00	23926.00	304.03	108.6%
P-3	9.98	20.00	78.22	0.002	4	2.02	27534.00	351.98	125.7%
PROMEDIO	9.96	20.00	77.86	0.002	5	2.01	24636.33	316.27	113.0%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 78. Resumen promedios ensayos compresión ASTM C39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 días – 4.5%

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $F'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"

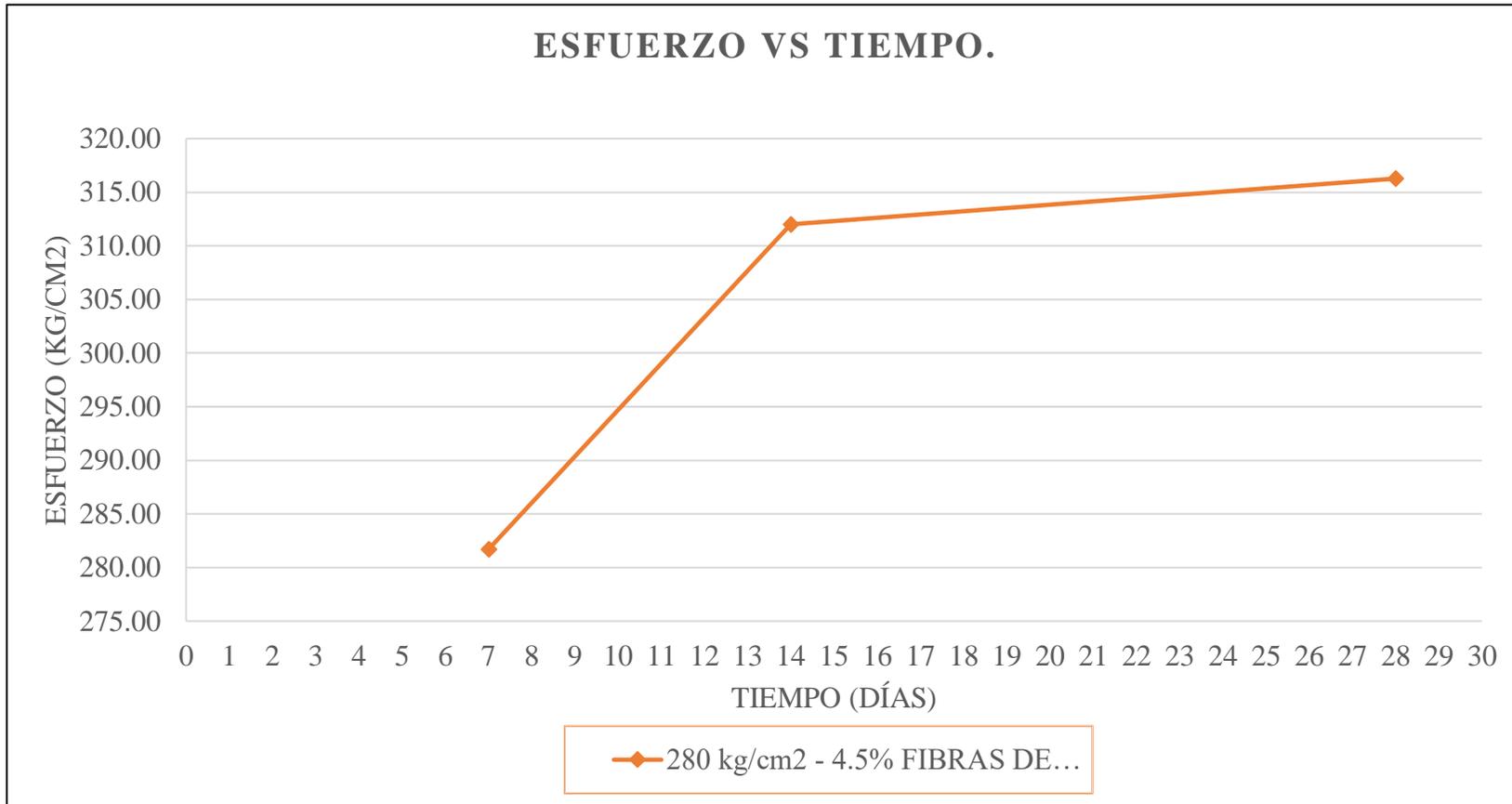
ORIGEN: CANTERA TRAPICHE
REALIZADO: Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina
POR:
ESFUERZO: 280 kg/cm² - 4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO
MUESTRAS: 3

RESUMEN EN PROMEDIO DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - EDAD 7, 14, 28 DÍAS

PROBETA	P. ENDURECIDA							
	DIAM.	ALT	AREA	VOL	RELACIÓN	FUERZA	ESFUERZO	F'c.
DÍAS DE ROTURA	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	ALTURA/DIÁMETRO	MÁX. (Kg)	(Kg/m ³)	(%)
7	10.00	20.00	78.59	0.002	2.00	22139.3	281.70	100.6%
14	9.98	20.00	78.22	0.002	2.00	24405.0	312.00	111.4%
28	9.96	20.00	77.86	0.002	2.01	24636.3	316.27	113.0%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 13. Graf. Res. ASTM C39- $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ -7, 14 y 28 días-4.5%



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

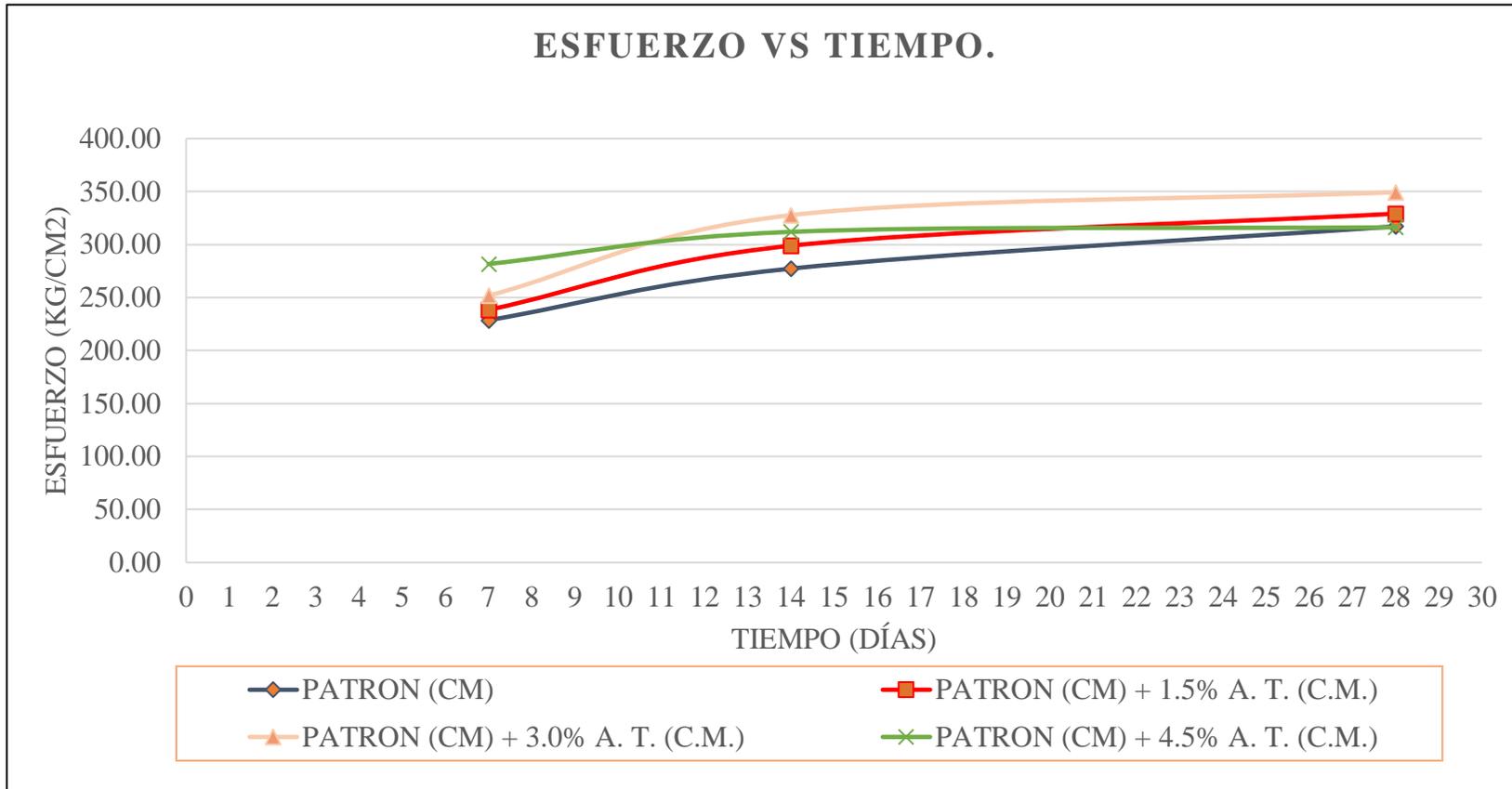
D) Resumen ensayos de Compresión norma ASTM C39 – F'c=280 kg/cm²—edad 7,14,28 días

Tabla 79. Resumen general promedios ensayos compresión ASTM C39 - F'c=280kg/cm² - 7, 14 y 28 días

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
"Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto F'c 280 kg/cm ² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%"					
ORIGEN:	CANTERA TRAPICHE				
REALIZADO POR:	Humberto Elías Gutiérrez Sifuentes / Jeahn Carlos Portilla Medina				
ESFUERZO:	280 kg/cm ² - RESUMEN GENERAL				
MUESTRAS:	12				
RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c= 280KG/CM2					
EDAD 7,14,28 DIAS					
DÍAS DE ROTURA	PATRON	PATRON + 1.5% A. T.	PATRON + 3.0% A. T.	PATRON + 4.5% A. T.	TIPO DE FALLA
7	228.63	238.39	251.76	281.70	5
14	277.32	298.93	327.75	312.00	5
28	317.16	329.16	349.36	316.27	5

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 14. Graf. Res. general promedios Ens. Compr. ASTM C39- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7,14, y 28 días.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.4. Resultados del módulo de Elasticidad Estático del Concreto

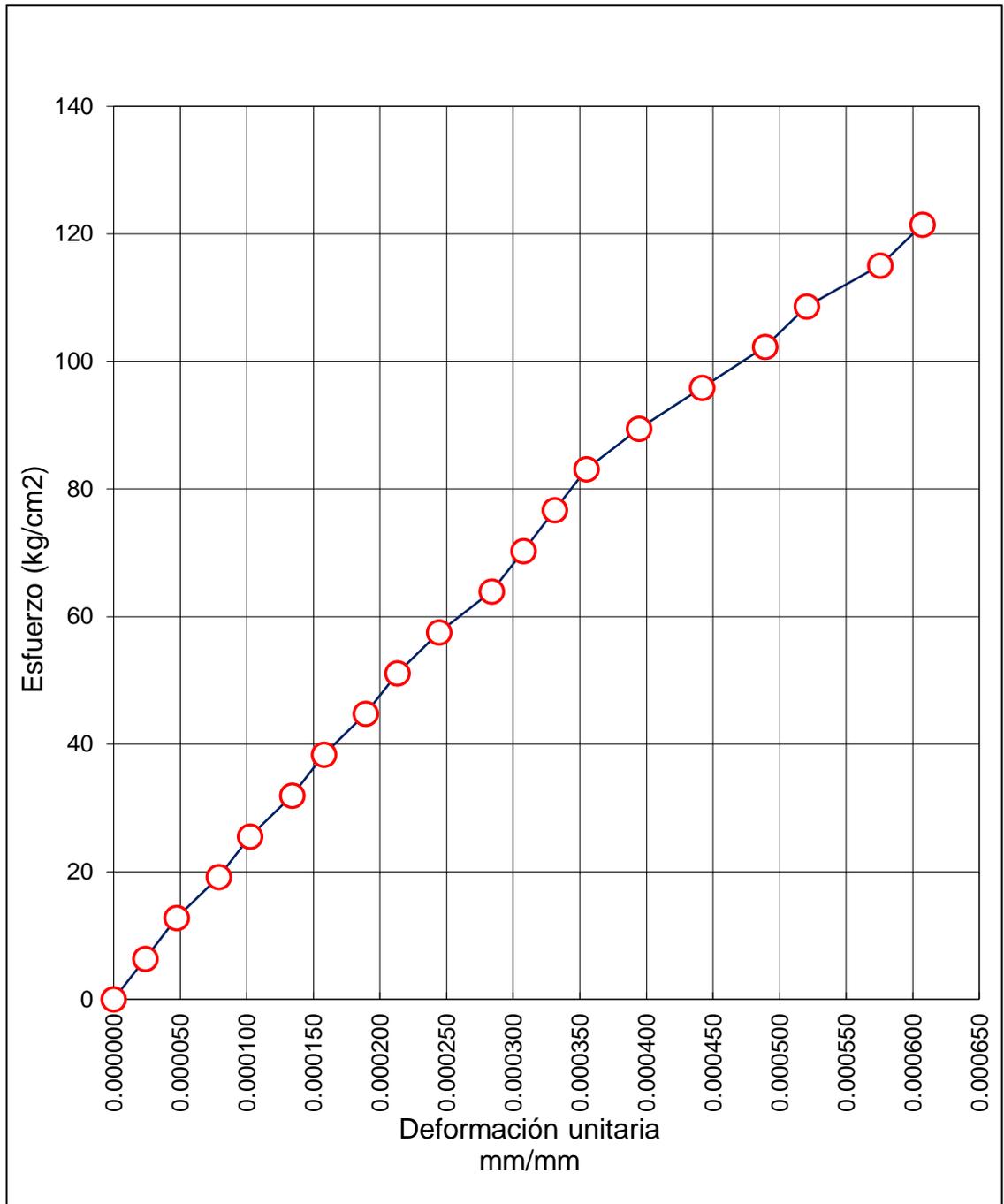
A) Ensayo de módulo de elasticidad Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – Patrón

Tabla 80. *Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-Patrón*

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	DIÁMETRO (cm):	9.98	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-16	ÁREA (cm):	78.23	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	7	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm^2)	228.01	CARGA DE ROTURA (kg):	17,836.00	
40% $f'c$ último (kg/cm^2) (S2)	91.20	40%	7,134.40	
Deformaciones				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm^2
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.003	0.000024	6.39
3	1,000.0	0.006	0.000047	12.78
4	1,500.0	0.010	0.000079	19.18
5	2,000.0	0.013	0.000102	25.57
6	2,500.0	0.017	0.000134	31.96
7	3,000.0	0.020	0.000157	38.35
8	3,500.0	0.024	0.000189	44.74
9	4,000.0	0.027	0.000212	51.13
10	4,500.0	0.031	0.000244	57.53
11	5,000.0	0.036	0.000283	63.92
12	5,500.0	0.039	0.000307	70.31
13	6,000.0	0.042	0.000330	76.70
14	6,500.0	0.045	0.000354	83.09
15	7,000.0	0.050	0.000393	89.48
16	7,500.0	0.056	0.000441	95.88
17	8,000.0	0.062	0.000488	102.27
18	8,500.0	0.066	0.000519	108.66
19	9,000.0	0.073	0.000574	115.05
20	9,500.0	0.077	0.000606	121.44
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)				13.60
$d=0.000050$ (e1)				0.00005
d A 40% de $f'c$ último (e2)				0.00039
Módulo E_c (kg/cm^2)				226250.7
Módulo E_c (Gpa)				22.28

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 15. Graf. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-Patrón

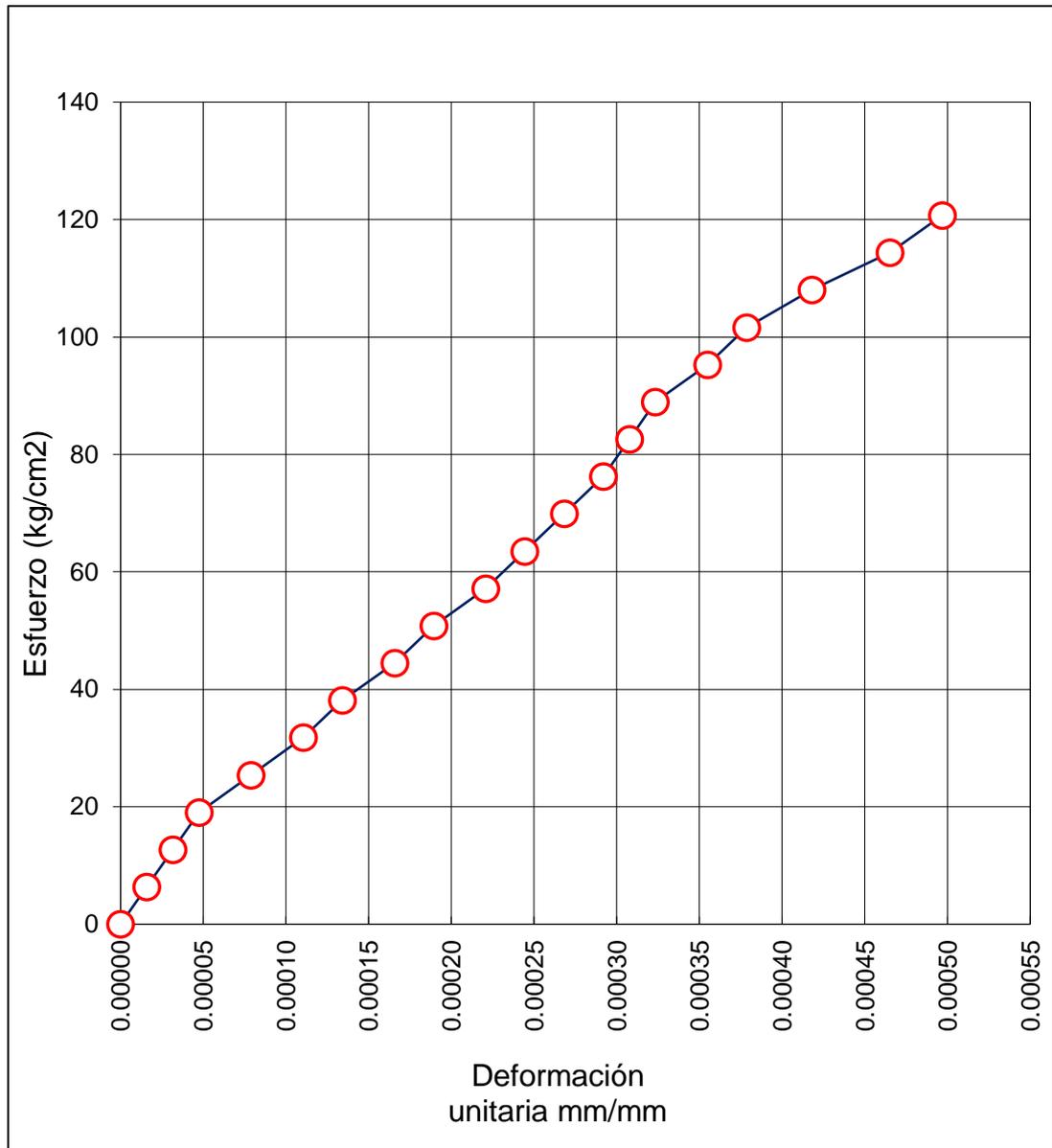


Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 81. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-Patrón

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA				
$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	DIÁMETRO (cm):	10.01	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-17	ÁREA (cm):	78.70	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	14	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	265.99	CARGA DE ROTURA (kg):	20,933.00	
40% f'c último (kg/cm ²) (S2)	106	40%	8,373.20	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect.	Carga	Deformación	Deformación	Esfuerzo
No.	kg	mm	Unitaria	kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.002	0.000016	6.35
3	1,000.0	0.004	0.000031	12.71
4	1,500.0	0.006	0.000047	19.06
5	2,000.0	0.010	0.000079	25.41
6	2,500.0	0.014	0.000110	31.77
7	3,000.0	0.017	0.000134	38.12
8	3,500.0	0.021	0.000165	44.47
9	4,000.0	0.024	0.000189	50.83
10	4,500.0	0.028	0.000220	57.18
11	5,000.0	0.031	0.000244	63.53
12	5,500.0	0.034	0.000268	69.89
13	6,000.0	0.037	0.000291	76.24
14	6,500.0	0.039	0.000307	82.60
15	7,000.0	0.041	0.000323	88.95
16	7,500.0	0.045	0.000354	95.30
17	8,000.0	0.048	0.000378	101.66
18	8,500.0	0.053	0.000417	108.01
19	9,000.0	0.059	0.000464	114.36
20	9,500.0	0.063	0.000496	120.72
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
f'c A d=0.000050 (S1)			20	
d=0.000050 (e1)			0.00005	
d A 40% de f'c último (e2)			0.00040	
Módulo Ec (kg/cm²)			244753.5	
Módulo Ec (Gpa)			24.10	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

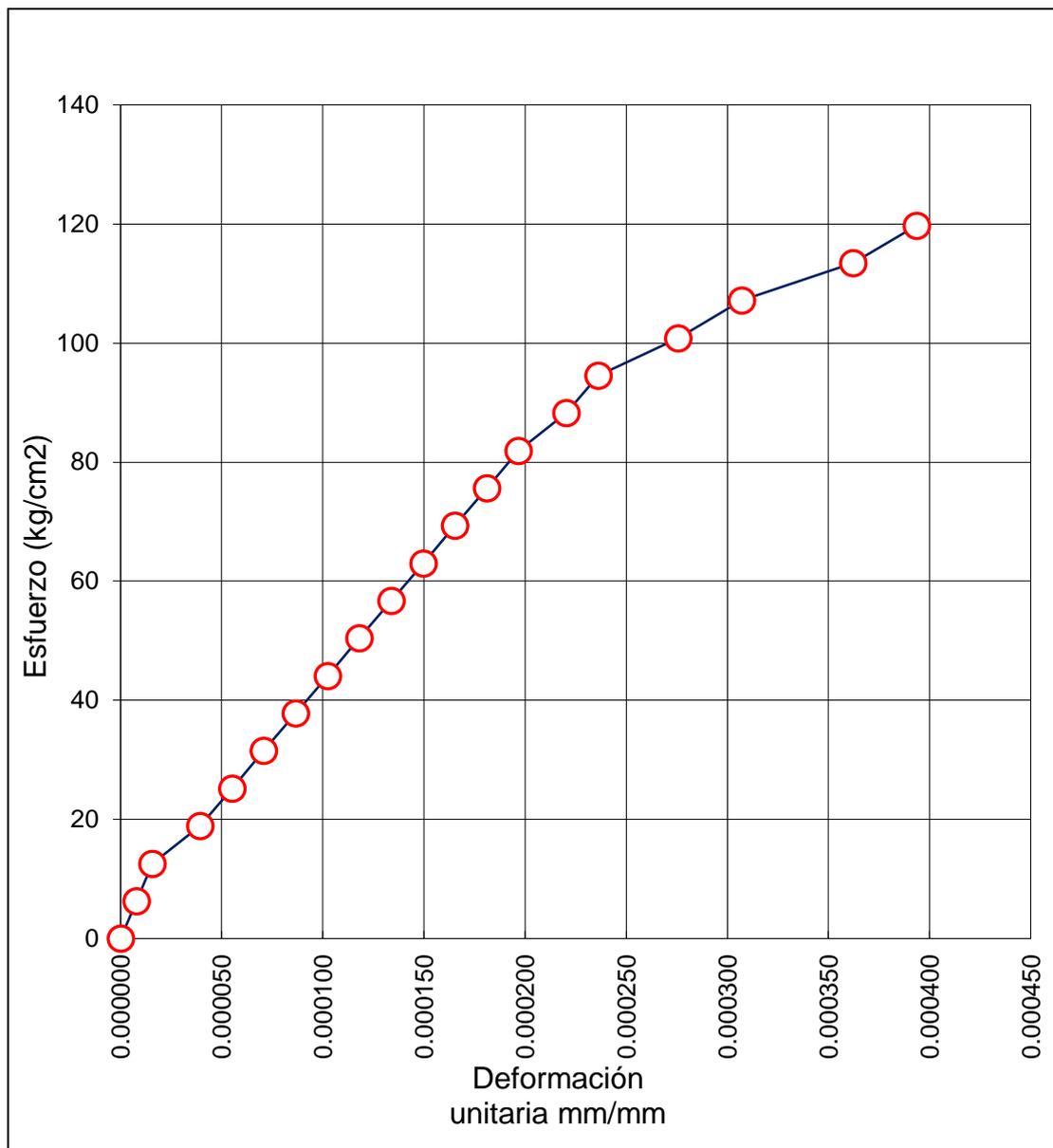
Figura 16. Graf. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-Patrón

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 82. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-Patrón

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	DIÁMETRO (cm):	10.05	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-18	ÁREA (cm):	79.33	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	28	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm^2)	317	CARGA DE ROTURA (kg):	25,147.00	
40% $f'c$ último (kg/cm^2) (S2)	127	40%	10,058.80	
Deformaciones				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm^2
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.001	0.000008	6.30
3	1,000.0	0.002	0.000016	12.61
4	1,500.0	0.005	0.000039	18.91
5	2,000.0	0.007	0.000055	25.21
6	2,500.0	0.009	0.000071	31.52
7	3,000.0	0.011	0.000087	37.82
8	3,500.0	0.013	0.000102	44.12
9	4,000.0	0.015	0.000118	50.42
10	4,500.0	0.017	0.000134	56.73
11	5,000.0	0.019	0.000149	63.03
12	5,500.0	0.021	0.000165	69.33
13	6,000.0	0.023	0.000181	75.64
14	6,500.0	0.025	0.000197	81.94
15	7,000.0	0.028	0.000220	88.24
16	7,500.0	0.030	0.000236	94.55
17	8,000.0	0.035	0.000275	100.85
18	8,500.0	0.039	0.000307	107.15
19	9,000.0	0.046	0.000362	113.45
20	9,500.0	0.050	0.000393	119.76
21	10,000.0	0.055	0.000433	126.06
22	10,500.0	0.059	0.000464	132.36
23	11,000.0	0.068	0.000535	138.67
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			23.8	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.00044	
Módulo E_c (kg/cm^2)			266843.1	
Módulo E_c (Gpa)			26.27	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 17. Graf. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-Patrón

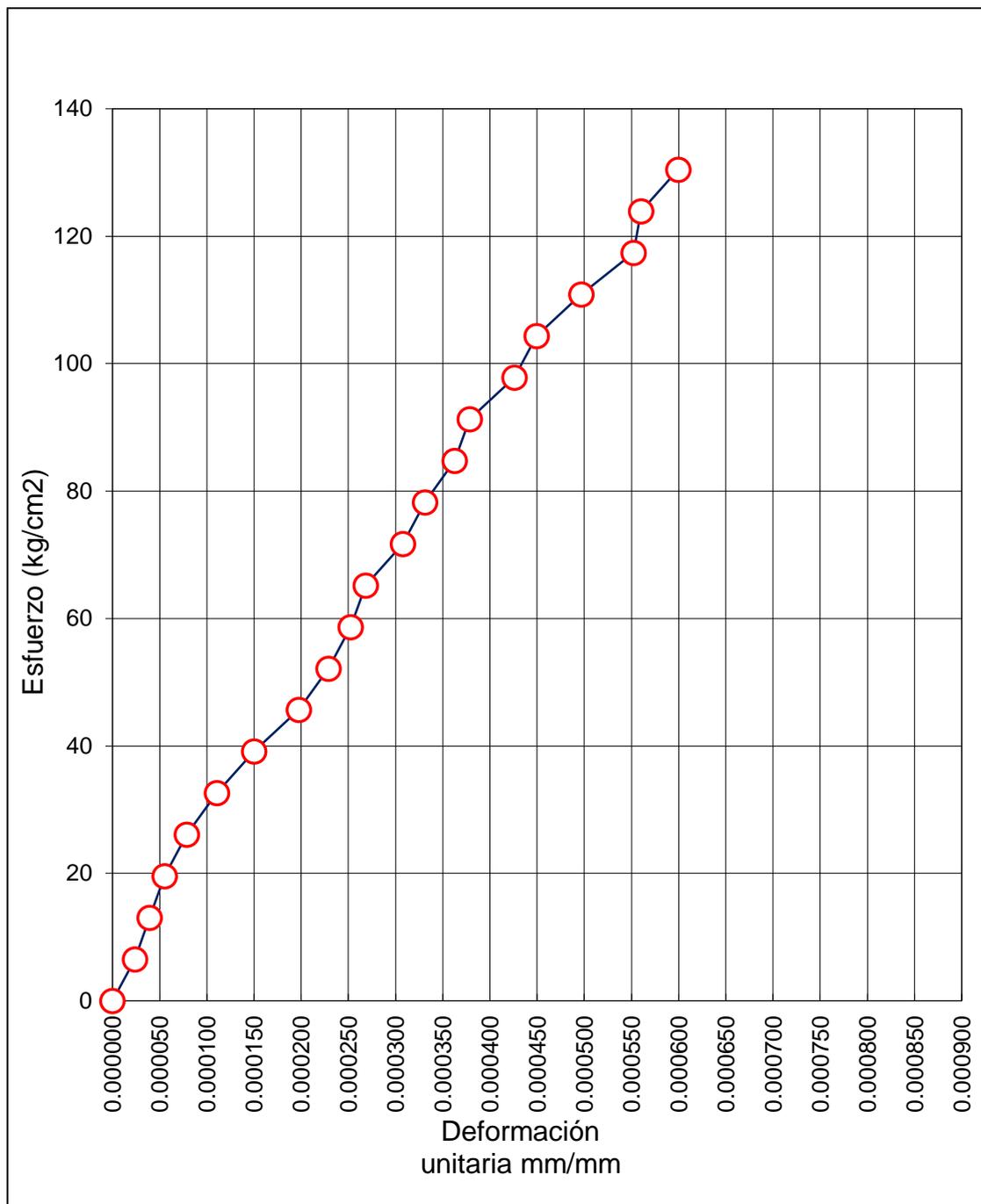
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**B) Ensayo de módulo de elasticidad Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 1.5%
fibras de acero trefilado**

Tabla 83. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-1.5%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA				
$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.50%	DIÁMETRO (cm):	9.88	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-19	ÁREA (cm):	76.67	
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	7	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	230	CARGA DE ROTURA (kg):	17,633.00	
40% f'c último (kg/cm ²) (S2)	92	40%	7,053.20	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect.	Carga	Deformación	Deformación	Esfuerzo
No.	kg	mm	Unitaria	kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.003	0.000024	6.52
3	1,000.0	0.005	0.000039	0.22
4	1,500.0	0.007	0.000055	19.57
5	2,000.0	0.010	0.000079	26.09
6	2,500.0	0.014	0.000110	32.61
7	3,000.0	0.019	0.000149	39.13
8	3,500.0	0.025	0.000197	45.65
9	4,000.0	0.029	0.000228	52.17
10	4,500.0	0.032	0.000252	58.70
11	5,000.0	0.034	0.000268	65.22
12	5,500.0	0.039	0.000307	71.74
13	6,000.0	0.042	0.000330	78.26
14	6,500.0	0.046	0.000362	84.78
15	7,000.0	0.048	0.000378	91.30
16	7,500.0	0.054	0.000425	97.83
17	8,000.0	0.057	0.000448	104.35
18	8,500.0	0.063	0.000496	110.87
19	9,000.0	0.070	0.000551	117.39
20	9,500.0	0.071	0.000559	123.91
21	10,000.0	0.076	0.000598	130.44
22	10,500.0	0.079	0.000622	136.96
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
f'c A d=0.000050 (S1)				17
d=0.000050 (e1)				0.00005
d A 40% de f'c último (e2)				0.00038
Módulo Ec (kg/cm²)				227269.3
Módulo Ec (Gpa)				22.38

Nota: Gutiérrez & Portila, (2021).

Figura 18. Graf. Mód. Elast. Estático- $F'_c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-1.5%

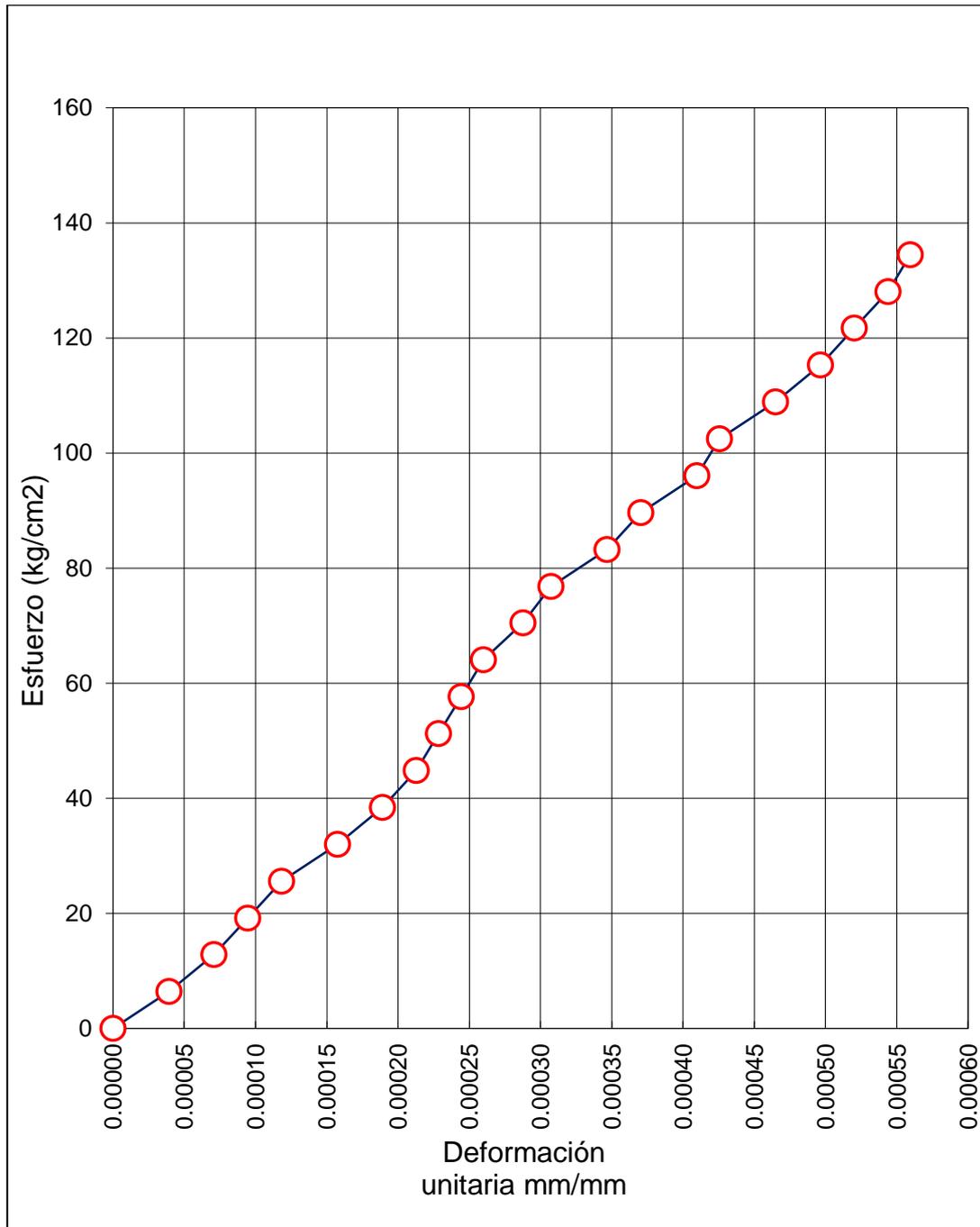
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 84. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-1.5%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280\text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.50%	DIÁMETRO (cm):	9.97	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-20	ÁREA (cm):	78.07	
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	14	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	273	CARGA DE ROTURA (kg):	21,313.00	
40% $f'c$ último (kg/cm ²) (S2)	109	40%	8,525.20	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.005	0.000039	6.40
3	1,000.0	0.009	0.000071	0.21
4	1,500.0	0.012	0.000094	19.21
5	2,000.0	0.015	0.000118	25.62
6	2,500.0	0.020	0.000157	32.02
7	3,000.0	0.024	0.000189	38.43
8	3,500.0	0.027	0.000212	44.83
9	4,000.0	0.029	0.000228	51.24
10	4,500.0	0.031	0.000244	57.64
11	5,000.0	0.033	0.000260	64.05
12	5,500.0	0.037	0.000291	70.45
13	6,000.0	0.039	0.000307	76.85
14	6,500.0	0.044	0.000346	83.26
15	7,000.0	0.047	0.000370	89.66
16	7,500.0	0.052	0.000409	96.07
17	8,000.0	0.054	0.000425	102.47
18	8,500.0	0.059	0.000464	108.88
19	9,000.0	0.063	0.000496	115.28
20	9,500.0	0.066	0.000519	121.69
21	10,000.0	0.069	0.000543	128.09
22	10,500.0	0.071	0.000559	134.50
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			8.3	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.000457	
Módulo E_c (kg/cm²)			247913.6	
Módulo E_c (Gpa)			24.41	

Nota: Gutiérrez & Portila, (2021).

Figura 19. Graf. Mód. Elast. Estático- $F'_c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-1.5%



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 85. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-1.5%**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$**

IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.50%	DIÁMETRO (cm):	9.97
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-21	ÁREA (cm):	78.07
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71
EDAD (días):	28	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm^2)	329	CARGA DE ROTURA (kg):	25,716.00
40% $f'c$ último (kg/cm^2) (S2)	132	40%	10,286.40

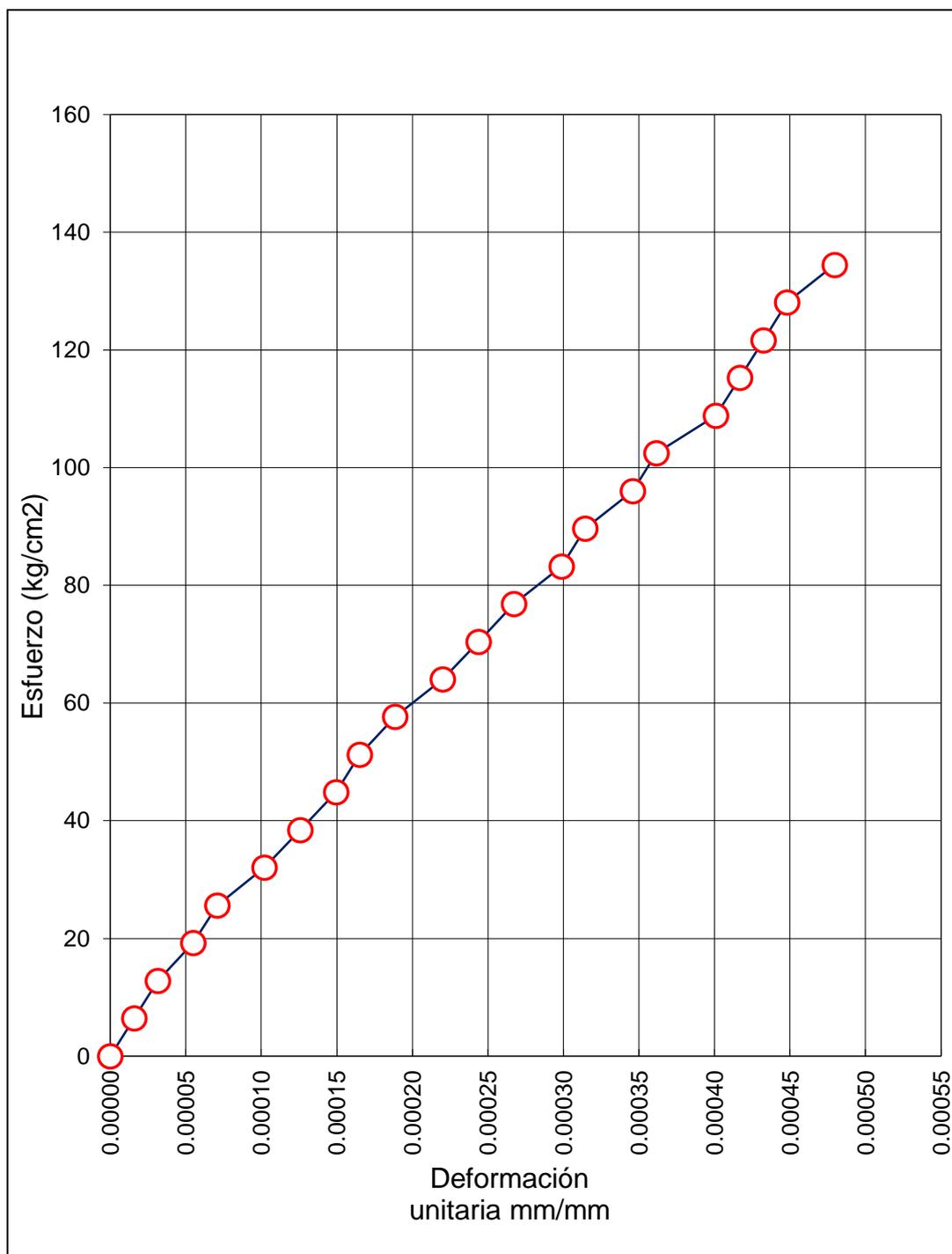
Deformaciones

Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm^2
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.005	0.000039	6.40
3	1,000.0	0.009	0.000071	0.21
4	1,500.0	0.012	0.000094	19.21
5	2,000.0	0.015	0.000118	25.62
6	2,500.0	0.020	0.000157	32.02
7	3,000.0	0.024	0.000189	38.43
8	3,500.0	0.027	0.000212	44.83
9	4,000.0	0.029	0.000228	51.24
10	4,500.0	0.031	0.000244	57.64
11	5,000.0	0.033	0.000260	64.05
12	5,500.0	0.037	0.000291	70.45
13	6,000.0	0.039	0.000307	76.85
14	6,500.0	0.044	0.000346	83.26
15	7,000.0	0.047	0.000370	89.66
16	7,500.0	0.052	0.000409	96.07
17	8,000.0	0.054	0.000425	102.47
18	8,500.0	0.059	0.000464	108.88
19	9,000.0	0.063	0.000496	115.28
20	9,500.0	0.066	0.000519	121.69
21	10,000.0	0.069	0.000543	128.09
22	10,500.0	0.071	0.000559	134.50

MÓDULO DE ELASTICIDAD

$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)	18
$d=0.000050$ (e1)	0.00005
d A 40% de $f'c$ último (e2)	0.000467
Módulo E_c (kg/cm^2)	272805.5
Módulo E_c (Gpa)	26.86

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 20. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días - 1.5%

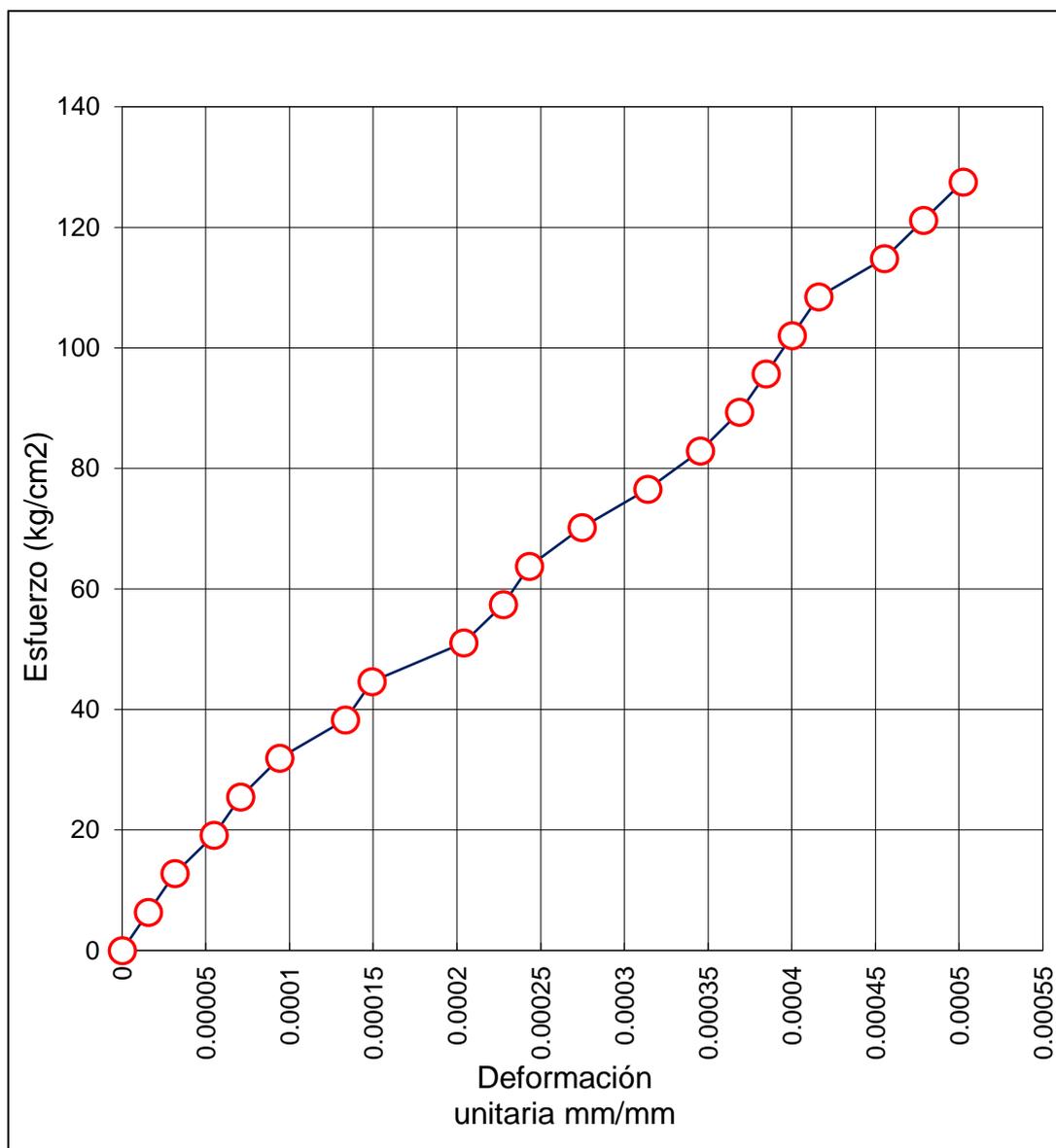
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**C) Ensayo de módulo de elasticidad Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 3.00%
fibras de acero trefilado**

Tabla 86. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -07 días-3.00%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00%	DIÁMETRO (cm):	9.97	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-22	ÁREA (cm):	78.07	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	7	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm^2)	255	CARGA DE ROTURA (kg):	19,995.00	
40% $f'c$ último (kg/cm^2) (S2)	102	40%	7,998.00	
Deformaciones				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm^2
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.002	0.000016	6.40
3	1,000.0	0.004	0.000031	0.21
4	1,500.0	0.007	0.000055	19.21
5	2,000.0	0.009	0.000071	25.62
6	2,500.0	0.001	0.000009	32.02
7	3,000.0	0.017	0.000134	38.43
8	3,500.0	0.019	0.000149	44.83
9	4,000.0	0.026	0.000205	51.24
10	4,500.0	0.029	0.000228	57.64
11	5,000.0	0.031	0.000244	64.05
12	5,500.0	0.035	0.000275	70.45
13	6,000.0	0.040	0.000315	76.85
14	6,500.0	0.044	0.000346	83.26
15	7,000.0	0.047	0.000370	89.66
16	7,500.0	0.049	0.000386	96.07
17	8,000.0	0.051	0.000401	102.47
18	8,500.0	0.053	0.000417	108.88
19	9,000.0	0.058	0.000456	115.28
20	9,500.0	0.061	0.000480	121.69
21	10,000.0	0.064	0.000504	128.09
22	10,500.0	0.066	0.000519	134.50
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			18	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.000400	
Módulo E_c (kg/cm^2)			240109	
Módulo E_c (Gpa)			23.64	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

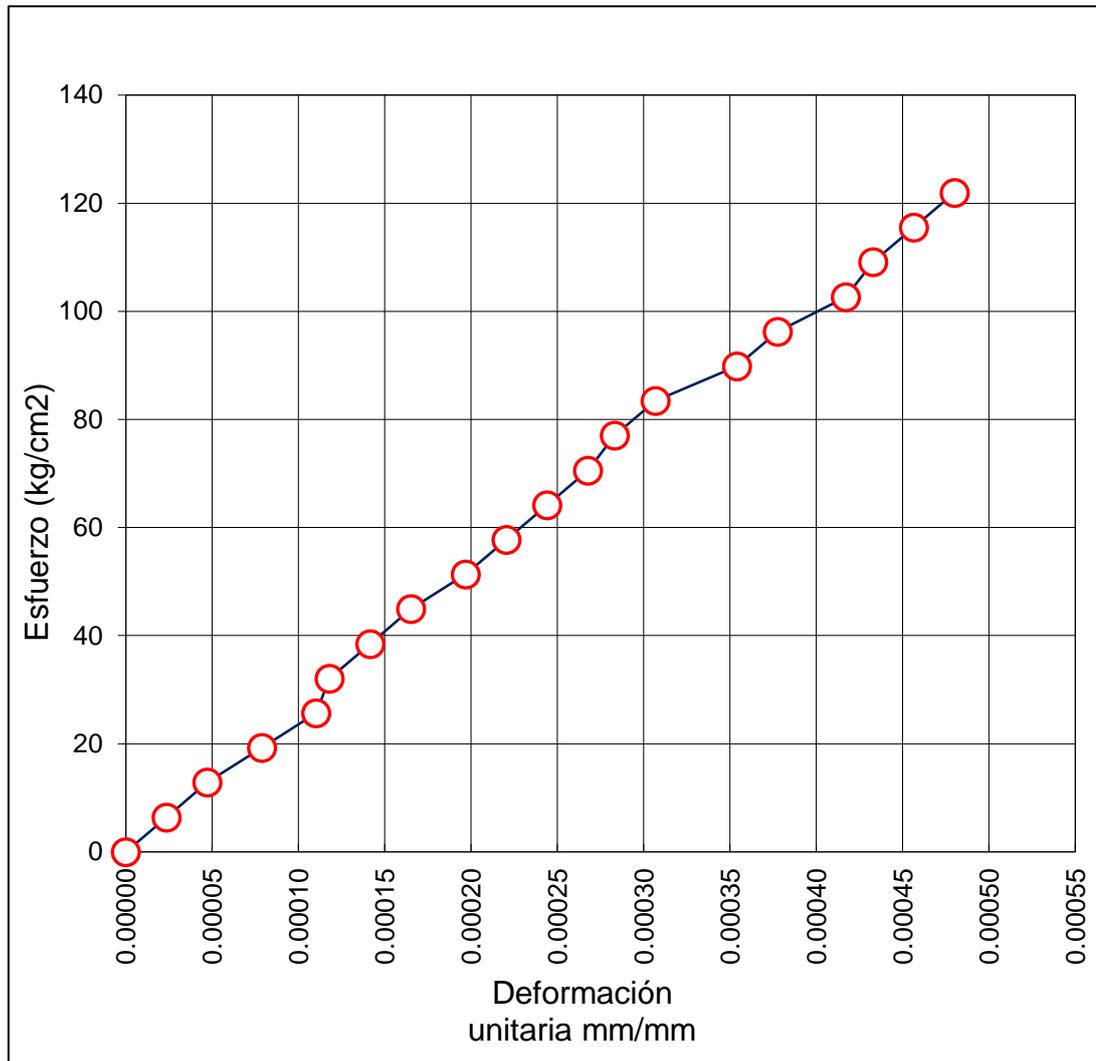
Figura 21. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ –07 días–3.00%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 87. Ens. Mód. Elast. Estático- $F_c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-3.00%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA				
$F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00%	DIÁMETRO (cm):	9.96	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-23	ÁREA (cm):	77.91	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	14	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	293	CARGA DE ROTURA (kg):	22,828.00	
40% f_c último (kg/cm ²) (S2)	117	40%	9,131.20	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.003	0.000024	6.42
3	1,000.0	0.006	0.000047	0.21
4	1,500.0	0.010	0.000079	19.25
5	2,000.0	0.014	0.000110	25.67
6	2,500.0	0.015	0.000118	32.09
7	3,000.0	0.018	0.000142	38.50
8	3,500.0	0.021	0.000165	44.92
9	4,000.0	0.025	0.000197	51.34
10	4,500.0	0.028	0.000220	57.76
11	5,000.0	0.031	0.000244	64.17
12	5,500.0	0.034	0.000268	70.59
13	6,000.0	0.060	0.000472	77.01
14	6,500.0	0.039	0.000307	83.43
15	7,000.0	0.045	0.000354	89.84
16	7,500.0	0.048	0.000378	96.26
17	8,000.0	0.053	0.000417	102.68
18	8,500.0	0.055	0.000433	109.10
19	9,000.0	0.058	0.000456	115.51
20	9,500.0	0.061	0.000480	121.93
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
f_c A $d=0.000050$ (S1)			13.50	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de f_c último (e2)			0.000454	
Módulo E_c (kg/cm²)			256678	
Módulo E_c (Gpa)			25.27	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

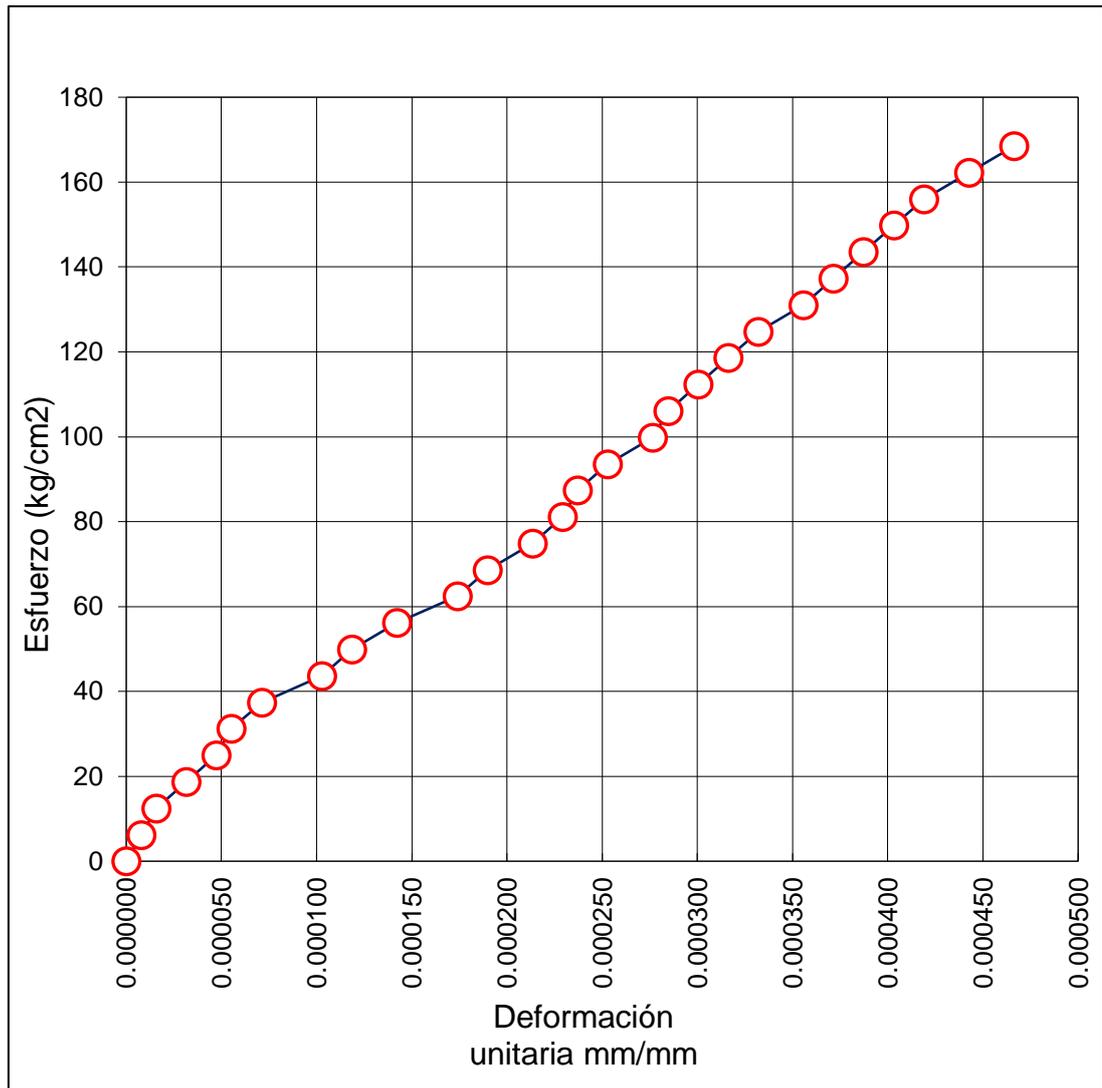
Figura 22. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ –14 días–3.00%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 88. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-3.00%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00%	DIÁMETRO (cm):	10.10	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-24	ÁREA (cm):	80.12	
FECHA DE VACIADO:	3/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.65	
EDAD (días):	28	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	349	CARGA DE ROTURA (kg):	27,991.00	
40% $f'c$ último (kg/cm ²) (S2)	140	40%	11,196.40	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0
2	500.0	0.001	0.000008	6
3	1,000.0	0.002	0.000016	0
4	1,500.0	0.004	0.000032	19
5	2,000.0	0.006	0.000047	25
6	2,500.0	0.007	0.000055	31
7	3,000.0	0.009	0.000071	37
8	3,500.0	0.013	0.000103	44
9	4,000.0	0.015	0.000119	50
10	4,500.0	0.018	0.000142	56
11	5,000.0	0.022	0.000174	62
12	5,500.0	0.024	0.000190	69
13	6,000.0	0.027	0.000213	75
14	6,500.0	0.029	0.000229	81
15	7,000.0	0.030	0.000237	87
16	7,500.0	0.032	0.000253	94
17	8,000.0	0.035	0.000277	100
18	8,500.0	0.036	0.000285	106
19	9,000.0	0.038	0.000300	112
20	9,500.0	0.040	0.000316	119
21	10,000.0	0.042	0.000332	125
22	10,500.0	0.045	0.000356	131
23	11,000.0	0.047	0.000372	137
24	11,500.0	0.049	0.000387	144
25	12,000.0	0.051	0.000403	150
26	12,500.0	0.053	0.000419	156
27	13,000.0	0.056	0.000443	162
28	13,500.0	0.059	0.000466	169
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			27.00	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.000452	
Módulo E_c (kg/cm²)			280468	
Módulo E_c (Gpa)			27.61	

Nota: Gutiérrez & Portila, (2021).

Figura 23. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-3.00%

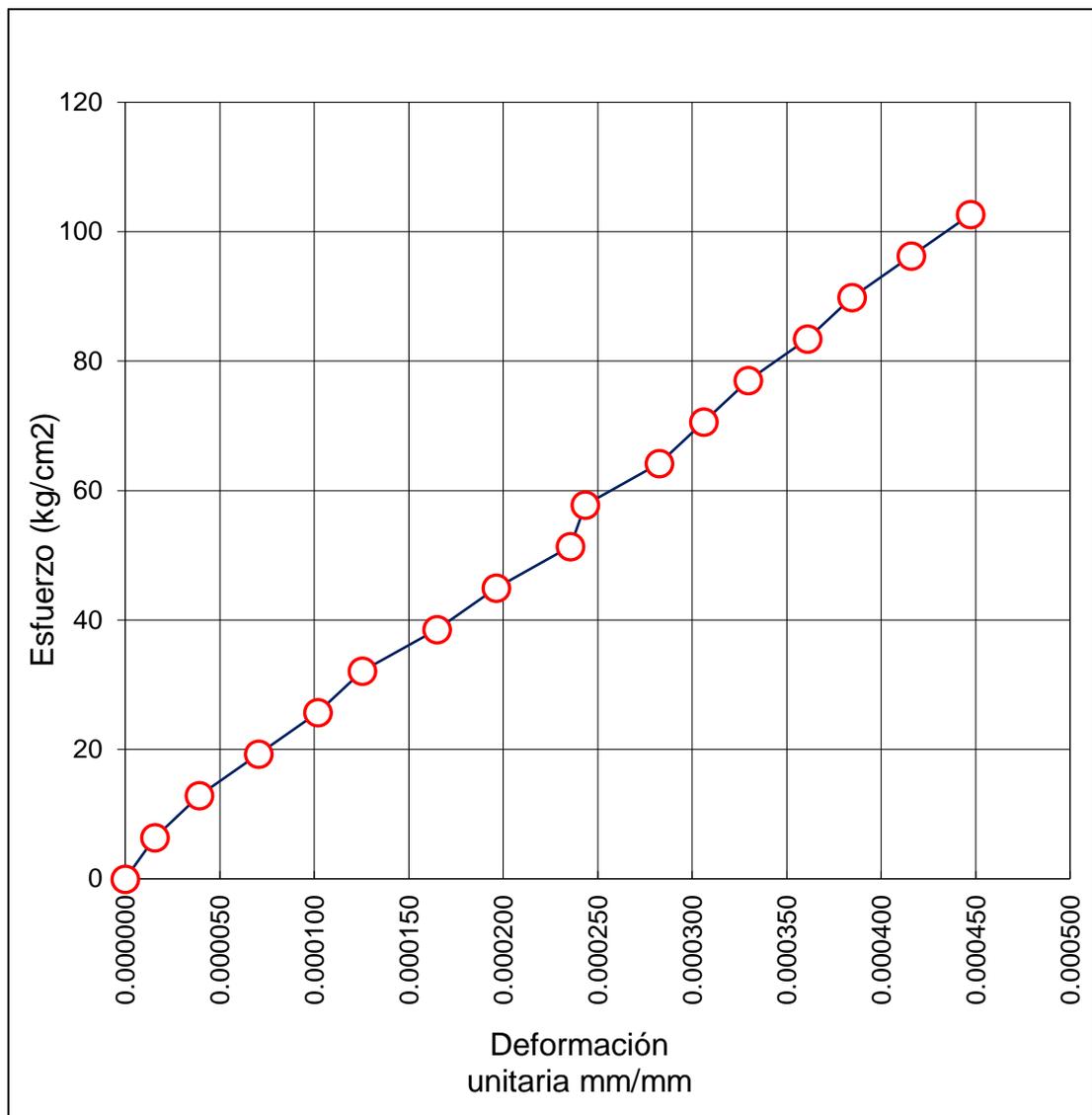
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**D) Ensayo de módulo de elasticidad Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 4.5%
fibras de acero trefilado**

Tabla 89. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-4.50%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.50%	DIÁMETRO (cm):	9.96	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-25	ÁREA (cm):	77.91	
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.71	
EDAD (días):	7	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	224	CARGA DE ROTURA (kg):	17,452.00	
40% $f'c$ último (kg/cm ²) (S2)	90	40%	6,980.80	
Deformaciones				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.002	0.000016	6.42
3	1,000.0	0.005	0.000039	0.21
4	1,500.0	0.009	0.000071	19.25
5	2,000.0	0.013	0.000102	25.67
6	2,500.0	0.016	0.000126	32.09
7	3,000.0	0.021	0.000165	38.50
8	3,500.0	0.025	0.000197	44.92
9	4,000.0	0.030	0.000236	51.34
10	4,500.0	0.031	0.000244	57.76
11	5,000.0	0.036	0.000283	64.17
12	5,500.0	0.039	0.000307	70.59
13	6,000.0	0.042	0.000330	77.01
14	6,500.0	0.046	0.000362	83.43
15	7,000.0	0.049	0.000386	89.84
16	7,500.0	0.053	0.000417	96.26
17	8,000.0	0.057	0.000448	102.68
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)				14.8
$d=0.000050$ (e1)				0.00005
d A 40% de $f'c$ último (e2)				0.000383
Módulo E_c (kg/cm²)				224618
Módulo E_c (Gpa)				22.11

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

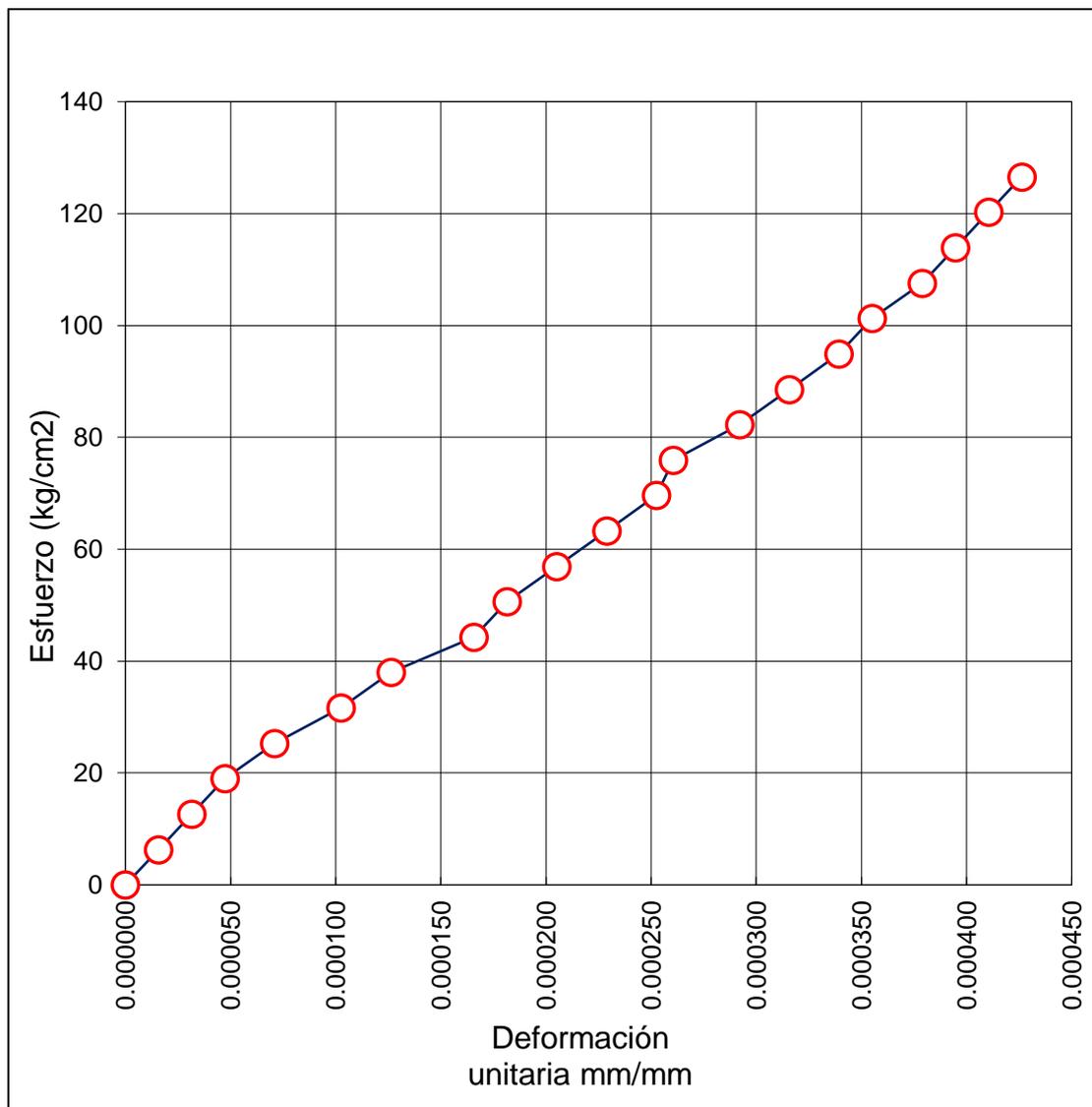
Figura 24. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -7 días-4.50%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 90. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -14 días-4.50%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA $F'c$ = 280 kg/cm^2				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.50%	DIÁMETRO (cm):	10.03	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-26	ÁREA (cm):	79.01	
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.67	
EDAD (días):	14	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm^2)	266	CARGA DE ROTURA (kg):	20,989.00	
40% $f'c$ último (kg/cm^2) (S2)	106	40%	8,395.60	
Deformaciones				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm^2
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.002	0.000016	6.33
3	1,000.0	0.004	0.000032	0.20
4	1,500.0	0.006	0.000047	18.98
5	2,000.0	0.009	0.000071	25.31
6	2,500.0	0.013	0.000103	31.64
7	3,000.0	0.016	0.000126	37.97
8	3,500.0	0.021	0.000166	44.30
9	4,000.0	0.023	0.000182	50.63
10	4,500.0	0.026	0.000205	56.95
11	5,000.0	0.029	0.000229	63.28
12	5,500.0	0.032	0.000253	69.61
13	6,000.0	0.033	0.000260	75.94
14	6,500.0	0.037	0.000292	82.27
15	7,000.0	0.040	0.000316	88.59
16	7,500.0	0.043	0.000339	94.92
17	8,000.0	0.045	0.000355	101.25
18	8,500.0	0.048	0.000379	107.58
19	9,000.0	0.050	0.000395	113.91
20	9,500.0	0.052	0.000410	120.24
21	10,000.0	0.054	0.000426	126.56
22	10,500.0	0.058	0.000458	132.89
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			20.1	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.000403	
Módulo E_c (kg/cm^2)			244073	
Módulo E_c (Gpa)			24.03	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

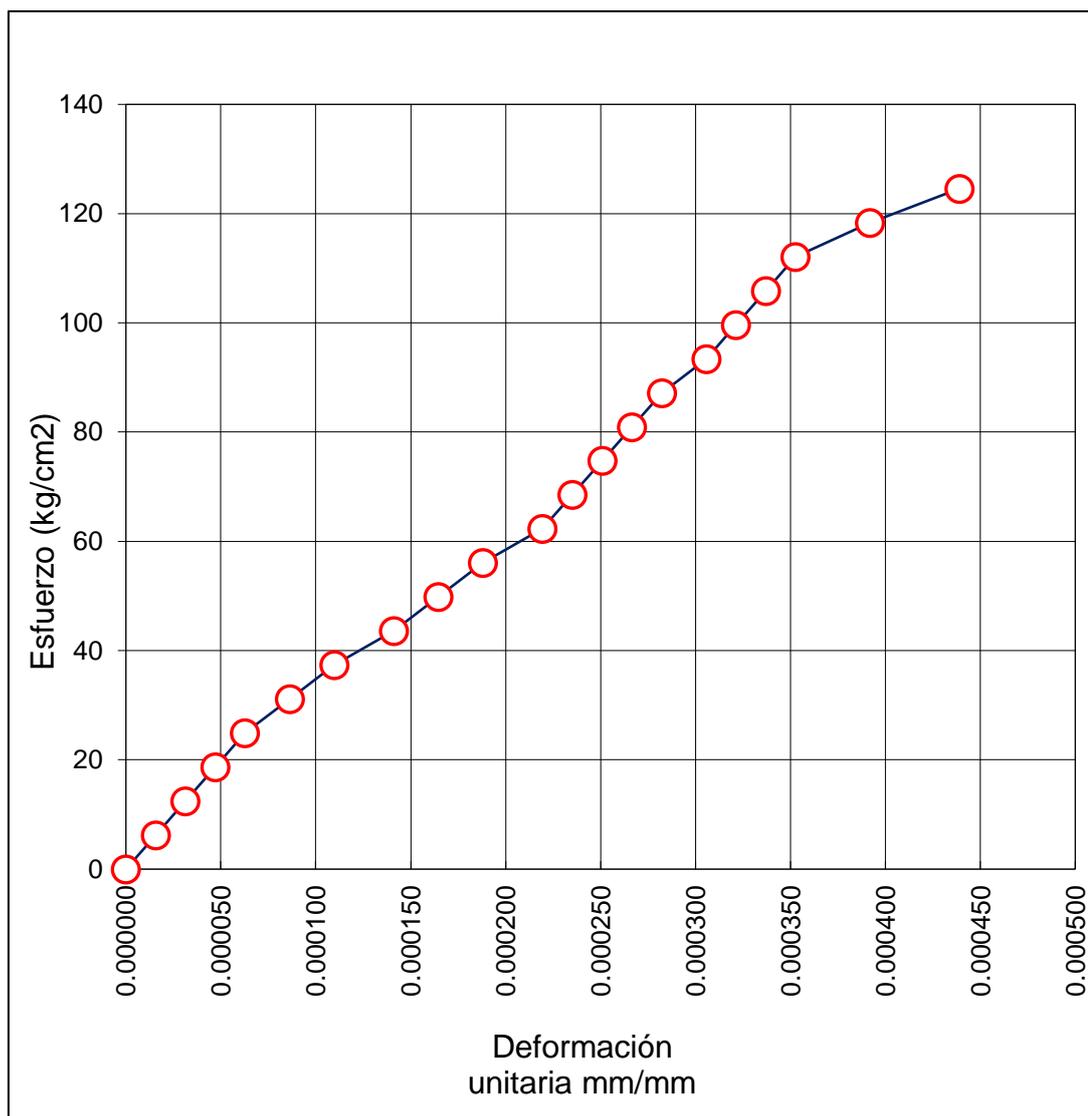
Figura 25. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ –14 días–4.50%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 91. Ens. Mód. Elast. Estático- $F'c=280\text{kg/cm}^2$ -28 días-4.50%

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469- RESISTENCIA				
$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.50%	DIÁMETRO (cm):	10.11	
ESPECIMÉN N°:	IGC20-LEM-379-27	ÁREA (cm):	80.28	
FECHA DE VACIADO:	4/11/2020	LONGITUD DE MEDICIÓN (cm):	12.76	
EDAD (días):	28	LONGITUD PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm):	20.1	
RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	316	CARGA DE ROTURA (kg):	25,369.00	
40% $f'c$ último (kg/cm ²) (S2)	126	40%	10,147.60	
D e f o r m a c i o n e s				
Lect. No.	Carga kg	Deformación mm	Deformación Unitaria	Esfuerzo kg/cm ²
1	0.0	0.000	0.000000	0.00
2	500.0	0.002	0.000016	6.23
3	1,000.0	0.004	0.000031	0.20
4	1,500.0	0.006	0.000047	18.69
5	2,000.0	0.008	0.000063	24.91
6	2,500.0	0.011	0.000086	31.14
7	3,000.0	0.014	0.000110	37.37
8	3,500.0	0.018	0.000141	43.60
9	4,000.0	0.021	0.000165	49.83
10	4,500.0	0.024	0.000188	56.06
11	5,000.0	0.028	0.000219	62.28
12	5,500.0	0.030	0.000235	68.51
13	6,000.0	0.032	0.000251	74.74
14	6,500.0	0.034	0.000266	80.97
15	7,000.0	0.036	0.000282	87.20
16	7,500.0	0.039	0.000306	93.43
17	8,000.0	0.041	0.000321	99.65
18	8,500.0	0.043	0.000337	105.88
19	9,000.0	0.045	0.000353	112.11
20	9,500.0	0.050	0.000392	118.34
21	10,000.0	0.056	0.000439	124.57
22	10,500.0	0.062	0.000486	130.80
MÓDULO DE ELASTICIDAD				
$f'c$ A $d=0.000050$ (S1)			20.0	
$d=0.000050$ (e1)			0.00005	
d A 40% de $f'c$ último (e2)			0.000449	
Módulo E_c (kg/cm²)			266684	
Módulo E_c (Gpa)			26.26	

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 26. Graf. Mód. Elast. Estático - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ –28 días–4.50%

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.5. Resultados del módulo de Elasticidad Dinámico por Ultrasonido en el concreto endurecido ASTM C597

A) Ensayo de módulo de elasticidad dinámico - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – Patrón

Tabla 92. *Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 07 días – Patrón*

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 07 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,333.00	
EDAD (días):	7	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
PATRÓN	3/11/2020	10/11/2020	7	4125
PATRÓN	3/11/2020	10/11/2020	7	4098
PATRÓN	3/11/2020	10/11/2020	7	4193
PROMEDIO				4138.7
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				35964.84
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				35.96

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 93. Ens. Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días – Patrón

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 14 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	$F'c$ DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,333.00	
EDAD (días):	14	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
PATRÓN	3/11/2020	17/11/2020	14	4515
PATRÓN	3/11/2020	17/11/2020	14	4545
PATRÓN	3/11/2020	17/11/2020	14	4566
PROMEDIO				4542
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				44560.29
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				44.56

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 94. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días – Patrón

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 28 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	PATRÓN	$F'c$ DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,333.00	
EDAD (días):	28	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
PATRÓN	3/11/2020	1/12/2020	28	4724
PATRÓN	3/11/2020	1/12/2020	28	4655
PATRÓN	3/11/2020	1/12/2020	28	4715
PROMEDIO				4698
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				46342.91
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				46.34

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**B) Ensayo de módulo de elasticidad dinámico - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 1.5%
fibras de acero trefilado**

Tabla 95. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 1.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 07 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO		F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020		DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,363.00
EDAD (días):	7		MÓDULO DE POISSON	0.20
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4269
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4314
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4291
PROMEDIO				4291
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				39164.3
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				39.16

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 96. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días - 1.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 14 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	$F'c$ DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,363.00	
EDAD (días):	14	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4566
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4617
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4515
PROMEDIO				4566
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				44338.2
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				44.34

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 97. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días - 1.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 28 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	$F'c$ DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,363.00	
EDAD (días):	28	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4371
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4670
1.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4461
PROMEDIO				4501
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				43078.4
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				43.08

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**C) Ensayo de módulo de elasticidad dinámico - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ –
3.00% fibras de acero trefilado**

Tabla 98. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 3.00%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 07 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,393.00	
EDAD (días):	7	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4326
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4477
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4365
PROMEDIO				4389
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				41493.7
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				41.49

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 99. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días – 3.00%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 14 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,393.00	
EDAD (días):	14	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4447
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4418
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4298
PROMEDIO				4388
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				41462.2
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				41.46

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 100. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días – 3.00%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 2 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,393.00	
EDAD (días):	28	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4280
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4566
3.00% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4280
PROMEDIO				4375
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				41229.4
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				41.23

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

**D) Ensayo de módulo de elasticidad dinámico - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ – 4.5%
fibras de acero trefilado**

Tabla 101. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 07 días – 4.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 07 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO		F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020		DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,423.00
EDAD (días):	7		MÓDULO DE POISSON	0.20
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4613
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4571
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	11/11/2020	7	4651
PROMEDIO				4612
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				46378.0
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				46.38

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 102. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 14 días - 4.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 14 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,423.00	
EDAD (días):	14	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4236
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4280
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	18/11/2020	14	4325
PROMEDIO				4280
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				39953.2
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				39.95

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021)

Tabla 103. Ens. por Ultrasonido - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ - 28 días - 4.5%

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 28 DÍAS				
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	F'c DE DISEÑO:	280 kg/cm ²	
FECHA DE EMISIÓN:	29/12/2020	DENSIDAD CONCRETO (kg/m ³):	2,423.00	
EDAD (días):	28	MÓDULO DE POISSON	0.20	
DESCRIPCIÓN:	Se realizaron ensayos de medición de ondas ultrasónicas de manera directa			
ENSAYO:	Se determinó una lectura por espécimen de ensayo previa calibración del equipo con su patrón de fábrica			
EQUIPO ULTRASÓNICO	El equipo utilizado es de marca PROSEQ el cual contiene patrón de calibración de fábrica cuya lectura debe ser de 25.4 μs			
DESCRIPCIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lectura (m/s)
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4617
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4447
4.5% FIBRAS DE ACERO TREFILADO	4/11/2020	2/12/2020	28	4566
PROMEDIO				4543
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Mpa)				45013.7
MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Gpa)				45.01

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.6. Resumen general resultados Módulo Elasticidad Estático y Dinámico

Tabla 104. Resumen general de Mód. Elást. Estático - 7, 14 y 28 días.

RESUMEN PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO $F'c = 280\text{kg/cm}^2$ - 7, 14 y 28 DÍAS				
DÍAS DE ROTURA	PATRON	1.5% A. T.	3.0% A. T.	4.5% A. T.
7	22.28	22.38	23.64	22.11
14	24.10	24.41	25.27	24.03
28	26.27	26.86	27.61	26.26

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

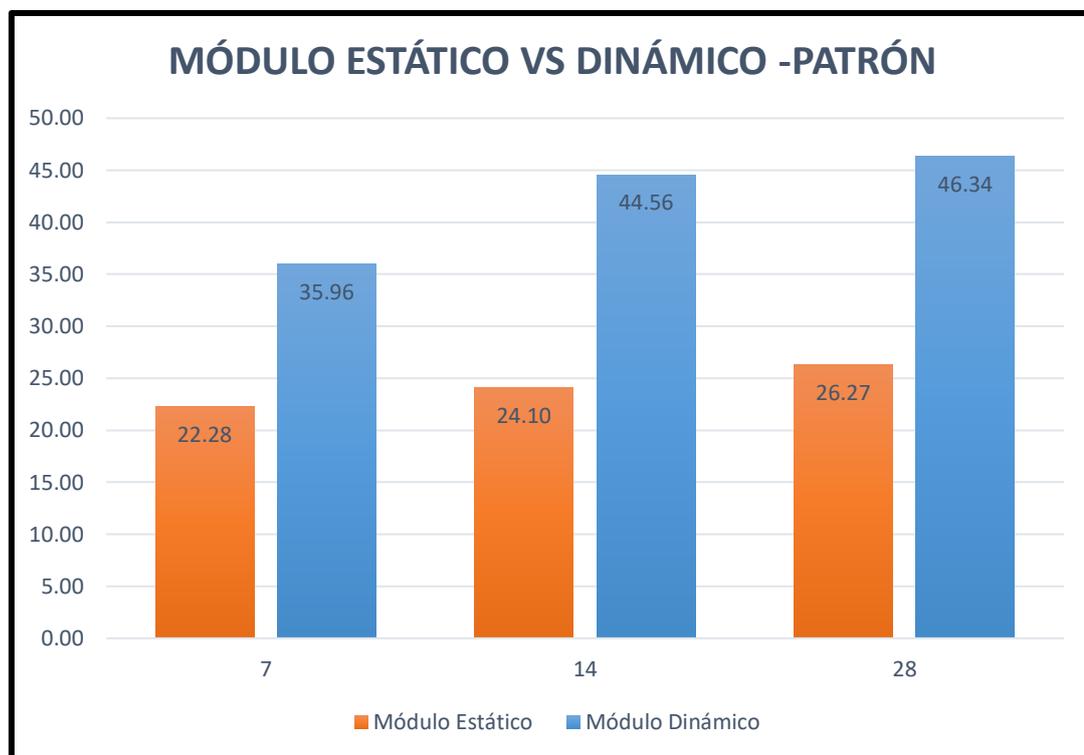
Tabla 105. Resumen general de Mód. Elást. Dinámico. - 7, 14 y 28 días

RESUMEN PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C597 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ EDAD 7, 14 y 28 DÍAS				
DÍAS DE ROTURA	PATRON	1.5% A. T.	3.0% A. T.	4.5% A. T.
7	35.96	39.16	41.49	46.38
14	44.56	44.34	41.46	39.95
28	46.34	43.08	41.23	45.01

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

4.2.7. Comparación de resultados

Figura 27. Mód. E. Vs. D. – Patrón (GPa)

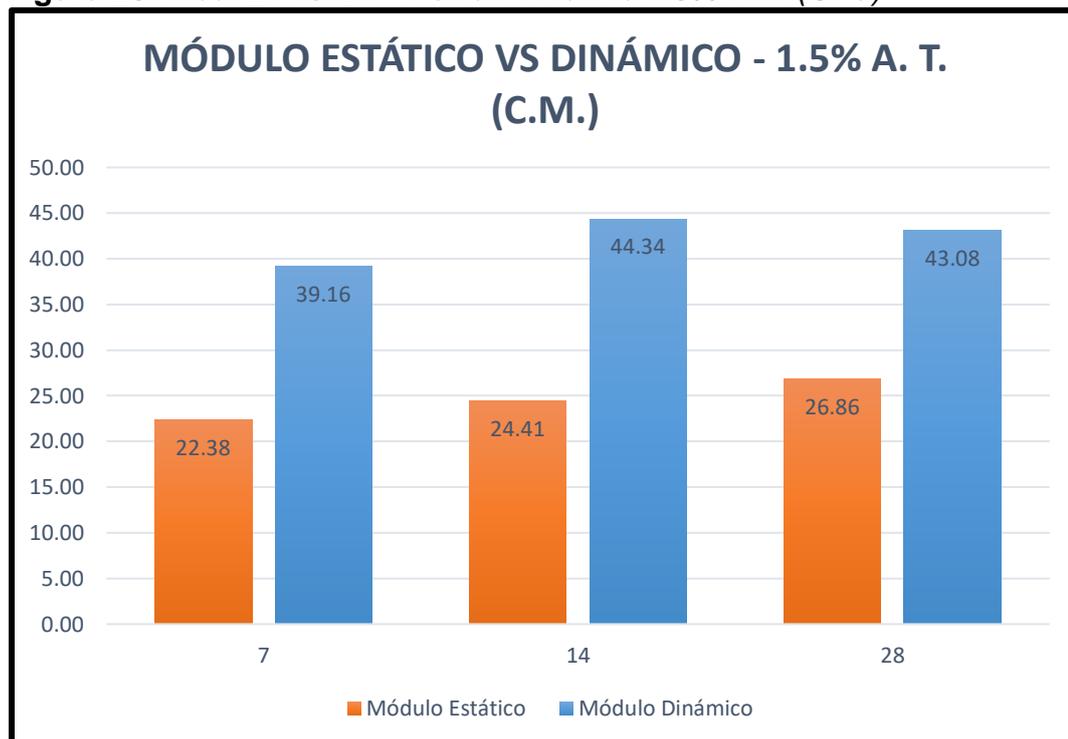


Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 106. Comparación de resultados Mód. E. Vs. D. – Patrón

TIEMPO (DÍAS)	MÓDULO ESTÁTICO VS DINÁMICO - PATRÓN			
	DÍAS DE ROTURA	PORCENTAJE COMPARATIVO (%)	PORCENTAJE PROYECTADO (%)	DIFERENCIA (%)
7		161.46	100.00	-61.46
14		184.92	100.00	-84.92
28		176.40	100.00	-76.40

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

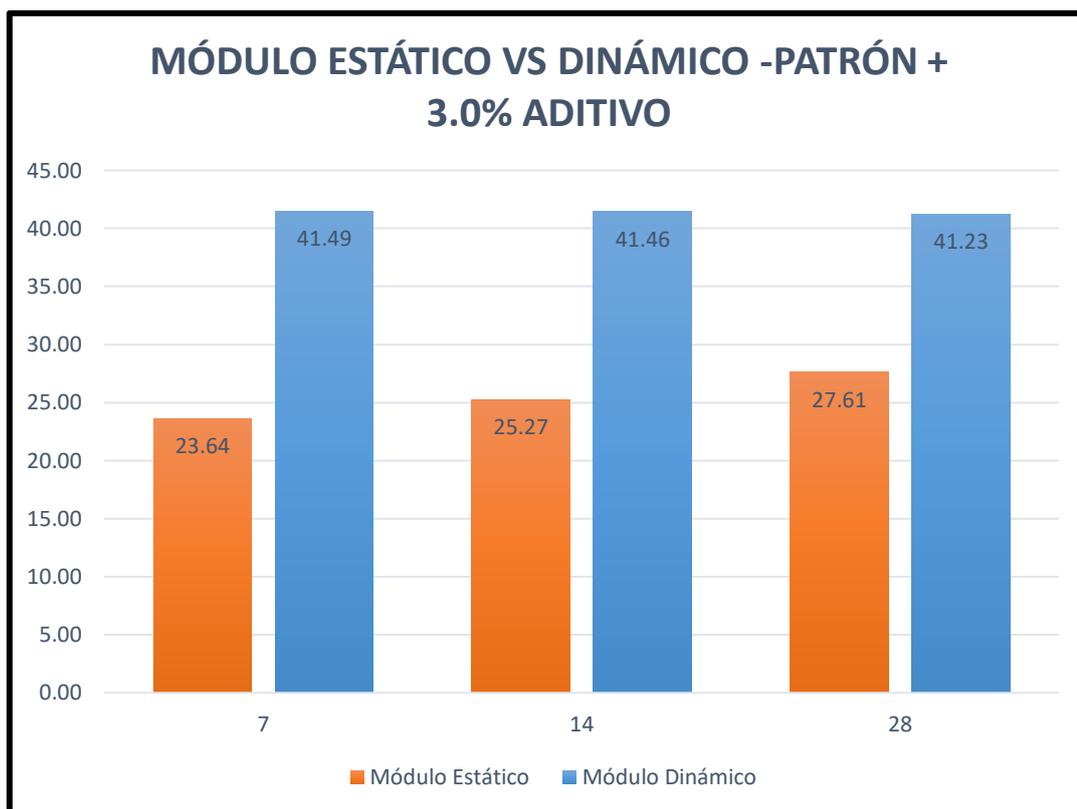
Figura 28. Mód. E. Vs. D. – Patrón + Aditivo 1.5% A.T. (GPa)

Fuente: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 107. Comparación resultados Mód. E. Vs. D – 1.5% A. T.

MÓDULO ESTÁTICO VS DINÁMICO - PATRÓN+ 1.5% ADITIVO			
TIEMPO (DÍAS)			
DÍAS DE ROTURA	PORCENTAJE COMPARATIVO (%)	PORCENTAJE PROYECTADO (%)	DIFERENCIA (%)
7	175.03	100.00	-75.03
14	181.65	100.00	-81.65
28	160.39	100.00	-60.39

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

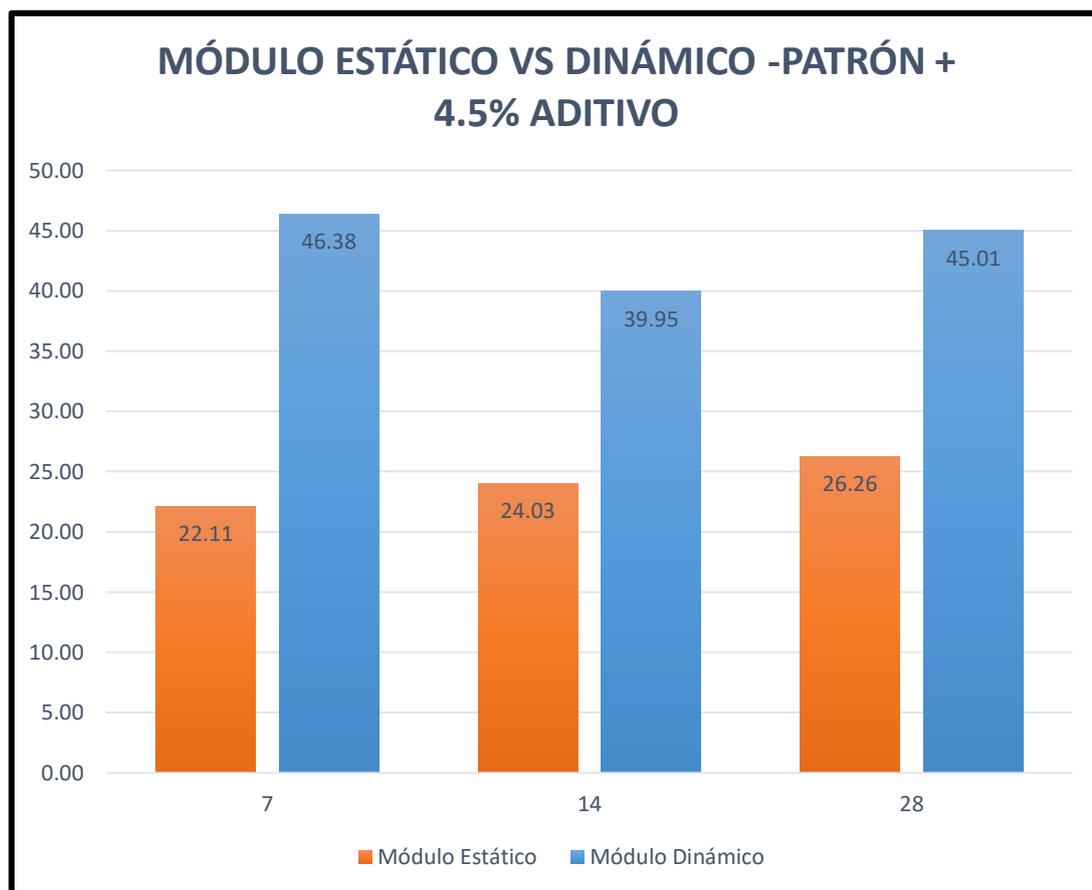
Figura 29. Mód. E. Vs. D. – Patrón + Aditivo 3.0% A.T. (GPa)

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 108. Comparación resultados Mód. E. Vs. D – 3.0% A. T.

TIEMPO (DÍAS) MÓDULO ESTÁTICO VS DINÁMICO - PATRÓN+ 3.0% ADITIVO			
DÍAS DE ROTURA	PORCENTAJE COMPARATIVO (%)	PORCENTAJE PROYECTADO (%)	DIFERENCIA (%)
7	175.53	100.00	-75.53
14	164.07	100.00	-64.07
28	149.31	100.00	-49.31

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 30. Mód. E. Vs. D. – Patrón + Aditivo 4.5% A.T. (GPa)

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Tabla 109. Comparación resultados Mód. E. Vs. D. – 4.5% A. T.

TIEMPO (DÍAS) MÓDULO ESTÁTICO VS DINÁMICO - PATRÓN+ 4.5% ADITIVO			
DÍAS DE ROTURA	PORCENTAJE COMPARATIVO (%)	PORCENTAJE PROYECTADO (%)	DIFERENCIA (%)
7	209.72	100.00	-109.72
14	166.26	100.00	-66.26
28	171.44	100.00	-71.44

Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los agregados utilizados para el presente Trabajo de Grado provenientes de la Cantera Trapiche, cercana a la ciudad de Lima, proporcionan confianza, calidad y seguridad, ellas son aptas en la elaboración de especímenes de concreto, estas cumplen con todas las especificaciones técnicas, se encuentran dentro de los rangos según los resultados obtenidos en los diversos ensayos de laboratorio.

Para nuestro concreto se seleccionó el Diseño de Mezcla $F'c=280$ kg/cm², producido con los porcentajes propuestos (patrón. 1.5%, 3% y 4.5%); el método de diseño escogido es el del ACI 211.1, el cual es conocido ampliamente y cuenta con un procedimiento estandarizado para alcanzar la proporción final de la mezcla. El método consiste en una serie de pasos que con la ayuda de gráficos y tablas ayudan nos permite dosificar los materiales de acuerdo con sus características y también de acuerdo con las características requeridas de la mezcla, garantizando la resistencia requerida. El manejo de la dosificación indica que el mayor agregado de aditivo en porcentaje, disminuye la relación cemento/agua, por consiguiente, incrementa los agregados a medida que se agrega el aditivo, para generar concreto de alta resistencia.

Una vez que se obtiene el diseño de mezcla final con los pesos corregidos, se pueden realizar tandas para finalmente llenar los moldes de las probetas de concreto, las cuales serán utilizadas para los ensayos de resistencia a la compresión. Las dimensiones de estas probetas se encuentran estandarizadas y se optó por utilizar los moldes de 10x20 (100 mm de diámetro y 200 mm de altura) que se caracterizan por ser una versión reducida de las de 15x30 (150 mm de diámetro y 300 mm de altura). Para realizar nuestros especímenes nos basamos en la norma ASTM C-39, según la normativa las probetas reducidas tienen una variación de 20% mayor comparado con las normales y para que el nivel de confianza se mantenga se requiere como mínimo tres ensayos de resistencia en vez de los dos mínimos requeridos para las probetas de 15x30; las razones por las que se

escogieron utilizar este tipo de probetas es que se puede economizar material ya que estas requieren un menor volumen de concreto y los resultados que producen son equivalentes a los resultados de mayor tamaño.

Todos los lotes que se realizaron en nuestra investigación se prepararon, curaron y se determinó su resistencia a la compresión después de 7, 14 y 28 días. Los cilindros se rellenaron con concreto fresco en tres capas y cada capa se apisonó 25 veces con una varilla de compactación. Inmediatamente después de que los cilindros fueron preparados, las muestras se cubrieron para evitar la evaporación del agua. para cada período de prueba, tres especímenes idénticos fueron aplastados a la edad especificada. La resistencia a la compresión se calculó dividiendo la carga de falla por el área de sección transversal promedio. El valor promedio de los tres especímenes se consideró como la resistencia a la compresión del experimento.

Luego de ello determinamos el módulo de elasticidad estático de cada una de nuestros especímenes a diferentes porcentajes de adición de fibra de acero en los días secuenciales programados, basándonos para ello en la normativa ASTM C 469 y utilizando el equipo compresómetro el cual es un dispositivo sensor adherido, que mide con una aproximación de 5 millonésimas, la deformación promedio en dos líneas de base diametralmente opuestas, cada una paralela al eje axial y centrada cerca de la mitad de la altura del espécimen, ello nos garantiza máxima confiabilidad.

Por último determinamos el módulo de elasticidad dinámico a diferentes porcentajes de adición de fibra de acero en los días secuenciales programados, utilizamos el equipo de ultrasonido Pundit® Lab, basándonos para ello en la normativa ASTM C – 597, el que consiste en determinar la velocidad de pulso ultrasónico a partir de la generación de pulsos de ondas de tensión longitudinal emitidos por un transductor electro-acústico que se mantiene en contacto con la superficie del concreto bajo prueba.

CONCLUSIONES

Se analizaron los agregados, los cuales cumplen con las especificaciones técnicas y los usos requeridos según la norma técnica. El módulo de finura del agregado fino está entre el rango específico de 2.1 a 3.00, estos agregados no tienen un porcentaje alto de absorción. Por otra parte, el módulo de finura de nuestro agregado grueso es de 6.74 el cual es recomendable, ya que entre menor es el tamaño del mismo, aumenta la trabajabilidad del concreto. Estos resultados nos permiten realizar los ensayos de dosificación y así lograr determinar los módulos de elasticidad.

Los Concretos de Alta Resistencia requieren de un mayor cuidado en su aspecto de elaboración y curado de los diseños de mezclas a temperaturas adecuadas en un ambiente natural que no afecte el comportamiento del concreto. La aplicación del Método de ACI, nos permitió lograr una mezcla óptima de acuerdo con las exigencias solicitadas.

Seleccionamos las dimensiones y cantidad de probetas a estudiar, basándonos en la norma ASTM C-39 optando por utilizar moldes de 10x20 y para que el nivel de confianza se mantenga requerimos como mínimo tres ensayos de resistencia por cada dosificación del aditivo. Por ello se analizó 4 tipos de muestras (Patrón, adicionando el acero trefilado al 1.5%, 3.0% y 4.5%), seleccionando 3 testigos en cada una para una edad distinta (7, 14 y 28 días), usando 36 testigos por ensayo.

La resistencia a compresión en la muestra patrón nos demuestra que el concreto adquiere una resistencia promedio a los 28 días de 317.16, que vendría a ser un 13.21% mayor al $F'c = 280$ de diseño. Agregando el aditivo en la comparativa nos indica que se adquiere mayor resistencia la que tiene +3.00% de Acero Trefilado con un promedio de 349.36, que vendría a ser un 24.77% mayor al $F'c = 280$ de diseño.

Las probetas que se realizaron con el aditivo SIKA® Fiber CHO 80/60 NB, son fibras de alta calidad para reforzar el concreto, estas aumentaron en un rango del 13% - 25% de su resistencia al concreto, por lo cual podemos hacer una

reducción en la cantidad de cemento a emplear en los diseños de mezcla para la resistencia $F'c=280$ kg/cm² y estimadas.

La norma E-060 indica que el rango elástico para ensayo estático debe estar, entre el 40% de la resistencia obtenida en ruptura de probetas, con lo cual también nos indica que el rango elástico esta entre el 0.000050.

Al evaluar los resultados promedios entre el módulo de elasticidad estático vs módulo de elasticidad dinámico, damos como resultado que el porcentaje de diferencia varía significativamente entre (40% - 100%), teniendo como resultado máximo en módulo de elasticidad dinámico 46.38 (GPa) a los 7 días con un aditivo de +4.5%, y como resultado máximo en módulo de elasticidad estático 27.61 (GPa) a los 28 días con un aditivo de +3.0%, además que los porcentajes de error en Compresómetro (0% - 5%).

Este método de ensayo con el equipo de ultrasonido Pundit ® Lab es aplicable para evaluar de forma rápida y sencilla la uniformidad, calidad relativa del concreto y una ventaja importante es su repetibilidad infinita.

RECOMENDACIONES

Es de vital importancia escoger una cantera con materiales de calidad confiable para poder obtener resultados óptimos que se realizaran con la NTP.

Es recomendable cemento SOL TIPO I para la utilización de un concreto de alta resistencia en vigas, placas, columnas, zapatas y para edificaciones de gran envergadura.

Es recomendable utilizar el aditivo SIKA® Fiber CHO 80/60 NB, ya que nos otorga una alta capacidad de soporte al concreto, adicionándole ductilidad y un aumento considerable en su tenacidad, el cual nos brinda una mayor fluidez en la trabajabilidad de este.

Se recomienda el uso de equipo de protección personal para evitar accidentes, principalmente en el manejo de fibras de acero, se aconseja el uso de guantes y gafas para evitar cortes.

Se recomienda resguardar la fibra de acero para evitar la lluvia y la contaminación ambiental, ya que se oxidará y cambiará su rendimiento durante el uso.

Los ensayos destructivos son más costosos y más complejos, al momento de realizar los ensayos para poder determinar el módulo estático, sin embargo, tienen mayor grado de confiabilidad para los resultados.

Los ensayos no destructivos para hallar el módulo de elasticidad dinámico tienen como ventajas:

1. Las pruebas pueden repetirse durante un período muy largo en el mismo espécimen; Por lo tanto, el número de muestras de ensayo requerido se reduce considerablemente.

2. Los resultados obtenidos con el método de resonancia en la misma muestra son más reproducibles que los obtenidos con pruebas destructivas y grupos de muestras.

3. Se pueden realizar el ensayo en campo, porque el equipo de ultrasonido Pundit ® Lab es un equipo portátil.

Para realizar el ensayo de resonancia haciendo uso del equipo de ultrasonido Pundit ® Lab, este debe de estar estrictamente calibrado, usarse en la correspondiente escala de apreciación, los terminales deben de estar en perfecta posición, y contrastamos que debido a la presencia de elementos cercanos distintos al material de concreto, en este caso a los refuerzos de acero trefilado del aditivo las ondas de ultrasonido viajan a mayor velocidad, dándonos como resultado un módulo de elasticidad más alto en comparativa con el módulo de elasticidad estático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, M. A. (2016). EL CONCRETO, MATERIAL FUNDAMENTAL PARA LA INFRAESTRUCTURA. *VOZ DEL EXPERTO*, 24-25.
- ASTM 31M–08a, C. 3. (2008). *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra*. West Conshohocken - USA: Committee C09.
- ASTM C 31/C. (2008). *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra*. . West Conshohocken - USA.
- ASTM C 469 – 02. (2002). *Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*.
- ASTM C39/C39M-18. (2018). *STANDARD COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE*.
- Comentario (ACI 318SR-05). (s.f.). *FARMINGTON HILLS, MICHIGAN - USA: PRODUCIDO POR EL COMITÉ ACI 318. (318SR-05)*.
- Comité ACI 318. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. Estados Unidos de Norteamérica: FARMINGTON HILLS, MICHIGAN 48333-9094 - USA.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hoag, M. (2018). *ND JAMES INSTRUMENTS No Destructive Test Equipment V-E-400 Endometer Operator's Manual*. Chicago, IL U.S.A.: ND JAMES INSTRUMENTS.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. Lima.

Norma Técnica Peruana NTP 400.012. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado*. Lima: INDECOPI 2013.

Paliza, G. ((2016)). *“Caracterización mecánica del concreto usando ensayos no destructivos de Resonancia por Impacto y vibración ambiental”*. Lima -Perú

Sánchez Muñoz, F. L. ((2015)). *“Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días”*. Perú.

ANEXOS

Figura 31. *Extracción de agregados desde Cantera Trapiche – Lima.*



Nota: Consultora & Constructora Qhg Sac., Lima, (2018).

Figura 32. *Extracción de agregados desde Cantera Trapiche – Lima.*



Nota: Consultora & Constructora Qhg Sac., Lima, (2018).

Figura 33. Separación de muestras de agregado grueso.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 34. Selección de aditivos de acero trefilado.



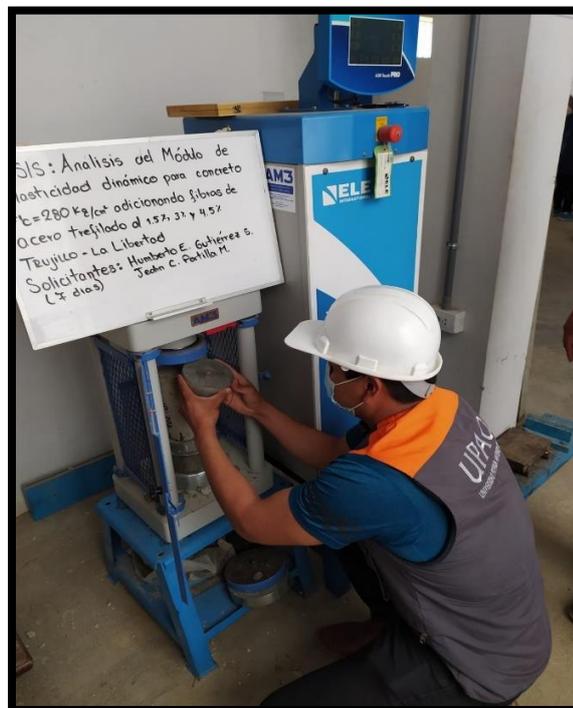
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 35. Testigos de concretos para realizar los ensayos.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 36. Colocación bases de Neopreno, Ensayo de Compresión.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 37. Ensayo de Compresión.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 38. Tesistas validando datos del ensayo de Compresión.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 39. *Equipo de resonancia Pundit ® Lab.*



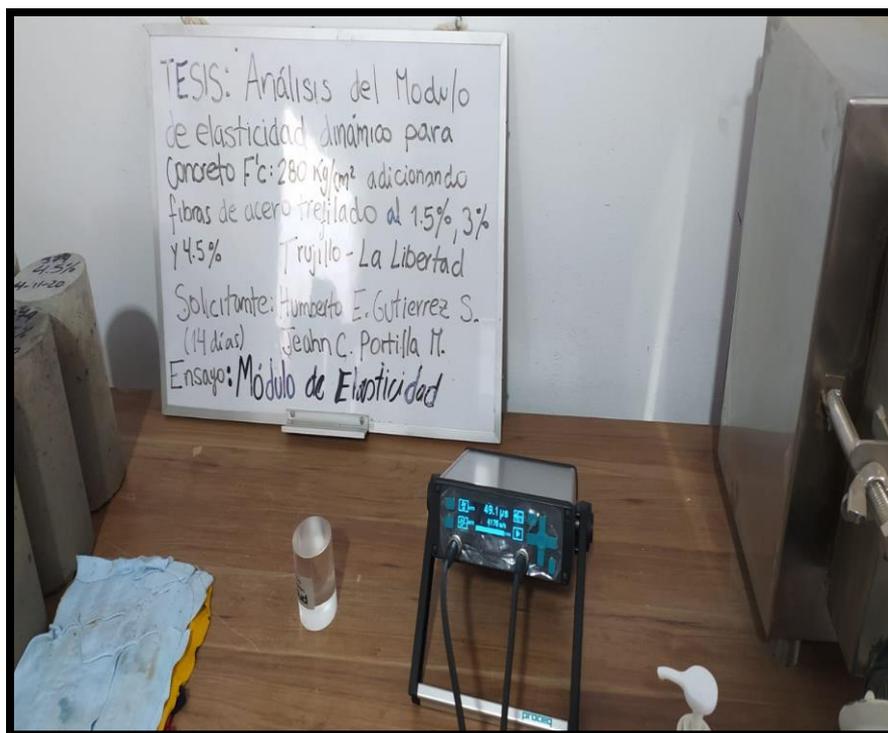
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 40. *Calibración del equipo Pundit ® Lab.*



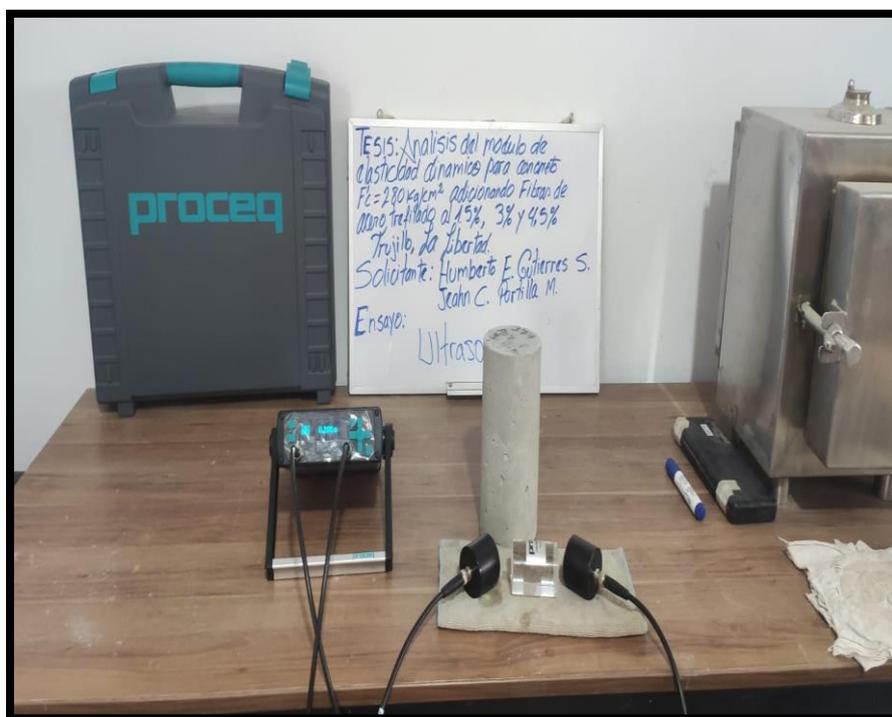
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 41. Equipo de resonancia Pundit® Lab.



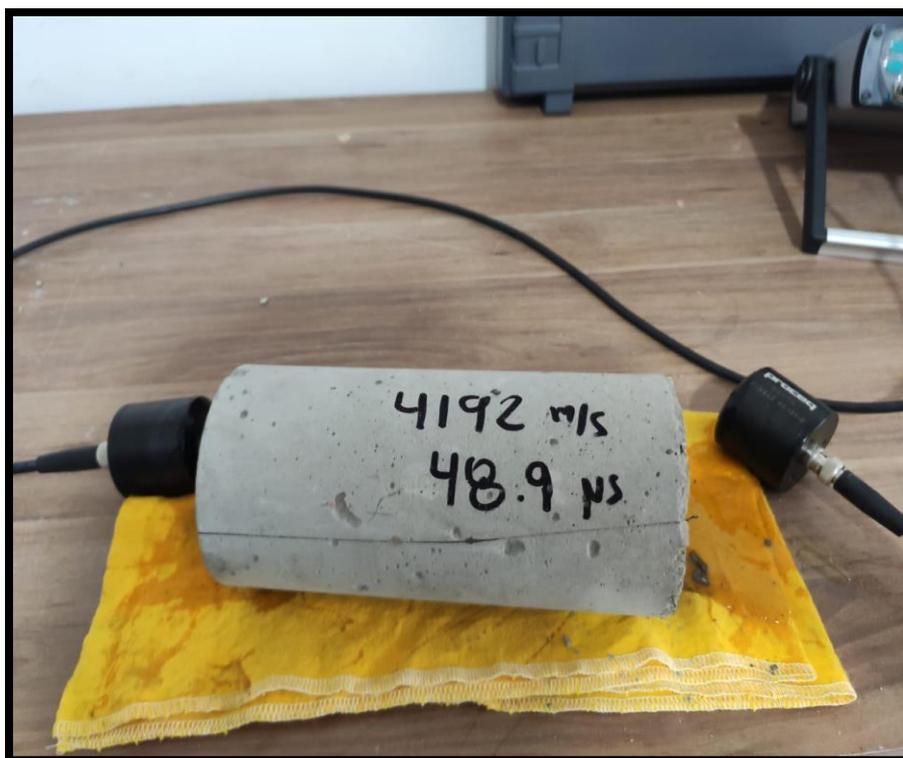
Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 42. Materiales usados en Ensayo de Resonancia.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 43. Testigo de concreto usado en Ensayo de Resonancia.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 44. Ensayo de Resonancia con equipo Pundit ® Lab.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 45. *Ensayo de Resonancia con equipo Pundit® Lab.*



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 46. *Ensayo de Resonancia con equipo Pundit® Lab.*



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 47. *Ensayo de Resonancia con equipo Pundit® Lab.*



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 48. *Validación de datos con equipo Pundit® Lab.*



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 49. Validación de datos con equipo Pundit® Lab.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 50. Finalización de ensayo de resonancia equipo Pundit® Lab.



Nota: Gutiérrez & Portilla, (2021).

Figura 51. Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I Portland.

CEMENTO SOL



Ficha Técnica

CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clínker y yeso.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

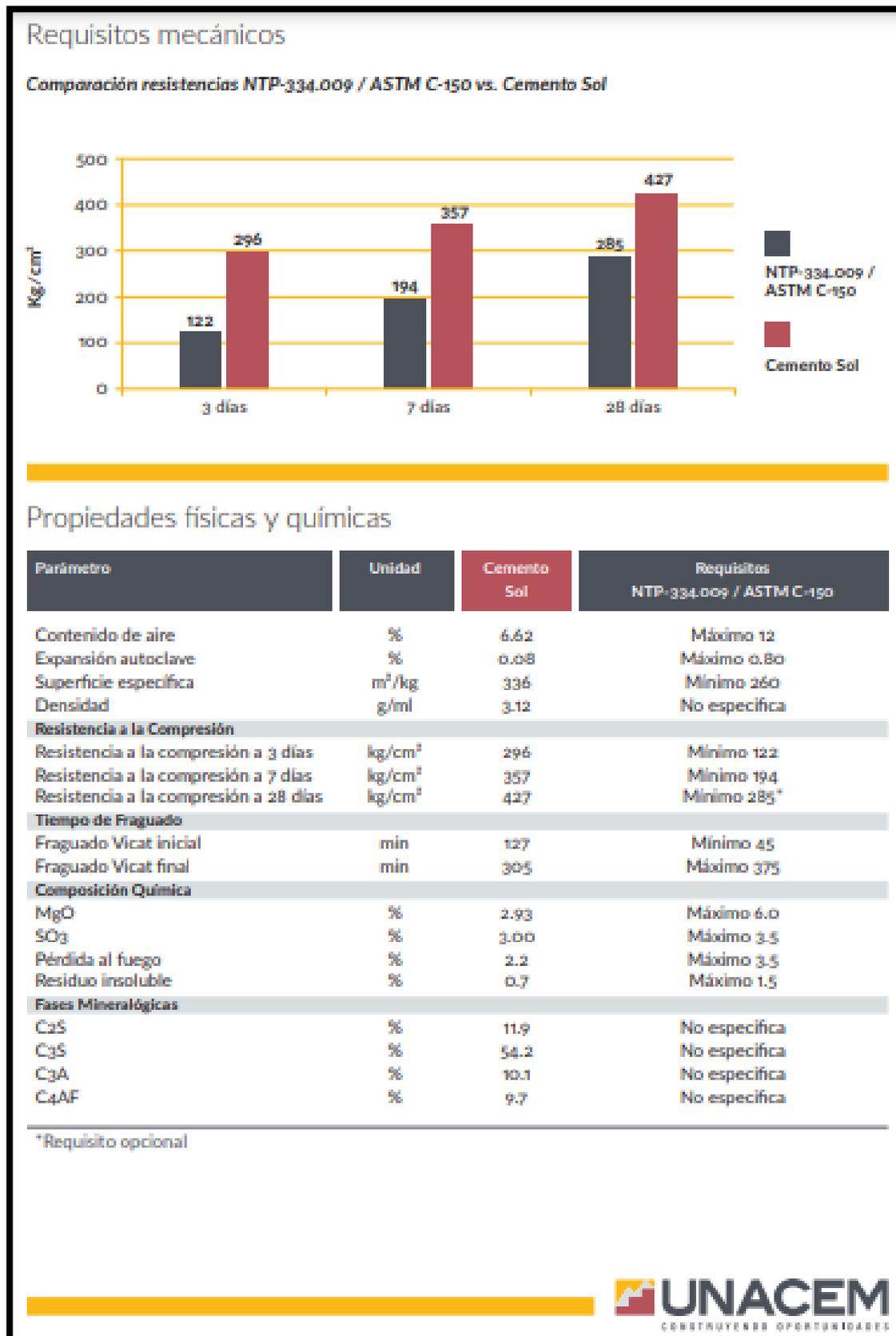
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Nota: UNACEM Construyendo Oportunidades, (2017).

Figura 52. Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I Portland.



Nota: UNACEM Construyendo Oportunidades, (2017).

Figura 53. Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.

 BUILDING TRUST	
<h1>HOJA TÉCNICA</h1> <h2>Sika® Fiber CHO 80/60 NB</h2>	
<p>Fibra de acero para refuerzo del concreto en losas y concreto pre-fabricado</p>	
<p>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</p>	<p>Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto pre-fabricado, especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.</p> <p>USOS</p> <p>Sika Fiber CHO 80/60 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.</p> <p>En elementos de concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.</p> <p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración. ▪ Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión). ▪ Reducción de la fisuración por retracción. ▪ No afecta los tiempos de fraguado. ▪ Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme

Nota: Sika Perú S.A, (2016).

Figura 54. Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.

NORMAS	Sika® Fiber CHO 80/60 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.	
DATOS BÁSICOS		
FORMA	PRESENTACIÓN Sacos de papel x 20 kg.	
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Los sacos de Sika® Fiber CHO 80/60 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.	
DATOS TÉCNICOS	Longitud:	60 mm con extremos conformados
	Diámetro de la fibra:	0.75 mm
	Relación longitud/ Diámetro:	80
	Resistencia a tracción:	1200 MPa min.
	Elongación de rotura:	4% max.
INFORMACIÓN DEL SISTEMA		
DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS Normalmente entre 10 y 45 kg de Sika® Fiber CHO 80/60 NB por m ³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.	
MÉTODO DE APLICACIÓN	MÉTODO DE LA APLICACIÓN Sika® Fiber CHO 80/60 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso: <ul style="list-style-type: none"> ▪ En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras. 	

Nota: Sika Perú S.A, (2016).

Figura 55. Ficha Técnica Sika® Fiber CHO 80/60 NB.

	<ul style="list-style-type: none"> En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo. <p>OBSERVACIONES TÉCNICAS</p> <p>No agregue Sika® Fiber CHO 80/60 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.</p>
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACIÓN	Evite el contacto directo con los ojos y la piel. Protéjase utilizando guantes y lentes de seguridad.
OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p> <p style="text-align: center;">"La presente Edición anula y reemplaza a la Edición Nº 3 la misma que deberá ser destruida"</p>

Nota: Sika Perú S.A, (2016).