



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Optimización del concreto hecho en obra con adición de
fibras PET reciclado, Carabaylo – 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Zelada Izquierdo, Liler Alexander (ORCID: 0000-0002-6013-4778)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mis padres, quienes me enseñaron que la mejor herencia que se le puede dejar a los hijos es el conocimiento; a mis hermanos pequeños, los cuales son mi mayor motivación y por brindarme todo su apoyo desde que inicié esta etapa de mi vida; así como también a todos aquellos que creyeron en mí y estuvieron presentes durante toda mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por haberme brindado todo su apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria, a los docentes de la EAP Ingeniería Civil por la formación brindada todos estos años, a el Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio por la paciencia y la orientación y por el tiempo que me dedicó durante esta etapa final de la investigación, a mis las personas que estuvieron apoyándome desde que comencé esta maravillosa aventura. A todos ustedes, gracias infinitas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| CARÁTULA | I |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| III. METODOLOGÍA..... | 36 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación..... | 37 |
| 3.2. Variables y Operacionalización | 38 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis..... | 41 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 43 |
| 3.5. Procedimientos | 44 |
| 3.6. Métodos de análisis de datos | 45 |
| 3.7. Aspectos éticos | 45 |
| IV. RESULTADOS..... | 46 |
| V. DISCUSIÓN | 120 |
| VI. CONCLUSIONES | 123 |
| VII. RECOMENDACIONES | 126 |
| REFERENCIAS | 128 |
| ANEXOS | 135 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Edades de ensayo y tolerancia permisible. | 21 |
| Tabla 2. Densidades para el concreto fresco (SI). | 24 |
| Tabla 3. Densidad para el concreto fresco (pulgadas-libras). | 24 |
| Tabla 4. Uso del plástico según peso y volumen. | 28 |
| Tabla 5. Ventajas Y Desventajas Del Uso De Fibras PET | 34 |
| Tabla 6. Operacionalización de Variables | 40 |
| Tabla 7. Concreto base $F'c=175$ y 210 kg/cm^2 | 41 |
| Tabla 8. Concreto con 7% PET de $F'c=175$ y 210 kg/cm^2 m. | 42 |
| Tabla 9. Concreto con 13% PET de $F'c=175$ y 210 kg/cm^2 | 42 |
| Tabla 10. Concreto con 20% PET de $F'c=175$ y 210 kg/cm^2 | 42 |
| Tabla 11. Total de Probetas a Ensayar. | 42 |
| Tabla 12. PET Utilizado Y Su Peso por unidad | 47 |
| Tabla 13. Tabla de granulometría del agregado fino | 51 |
| Tabla 14. Curva granulométrica | 52 |
| Tabla 15. Tabla de granulometría del agregado grueso | 54 |
| Tabla 16. Curva granulométrica del agregado grueso | 54 |
| Tabla 17. Peso Unitario Suelto Y Compactado | 56 |
| Tabla 18. Peso Unitario Suelto Y Compactado | 58 |
| Tabla 19. Peso específico | 60 |
| Tabla 20. Peso específico | 61 |
| Tabla 21. Valores de diseño | 67 |
| Tabla 22. Resultados de ensayos a la resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | 78 |
| Tabla 23. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | 78 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24. Resistencia compresión $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días | 79 |
| Tabla 25. Resistencia compresión $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días | 80 |
| Tabla 26. Resistencia compresión $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 81 |
| Tabla 27. Resultados de ensayos a la resistencia compresión $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | 82 |
| Tabla 28. Resistencia compresión $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | 82 |
| Tabla 29. Resistencia compresión $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días | 83 |
| Tabla 30. Resistencia compresión $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días | 84 |
| Tabla 31. Resistencia compresión $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 85 |
| Tabla 32. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días..... | 87 |
| Tabla 33. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días..... | 89 |
| Tabla 34. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días. | 91 |
| Tabla 35. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días. | 93 |
| Tabla 36. Módulo de elasticidad para un $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días | 94 |
| Tabla 37. Módulo de elasticidad de un $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días | 95 |
| Tabla 38. Módulo de elasticidad de un $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días | 96 |
| Tabla 39. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días..... | 98 |
| Tabla 40. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días..... | 100 |
| Tabla 41. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días. | 102 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 42. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días. | 104 |
| Tabla 43. Módulo de elasticidad..... | 105 |
| Tabla 44. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días | 106 |
| Tabla 45. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días | 107 |
| Tabla 46. Densidad seca (g/cm^3) | 108 |
| Tabla 47. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm^3) | 109 |
| Tabla 48. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | 110 |
| Tabla 49. Densidad aparente (g/cm^3) | 111 |
| Tabla 50. Volumen de poros permeables (% vacíos)..... | 112 |
| Tabla 51. Peso específico del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 113 |
| Tabla 52. Densidad seca (g/cm^3) | 114 |
| Tabla 53. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm^3) | 115 |
| Tabla 54. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | 116 |
| Tabla 55. Densidad aparente (g/cm^3) | 117 |
| Tabla 56. Volumen de poros permeables (% vacíos)..... | 118 |
| Tabla 57. Peso específico del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 119 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Concreto con fibra PET..... | 4 |
| Figura 2. Almacenamiento del cemento..... | 17 |
| Figura 3. Almacenamiento del agua..... | 18 |
| Figura 4. Almacenamiento de agregados..... | 19 |
| Figura 5. Tipos de fracturas del concreto..... | 22 |
| Figura 6. Esfuerzo – Deformación..... | 26 |
| Figura 7. Elaboración de concreto hecho en obra de manera manual y con maquinaria..... | 27 |
| Figura 8. Clasificación De Los Plásticos..... | 29 |
| Figura 9. Simbología Y Numeración Del PET..... | 30 |
| Figura 10. Propiedades De Las Fibras PET Para La Aplicación En El Concreto. | 34 |
| Figura 11. Simbología PET..... | 35 |
| Figura 12. Proceso Cuantitativo..... | 37 |
| Figura 13. Acopio De Botellas PET..... | 47 |
| Figura 14. Simbología De Botellas PET..... | 48 |
| Figura 15. Botellas Listas Para Su Procesamiento..... | 48 |
| Figura 16. Procesamiento De Botellas..... | 49 |
| Figura 17. Procesamiento De Las Fibras PET..... | 49 |
| Figura 18. Fibras PET Procesadas..... | 50 |
| Figura 19. Análisis granulométrico del agregado fino..... | 50 |
| Figura 20. Cantidad de muestra a usar según la NTP 400.012..... | 53 |
| Figura 21. Tamices del agregado grueso..... | 53 |
| Figura 22. Cálculo del peso unitario para el agregado fino..... | 55 |
| Figura 23. Cálculo del peso unitario para el agregado grueso..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 24. Cálculo de f'_{cr} en función del f'_{c} | 63 |
| Figura 25. Cálculo del contenido de aire en función al TMN..... | 64 |
| Figura 26. Cálculo de la relación (a/c)..... | 64 |
| Figura 27. Cálculo de la cantidad de agregado grueso en función del módulo de fineza del agregado fino con el TMN | 66 |
| Figura 28. Diseño de mezcla para un f'_{c} 175 kg/cm ² sin PET reciclado..... | 69 |
| Figura 29. Diseño de mezcla para un f'_{c} 175 kg/cm ² con 7% PET reciclado ... | 70 |
| Figura 30. Diseño de mezcla para un f'_{c} 175 kg/cm ² con 13% PET reciclado . | 71 |
| Figura 31. Diseño de mezcla para un f'_{c} 175 kg/cm ² con 20% PET reciclado . | 72 |
| Figura 32. Diseño de mezcla para un f'_{c} 210 kg/cm ² sin PET reciclado..... | 73 |
| Figura 33. Diseño de mezcla para un f'_{c} 210 kg/cm ² con 7% PET reciclado ... | 74 |
| Figura 34. Diseño de mezcla para un f'_{c} 210 kg/cm ² con 13% PET reciclado . | 75 |
| Figura 35. Diseño de mezcla para un f'_{c} 210 kg/cm ² con 20% PET reciclado . | 76 |
| Figura 36. Probetas Cilíndricas Terminadas..... | 77 |
| Figura 37. Resistencia compresión f'_{c} = 175 Kg/cm ² a los 7 días..... | 79 |
| Figura 38. Resistencia compresión f'_{c} = 175 Kg/cm ² a los 7 días..... | 80 |
| Figura 39. Resistencia compresión f'_{c} = 175 Kg/cm ² a los 28 días..... | 81 |
| Figura 40. Resistencia compresión f'_{c} = 210 kg/cm ² a los 7 días..... | 83 |
| Figura 41. Resistencia compresión f'_{c} = 210 Kg/cm ² a los 14 días..... | 84 |
| Figura 42. Resistencia compresión f'_{c} = 210 Kg/cm ² a los 28 días..... | 85 |
| Figura 43. Módulo de elasticidad de f'_{c} = 175 kg/cm ² a los 7 días..... | 87 |
| Figura 44. Módulo de elasticidad de f'_{c} = 175 kg/cm ² + 7% PET reciclado a los 7 días..... | 89 |
| Figura 45. Módulo de elasticidad de f'_{c} = 175 kg/cm ² + 13% PET reciclado a los 7 días..... | 91 |
| Figura 46. Módulo de elasticidad de f'_{c} = 175 kg/cm ² + 20% PET reciclado a los 7 días..... | 93 |

| | |
|---|-----|
| Figura 47. Módulo de elasticidad..... | 94 |
| Figura 48. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días | 95 |
| Figura 49. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días | 96 |
| Figura 50. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días. | 98 |
| Figura 51. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días..... | 100 |
| Figura 52. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días. | 102 |
| Figura 53. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días. | 104 |
| Figura 54. Modulo de elasticidad..... | 105 |
| Figura 55. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días | 106 |
| Figura 56. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días | 107 |
| Figura 57. Densidad seca (g/cm^3) | 108 |
| Figura 58. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm^3)..... | 109 |
| Figura 59. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | 110 |
| Figura 60. Densidad aparente (g/cm^3) | 111 |
| Figura 61. % Volumen de poros permeables (% vacíos)..... | 112 |
| Figura 62. Peso específico del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 113 |
| Figura 63. Densidad seca (g/cm^3) | 114 |
| Figura 64. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm^3)..... | 115 |
| Figura 65. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | 116 |
| Figura 66. Densidad aparente (g/cm^3) | 117 |
| Figura 67. Volumen de poros permeables (% vacíos) | 118 |
| Figura 68. Peso específico del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días | 119 |

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal analizar la influencia de las fibras PET reciclado en el concreto hecho en obra; lo que busca es dar una solución a la explotación indiscriminada que se le da a las materias primas usadas en la elaboración del concreto, reemplazándolas por material reciclado. Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, fue de diseño experimental con tipo aplicada y nivel descriptiva; se utilizó una población y muestra de 144 probetas de concreto, las fibras fueron elaboradas con botellas plásticas de distintas marcas las cuales llevaron la simbología PET respectiva, tuvieron una dimensión de 0.2 cm de ancho por 0.5 cm de largo que fueron utilizados en los porcentajes de 7%,13% y 20% del volumen del agregado fino para los concretos de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Con los resultados obtenidos a través de los ensayos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y peso específico, se llegó a la conclusión de que al incrementar el 7% de PET reciclado aun concreto con ruptura a los 28 días: su resistencia a la compresión cumplirá con los estándares de calidad, su módulo de elasticidad disminuirá haciendo que el concreto sea menos trabajable y su peso específico será menor volviéndolo un concreto más ligero.

Palabras Claves: PET RECICLADO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, CONCRETO.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to analyze the influence of recycled PET fibers on concrete made on site; what it seeks is to provide a solution to the indiscriminate exploitation that is given to the raw materials used in the production of concrete, replacing them with recycled material. This research had a quantitative focus, it was of experimental design with applied type and descriptive level; a population and a sample of 144 concrete probes were used, the fibers were made with plastic bottles of different brands which had the respective PET symbols, had a dimension of 0.2 cm wide by 0.5 cm long that were used in the percentages 7%, 13% and 20% of the volume of the fine aggregate for the concrete of $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ and $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. With the results obtained through the tests of compressive strength, modulus of elasticity and specific weight, he concluded that by increasing 7% of recycled PET including concrete with a breakage at 28 days: its resistance to compression met with the quality specifics, its modulus of elasticity decreased, making the concrete less workable and its specific weight will be less, making it a lighter concrete.

Keywords: RECYCLED PET, COMPRESSIVE STRENGTH, CONCRETE

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo se va desarrollando cada vez más, y con esto las actividades económicas como es la construcción, esta actividad es la más antigua en la que el hombre participa; todo comenzó cuando los primeros habitantes tenían la necesidad de tener un lugar donde protegerse del clima y de los peligros a los que estaban expuestos. Primero se alojaban en cuevas, cavernas e incluso agujeros que encontraban en el camino ya que el arte de construir era completamente desconocido en lugares primitivos, con el paso del tiempo aprendieron a realizar sus propias viviendas y las hacían a base de ramas, hojas y piel de animales. Años después se empezó a utilizar componentes naturales aún más permanentes tales como la piedra, arcilla y madera. Con el desarrollo de la sociedad se empezó con el uso de los materiales como el ladrillo, hormigón, metal y plástico. Los cuales, son los materiales son más resistentes y con esta mentalidad se fueron creando más y mejores edificaciones. (“Historia de la construcción”, 2016, párr. 6).

Como se sabe, en la antigüedad no se contaba con los materiales adecuados para la construcción de viviendas; estos materiales se han ido desarrollando con el pasar del tiempo, ya sean ladrillos u otro tipo de agregados los cuales hacen que la construcción de edificaciones cada vez sea más sencilla y a su vez más seguras.

A través del tiempo la humanidad ha ido creciendo de una manera muy acelerada y con esto, el aumento de muchos productos de una manera casi indiscriminada y dentro de ellos se encuentra el plástico. Principal mente están los envases hechos con tereftalato de polietileno (PET) este es uno de los principales elementos reutilizables y uno de los más usados en nuestro día a día, cada año aumentan considerablemente los productos envasados gracias a todas sus cualidades, desde el panorama ambientalista, el PET es uno de los excelentes materiales el cual tienen características únicas para el reciclado (según Greenpeace).

Por lo contrario, hay una problemática incierta con respecto a este material debido a que su tiempo de degradación es de 700 años aproximadamente y, su demanda y producción es cada vez es más acelerada. Las industrias productoras de bebidas, alimentos e incluso cosméticos, son las principales

consumidoras de este material y esto hace que se aumente el impacto ambiental del plástico (“PET un plástico amigable pero no inofensivo”, 2019, párr. 2).

En la actualidad, nuestro país no cuenta con un programa eficiente de reutilización de materiales PET, esta situación contribuye que estos desechos terminen esparcidos por toda nuestra ciudad y muchas veces son mezclados con los rellenos sanitarios donde el tratamiento de estos materiales no son los adecuados, por ello es que ocupan un gran volumen significativo el cual es perdido de manera innecesaria ya que podría ser destinado para otros usos comerciales.

Según Grández (2018, p. 19) nos dice que, actualmente se están realizando distintas investigaciones las cuales mencionan sobre el rehúso de productos desechables, una de estas alternativas de reutilización es en el concreto y con esto generar un concreto con un menor precio y con el debido acatamiento de las normas técnicas peruanas y sin afectar los temas principales como es la resistencia del concreto. Los productos que se están incluyendo, proporcionan efectos agradables en las propiedades del concreto. La adición de estos materiales en el sector constructor, no son solo lo económicos, sino que también ayudan con el problema de la eliminación de desperdicios.

Como ya se mencionó, la adición de materiales externos a las materias primas del concreto pueden ser beneficiosos y a su vez puedes mejorar de manera positiva y aportar propiedades las cuales hagan que el concreto mejore su desempeño ante cualquier tipo de eventualidades y uno de estos materiales es el PET el cual está teniendo un aumento enorme y como consecuencia se tiene un gran impacto ambiental.

Ante los problemas descritos, surge la necesidad de utilizar materiales alternos que suplanten las componentes principales para la elaboración del concreto y con esto contribuir con el desarrollo de nuevas tecnologías las cuales son parte de una idea llamada construcciones sostenible, un claro ejemplo de estos avances es la reutilización de residuos tanto reciclados como los de construcción, todo esto con la finalidad de hacerlos formar parte de la elaboración del concreto volviéndolo un producto amigable con el medioambiente. El concepto de colocar un refuerzo dentro del concreto es que

este se desarrolle de manera más eficaz y a su vez se convierta en un material más liviano; con esto se lograra aminora el volumen de las fisuras, esto se debe a la adherencia entre las fibras y el concreto, este proceso acrecienta la ductilidad del concreto esto es conforme al tipo de fibra que se agregue en la elaboración del concreto, el uso de estas fibras mejoran la resistencia a la tracción y a la compresión; y a su vez otra de las ventaja es que se reducirá los costos, si bien es cierto la comercialización de fibras metálicas y sintéticas tienen precios elevados, esto conlleva el uso de nueva materia prima las cuales aumenten el grado de consumismo (Aguilera y Diestra, 2017, p. 3).

Frente a este problema, es presentado el presente proyecto de investigación se usará el PET proveniente de las botellas de plástico con la finalidad de darle un nuevo uso. En la actualidad las grandes constructoras ya están obteniendo conciencia de la importancia de este tema como son las construcciones sostenibles y a la vez el impacto ambiental que causa la explotación de algunas materias primas esto con lleva a causar muchas alteraciones en el eco sistema por ello es que se ven obligados a generar nuevas tendencias para crear nuevas y mejores edificaciones con el uso de materiales que quizás tengamos de manera cotidiana uno esto es el uso del PET en edificaciones las cuales la demanda de concreto diariamente sea en cantidades pequeñas por lo que se a netamente realizado en obra y este concreto cumpla con los controles de calidad establecidos por el reglamento nacional de edificaciones.



Figura 1. Concreto con fibra PET

En ese mismo orden, Hernández, Fernández, Baptista (1991) sostienen que, una vez elaborado la idea central de la investigación, el científico, estudiante debió haber ahondado en el tema concurriendo a las bibliografías básicas, así como también haber consultado a otros investigadores y diversas fuentes confiables; habiendo realizado todo esto, ya que se hallan en condiciones de poder realizar el planteamiento del problema de investigación (p. 59).

Problema General: ¿Cómo influye la adición de las fibras PET reciclado en la optimización del concreto hecho en obra?

Problemas específicos: ¿Cómo influye las fibras PET reciclado en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra?

¿Cómo influye las fibras PET reciclado en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra?

¿Cómo influye las fibras PET reciclado en el peso específico del concreto hecho en obra?

Justificación de Estudio: Farías (2019) menciona que “en la investigación se aportará nuevas y mejores técnicas para el mejoramiento del concreto y algunas de sus propiedades tales como son: la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y la densidad del concreto. Se formará un método cuidadoso para la elaboración del concreto sustituyendo una cierta cantidad de agregados por PET reciclado tratando de optimizar las propiedades y a su vez elaborar un concreto económico y con esto contribuir en minimizar el impacto ambiental por la excesiva cantidad de fibras PET” (p. 30).

Justificación Social: La presente investigación describirá y manifestará de manera eficaz el problema que causa el alto consumo de PET en la sociedad. El uso de este producto es muy continuo debido a que cada vez este material es más resistente, por lo que tiene muchos usos simultáneos beneficiosos socialmente. Como se menciona anteriormente, en esta investigación se buscará reutilizar el PET, específicamente las botellas ya que en nuestro país es demasiado común ver como se amontona miles de estos residuos a las cuales se les puede dar mejores usos que solo ser tirados a la calle y continuar contaminando nuestro ecosistema.

Justificación Económica: Además, se busca dar a conocer las diversas alternativas para el mejoramiento continuo del concreto de una manera más económica sin afectar las propiedades de este material. Como bien se sabe, los materiales tienden a subir y bajar de precio, por lo que, al proponer el uso del PET reciclado como uno de los materiales principales del concreto, aparte de que es un producto de menor costo y accesible para todo público, también hace que las edificaciones se conserven de mejor manera y que con el paso del tiempo se mantengan firmes.

Justificación de Ambiental: La cantidad de PET que existe en el Perú y el mundo es realmente sorprendente, lamentablemente solo 2 de cada 10 personas hacen un uso consciente de este material. Muchas veces se piensa que en el área de Ingeniería Civil solo se preocupan por construir y no por cuidar el planeta; por lo que en el presente proyecto se aprecia el apoyo solemne hacia el reutilizamiento del plástico, y a si ayudando a minimizar el impacto por este desecho cotidiano que perjudica el entorno medioambiental, además de que mejora notablemente las propiedades mecánicas del concreto, y demostrando que los principales beneficiarios son la población.

Hernández et al. (1991) menciona que en los objetivos se deben de expresar con claridad para así evitar posibles desvíos durante el proceso de investigación (p. 30).

Objetivo General: Analizar cómo influyen las fibras PET reciclado en la optimización del concreto hecho en obra.

Objetivos Específicos: Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra.

Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra.

Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en el peso específico del concreto hecho en obra.

Las hipótesis es la que plantean las respuestas a las preguntas que se hacen durante la investigación, es la relación que existe entre estas es continua e íntima. Las hipótesis relevan a los objetivos y preguntas de investigación para guiar el estudio. Por lo que, la hipótesis normalmente surge de los objetivos y la

pregunta de investigación realizadas anteriormente (Hernández et. al, 1991. p. 79).

Hipótesis General: Las fibras PET reciclados influyen en la optimización del concreto hecho en obra.

Hipótesis Específica: Las fibras PET reciclado influyen en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra.

Las fibras PET reciclado influyen en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra.

Las fibras PET reciclado influyen en el peso específico del concreto hecho en obra.

II. MARCO TEÓRICO

Farías, M. (2018) en su tesis que llevó como título *“Influencia del porcentaje de polietileno tereftalato en las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto – 2018”*, consiguió el título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo- Chimbote. Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia del porcentaje de polietileno tereftalato (PET) en las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto, el diseño de esta investigación fue no experimental debido a que se estudió la influencia del polietileno tereftalato en reemplazo del agregado fino los porcentajes utilizados fueron de 5%, 15%, 30%. En esta investigación, el tesista concluyó que el polietileno tereftalato (PET) si tuvo una influencia de manera positiva debido a los ensayos a de laboratorio que se realizó a sus bloques de concreto con adición de PET por lo cual es recomendable el uso de PET, pero en cantidades adecuadas para así obtener un resultado satisfactorio ya que si se aumenta de manera indiscriminada yo cumplirá lo establecidos por la NTP 399.613 y NTP 339.604.

Flores, M., (2018) en su tesis que se tituló *“Elaboración De Elementos Prefabricados De Concreto Con La Adición De Plástico Reciclado PET. Para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional De Ingeniería- Lima”*, el objetivo general de esta investigación fue elaborar elementos prefabricados de concreto utilizando material reciclado de Plástico PET para el uso en edificaciones, a fin de lograr el objetivo, se tomará en cuenta cada uno de los resultados de diseño que cumplan con los estándares del mercado. Al finalizar el investigador concluyo que con la sustitución de PET por agregado fino estos tienden a tener una disminución del peso de estos elementos prefabricados de concreto por lo tanto esto implica un ahorro económico y a su vez tener un refuerzo de los elementos estructurales, estos resultados se obtuvieron a través de los ensayos realizados a los especímenes de estudio los cuales fueron sometidos a estudio. Asimismo, con esto se marca un punto de inicio para una política de cuidado del medio ambiente mediante y a la utilización de materiales que pueden aportar propiedades muy importantes las cuales a su vez mejoren la capacidad de resistencia y durabilidad uno de esto es el PET ya que poseen un periodo largo de degradación.

Grández, E. (2018) en su tesis *“Influencia de las fibras plásticas PET en las propiedades mecánicas del concreto endurecido, Lima – 2018”*, logró el título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo - Lima. Esta investigación tuvo como objetivo general analizar la influencia de las fibras plásticas PET en las propiedades mecánicas del concreto endurecido y la metodología de investigación fue de tipo aplicada experimental debido a que se realizó ensayos a la compresión, tracción y flexo tracción. En los ensayos fueron realizados a probeta cilíndricas la cuales fueron dosificadas teniendo en cuenta todas las condiciones propuestas por NTP estos resultados arrojaron resultados favorables a su investigación por lo tanto el propone el uso del PET en la construcción. El investigador concluyó que las fibras plásticas en las mezclas mejoraron de manera significativa a las propiedades mecánicas del concreto endurecido; a la vez, también menciona que al reemplazar un porcentaje de agregado por fibras de PET se reduce en el costo del concreto, el cual para temas de edificaciones es un ahorro significativo.

Léctor, M. y Villarreal, E. (2017) en su tesis *“Utilización de Materiales Plásticos de Reciclaje como Adición en la Elaboración de Concreto en la Ciudad de Nuevo Chimbote”* con el que alcanzó el título de Ingeniero Civil en la universidad nacional del Santa Chimbote – Perú, tuvo como objetivo general la elaboración del concreto convencional adicionando materiales plásticos reciclados triturados (PET). Esta investigación fue de diseño experimental debido a que en este estudio se tuvo que manipular una de las dos variables, es decir que se obtuvo información de las actividades realizadas posteriormente con esto se adquirió una serie de contestaciones con el uso de métodos y procesadores de datos, para finalmente formular los cuadros de resultado. Esta investigación concluyó que con la adición de material de plástico aumenta el volumen del concreto en una décima parte y a la vez se contribuye a la mitigación del plástico y a su vez disminuir el perjuicio que ocasiona el plástico a nuestro planeta.

Reyes, M. (2018) en su tesis *“Diseño de un concreto con fibras de Polietileno Tereftalato (PET) reciclado para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta - Ate – Lima”* con el cual logró el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma – Lima. El objetivo principal de esta investigación fue la realización de un diseño de mezcla de concreto con fibras de

polietileno tereftalato reciclado para mejorar las propiedades del concreto en la construcción losas en el Asentamiento Humano Amauta-Ate. El modelo de investigación fue experimental de tipo de estudio descriptivo ya que especifica las propiedades y características del concreto. Así mismo, también fue correlacional porque relaciona las variables mediante un patrón predecible para una población. El resultado brindado por esta investigación fue que al aumento de fibra de PET puede tener reacciones adversas a lo requerido por los investigadores para ello recomienda buscar y plantear una alternativa de solución para estos diseños de concreto los cuales tiene muchos beneficios tanto sociales y económicos.

Silvestre, A. (2015) con su proyecto de investigación titulada *“Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales”* con el que obtuvo el título de Ingeniero Civil en la Universidad Libre Seccional Pereira – Colombia, tiene como objetivo general la determinación del comportamiento de las mezclas de concretos con Tereftalato de polietileno, con la finalidad de poder aplicarlas en la reducción de las cargas muertas en estructuras y así obtener simultáneamente un ahorro en el costo de las mismas. Esta investigación fue de tipo experimental ya que fue necesario realizar una serie de pruebas de resistencia a los especímenes obtenidos por el investigador a su vez el correcto uso de las mezclas, analizar y comparar los resultados con la normatividad que se encuentra vigente actualmente. El investigador concluyó que los resultados de los ensayos muestran una variación del módulo de elasticidad para las diferentes proporciones y a su vez también se obtuvo un concreto el cual cumplían con los objetivos de esta investigación.

Hernández, B. (2011) en su trabajo de investigación llamada *“Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas”*, con el que obtuvo su título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala, poseyó como objetivo estudiar la resistencia a la compresión del concreto que tenían adición de PET comparándolo con un concreto convencional. Los ensayos se realizaron en base a los requisitos de la norma ASTM. Estos resultados que se obtuvieron de las pruebas realizadas pusieron en evidencia la influencia que tiene la adición de algún material de reciclado, estos pueden reducir e

incrementar la trabajabilidad y la resistencia del concreto. En general, la mezcla o la adición de plástico PET, es una de las más capacitada para ser usada casualmente, ya que la esta influye en la resistencia esta fue proporcional a la cantidad de plástico que se adicione. El uso de estas mezclas estudiadas se deberá limitar a elementos no estructurales.

Méndez, E. (2012) en su tesina *“Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $F'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes”* con el cual obtuvo el título de especialista en construcción en la Universidad Veracruzana Región Xalapa Veracruz México. La cual tuvo como objetivo específico el diseño de una mezcla propuesta para obtener una resistencia la cual registró todos los ensayos. Esta investigación fue experimental debido a que el investigador manipuló una de las dos variables; en esta investigación se concluyó que a al pasar de los años, el uso del PET reciclado se ha ido incluyendo en casi todas las áreas, desde productos para el campo y en la salud, el PET ha sido utilizado en envases de las medicinas y utensilios quirúrgicos. En la vida diaria se puede ver la utilización del PET en los envases de aguas minerales gaseosas o cualquier otro tipo de refrescos o bebidas energéticas, este material ha tomado una importancia significativa, que hoy en día hay propuestas muy importantes de incluir este material en diferentes áreas de la ingeniería civil.

Piñeros, M. y Herrera, R. (2018) en su proyecto de grado llamado *“Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”*, con el cual obtuvieron la especialización en gerencia de obras en la Universidad Católica de Colombia. Esta investigación poseyó como objetivo general realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con la adición de polímeros de plástico reciclado para mampostería no portante aplicados en la construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia. La metodología de esta investigación estaba basada en una investigación teórico práctico la que ayudó a determinar de manera preliminar la reacción del plástico proveniente de las botellas de gaseosa al utilizarlo como un agregado para una mezcla consistente y adecuada para una edificación segura. En este trabajo de grado se llegó a la

conclusión de que los ladrillos con adición de PET son más económico y liviano que el ladrillo convencional (mortero cemento arena).

Palacios, A. (2014), en su tesis llamada *“Elaboración de PET-concreto, buscando mejorar sus propiedades mecánicas de tensión y flexión, con el cual obtuvo el grado de maestro en Ingeniería, México. Distrito Federal”* poseyó como objetivo general la reducción de la contaminación al medio ambiente por el PET (Tereftalato de polietileno), el tipo de investigación fue experimental debido a que se tuvo una intervención directa al concreto, y esto dio resultados que fueron avalados por un laboratorio debidamente certificado. Esta investigación concluyó que las proporciones que se utilizó en vez de aumentar la resistencia del concreto la disminuye por lo cual el investigador no recomienda su uso del PET en el concreto sometido a cargas a compresión e incrementaría la resistencia a la flexión, el cual puede ser un buen índice para una mejor dosificación de PET en el concreto.

Abdula, M., Iftekhar, A. y Md., Rahat. (2014) en su tesis que llevó como *título “A study of green lightweight concrete using polyethylene terephthalate (PET) as aggregate”* que traducido al castellano sería “Estudio del concreto ecológico usando agregados de Tereftalato de polietileno (PET)”. Esta tesis fue mostrada para el grado de bachiller en ciencias en Ingeniería Civil, en la Universidad Tecnológica Islámica. Este proyecto tuvo como objetivo principal el uso del PET como un reemplazo parcial para el agregado grueso en el concreto. Esta investigación fue de tipo experimental debido a que los estudiantes fabricaron probetas cilíndricas las cuales después de los días establecidos por norma se llevaron al laboratorio y se sometieron a diferentes tipos de estudios. Esta investigación concluyó que la densidad del concreto se reduce, pero la resistencia a la compresión y la tensión también se reduce mediante el uso de agregado grueso de plástico. La resistencia también es menor para una mayor relación agua cemento. Sin embargo, se puede lograr una alta trabajabilidad con una relación agua-cemento más baja, por lo tanto, el agregado grueso de plástico se puede usar como agregado para concreto liviano, pero no es adecuado para construcción estructural de alta carga.

Ramadevi, K. y Manju, R. (2012) en su investigación *“Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (Bottle) fibres as fine aggregates”*,

que traducida al español sería “Investigación experimental de las propiedades del concreto con fibras plásticas de PET (botellas) como agregado fino” publicada en la revista International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, los investigadores tuvieron como objetivo principal evaluar la posibilidad de la reutilización de residuos plásticos como un sustituto del agregado fino en el concreto, además de que investigaron su comportamiento mecánico con la adición de éste. Realizaron una comparación entre una mezcla convencional y una adicionada con PET aplicándole tres porcentajes distintos, al realiza los ensayos de resistencia a la tracción y compresión llegaron a la conclusión de que un concreto con adición PET redujo su peso volviéndolo más liviano; además, de que incrementa su resistencia.

Mastan, V. y Asadi, S. (2017) en su artículo científico *titulado “PET bottle waste as a supplement to concrete fine aggregate”* traducida al castellano lleva como nombre “Residuos de botellas PET como suplemento del agregado fino en el concreto” que fue publicado en el volumen 8 de la revista International Journal of Civil Engineering and Technology tuvo como objetivo mostrar el impacto que tiene la reutilización del PET como un sustituto fraccionario en el concreto, los investigadores usaron una mezcla común y una mezcla con 4 porcentajes distintos de adición de tereftalato de polietileno, que luego de haber realizado los ensayos correspondientes llegaron a la conclusión de que el concreto adicionado con PET se vuelve más liviano ayudando a la preparación; además de que es económicamente más accesible.

El Concreto: Pasquel, (como se citó en Lector y Villareal, 2017, p.28), indica que el concreto es la unión de proporciones correctas de materias primas tales como cemento, agua, arena y piedra chancada la unión de estas materias primas al inicio es una composición plástica y a su vez esta es moldeable, y que con el pasar del tiempo esta va adquiriendo una consistencia rígida y con esto obteniendo una resistencia determinante, por esto es que lo hace un material perfecto para la construcción. Esto quiere decir que con el mezclado de estas materias primas se obtiene un producto moldeable, con una resistencia precisa esta resistencia depende de las cantidades de las materias primas que se proporcione en la elaboración del concreto, estas proporcionadas de manera

correcta, contribuyen sus propiedades individuales para formar un material el cual manifiesta un comportamiento particular y original.

El concreto es uno de los elementos esenciales en edificaciones es la unión de varios componentes en su estado natural y de buena calidad estos materiales son dosificados correctamente para que así se pueda obtener un resultado favorable y a su vez elaborar un concreto de buena calidad con un con características ya determinadas las cuales son fundamentales al momento de iniciar una edificación.

Componentes del concreto: El hablar de los componentes utilizados para la producción del concreto es un tema de suma importancia debido de que de estos depende la calidad del concreto que se utilizara para la estructura con esto quiere decir que los materiales a utilizar deben estar en óptimas condiciones y a la vez contar con todos los controles de calidad establecidos por el reglamento nacional de edificaciones.

El Cemento: El cemento es un polvo químico muy fino el cual se consigue del calcinamiento a 1450°C esto es una composición de arcilla, piedra caliza y mineral de hierro. Este es el resultado del proceso del calcinamiento del Clinker el cual es el ingrediente principal, este es molido finamente con yeso y otros aditivos químicos para producción del cemento. Este material es el más utilizado en la construcción a nivel mundial. (“Cemento”, 2019, párr. 2).

El cemento es uno de los primordiales elementos para la producción del concreto ya que posee varios componentes los cuales son unidos para que en cuando este entre en contacto con otros materiales este aporte resistencia a cada elemento estructural en el cual es usado.

Tipos de cemento: Como menciona Saavedra, la industria cementera en el Perú es muy amplia debido a que se produce varios tipos y clases de cemento que los cuales son requeridos de forma permanente en el mercado nacional, el cemento es distribuido según las características y los procesos constructivos los cuales comprende la elaboración de edificaciones necesarias para el desarrollo del mundo, estas y las obras de urbanización que cada día conllevan a una mejor calidad de vida (2013, p. 2).

Cada cemento tiene propiedades únicas ya sea en la elaboración de concreto o mortero estas propiedades se obtienen casi de manera inmediata siempre y cuando este sea aplicado de manera correcta.

Cemento Portland: Los cementos que son fabricados en nuestro país están regulados por el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), éstos están en base a las normas internacionales de ASTM, así como también a la norma ACI. Los tipos son los siguientes (“Concreto: Generalidades, propiedades y procesos” 2017, p. 10). La comercialización del cemento en el Perú es una actividad cotidiana y se puede encontrar infinidad de marca y precios cada cemento tiene los componentes adecuados para la elaboración de concreto en cada parte del Perú.

TIPO I: Este tipo de cemento está propuesto a todas las obras de concreto habitual y en los múltiples trabajos de albañilería donde no se requieran ningún tipo de propiedades específicas.

TIPO IA: Este cemento es similar al anterior, pero cuenta una característica importante es que tiene mayor resistencia a las heladas.

PUZOLANICO IP: A este tipo de Cemento se le añade puzolana en un 15% del cemento la adición de este compuesto proporciona un tono rojizo y esto se puede obtener de arcillas calcinadas, cenizas volcánicas o ladrillos pulverizados. La ventaja de suplir parte del cemento por puzolana es que permite la retención de agua, y es por esto que se obtiene una mayor capacidad de adherencia. Esto conlleva al retraso del tiempo de fraguado el cual es conveniente cuando se necesita demorar tiempo para dar mejores acabados en el concreto.

TIPO II: Este cemento está propuesto a obras de concreto en general las cuales tienen una exposición moderada de sulfatos o donde se requieran un moderado calor de hidratación.

TIPO IIA: Es el cemento el cual tiene una mediana resistencia al ataque de los sulfatos y este tiene una mayor resistencia a las heladas.

TIPO III: Es el cemento el cual proporciona una alta resistencia inicial. El concreto realizado con este cemento ofrece la resistencia proyectada en menor tiempo igual a la desarrollada en el mismo tiempo por los concretos hechos con cemento tipo I o II. Este cemento es recomendado para utilizar cuando se quiera avanzar el

desencofrado y obtener la resistencia adecuada, además el momento de fraguar este produce un alto calor, por lo que es aplicable en temperaturas frías.

TIPO IIIA: Este cemento el cual aporta una mayor resistencia inicial y a la vez tiene resistencia mayor a las heladas.

TIPO IV: Es el cemento el que requiere poco calor de hidratación es aconsejable para la construcción de grandes presas de concreto.

TIPO V: Este es el cemento es ideal para estructuras las cuales requieran una alta resistencia al ataque de los sulfatos. Las aplicaciones más comunes de este cemento comprenden a las estructuras hidráulicas las cuales expuestas a una gran cantidad de aguas con un alto contenido de alcalosis y de estructuras las cuales se encuentren expuestas al agua de mar.

Almacenamiento: El cemento se debe mantener en estado seco para así poder conservar todas sus cualidades y no se endurezca en los próximos días; estos se deben mantener justo a 10 cm por encima del suelo, y luego cubrirlos con lonas o plástico los cuales protejan de la lluvia y la luz solar (Domínguez, 2011, “Concreto hecho en obra y premezclado”, párr. 2).

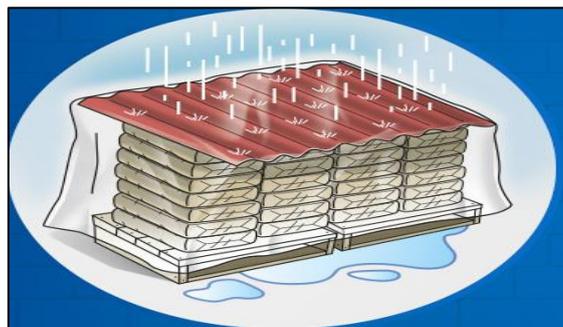


Figura 2. Almacenamiento del cemento

El Agua: El agua es uno de los componentes importantes en la fabricación del concreto debido a que está en contacto con el cemento y a su vez dando inicio al proceso de hidratación, que este a su vez va a dar inicio a una serie de reacciones que acaban concediendo sus propiedades físicas y mecánicas, el uso de las cantidades adecuadas de agua se convierte en el parámetro principal para la evaluación y así poder establecer que tan eficiente es su desempeño de este concreto y así poder tener una correcta aplicación (Osorio, 2010, “Hidratación del concreto”, párr. 1).

Como se menciona en la Norma E. 060 Concreto Armado (2009):

El agua empleada en la elaboración del concreto debe ser potable de caso contrario el uso del agua no potable solo se hará en caso de que se confirme que no cuenta con ningún tipo de contenido perjudicial para el concreto [...]. La utilización del agua de mar solo será en caso específicos los cuales los encargados o supervisor del proyecto lo autoricen, pero en casos como concreto armado pre esforzados y concretos con resistencias mayores de 17 MPa a los 28 días no se debe utilizar agua de mar debido a que en este tipo de concreto deben cumplir con todos los estándares de calidad son más rigurosos (p. 31).

Almacenamiento: Como indica Domínguez, el agua toma un papel muy importante ya que se emplea en mezclado de los materiales a su vez es utilizado en el curado, esta no debe tener color ni olor el almacenamiento debe ser en contenedores limpios y libres de óxidos, materia orgánica, sales y aceites (“Concreto hecho en obra y premezclado”, 2011, párr. 4).



Figura 3. Almacenamiento del agua

Agregados: Para la producción del concreto, los agregados deben desempeñar con las exigencias de las NTP correspondientes. De lo contrario, con aquellos que no desempeñen con los requisitos mínimos indicados para poder ser utilizados, se deberán demostrar su resistencia y durabilidad requeridas, y esto se realizará a través de diversos ensayos. Como se indica en la Norma E.060 Concreto Armado (2009), la granulometría escogida para los agregados deberá permitir conseguir la máxima densidad del concreto con la apropiada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación del concreto (p. 31).

Los agregados tales como el agregado fino y grueso deberán ser manipulados de manera independiente. Al momento la producción del concreto cada uno de estos materiales deberán de ser transportado, manipulados, almacenados y pesado de manera que la pérdida de finos sea mínima y a su vez se conserven su igualdad, que no presenten contaminación por sustancias extrañas, rotura o segregación de algunos materiales extraños (Norma E.060, 2009, p. 30).

Agregado grueso: Este agregado puede ser de procedencia natural o triturada. Las partículas deberán estar limpias, a su vez indispensable que sean de perfil preferentemente angular, o semi angulares de una composición dura, resistentes y de textura rugosa; estas deben estar libre de partículas escamosas, elementos orgánicos u otras sustancias perjudiciales para la elaboración del concreto. (Norma E.060, 2009, p. 30).

Agregado fino: El agregado fino más conocido como arena gruesa / fina esta puede tener procedencia natural o manufacturada, o puede ser una composición de ambas. Estas partículas deben estar limpia de toda impureza, o agentes químicos dañinos. Estas partículas deben libre de materias orgánicas u otras sustancias dañinas (Norma E.060, 2009, p. 30).

Almacenamiento: El agregado grueso y fino ronda entre el 60% y 75% del cuerpo total del concreto el cemento, densos, sanos, limpios. Esto conlleva a que, si se le agrega una mayor cantidad de agregado grueso, se le tiene que agregar menor cantidad de agua y cemento, esto se hace sin exceder las dimensiones máximas al tipo de armado de los elementos estructurales. A su vez se tiene que verificar que el agregado fino no estén contaminación con hojas, sales, basura, material, etc. Este agregado se debe de almacenar en forma de montaña (“Concreto hecho en obra y premezclado”, 2011, párr. 3).



Figura 4. Almacenamiento de agregados

Propiedades Generales Del Concreto: Abanto manifiesta que (como se citó en Grández, 2018, p.25), las estructuras de concreto en su gran parte no son homogéneas y por consecuencia no son isotrópicas, esto nos señalar que estas edificaciones conservan sus mismas características para las diferentes direcciones.

El cual se debe principalmente a la gran diversidad de materiales los cuales intervienen de manera eficiente en la elaboración de nuevas edificaciones, el uso de nuevos materiales en la elaboración del concreto, es durante esta etapa donde unir las materias primas y los componentes externos al el concreto debe de tener una formar plástica y facilitar la colocación de los diferentes elementos, hasta la ubicación final al momento de endurecer.

Resistencia

La resistencia es la capacidad que tiene cada material de aguantar cargas y esfuerzos a través de esto obteniendo un excelente comportamiento en resistencia a la compresión comparado con la tracción, debido a las propiedades adherentes de los componentes del concreto.

Esta propiedad, depende de las correctas dosificaciones, la cual se acostumbra a expresar en términos de relación agua/cemento. Otros tipos factores que afectan la resistencia del concreto, son la calidad de los agregados, cemento, la temperatura y el tiempo de curado es uno de los principales influyentes en la resistencia. (Aguilera y Diestra, 2017, p. 10).

La resistencia en las edificaciones es una de la principal consideración que se debe tener en cuenta al momento de diseñar cualquier tipo de edificaciones, para ello una de los cuales hablara es la resistencia del concreto esta se obtiene cuando uno de los componentes llega a una cierta edad en este caso hablamos del concreto el cual a los 7 días ya ofrece un porcentaje de su resistencia.

Según Copeo (como se citó en Farías, 2018, p.18) se le denomina resistencia a la compresión a la fuerza que opone el espécimen a estudiar a la carga hidráulica la cual es aplica a una probeta cilíndrica la que está hecha del material a estudiar y esta tiene un área determinada, las unidades de control serán en kg/cm^2 , lo que se busca con este tipo de ensayo es comprobar resistencia y ver la conducta que tiene las probetas ante las cargas que se ejercida, con esto podremos conocer de cuanto es el esfuerzo que puede aguantar como máximo.

La máquina de resistencia Hidráulica posee una carga determinada la cual es medida por toneladas esta es utilizada para la ruptura de los testigos de concreto, los cuales son sometidos a ensayos después de haber estado en una posa de curado de 7, 14 y 28 días, así lo menciona el reglamento nacional de edificaciones.

La resistencia a la compresión es la determinación de cuanta carga puede resistir el concreto, los ensayos se realizarán a probetas cilíndricas las cuales estarán echas de concreto el cual está diseñado con una resistencia determinada este ensayo se deberá realizar en las siguientes edades 7,14 y 28 días.

El ensayo de resistencia a la compresión es uno de los ensayos principales debido a que se determina cual es la carga que soporta los modelos a estudiar; como bien se sabe, el concreto debe ser preparado con materiales que se encuentren en óptimas condiciones. El ensayo se debe procesar de acuerdo a la NTP, la cual estipula un proceso que se debe seguir correctamente para así obtener los resultados más precisos; además, la NTP también nos habla de la importancia del proceso de curado de este material, el cual en los primeros días es donde se debe tener un cuidado especial. Las probetas destinadas para la realización de este ensayo de resistencia a la compresión de deben cumplir con el tiempo establecido de curado este tiempo ya está establecido por la NTP los cuales son de 7, 14 y 28 días posteriormente ya cumplido este tiempo determinado serán retirados con todas las medidas para posteriormente sean movilizadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes. Estas probetas de ensayo tendrán una nomenclatura determinada para así determinara la edad de ensayo (NTP 339.034 2008, p. 11).

Tabla 1. *Edades de ensayo y tolerancia permisible*

| Edades para ensayar | Tolerancia permisible |
|----------------------------|------------------------------|
| 24 horas | ± 0,5 horas ó 2,1% |
| 3 días | ± 2 horas ó 2,8% |
| 7 días | ± 6 horas ó 3,6% |
| 28 días | ± 20 horas ó 3,0% |
| 90 días | ± 48 horas ó 2,2% |

Fuente: NTP 339.034 2008

Como menciona Grández, cuando quiere obtener la densidad del modelo a ensayar, incluso con un acercamiento de 10 kg/m^3 la cual se realizará con la siguiente formula:

$$D = \frac{\text{Masa del espécimen (kg)}}{\text{Volumen del espécimen (m}^3\text{)}}$$

Los factores de variación que tiene cada laboratorio constituyen una parte que influye al momento de comprobar la resistencia de las probetas elaboradas de una misma mezcla y ensayados a una misma edad. Los resultados logrados para el coeficiente de variación son:

- Cilindros de 15 x 30 cm estas se emplearán para los ensayos de resistencia a compresión entre 150 kg/cm^2 y 560 kg/cm^2 .
- Cilindros de 10 x 20 cm estas se emplearán para los ensayos de resistencia a compresión entre 170 kg/cm^2 y 330 kg/cm^2 .

Se debe observar detenida mente cual es el patrón de fracturas e identificar el tipo:

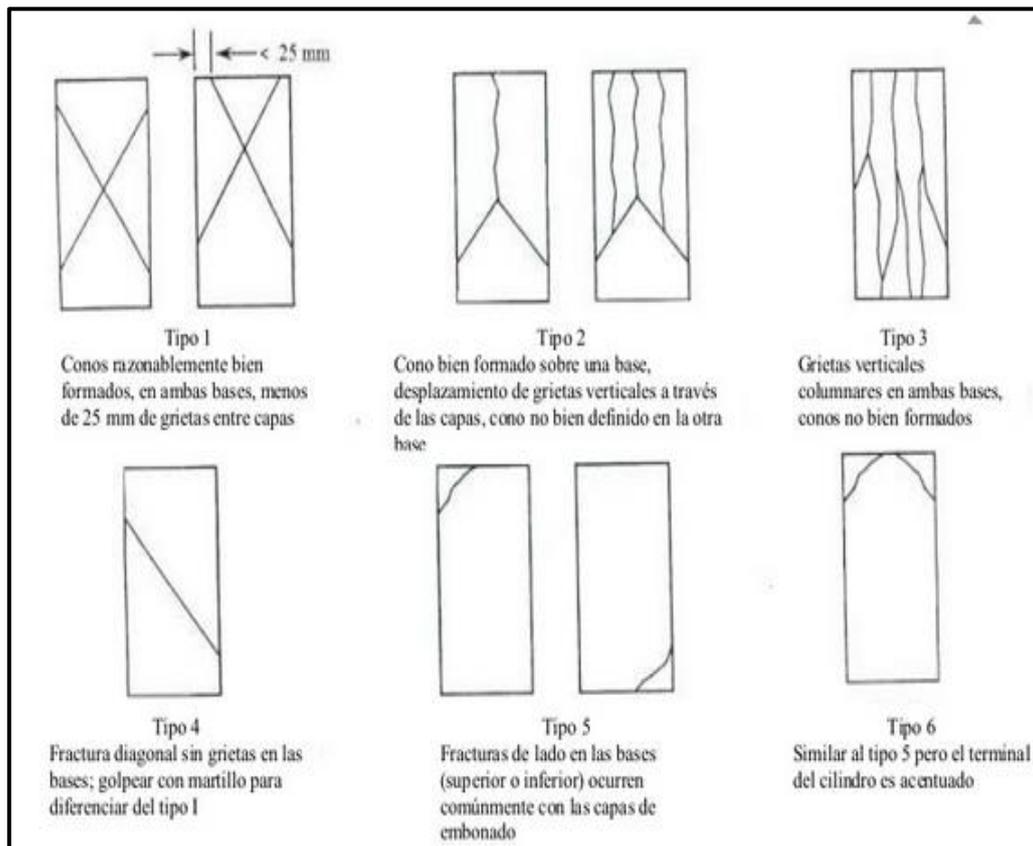


Figura 5. Tipos de fracturas del concreto

Resistencia a la tracción

Para Masías (2018). El concreto tiene una resistencia baja a la tracción y consecuentemente esta propiedad no se toma en consideración cuando se elabora el diseño de estructural de edificaciones. Sin embargo, la tracción tiene importancia ya por el efecto de este surge el agrietamiento del concreto en base a la restricción de la contracción provocada por el endurecimiento o por la sustracción de temperatura. Regularmente, se tiene una relación inmediata entre la resistencia a la tracción y la compresión. Si la resistencia a la compresión decrece entonces la resistencia a la tracción también decrecerá. Sin embargo, es viable esperar una mejora en la resistencia a la tracción cuando la adherencia entre el agregado y la pasta se ve beneficiada. (p. 18).

La resistencia a la tracción del concreto sin ningún componente más es muy baja ya que en el momento de la elaboración en este caso probetas se hace de manera vertical el cual quiere decir no es recomendable para este ensayo se elaboran vigas el cuales son elaborados de manera vertical y las partículas se adecuan al molde y así se puede lograr una mayor resistencia a la tracción.

Rivera afirma que la resistencia a la tracción se halla aplicando una determinada carga a las probetas cilíndricas de 15 cm por 30 cm, esta recibe una carga a lo extenso de las líneas axiales diametralmente opuestas; las cintas diametrales de apoyo deben ser dos tiras de cartón o de madera laminada, libres de desperfectos, de 3 mm de espesor y 25 mm de ancho aproximadamente. La producción y curado de las probetas se ejecutan en forma similar al ensayo de resistencia a la compresión; la rapidez de aplicación de la carga debe ser de 7 a 15 kg/cm²/min. La resistencia a la tensión indirecta se calcula con la siguiente ecuación (2017, p. 132):

$$RT = \frac{2P}{\pi LD}$$

RT: Resistencia por Tracción indirecta, MPa

P: Máxima carga aplicada, N

L: Longitud, mm, y

D: Diámetro, mm.

Peso específico

El concreto convencional habitualmente tiene un peso específico que varía de 2200 a 2400 kg/m³. La densidad del concreto oscila dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado y la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento (Masías, 2018, p. 17). La densidad del concreto tiene una relación directa a los espacios vacíos ya que a más espacios vacíos este tiene un menor peso específico esto a su vez también es determinado con la densidad que tiene cada tipo de los materiales utilizados en la elaboración del concreto los cuales deben estar en las mejores condiciones también influye el proceso de elaboración de los especímenes de ensayo. Para el diseño de concreto armado, la armadura más el peso unitario del concreto, se considera 2400 kg/m³; en la figura 6 se muestra algunos valores de densidad para concreto fresco:

Tabla 2. Densidades para el concreto fresco (SI).

| Tamaño máximo del agregado, mm | Contenido de aire, porcentaje | Agua, kg/m ³ | Cemento, kg/m ³ | Densidad, kg/m ³ ** | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| | | | | Gravedad específica del agregado† | | | | |
| | | | | 2.55 | 2.60 | 2.65 | 2.70 | 2.75 |
| 19 | 6.0 | 168 | 336 | 2194 | 2227 | 2259 | 2291 | 2323 |
| 37.5 | 4.5 | 145 | 291 | 2259 | 2291 | 2339 | 2371 | 2403 |
| 75 | 3.5 | 121 | 242 | 2307 | 2355 | 2387 | 2435 | 2467 |

* Fuente: Bureau of Reclamation, 1981, Tabla 4.
 ** Concreto con aire incluido, con la cantidad de aire indicada.
 † En condición saturada, con superficie seca. Multiplique la densidad relativa del agregado por 1000 para obtenerse la densidad de las partículas de agregado en kg/m³.

Fuente: Bureau of Reclamation

Tabla 3. Densidad para el concreto fresco (pulgadas-libras).

| Tamaño máximo del agregado, pulgadas | Contenido de aire, porcentaje | Agua, lb/yd ³ | Cemento, lb/yd ³ | Densidad, lb/pies ³ ** | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| | | | | Gravedad específica del agregado† | | | | |
| | | | | 2.55 | 2.60 | 2.65 | 2.70 | 2.75 |
| ¾ | 6.0 | 283 | 566 | 137 | 139 | 141 | 143 | 145 |
| 1½ | 4.5 | 245 | 490 | 141 | 143 | 146 | 148 | 150 |
| 3 | 3.5 | 204 | 408 | 144 | 147 | 149 | 152 | 154 |

* Fuente: Bureau of Reclamation, 1981, Tabla 4.
 ** Concreto con aire incluido, con la cantidad de aire indicada.
 † En condición saturada, con superficie seca. Multiplique la densidad relativa del agregado por 62.4 para obtenerse la densidad de las partículas de agregado en libras por yardas cúbicas.

Fuente: Bureau of Reclamation

Con relación al concreto, existe una gran variedad; ya que la demanda es casi descontrolada, con esto se quiere decir que existen concretos específicos según las diferentes necesidades, Estos concretos pueden ser aislantes ligeros (livianos) con densidad de 240 kg/m^3 , incluso los concretos pesados con pesos unitarios de 6000 kg/m^3 , los cuales son usados como contrapesos o caparazones contra radiación (“Peso Unitario”, 2011, párr. 4).

Fraguado y Endurecimiento: El fraguado del concreto se presenta cuando este pierde una gran cantidad de agua y a su vez la pérdida de plasticidad habitual la cual se puede observar de manera inmediata en el concreto recién hecho el fraguado se presenta de dos etapas fundamentales. (“Concreto, Generalidades, propiedades y procesos”, 2017, p. 11).

Fraguado inicial: Esta primera etapa es cuando el concreto deja de ser moldeable y empieza a endurecer.

Fraguado final: es segunda etapa es cuando el concreto pierde su plasticidad ya no es moldeable por lo tanto se convierte en un componente rígido.

Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad es la proporción directa que hay entre el esfuerzo y deformación unitaria al que se somete el material a estudiar. El resultado este representa la rigidez de los especímenes a estudiar cuando es sometido a una carga impuesta.

Cuando se ejerce las cargas a los materiales de ensayo se obtiene una equivalencia entre el esfuerzo y la deformación unitaria si la deformación es lineal y constante, estos esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de ruptura, por lo tanto el material tiene una conducta elástica la cual cumple con la Ley de Hooke. (Osorio, 2011, párr. 3).

El módulo de elasticidad del concreto es una analogía directa entre el esfuerzo al que se le somete y su deformación unitaria de este. Este representa netamente a la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el material de estudio esta se representa de manera lineal hasta el punto de falla donde es el punto máximo y luego tiende a perder su resistencia.

Módulo de elasticidad estática del concreto: El módulo de elasticidad del concreto refiere a la rigidez de este material sujeto a un determinado peso el cual es impuesto sobre el concreto. El ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático del concreto sostiene como principio la aplicación de carga estática y de la correspondiente deformación unitaria producida, está dividida en dos fases. La primera es la zona elástica, la cual se representa con una línea recta, ésta es el resultado del esfuerzo y la deformación unitaria. Éstos logran extenderse entre 0% al 40% y 45% de la resistencia a la compresión del concreto aproximadamente.

La siguiente fase se personifica con una línea curva como resultado de una microfisuración la cual se origina en el concreto al estar sometido a una carga, estas fracturas se ubican en la interface del agregado y está alcanzada entre el 45% y 98% de la resistencia del concreto. (Osorio, 2011, párr. 4).

El módulo de elasticidad del concreto se obtiene cuando el material a estudiar es sometido una carga y este se deforma de manera parcial o total a su vez este está representado por una recta la cual está compuesta por el esfuerzo vs deformación el concreto tiene un comportamiento elástico hasta el punto de falla cuando el concreto llega a su punto máximo y este tiende a fallar ya sea por sobre carga o por Fisuramiento.

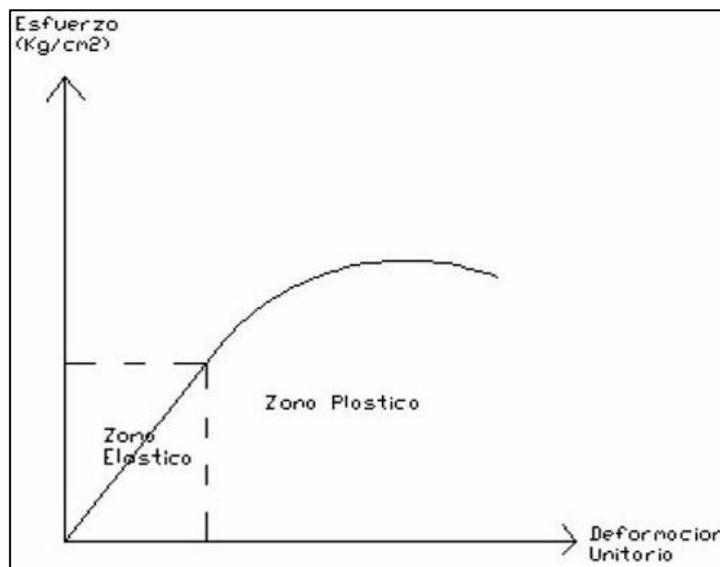


Figura 6. Esfuerzo – Deformación

Concreto Hecho en Obra

En general el concreto hecho en obra es un concreto simple, una gran parte de este tipo de concreto es usado para la construcción de edificaciones pequeñas y mediana altura las cuales se van creando día a día, con esto se quiere decir que el concreto se elabora al pie de obra, de acuerdo a las necesidades o cantidades que son necesarias y después se realizara el vaciado en el encofrado de los elementos previamente ya seleccionados los cuales pueden ser desde una cimentación hasta una losa aligerada.

Generalmente las dosificaciones de los materiales para la elaboración del concreto se realizan por volúmenes, el resultado de la mezcla de estos materiales no proporciona la resistencia esperada, esto ha generado que posteriormente este concreto tenga unas ciertas variaciones en las propiedades (Guevara, 2014).

En el concreto hecho en obra por lo general todas las tandas realizadas con el trompo mezclador no tienen la misma resistencia debido a que estas tandas no contienen la misma cantidad adecuada de los agregados ya sea cemento, agregado fino, agregado grueso o cemento todo esto influye en la resistencia.



Figura 7. Elaboración de concreto hecho en obra de manera manual y con maquinaria

El plástico: surgió en la década de 1860 en Estados Unidos a través de un concurso que se trataba de encontrar un material más económico que reemplazara el marfil para la fabricación de bolas de billar. Jhon Wesley Hyatt fue el ganador haciendo una bola de billar con celuloide, este material no era completamente sintético ya que su materia prima eran las celulosas que se encuentran en las plantas; sin embargo, posteriormente fue usado para las fabricaciones de mangos de cuchillos, parabrisas, etc.

El celuloide fue inspiración para Leo Baekland para crear un material más sintético en 1907, *la baquelita*, que era una mezcla de ácido carbónico y gas formaldehído. Este plástico empezó a reemplazar distintos materiales y usarse como imitación de vidrios, maderas, metales; gracias a esto, empezó a desarrollarse la industria del plástico.

Como indica Cormish (1997, p. 10), en la actualidad la industria de los plásticos es una de las más importantes y prósperas de todo el mundo. Su producción se está incrementando en el orden de 10% por año.

Esto significa que cada año se utiliza más plástico y menos metal, como se muestra en la tabla 1; como resultado de todos estos factores se ha desatado un gran interés por ver el plástico como una materia prima, con características propias:

Tabla 4. *Uso del plástico según peso y volumen*

| | POR PESO | | | POR VOLUMEN | | |
|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------------|------|------|
| | 1970 | 1980 | 2000 | 1970 | 1980 | 2000 |
| | TON | TON | TON | Mm3 | Mm3 | Mm3 |
| Metales ferrosos | 560x 10 ⁶ | 900x10 ⁶ | 2250x10 ⁶ | 72 | 115 | 287 |
| Metales no ferrosos | 22x10 ⁶ | 48x10 ⁶ | 285x10 ⁶ | 6 | 14 | 97 |
| Todos los metales | 582x10 ⁶ | 948x10 ⁶ | 2535x10 ⁶ | 78 | 129 | 384 |
| Plásticos | 27x10 ⁶ | 105x10 ⁶ | 1700x10 ⁶ | 23 | 91 | 1480 |

Fuente: Modern Plastic Magazine

Los plásticos se pueden clasificar en 3 grupos según las macromoléculas que los constituyen:

Termoplásticos: Son aquellos plásticos que al entrar en contacto con altas temperaturas sus macromoléculas empiezan a debilitarse volviéndolos más suaves y más fáciles de moldear. Su moldeo es reversible y el material es reusable en una fabricación nueva.

Termoestables: O llamados también termo fijos; son aquellos que no sufren deformación alguna al tener contacto con el calor, la rigidez que adquieren al inicio ya no cambia.

Elastómeros: Estos plásticos tienen un origen vegetal que les da la cualidad de elongación de hasta 30 veces su tamaño normal sin sufrir cambios al momento de regresarlos a su estado original.

| | | |
|----------------|----------------------|---|
| TERMOPLÁSTICOS | POLIETILENOS | Bolsas, Recipientes, contenedores... |
| | POLIÉSTERES | Botellas para bebidas, envases alimenticios.. |
| | POLIESTIRENOS | Protectores en embalajes, planchas aislantes.. |
| | POLIVINILOS | Tuberías de agua y gas, aislantes eléctricos, impermeables, discos... |
| | POLIPROPILENOS | Cajas, estuches con tapa abatible, jeringuillas... |
| TERMOESTABLES | FENOLES | Aislantes eléctricos, interruptores, bases de enchufe... |
| | AMINAS | Clavijas, interruptores, recubrimientos de tableros... |
| | RESINAS DE POLIESTER | Embarcaciones, piscinas, fibras y tejidos... |
| | RESINAS EPOXI | Material deportivo, alas de aviones, adhesivos.. |
| ELASTÓMEROS | CAUCHOS | Neumáticos, mangueras, artículos de goma.. |
| | NEOPRENOS | Trajes de submarinismo, rodilleras, correas. |
| | POLIURETANOS | Gomaespuma, piel artificial, guardabarros.. |
| | SILICONAS | Prótesis, sondas y tubos de uso médico, cierres herméticos... |

Figura 8. Clasificación de los plásticos

PET

El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietileno Tereftalato o más conocido por sus siglas en inglés PET (Polyethylene Terephthalate).

Como menciona García (2006), el PET es un material energético y de peso liviano de poliéster claro. Este es utilizado para la elaboración de depósitos para bebidas, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros. El PET fue utilizado en el tamaño de fibras por la British Calico Printers en 1941.

Los derechos de fabricación fueron vendidos a DuPont e ICI el cual a su vez traspaso los derechos de fabricación a nuevas corporaciones. Aunque al inicio solo se utilizaba en forma de fibras, con el paso del tiempo el PET empezó a ser usado en películas y en empaques a mediados de los años 60, y en los inicios de los 70, se originó una técnica para expandir el uso de botellas las cuales con los años se logró desarrollar comercialmente (p.148).

Posteriormente, en los años ochenta se desarrolló el CPET (polietileno tereftalato cristalizado) este material el cual permitía el uso en hornos microondas, así como también en los hornos convencionales; y más tarde el PETG (glicol de polietileno tereftalato), esta opción ecológica se usa en la fabricación de tarjetas de crédito, etc.

En el mercado, para que el consumidor pueda identificar la naturaleza de este producto, la *American Society of Plastic Industry* desarrolló un símbolo que va junto a una numeración que se convirtieron en norma. Se trata de tres flechas interdireccionadas junto al número 1, esta simbología se puede encontrar en la parte inferior del producto o en el reverso de la tapa.

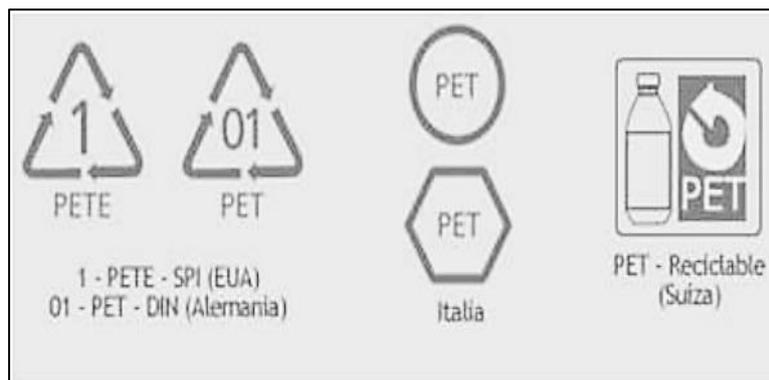


Figura 9. Simbología y numeración del PET

Aplicaciones del PET: Actualmente, el PET no solo es usado en botellas plásticas, sino que cada vez se están abriendo más campo de aplicación para el uso de este material. Algunas aplicaciones son:

Los productos más comunes vendrían a ser los envases ya que estos son los empaques en los que uno encuentra las bebidas, conservas, cosméticos, etc. También es empleado en grandes cantidades para la fabricación de filmes, telecomunicaciones, aparatos electrónicos, etc. Dada la resistencia que brinda el PET, es usada en la industria textil (telas, partes de cinturones, relleno de edredones y almohadas, etc.). Debido a su tenacidad, es empleada en fibras como refuerzo para mangueras y llantas; además, su resistencia química hace que se pueda aplicar en cepillos y brochas, etc.

El PET junto a otros polímeros inertes, son compactados para ser usados como rellenos de terraplenes, un ejemplo de esto es el Municipio de Trenque Lauquen en Argentina.

Características y Propiedades: El PET es un polímero termoplástico el cual es elaborado con derivados del petróleo, gas y aire (con proporciones allegadas a 64%, 23% y 13% correspondientemente). Por un lado, se extirpa para xileno del petróleo y se oxida con el aire para generar ácido tereftálico (PTA) siguiendo con los procesos de elaboración se tiene el gas natural el cual suministra el etileno que posteriormente es oxidado con aire para formar etilenglicol (EG), consecutivamente se produce la polimerización del etilenglicol con ácido tereftálico generándose de esta forma el Tereftalato de Polietileno (Aguilera y Diestra, 2017, p. 11).

Las características y propiedades con las que cuenta el tereftalato de polietileno: Cristalización, Transparencia, Resistencia química, Aislante eléctrica, Aislantes acústicos, Aislantes térmicos, Impermeabilidad.

Optimización del Concreto con fibras PET

Con el paso de los años, el porcentaje de plástico ha ido incrementando cada vez más, es por eso que cada vez existen más investigaciones para reducir este problema que abarca a todo el mundo.

Gagino indica que (2004, p. 2), el tereftalato de polietileno (PET), derivado de las garrafas plásticas se emplea en las demás naciones para la elaboración de

viviendas en ciudades vulnerables, así como también es usado en diversos materiales para las edificaciones. De esto nace de la filosofía de contribución en la conservación al medio ambiente, bajo el pensamiento de aplicación y reutilización de los restos plásticos.

En varios países de Latinoamérica, ya se usa el PET en la construcción, en Colombia utilizan las botellas PET llena de tierra para la construcción de viviendas; mientras que, en Argentina, usan el PET como adición en placas y ladrillos. En Filadelfia, la Universidad de Temple inició una investigación para asfalto a base de residuos de plástico PET combinado con tierra, el resultado fue un material duro y permeable, este invento recibió por nombre "Plastisoil", la investigación busca masificar su producción y así aportar más alternativas en la reutilización de los residuos plásticos (Flores, 2018, p. 42).

El PET no solo es un problema que se tiene el Perú, sino que esto afecta a lo largo y ancho del mundo que ya en países tales como Colombia y Argentina los cuales se están desarrollando cada día más y están generando nuevas tendencias con el uso del PET de manera adecuada y eficaz.

La adición de fibras sintéticas proporciona al concreto mayores prestaciones, acrecentando su módulo de elasticidad convirtiéndolas en estructuras más livianas y optimizando su resistencia a la tracción. Con ello se advierten posibles fisuras y se incrementa la resistencia (Construmática, 2017).

La incorporación de estas fibras en el concreto ha conllevado que cada vez se desarrolle de manera más eficaz el uso de estas fibras ya que con la adición de estas se puede obtener mejoras en las propiedades del concreto así mismo también se tiene una reducción el tema de costos el cual es más beneficioso para el tema de edificaciones.

También se sabe que la incorporación de una cantidad parcialmente pequeña de fibras de manera aleatorias habrá una mejora con respecto a la respuesta mecánica del producto resultante, conocido generalmente como concreto reforzado con fibra (FRC). El concreto reforzado con fibra posee la capacidad de presentar una mayor resistencia y ductilidad en comparación con el concreto sin refuerzo, que fallan seguidamente de la formación de una sola fisura (Da Silva, 2015).

La dosificación de fibras en el concreto de manera proporcionada y adecuada esta adición cumplirá con los objetivos propuestos los cuales son la mejora en las propiedades del concreto esto quiere decir que el aumento de manera indiscriminada de fibras PET en el concreto no es beneficioso por eso es ideal hacer una correcta dosificación

Las fibras sintéticas se pueden sistematizar por su diámetro, obteniendo dos grupos Microfibras: diámetro menor a 0,3cm, las cuales reducen de forma óptima las fisuras producidas en el concreto en estado fresco (empleadas en soleras y pavimentos), con esto se llegan a ostra un mejor comportamiento frente a fisuras, utilizando en estos casos, un mayor número de fibras por unidad de peso. Macro fibras: diámetro mayor a 0,3 cm, estas fibras colaboran estructuralmente. Sus longitudes oscilan entre 2 y 6 cm, las macro fibras se incorporan en el concreto para ampliar la tenacidad del material. (Construmática, 2017.)

Las fibras se pueden encontrar en varias presentaciones las cuales tienen un fin determinado estas son aplicadas de manera directa en la elaboración del concreto de manera manual o industrial mayormente las adiciones de estas fibras son para evitar el Fisuramiento del concreto de manera total o manera parcial.

Características de las fibras PET para la aplicación en el concreto son:

- Excelente barrera contra los gases CO₂, O₂, la radiación UV y la humedad.
- Es un material impermeable.
- Es inerte al contenido.
- Presenta alta dureza y rigidez lo que le hace resistente al desgaste.
- Tiene una alta resistencia química con buenas propiedades térmicas.
- Es transparente APET (PET amorfo) o cristalino CPET (PET cristalino), admitiendo colorantes en su fabricación.
- Su superficie puede barnizarse.
- Estable a la intemperie ante temperaturas que pueden oscilar entre los -20°C a los +60°C.

El PET tiene propiedades muy importantes las cuales si se encuentra una proporción adecuada con el concreto este tendrá un mejor comportamiento ante

cualquier tipo de eventualidad o taque de sulfatos, en la siguiente figura se mencionan las principales.

| PROPIEDADES MÉCANICAS | | |
|--|-----------------------------|--------------------|
| Peso específico | 134 | g/cm ³ |
| Resistencia a la tracción | 825 | kg/cm ² |
| Resistencia a la flexión | 1450 | kg/cm ² |
| Alargamiento a la rotura | 15 | % |
| Módulo de elasticidad (tracción) | 2850 | kg/cm ² |
| Resistencia al desgaste por roce | Muy buena | |
| Absorción de humedad | 0.25 | % |
| PROPIEDADES TÉRMICAS | | |
| Temperatura de fusión | 255 | °C |
| Conductividad térmica | Baja | |
| Temperatura de deformabilidad por calor | 170 | °C |
| Temperatura de ablandamiento de Vicat | 175 | °C |
| Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C | 0.00008 | mm po °C |
| PROPIEDADES QUÍMICAS | | |
| Resistencia a álcalis débiles a Temperatura ambiente | Buena | |
| Comportamiento a la combustión | Arde con mediana dificultad | |
| Propagación de llama | Mantiene la llama | |
| Comportamiento al quemado | Gotea | |

Figura 10. Propiedades de las fibras PET para la aplicación en el concreto

Tabla 5. Ventajas y desventajas del uso de fibras PET

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> * Concreto más ligero * Reduce costos * Reduce el tamaño de las fisuras * Aumenta la ductilidad * Mayor resistencia a la flexión * Ausencia de corrosión * Poca absorción de agua * Baja conductividad térmica | <ul style="list-style-type: none"> * No existe fábrica de elaboración de PET * Es un material inflamable, por lo que se recomienda utilizarlo con recubrimiento. * El lavado del PET triturado ocasiona desperdicio de agua. * Utilizaría mayor cantidad de cemento para llegar a la resistencia requerida. * No existe adherencia directa entre el PET triturado y el concreto, se debe utilizar un aditivo. * Menor resistencia a la compresión |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

En el presente proyecto de investigación, se estudiará la influencia que tienen las fibras PET en la optimización del concreto echo en obra en el distrito de Carabayllo – Lima 2019.

Se empezará con el acopio de las botellas plásticas para posteriormente elaborar las fibras de PET reciclado. La obtención de las fibras PET será de manera manual; ya que, de acuerdo a lo requerido por el investigador, no se ha encontrado centro de producción de este material, por lo tanto, estas serán elaboradas manualmente; además, tendrán como dimensiones 0.2 x 0.5 cm todas aquellas botellas que tengan la simbología correspondiente.



Figura 11. Simbología PET

Este símbolo se encuentra en las botellas que son utilizadas netamente en gaseosas o aguas minerales las cuales son aptas para el reciclaje de manera eficaz.

Al tener preparado las fibras PET reciclado, se procederá con la elaboración de los diseños de las mezclas patrón de concreto, con el propósito de obtener las dosificaciones adecuadas de los agregados. Las fibras PET se sustituirán en un porcentaje de agregado fino en las siguientes proporciones 7%, 13% y 20%; para que así, finalmente se pueda analizar cuál es su influencia en las propiedades del concreto hecho en obra.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación es de enfoque cuantitativo es decir que es un grupo de técnicas secuenciales y probatorias. Cada una de las etapas se antepone a la siguiente y no se puede saltar o evitar pasos. El orden es inquebrantable, todo parte desde una idea que va delimitándose y, una vez acotada, se originan las preguntas de investigación y los objetivos, luego se revisa la gramática y se elabora un marco o una perspectiva teórica (Hernández et. al, 2014; p. 4).

Es decir que el enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos los cuales son seguidos de manera consecutiva y sin saltar ningún paso ya que la elución de uno de estos podría alterar los resultados planteados a lo largo de la investigación.

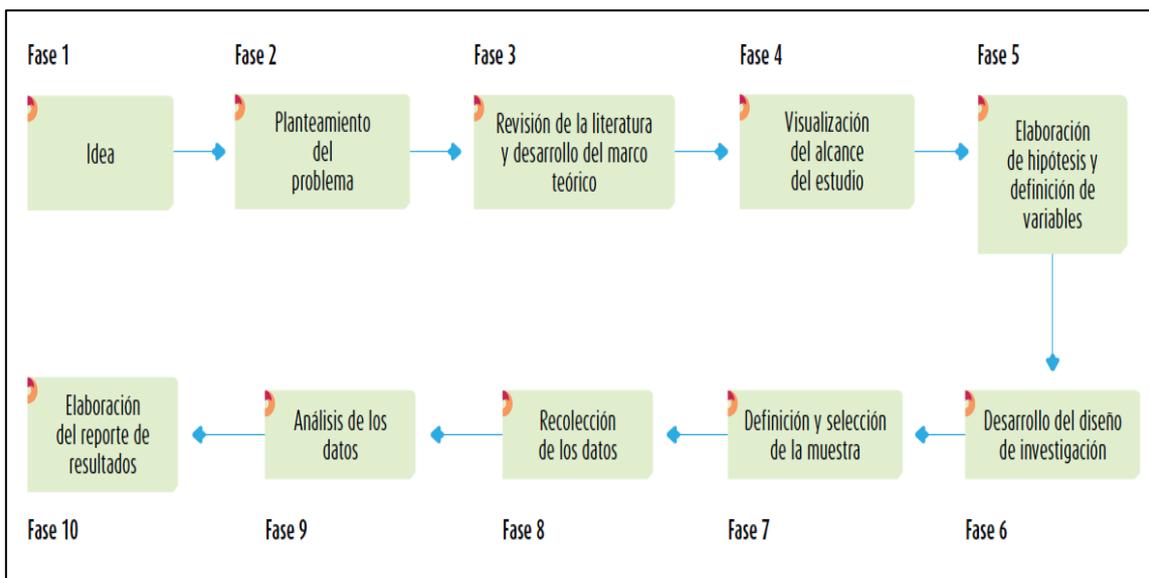


Figura 12. Proceso cuantitativo

La investigación experimental, como indica Tamayo (2004), es un ambiente provocado por el investigador para incluir determinadas variables de estudio manejadas por él, para dominar el incremento o disminución de variables y su consecuencia en las conductas observadas. En el presente experimento, el investigador opera de manera premeditada la variable experimental e inmediatamente observa lo que sucede en situaciones controladas (p. 47).

En este caso el diseño de la presente investigación es experimental cuasi experimental, debido a que se manipula una de las variables y con esto se

obtendrá un resultado numérico y con esto se determinara la influencia que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente.

Como menciona López (2002), la investigación aplicada, también conocida como práctica, empírica, experimental o tecnológica es aquella que trabaja con los resultados de una investigación pura, con la finalidad de emplearlos a favor de la sociedad. Es decir, que no se puede justificar la existencia de una sin la otra (p. 23).

La investigación constará de dos niveles, descriptiva y correlacional. Descriptiva ya que se indagan y señalan las propiedades y características más simbólicas de los sujetos u objetos de estudio ya sean viviendas, concreto armado, probetas o algún otro fenómeno que se desee evaluar (Borja, 2012; p. 13).

Como indica Sailking en Borja (2012), una investigación correlacional es la que se encarga de evaluar la relación entre ciertos hechos, concediendo sospechas sobre la relación que puede existir entre dos o más cosas, o de que también uno o más datos podrían acertar un resultado específico. (p. 13).

3.2. Variables y Operacionalización

La variable que el investigador desea dar a conocer es la variable dependiente. Por lo cual se espera que se demuestre el cambio de la variable dependiente referente a la variable independiente. Se asume que la variable independiente provocará cambios en los valores de la variable dependiente; es decir que, la variable dependiente será el resultado deseado de las variables independientes (Namakforoosh, 2005, p. 66).

La variable independiente será aquel al que se le evalúe su capacidad de influencia en otras variables. Esta variable no depende de algo para estar allí. Es aquella característica o propiedad que se asume ser la causa del fenómeno estudiado. (Metodología de la investigación, 2010, párr. 2) En una investigación experimental, como lo es el presente proyecto, se le llama de esta manera a las variables que será manipulada por el investigador.

La variable dependiente es la que sufre los cambios padecidos por los sujetos como resultado de la manipulación de la variable independiente. Es decir que dependerá de algo que la haga variar. Las variables dependientes son aquellas que se miden. (Metodología de la investigación, 2010, párr. 2)

Este proyecto de investigación está conformado por las siguientes variables:

- **Variable Independiente:** Fibras PET Reciclado.
- **Variable Dependiente:** Optimización del Concreto Hecho en Obra.

Como indica Borja (2012, p. 24). Este es el proceso en el cual se explica cómo serán medidas las variables presentadas, que en muchos casos es descompuestas por varios indicadores.

La variable aplicada al grupo u objetos que se investigan, las cuales logran diferentes valores en función de la variable estudiada.

El investigador debe conocer sus indicadores que trabajará en cada variable antes de su recolección de datos, y para ello deberá usar técnicas que entreguen datos precisos y que sean cuantificables.

Tabla 6. Operacionalización de variables

| Optimización del concreto hecho en obra con adición de fibras PET reciclado, Carabayllo - 2019 | | | | | |
|--|---|--|---|--|--------------------|
| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Variable independiente (X) Fibras De PET Reciclado | El tereftalato de polietileno, polietileno de tereftalato, politereftalato de etileno o más conocido por sus siglas en inglés PET (Polyethylene Terephthalate), es un material fuerte de peso ligero y de poliéster claro (García, 2006, p. 148). | Se realizará la evaluación de influencia que tienen las fibras PET reciclado en el concreto mediante tres ensayos los cuales son: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y peso específico del concreto usando dos factores de concreto distintos. | Dosificación de fibras PET reciclado | 7% de fibra PET | Razón |
| | | | | 13% de fibra PET | Razón |
| | | | | 20% de fibra PET | Razón |
| Variable Dependiente (Y) Optimización del concreto Hecho en Obra | "Es un concreto simple, una gran parte de este tipo de concreto es usado para la construcción de edificaciones pequeñas y mediana altura las cuales se van creando día a día, con esto se quiere decir que el concreto se elabora al pie de obra, de acuerdo a las necesidades o cantidades que son necesarias" (Guevara, 2014) | Las probetas a realizar serán sometidas a tres ensayos distintos, en cada uno de estos las probetas estarán compuestas por una dosificación distinta de PET además del concreto patrón. El concreto será evaluado a los 7, 14 y 28 días usando $F'c = 175\text{kg/cm}^2$ y $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ | Optimización del concreto hecho en obra $f'c = 175\text{ Kg/cm}^2$ $f'c = 210\text{ Kg/cm}^2$ | Ensayo de resistencia a la compresión del concreto | Razón |
| | | | | Ensayo del módulo de elasticidad del concreto | Razón |
| | | | | Ensayo para determinar el peso específico del concreto | Razón |

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

La población es un conjunto determinado los cuales tienen igual similitud los cuales coinciden con una serie de características determinadas, la población debe estar situada por sus especificaciones las cuales tengan un contenido similar o igual. (Mendoza, 2013, p. 184).

La presente investigación que se llevará a cabo en el distrito de Carabayllo, tiene como población el concreto $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ y $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ ya que son los concretos que en obra se usan comúnmente.

Muestra

Se realizará una dosificación para la elaboración de este concreto hecho en obra. En esta ocasión se tiene dos variables. La variable independiente. Fibras de PET reciclado y la variable dependiente. Optimización del concreto hecho en obra. Se acopiará 144 probetas de concreto hecho en obra, se hará un bloque que constará de 36 probetas concreto hecho en obra el cual será el concreto patrón, a estas probetas se les realizará los ensayos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y el peso específico del concreto.

Se iniciará con un bloque de 36 probetas de concreto hecho en obra con un 7% de PET reciclado elaborando los ensayos ya mencionados anteriormente, estos se realizarán a los 7, 14 y 28 días. En seguida, se tomará el siguiente bloque de 36 probetas de concreto echo en obra, pero esta vez tendrá un 13% de PET reciclado y se le realizará el mismo procedimiento; y, por último, un tercer bloque también de 36 probetas de concreto hecho en obra, pero con un 20% de PET las cuales se repetirá el mismo proceso.

Tabla 7. Concreto base $F'c=175\text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2

| CONCRETO PATRÓN | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|-------|
| Ensayos | $F'c= 175\text{ kg/cm}^2$ | | | $F'c= 210\text{ kg/cm}^2$ | | | TOTAL |
| | 7 Días | 14 Días | 28 Días | 7 Días | 14 Días | 28 Días | |
| Resistencia a la Compresión | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Módulo de Elasticidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Total | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 36 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 8. Concreto con 7% PET de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2

| DOSIFICACIÓN DE PET RECICLADO: 7% | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|-----------|
| Ensayos | $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ | | | $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ | | | TOTAL |
| | 7 Días | 14 Días | 28 Días | 7 Días | 14 Días | 28 Días | |
| Resistencia a la Compresión | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Módulo de Elasticidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Total | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 36 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 9. Concreto con 13% PET de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2

| DOSIFICACIÓN DE PET RECICLADO: 13% | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|-----------|
| Ensayos | $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ | | | $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ | | | TOTAL |
| | 7 Días | 14 Días | 28 Días | 7 Días | 14 Días | 28 Días | |
| Resistencia a la Compresión | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Módulo de Elasticidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Total | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 36 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 10. Concreto con 20% PET de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2

| DOSIFICACIÓN DE PET RECICLADO: 20% | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|-----------|
| Ensayos | $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ | | | $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ | | | TOTAL |
| | 7 Días | 14 Días | 28 Días | 7 Días | 14 Días | 28 Días | |
| Resistencia a la Compresión | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Módulo de Elasticidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| Total | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 36 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 11. Total de probetas a ensayar

| Concreto / $F'c$ kg/cm^2 | Resistencia a la compresión | | Módulo de Elasticidad | | TOTAL |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
| | $F'c$ 175 kg/cm^2 | $F'c$ 210 kg/cm^2 | $F'c$ 175 kg/cm^2 | $F'c$ 210 kg/cm^2 | |
| Concreto Patrón | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 |
| PET 7% | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 |
| PET 13% | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 |
| PET 20% | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 |
| TOTAL | 36 | 36 | 36 | 36 | 144 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Muestreo

El presente proyecto de investigación será de muestreo no probabilístico; ya que, la selección de la muestra se hará a criterios de utilización. Los modelos no probabilísticos, también son conocidas como modelos dirigidos, estos estiman una manera de clasificación orientado por las peculiaridades de la investigación, más que por un juicio estadístico de generalización (Hernández et. al, 2014; p. 189).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

En esta investigación se utilizó la técnica de observación la cual permitió la recolección de los datos de cada ensayo ejecutado a las probetas de concreto hecho en obra las cuales fueron realizadas en un laboratorio mediante el uso de las normas adecuadas. Como menciona Borja (2010), para los proyectos de investigación que se realizan en la rama de la ingeniería, todos los datos que son observados deben de ser plasmados en formatos adecuados de recolección de información (p. 33).

Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación son aquellos dictados por las normas que se mencionan más adelante, una vez con los resultados ya obtenidos se realizó el procesamiento de datos.

- Ensayos y fichas de recolección datos de los materiales
- Resistencia a la compresión del concreto el cual está regido a la NTP 339.033 y NTP 339.034.
- Módulo de elasticidad del concreto el cual está regido bajo la norma ASTM C 469.
- El peso unitario del concreto el cual está bajo la norma ASTM C-138.
- Granulometría de la arena, granulometría de la piedra.
- El peso unitario compactado (P. U. C.), peso unitario suelto (P. U. S.), contenido de humedad (C. H.), absorción.

Equipos utilizados

Horno, balanzas electrónicas, tamizadoras, vibrador.

Validez y confiabilidad del instrumento

Como menciona Hernández et. al (2014), la confiabilidad de los instrumentos de medición los cuales se refiere a la aplicación correcta y en repetidas ocasiones al mismo individuo u objeto el cual produce resultados iguales; además, el mismo autor nos dice que la eficacia, en términos generales, se refiere al instrumento el cual mide efectivamente la variable que se mide (p.200).

Por lo que, este proyecto de investigación será ejecutada bajo instrumentos ya validados por las normas cumpliendo con todos los estándares de calidad exigidos; además de que éstas se encuentran bajo el respaldo del Instituto Nacional de Calidad y por Indecopi.

3.5. Procedimientos

El presente trabajo de investigación fue realizado de la siguiente manera:

PRIMERA ETAPA. Recolección del PET, el cual ya se ha ido reciclando de manera eficiente al inicio de la investigación.

SEGUNDA ETAPA. Se realizó la desinfección de los envases acumulados que, obligatoriamente, llevan la simbología de PET y que además debieron estar en buen estado.

TERCERA ETAPA. La fabricación de los equipos para la obtención de las fibras.

CUARTA ETAPA. Se hizo la compra correspondiente de los materiales tales como arena, cemento y piedra chancada.

QUINTA ETAPA. Se llevó todos los materiales al laboratorio para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

3.6. Métodos de análisis de datos

El análisis de datos que se usó en el proyecto de investigación de enfoque cuantitativo fue el análisis descriptivo. Los resultados obtenidos en las fichas de los instrumentos fueron procesados en una hoja de cálculo bajo el software de Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

El investigador se comprometió a desarrollar el proyecto con responsabilidad y respetar la autenticidad de los resultados que se obtuvo; además, toda fuente utilizada para información cumple con las citas y referencias establecidas por la norma ISO 690 y 690-2 respetando los derechos de autor correspondientes. Además, el presente proyecto fue verificado bajo el programa Turnitin indicando que la investigación es completamente propia.

IV. RESULTADOS

El Proceso De Obtención De Las Fibras PET Reciclado

El proceso para la obtención de las fibras de PET reciclado se realizó de manera periódica, ya que no se contaba con la materia prima que en este caso viene hacer las botellas de gaseosa y agua mineral de las siguientes marcas.

Tabla 12. *PET Utilizado y su peso por unidad*

| Marca | Cantidad (u) | Peso/Unidad (kg/u) | Peso Total (kg) |
|------------|--------------|--------------------|-----------------|
| Inca Kola | 41 | 0.04 | 1.64 |
| Coca Cola | 39 | 0.04 | 1.56 |
| Agua Cielo | 66 | 0.03 | 1.98 |
| | | | 5.18 kg |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Los materiales para el presente estudio fueron almacenados cuidadosamente en un espacio el cual fue acondicionado adecuadamente para así evitar una posible contaminación de agentes dañinos en el concreto y que no exista alteración alguna en las muestras.



Figura 13. Acopio de botellas PET

Luego, se hizo la selección de botellas las cuales debieron tener la simbología de PET en la parte inferior.



Figura 14. Simbología de botellas PET

Se procedió a la desinfección y limpieza de cualquier posible agente contaminante, esto se realizó de manera manual en un recipiente con agua potable y se le retiró la parte inferior de cada una de las botellas porque con este material no se podía trabajar en masa. Posteriormente se realizó el secado de manera natural, esto quiere decir que las botellas fueron expuestas a los rayos del sol por un corto tiempo.



Figura 15. Botellas listas para su procesamiento

Se procedió a la fabricación de los elementos para la obtención de las fibras de PET, este equipo fue fabricado de manera artesanal el cual constó de un cúter sujetado por unos tornillos que a su vez fue sujetado a una superficie más grande la cual se encontraba firme.



Figura 16. Procesamiento de botellas

Se realizó el corte de las botellas de las cuales salieron fibras largas y delgadas esto se realizó de manera repetitiva a los tres tipos de botellas utilizada para esta investigación.



Figura 17. Procesamiento de las fibras PET

Posteriormente fueron cortadas en pequeñas fibras en razón de un intervalo de 3cm a 5cm (medida máxima) con estas dimensiones se trató de obtener un mejor resultado en la adherencia entre los materiales utilizados para la elaboración del concreto.



Figura 18. Fibras PET procesadas

Análisis De Agregados Fino

El análisis granulométrico de los agregados radica en la separación de las partículas las cuales pasan por los tamices (mallas), con el propósito de establecer el tamaño de las partículas tal cual lo es mencionado en la NTP 400.012.

Para este análisis se tomó una muestra el cual debió haber sido secado en el horno durante tiempo de 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, una vez realizado este proceso, se tomó un aproximado de 300 gr como mínimo para el análisis granulométrico según la norma.

| Tamiz del agregado fino (Pulg) | Porcentaje que pasa |
|--------------------------------|---------------------|
| 3/8" | 100% |
| # 4 | 95% - 100% |
| # 8 | 80% - 100% |
| # 16 | 50% - 85% |
| # 30 | 25% - 60% |
| # 50 | 5% - 30% |
| # 100 | 0% - 10% |

Figura 19. Análisis granulométrico del agregado fino

Procedimiento

La muestra tomada, en este caso el agregado fino, se colocó en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, ya transcurrido este tiempo se

dejó que la muestra se enfrié para así poder manipularla. Se trabajó con un mínimo de 300 gr. de la muestra seca y se procedió a hacer el análisis granulométrico.

La muestra fue colocada en el tamiz (mallas), se inició con la malla de 1/2" y posteriormente fueron pasando por los demás tamices; luego se realizó la agitación manual, que también puede ser por medio de una maquina agitadora, durante un tiempo estimado de 5 min.

Ya transcurrido el tiempo dado, se retiró cada una de estos tamices y se colocó cada muestra de las partículas retenidas en un depósito para después ser pesadas. Obtenido ya todos los datos necesarios, se hizo el llenado de la tabla de granulometría.

Tabla 13. *Tabla de granulometría del agregado fino*

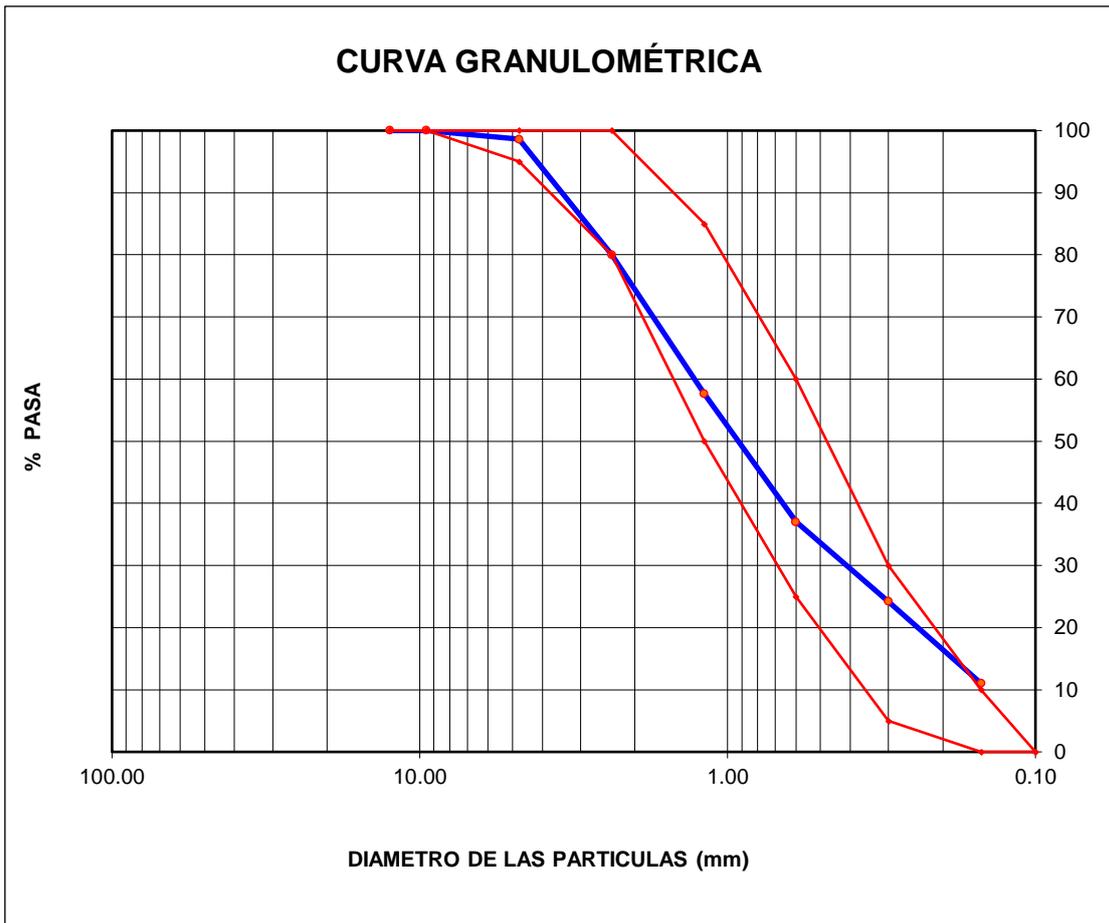
| | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| MATERIAL | : Agregado fino | CANTERA: | TRAPICHE-PUENTE PIEDRA |
| PESO INICIAL HUMEDO (g) | 626.3 | % W = | 1.3 |
| PESO INICIAL SECO (g) | 618.4 | MF = | 2.92 |

| MALLAS | ABERTURA | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES |
|--------|----------|-------------------|-----|--------------|------|------------------|
| | (mm) | (g) | (%) | Retenido | Pasa | ASTM C 33 |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|------|-------|--------|----------|
| 1/2" | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 |
| Nº4 | 4.76 | 8.5 | 1.4 | 1.4 | 98.6 | 95 - 100 |
| Nº8 | 2.38 | 115.2 | 18.6 | 20.0 | 80.0 | 80 - 100 |
| Nº 16 | 1.19 | 138.8 | 22.4 | 42.4 | 57.6 | 50 - 85 |
| Nº 30 | 0.60 | 127.2 | 20.6 | 63.0 | 37.0 | 25 - 60 |
| Nº 50 | 0.30 | 78.9 | 12.8 | 75.8 | 24.2 | 05 - 30 |
| Nº 100 | 0.15 | 81.5 | 13.2 | 89.0 | 11.0 | 0 - 10 |
| FONDO | | 68.3 | 11.0 | 100.0 | 0.0 | 0 - 0 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 14. Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 14** se observa que el agregado fino se encuentra dentro de los parámetros por lo tanto cumple con los estándares de calidad que dicta la NTP 400.012.

Para hallar el módulo de fineza del agregado fino se aplicará la siguiente formula:

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acumulado } (1/2" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + \dots + N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{1.4 + 20 + 42.4 + 63 + 75.8 + 89}{100}$$

$$MF = 2.914$$

$$MF = 2.91$$

Análisis De Agregados Grueso

Este procedimiento es equivalente al procedimiento anterior, radica en apartar por tamaño las partículas por medio de los tamices (mallas), con el propósito de ver cuál es el porcentaje que queda retenido en cada uno de estos tamices según NTP 400.012.

Se utilizó los datos de la figura 20 para determinar la cantidad exacta de muestra para realizar el análisis granulométrico del agregado grueso según NTP 400.012.

| Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg) | Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo 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) |

Figura 20. Cantidad de muestra a usar según la NTP 400.012

En esta ocasión, se utilizó piedra de 1/2", por lo tanto, revisando la figura anterior menciona que la muestra mínima a ensayar debió ser de 2 kg.

Para establecer cuáles son los porcentajes que pasan superiores e inferiores, se utilizó la siguiente figura:

| Tamiz del agregado Grueso (Pulg) | Porcentaje que pasa |
|---|--------------------------------|
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 90-100 |
| 3/4" | 20-55 |
| 1/2" | 0-10 |
| 3/8" | 0-5 |
| N ⁰ 4 | - |

Figura 21. Tamices del agregado grueso

Procedimiento

El procedimiento es el mismo que el anterior lo que varía es la cantidad de la muestra.

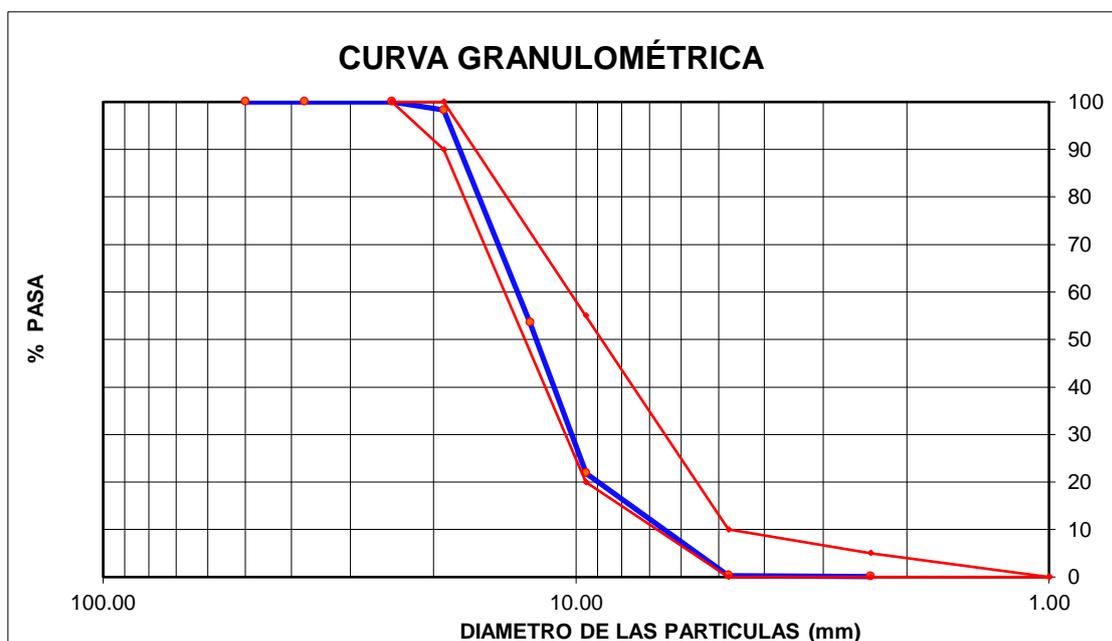
Tabla 15. Tabla de granulometría del agregado grueso

| | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| MATERIAL | : AGREGADO GRUESO | CANTERA: | TRAPICHE-PUENTE PIEDRA |
| PESO INICIAL HUMEDO (g) | 4,282.00 | % W = | 0.1 |
| PESO INICIAL SECO (g) | 4,276.00 | MF = | 6.80 |

| MALLAS | ABERTURA (mm) | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES HUSO #6 7 |
|--------|------------------|----------------------|------|--------------|-------|-------------------------------|
| | | (g) | (%) | Retenido | Pasa | |
| 2" | 50.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1" | 24.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 19.05 | 73.0 | 1.7 | 1.7 | 98.3 | 90 - 100 |
| 1/2" | 12.50 | 1,917.0 | 44.8 | 46.5 | 53.5 | --- |
| 3/8" | 9.53 | 1,356.0 | 31.7 | 78.2 | 21.8 | 20 - 55 |
| Nº 4 | 4.76 | 920.0 | 21.5 | 99.7 | 0.3 | 0 - 10 |
| Nº 8 | 2.38 | 8.0 | 0.2 | 99.9 | 0.1 | 0 - 5 |
| Nº 16 | 1.18 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | |
| FONDO | | 2.0 | 0.0 | | | |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 16. Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 16** se puede observar que el agregado grueso cumple con los estándares de calidad que dicta la NTP 400.012.

Para calcular el MF del agregado grueso se halló de la siguiente manera:

$$MF = \frac{1.7 + 78.2 + 99.7 + 99.9 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 6.80$$

El Peso Unitario Suelto y Compactado

Agregado fino

La muestra fue llevada al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, ya transcurrido este tiempo se dejó que la muestra se enfrié para así poder manipularla. Se realizó el pesado del recipiente y a la vez se tomó las medidas para poder calcular el volumen, posteriormente se rellenó el recipiente con la muestra en estado seco con la ayuda de un cucharón e inmediatamente se realizó el cálculo del peso de la muestra más el peso del recipiente.

De igual manera, para hallar el peso compactado se procedió a pesar el recipiente y tomar sus medidas para hallar cual es el volumen, posteriormente se rellenó el recipiente con la muestra, esto se realizó con un cucharón en tres partes las cuales tenían las mismas proporciones, cada parte fue llenada a un $\frac{1}{3}$ de la altura total del recipiente y se procedió a dar 25 varilladas de forma circular para así poder lograr reducir la cantidad de espacios vacíos, para la segunda y tercera parte el varillado tiene una profundidad de 2 cm. por debajo de capa anterior



Figura 22. Cálculo del peso unitario para el agregado fino

Tabla 17. Peso Unitario Suelto Y Compactado

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : TRAPICHE - PUENTE PIEDRA

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|---------|-------|-------|-------|
|---------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 6492 | 6488 | 6496 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4129 | 4125 | 4133 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.496 | 1.495 | 1.497 |

| | | |
|--------------------------------------|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.496 |
|--------------------------------------|------|--------------|

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|---------|-------|-------|-------|
|---------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 7312 | 7298 | 7304 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4949 | 4935 | 4941 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.793 | 1.788 | 1.790 |

| | | |
|--|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.790 |
|--|------|--------------|

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Agregado grueso

La muestra fue llevada al horno por 24 horas, ya transcurrido este tiempo se dejó que la muestra se enfrié para así poder manipularla.

Se realizó el pesado del recipiente y a la vez se tomó las medidas para poder calcular el volumen, posteriormente se rellenó el recipiente con la muestra en estado seco con la ayuda de un cucharón e inmediatamente se realizó el cálculo del peso de la muestra más el peso del recipiente.

De igual manera, para hallar el peso compactado se procedió a pesar el recipiente y tomar sus medidas para hallar cual es el volumen, posteriormente se rellenó el recipiente con la muestra, esto se realizó con un cucharón en tres partes las cuales tenían las mismas proporciones, cada parte fue llenada a un $\frac{1}{3}$ de la altura total del recipiente y se procedió a dar 25 varilladas de forma circular para así poder lograr reducir la cantidad de espacios vacíos, para la segunda y tercera parte el varillado tiene una profundidad de 2 cm. por debajo de capa anterior.



Figura 23. Cálculo del peso unitario para el agregado grueso

Tabla 18. Peso Unitario Suelto Y Compactado

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA: TRAPICHE- PUENTE PIEDRA

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|---------|-------|-------|-------|
|---------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 30723 | 30776 | 30708 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 20923 | 20976 | 20908 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.500 | 1.504 | 1.499 |

| | | |
|--------------------------------------|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.501 |
|--------------------------------------|------|--------------|

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|---------|-------|-------|-------|
|---------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 32544 | 32431 | 32509 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 22744 | 22631 | 22709 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.630 | 1.622 | 1.628 |

| | | |
|--|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.627 |
|--|------|--------------|

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Peso específico de los agregados

Agregado fino

Se tomó un porcentaje del agregado fino después de haber realizado el tamizado el porcentaje retenido en la malla N° 4, este porcentaje se dejó sumergido en agua durante 24 horas para su saturación, una vez ya pasado este tiempo se secó a temperatura ambiente con el fin de tener una muestra aparentemente seca.

Cuando la muestra estaba totalmente seca, fue colocada de forma manual en el cono metálico hasta ser llenado totalmente, se procedió a dar 10 golpes con el pisón.

Al finalizar todo este proceso se procedió a retirar el cono, presentando un desprendimiento ligero, este desprendimiento garantizó que la muestra esta aparentemente seca.

Para el cálculo del porcentaje de absorción, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Absorción = \frac{(500 - \text{Peso Seco}) * 100}{\text{Peso Seco}}$$

Agregado grueso

Se tomó una cantidad considerables del agregado grueso esta muestra fue sumergida en agua durante 24 horas para su saturación, una vez ya pasado este tiempo se secó a temperatura ambiente con el fin de tener una muestra aparentemente seca.

Ya obtenida la muestra seca, esta fue colocada dentro de un recipiente lleno de agua, este fue sujetado encima de la balanza, con el propósito de poder calcular el peso de la muestra sumergida en el agua.

En el cálculo del peso específico se utilizó esta fórmula:

$$\gamma_{\text{especifico}} = \frac{\text{Peso Seco}}{(\text{Peso Superficialmente Seco} - \text{Peso Saturado})}$$

Tabla 19. Peso específico

MATERIAL : AGREGADO FINO **CANTERA** : TRAPICHE – PUENTE PIEDRA

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO |
|---------|-------|-------|----------|
|---------|-------|-------|----------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|---------------|
| 1 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua | g | 982.1 | 982.9 | 982.5 |
| 2 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón | g | 671.2 | 671.4 | 671.3 |
| 3 | Peso del Agua (W = 1 - 2) | g | 310.9 | 311.5 | 311.2 |
| 4 | Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón | g/cc | 664.9 | 665.2 | 665.05 |
| 5 | Peso del Balón N° 2 | g/cc | 171.2 | 171.7 | 171.45 |
| 6 | Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5) | g/cc | 493.7 | 493.5 | 493.60 |
| 7 | Volumen del Balón (V = 500) | cc | 497.7 | 497.7 | 497.7 |

RESULTADOS

| | | | | |
|--|------|-------------|-------------|-------------|
| PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W)) | g/cc | 2.64 | 2.65 | 2.65 |
| PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W)) | g/cc | 2.68 | 2.69 | 2.68 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W) - (500-A)]) | g/cc | 2.74 | 2.75 | 2.74 |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(500- A) /A*100] | % | 1.3 | 1.3 | 1.3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 20. Peso específico

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA** : TRAPICHE-PUENTE PIEDRA

| MUESTRA | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO |
|---------|-------|-------|----------|
|---------|-------|-------|----------|

| | | | | | |
|---|---|------|--------|--------|-------------|
| 1 | Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A | g | 1528.0 | 1575.0 | 1551.5 |
| 2 | Peso muestra Sat. Sup. Seca B | g | 2425.0 | 2502.0 | 2463.5 |
| 3 | Peso muestra Seco C | g | 2396.0 | 2473.0 | 2434.5 |
| 4 | Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A | g/cc | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| 5 | Peso específico de masa = C/B-A | g/cc | 2.67 | 2.67 | 2.67 |
| 6 | Peso específico aparente = C/C-A | g/cc | 2.76 | 2.75 | 2.76 |
| 7 | Absorción de agua = ((B - C)/C)*100 | % | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Diseño de mezclas

En el diseño de mezclas se tomó aspectos importantes tales como la manejabilidad, la resistencia, durabilidad y se tendrá en cuenta la parte económica.

Para los diseños de las mezclas patrón se tomó en cuenta el método ACI para los concretos 175 kg/cm² y 210 kg/cm², se consideró los siguientes datos:

- Resistencia a la Compresión ($f'c$)
- Propiedades Físicas de los Agregados.
- Propiedades Físicas del Cemento.
- Asentamiento del Concreto (Slump).

Se tomó en consideración las propiedades físicas de los agregados (fino y grueso).

Con respecto a las propiedades físicas del cemento, se obtuvo los siguientes resultados:

- Cemento: Sol tipo I
- Peso específico: 3.11 gr/cm³
- Peso unitario suelto: 1500 kg/m³

Cálculo del $f'cr$

En el cálculo del $f'cr$ se posee 3 metodologías:

- a) Cuando se tiene un registro de rotura de probeta.
- b) Cuando se cuenta con menos de 15 registros o no se tiene datos de la desviación estándar.
- c) Teniendo en cuenta el control de calidad de la obra.

En esta investigación no se contó con un registro de ruptura de probetas con materiales de las mismas canteras, por ello es que, se estableció el $f'cr$ a través del ítem b), para ello utilizaremos los siguientes datos:

| Esfuerzo a compresión especificado f'_c , Kg/cm ² | Esfuerzo promedio requerido a compresión f'_{cr} , Kg/cm ² |
|--|---|
| < 210 | $f'_c + 70$ |
| 210-350 | $f'_c + 85$ |
| > 350 | $1.10 f'_c + 49$ |

Figura 24. Cálculo de f'_{cr} en función del f'_c

Por ello, el valor según tabla el f'_{cr} para un concreto $f'_c=210$ kg/cm² es de 295kg/cm² y para un concreto $f'_c=175$ kg/cm² es de 245kg/cm², siendo estos los valores de la resistencia requerida que llegó al haber cumplido los 28 días de curado.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN).

El TMN del agregado grueso fueron obtenidos en el análisis granulométrico, mediante el tamizaje el porcentaje que pasa en el primer tamiz 100% y el porcentaje retenido en el segundo de un 5%. Si esto se cumple, el tamaño máximo nominal será el tamiz que tenga retenido el 5% del agregado.

En el análisis granulométrico se tuvo un porcentaje retenido menor del 5% en la malla de 3/4", esto se puede apreciar en la Tabla 15 (Análisis granulométrico Agregado Grueso).

Slump

El Slump o asentamiento es un método el cual se trata de calcular el asentamiento el concreto en estado fresco con la finalidad de saber si el concreto es trabajable, se utilizará el cono de Abrams cuyas medidas son 0.30 m. de altura por 0.10 m. en la base superior y 0.20 m. en la base del apoyo.

Para esta investigación se requiere una mayor trabajabilidad por esto se requirió un Slump de 3" a 4".

Volumen de agua

Para estos diseños de mezclas se utilizó un volumen de agua 230 lts/m³ el cual ya se encuentra corregido.

Obtención del contenido de aire

Para este dato se tuvo en cuenta el TMN del agregado grueso:

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Aire atrapado |
|---|---------------|
| 3/8" | 3.00% |
| 1/2" | 2.50% |
| 3/4" | 2.00% |
| 1" | 1.50% |
| 1 1/2" | 1.00% |
| 2" | 0.50% |
| 3" | 0.30% |
| 6" | 0.20% |

Figura 25. Cálculo del contenido de aire en función al TMN

El TMN del agregado grueso es de 3/4", por ello, el contenido de aire atrapado es de 2%.

Cálculo de la relación Agua – Cemento (a/c)

Para el cálculo de la relación agua / cemento se tuvo en cuenta f'_{cr} a la vez también se tomó en cuenta los datos del concreto sin aire incorporado, en el caso que no se encuentra el f'_{c} , se realizara una interpolación con los f'_{c} más cercanos para poder obtener una relación a/c respectivo para cada uno de los diseños plasmados.

Este valor se tomó para el diseño de mezclas, un cálculo de manera errónea puede dañar notablemente al diseño, sea o no la resistencia solicitada que, para este cálculo se utilizó los datos de la siguiente figura:

| f/c(kg/cm ²) | Relación agua/cemento en peso | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Concretos sin aire incorporado | Concretos con aire incorporado |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | -- |
| 450 | 0.38 | -- |

Figura 26. Cálculo de la relación (a/c)

En esta investigación se tuvo un $f'_{cr}=295 \text{ kg/cm}^2$, para un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y un $f'_{cr}=245 \text{ kg/cm}^2$, para un concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, no se encontró ninguno de los valores requeridos en la figura. Por esta razón se pasó a hacer una interpolación con el fin de poder obtener el valor solicitado.

Relación a/c para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

$$X = 0.70 + \frac{0.61 - 0.70}{250 - 200} (245 - 200)$$

$$X = 0.63$$

Para efectos de cálculo se tomará $X=0.66$ para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

Relación a/c para un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

$$X = 0.62 + \frac{0.55 - 0.62}{300 - 250} (295 - 250)$$

$$X = 0.57$$

Para efectos de cálculo se tomará $X=0.60$ para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Cálculo del Factor cemento (fc)

Se emplear la siguiente fórmula para determinar el factor cemento:

Factor cemento para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

$$fc = \frac{\text{Vol. Agua}}{\text{Agua Cemento}} \quad fc = \frac{230}{0.66} \quad fc = 348.48 \text{ kg/m}^3$$

Factor cemento para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

$$fc = \frac{230}{0.60}$$

$$fc = 383.33 \text{ kg/m}^3$$

Ya obtenido el factor cemento, se procedió a calcular la numero de bolsas de cemento que se utilizó en 1m^3 .

$$\text{N}^\circ \text{Bolsas} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{Peso del Cemento}}$$

N° bolsas de cemento para un 1m^3 para un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

$$N^{\circ}\text{Bolsas} = \frac{348.48}{42.5}$$

$$N^{\circ}\text{Bolsas} = 8.19 \text{ bols/m}^3$$

N° bolsas de cemento para un 1m³ para un concreto f'c=210 kg/cm².

$$N^{\circ}\text{Bolsas} = \frac{383.33}{42.5}$$

$$N^{\circ}\text{Bolsas} = 9.01 \text{ bols/m}^3$$

Cantidad de agregado grueso.

Se utilizó los datos de la siguiente figura:

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/b ₀) | | | |
|---|---|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 |
| 3/8" | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.6 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.7 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Figura 27. Cálculo de la cantidad de agregado grueso en función del módulo de fineza del agregado fino con el TMN

Para esta investigación se tuvo un TMN de 3/4" y MF de 2.91, obteniendo así un valor de "0.609". Una vez hallado este valor, se realizó el peso del agregado de la siguiente manera:

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = \frac{b}{b_0} * P. U. C.$$

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.609 * 1627$$

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 990.84 \text{ kg/m}^3$$

Para el cálculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire y agregado grueso), se aplicará la siguientes formulas.

$$\text{Volumen Absoluto Del Agua} = \frac{\text{Volumen Del Agua}}{\text{Peso Especifico}}$$

$$\text{Volumen Absoluto Del Cemento} = \frac{\text{Volumen Del Cemento}}{\text{Peso Especifico}}$$

$$\text{Volumen Absoluto Del Aire} = \frac{\text{Volumen Del Aire}}{100}$$

$$\text{Vol. Absoluto Del Agregado Grueso} = \frac{\text{Volumen Del Agregado Grueso}}{\text{Peso Especifico}}$$

Reemplazando datos en las fórmulas, se obtuvo los siguientes valores de laboratorio dados a continuación:

Tabla 21. Valores de diseño

| | f'c 175 kg/cm ² | | | | f'c 210 kg/cm ² | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|
| | Patrón | 7% | 13% | 20% | Patrón | 7% | 13% | 20% |
| Valores De Diseño | | | | | | | | |
| Asentamiento | 4" | 4" | 4" | 4" | 4" | 4" | 4" | 4" |
| Tamaño Máximo Nominal | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " | 3/4 " |
| Relación Agua Cemento | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Agua | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Total De Aire Atrapado % | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Volumen De Agregado Grueso | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.30 |
| Volumen Absoluto | | | | | | | | |
| Volumen Absoluto Del Cemento | 0.1122 | 0.1122 | 0.1122 | 0.1122 | 0.1228 | 0.1228 | 0.1228 | 0.1228 |
| Volumen Absoluto Del Agua | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2300 |
| Volumen Absoluto Del Aire | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 |
| Volumen Absoluto Del Agregado Fino | 0.3062 | 0.2978 | 0.2905 | 0.2821 | 0.301 | 0.2917 | 0.2838 | 0.2745 |
| Volumen Absoluto Del Agregado Grueso | 0.3318 | 0.3226 | 0.3147 | 0.3056 | 0.326 | 0.316 | 0.3074 | 0.2974 |
| Volumen Absoluto Del PET | 0.00 | 0.0176 | 0.0327 | 0.0504 | 0.00 | 0.0193 | 0.0358 | 0.0551 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 21** se muestra los valores de diseño de mezcla y los volúmenes absolutos obtenidos en el laboratorio que posteriormente fueron reajustados en los diseños de mezclas del concreto.

Porcentaje de fibras PET reciclado por m²

Para establecer la cantidad de fibra a utilizar para el reemplazar en el agregado fino se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Fibra PET} = \frac{\% \text{ PET} * \text{Volumen Abs. del Agregado Fino}}{100} * \gamma_{\text{PET}} * \gamma_{\text{Arena}}$$

$$\text{Agregado Fino} = \text{Agregado Fino por Humedad} - \text{Fibras PET}$$

- **Con 7% de Fibra PET**

Reemplazando la formula anterior se determinó la cantidad de Fibra PET Reciclado a utilizar en un 1m³.

$$\text{Fibras PET Reciclado} = \frac{7 * 0.306}{100} * 1.39 * 1000 = 29.77 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 808 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 29.77 \text{ kg/m}^3 = 778.23 \text{ kg/m}^3$$

- **Con 13% de Fibra PET**

Reemplazando la formula anterior se determinó la cantidad de Fibra PET Reciclado a utilizar en un 1m³.

$$\text{Fibras PET Reciclado} = \frac{13 * 0.306}{100} * 1.39 * 1000 = 55.29 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 808 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 55.29 \text{ kg/m}^3 = 752.71 \text{ kg/m}^3$$

- **Con 20% de Fibra PET**

Reemplazando la formula anterior se determinó la cantidad de Fibra PET Reciclado a utilizar en un 1m³.

$$\text{Fibras PET Reciclado} = \frac{20 * 0.306}{100} * 1.39 * 1000 = 85.07 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 808 \text{ kg/m}^3 - 85.07 \text{ kg/m}^3 = 722.93 \text{ kg/m}^3$$

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO Kg/m ³ |
|---|---|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA/CEMENTO | | | 0.66 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.33 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| | FACTOR CEMENTO | | 350.000 | Kg/m ³ | 8.2 | Bls/m ³ |
| | Volumen absoluto del cemento | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | |
| | Volumen absoluto del Agua | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| | Volumen absoluto del Aire | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | | | | | | 0.362 |
| | VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | |
| | Volumen absoluto del Agregado fino | | | 0.3062 | m ³ /m ³ | 0.638 |
| | Volumen absoluto del Agregado grueso | | | 0.3318 | m ³ /m ³ | |
| | SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 350 | Kg/m ³ | |
| | AGUA | | | 230 | Lt/m ³ | |
| | AGREGADO FINO | | | 812 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 886 | Kg/m ³ | |
| | PESO DE MEZCLA | | | 2277 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| | AGREGADO FINO HUMEDO | | | 822.1 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | 886.7 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| | AGREGADO FINO | | | 0.00 | 0.0 | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 1.10 | 9.7 | |
| | AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | 9.7 | |
| | | | | | 239.7 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 350 | Kg/m ³ | |
| | AGUA | | | 240 | Lts/m ³ | |
| | AGREGADO FINO | | | 822 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 887 | Kg/m ³ | |
| | PESO DE MEZCLA | | | 2299 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 lt) | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 4.90 | Kg | |
| | AGUA | | | 3.36 | Lts | |
| | AGREGADO FINO | | | 11.51 | Kg | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 12.41 | Kg | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 2.35 | | | A.F | 2.36 | |
| A.G | 2.53 | | | A.G | 2.53 | |
| H2o | 26.07 Kg. | | | H2o | 26.07 LT. | |

Figura 28. Diseño de mezcla para un f'c 175 kg/cm² sin PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 7% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4 " | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.66 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.32 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 350.000 | Kg/m³ | 8.2 | Bl/m³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | 0.362 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2978 | m ³ /m ³ | 0.638 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3226 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0176 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 789 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 861 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 24.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2255 | Kg/m³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 799.4 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 862.2 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 24.5 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | 0.0 | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.5 | |
| PET 7% | | | | 0.16 | 0.0 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 9.5 | |
| | | | | | 239.5 | Lts/m³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 240 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 799 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 862 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 24.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2276 | Kg/m³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (231t) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 4.90 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 11.19 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 12.07 | Kg | |
| PET 7% | | | | 343.0 | g | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 2.28 | | | A.F | 2.29 | |
| A.G | 2.46 | | | A.G | 2.46 | |
| H2o | 26.0/ Kg | | | H2o | 26.0/ L.I. | |

Figura 29. Diseño de mezcla para un f'c 175 kg/cm² con 7% PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 13% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.66 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.31 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 350.000 | Kg/m ³ | 8.2 | Bls/m ² |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | 0.362 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2905 | m ³ /m ³ | 0.638 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3147 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0327 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 770 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 840 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2236 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 779.9 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 841.2 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.2 | |
| PET 13% | | | | 0.16 | 0.1 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 239.3 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 780 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 841 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2256 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 It) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 4.90 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 10.92 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 11.78 | Kg | |
| PET 13% | | | | 637.0 | g | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 2.23 | | | A.F | 2.23 | |
| A.G | 2.40 | | | A.G | 2.40 | |
| H2o | 26.07 Kg | | | H2o | 26.07 Lt. | |

Figura 30. Diseño de mezcla para un f'c 175 kg/cm² con 13% PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 20% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4 " | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.66 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.31 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 350.000 | Kg/m³ | 8.2 | Bl/m² |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | | | | | | 0.362 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2821 | m ³ /m ³ | 0.638 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3056 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0504 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 747 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 816 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2213 | Kg/m³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 757.2 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 816.7 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.0 | |
| PET 20% | | | | 0.16 | 0.1 | |
| | | | | | | 9.1 |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | 239.1 | Lts/m³ | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 757 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 817 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2233 | Kg/m³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23lt) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 4.90 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 10.60 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 11.43 | Kg | |
| PET 20% | | | | 980.0 | g | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 2.16 | | | A.F | 2.17 | |
| A.G | 2.33 | | | A.G | 2.33 | |
| H2o | 26.07 Kg | | | H2o | 26.07 L.I. | |

Figura 31. Diseño de mezcla para un f'c 175 kg/cm² con 20% PET reciclado

| MATERIAL | PE SO E SPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCION % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4 " | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.60 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.33 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Bls/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | | | | | | 0.373 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.3010 | m ³ /m ³ | 0.627 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3260 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 798 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 871 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2281 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 807.9 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 871.4 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | 0.0 | Lts/m ³ |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.6 | |
| | | | | | | 9.6 |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 239.6 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 240 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 808 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 871 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2302 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 5.36 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 11.31 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 12.20 | Kg | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.11 | | | | | |
| A.G | 2.28 | | | | | |
| H2o | 26.07 Kg. | | | | | |
| PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.12 | | | | | |
| A.G | 2.27 | | | | | |
| H2o | 26.07 LT. | | | | | |

Figura 32. Diseño de mezcla para un f'c 210 kg/cm² sin PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|--|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 7% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.60 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.32 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Bls/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | 0.373 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2917 | m ³ /m ³ | 0.627 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3160 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0193 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 773 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 844 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2267 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 783.1 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 844.6 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | 0.0 | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.3 | |
| PET 7% | | | | 0.16 | 0.0 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 9.3 | |
| | | | | | 239.3 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 783 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 845 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2277 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 lt) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 5.36 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 10.96 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 11.82 | Kg | |
| PET 7% | | | | 375.3 | g | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | |
| C | 1.0 | | C | 1.0 | | |
| A.F | 2.04 | | A.F | 2.05 | | |
| A.G | 2.21 | | A.G | 2.20 | | |
| H2o | 26.0/ Kg. | | H2o | 26.0/ Lt. | | |

Figura 33. Diseño de mezcla para un f'c 210 kg/cm² con 7% PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.85 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 13% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.60 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE A TRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.31 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Bls/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | | | | | | 0.373 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2838 | m ³ /m ³ | 0.627 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3074 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0358 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 752 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 821 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2236 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 761.8 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 821.6 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | 0.0 | Lts/m ³ |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.0 | |
| PET 13% | | | | 0.16 | 0.1 | |
| | | | | | | 9.1 |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | | 239.1 |
| | | | | | | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 762 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 822 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2255 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 5.36 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.35 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 10.66 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 11.50 | Kg | |
| PET 13% | | | | 697.1 | g | |
| PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 1.99 | | | A.F | 1.99 | |
| A.G | 2.15 | | | A.G | 2.14 | |
| H2o | 26.0/ Kg | | | H2o | 26.0/ L.I. | |

Figura 34. Diseño de mezcla para un f'c 210 kg/cm² con 13% PET reciclado

| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 20% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | 0.05 | 0.07 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 4 | pulg | |
| 2 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.60 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.30 | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Bism ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | | | | | | 0.373 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2745 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.2974 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0551 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 727 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 794 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 76.6 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2211 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 736.9 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 794.8 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 76.6 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 8.7 | |
| PET 20% | | | | 0.16 | 0.1 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 238.9 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 737 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 795 | Kg/m ³ | |
| PET 20% | | | | 76.6 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2230 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (23 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 5.36 | Kg | |
| AGUA | | | | 3.34 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 10.32 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 11.13 | Kg | |
| PET 20% | | | | 1072.4 | g | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 1.92 | | | A.F | 1.93 | |
| A.G | 2.08 | | | A.G | 2.07 | |
| H2o | 26.0 / Kg. | | | H2o | 26.0 / L.I. | |

Figura 35. Diseño de mezcla para un f'c 210 kg/cm² con 20% PET reciclado

Probetas Cilíndricas (4 x 8 Pul.)

Para la ejecución de las probetas se utilizaron hormas cilíndricas los cuales tuvieron las siguientes dimensiones L x 2L y de un material no absorbente según especificaciones técnicas en la NTP 339.034, estos moldes fueron recubiertos con desmoldante el cual impidió que la mezcla se quede pegada en el molde al momento del fraguado.

Procedimiento

En la elaboración de las probetas, también conocidos como testigos cilíndricos de concreto, se tuvo a la mano todos los materiales necesarios, los moldes metálico o plásticos estuvieron totalmente recubierto por la parte interna por liquido desmoldante, después se procedió al llenado del molde con concreto este procedimiento se realizó en 2 capas de la misma proporción, en la primera capa se hasta la mitad del molde y se procedió a dar 25 varilladas de manera circular, en la segunda capa se hizo el mismo procedimiento ya terminado todo el proceso se procederá a enrasar y emparejar la superficie de la probeta para así el momento de realizar el ensayo tenga una superficie uniforme, ya culminado este proceso se dejó secar durante 24 horas.

Pasado ya las 24 horas, se procedió a retirar el molde de todas las probetas; una vez extraídas las probetas, se ubicó en una posa de curado para posteriormente ser ensayadas a los 7,14 y 28 días respectivamente.



Figura 36. Probetas cilíndricasterminadas

Resultados de ensayos de resistencia a la compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente como lo menciona la NTP 339.034.

Tabla 22. Resultados de ensayos a la resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

| Resistencia a la compresión un $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Muestras | 7 Días | 14 Días | 28 Días |
| C. Patrón $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | 137.9 | 155.9 | 216.3 |
| | 143.3 | 151.7 | 210.4 |
| | 139.9 | 154.0 | 205.2 |
| Promedio | 140.4 kg/cm^2 | 153.9 Kg/cm^2 | 210.6 Kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ | 128.6 | 141.8 | 187.2 |
| | 130.6 | 149.1 | 168.4 |
| | 138.1 | 151.4 | 175.6 |
| Promedio | 132.4 kg/cm^2 | 147.4 Kg/cm^2 | 177.1 Kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET}$ | 74.1 | 121.3 | 148.6 |
| | 75.5 | 113.3 | 146.9 |
| | 73.9 | 101.6 | 148 |
| Promedio | 74.5 Kg/cm^2 | 112.1 Kg/cm^2 | 147.8 Kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET}$ | 40.4 | 80.4 | 104 |
| | 50.3 | 74.8 | 106 |
| | 51.5 | 78.3 | 107.8 |
| Promedio | 47.4 Kg/cm^2 | 77.8 Kg/cm^2 | 105.9 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 23. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

| Resultado de ensayos para un $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Muestras | 7 Días | 14 Días | 28 Días |
| C. Patrón $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ | 140.4 kg/cm^2 | 153.9 kg/cm^2 | 210.6 kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ | 132.4 kg/cm^2 | 147.4 kg/cm^2 | 177.1 kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET}$ | 74.5 kg/cm^2 | 112.1 kg/cm^2 | 147.8 kg/cm^2 |
| $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET}$ | 47.4 kg/cm^2 | 77.8 kg/cm^2 | 105.9 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 23** se puede observar los promedios de los resultados obtenidos a través del ensayo de resistencia a la compresión realizados para un concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 24. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 140.4 Kg/cm^2 | 132.4 Kg/cm^2 | 74.5 Kg/cm^2 | 47.4 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

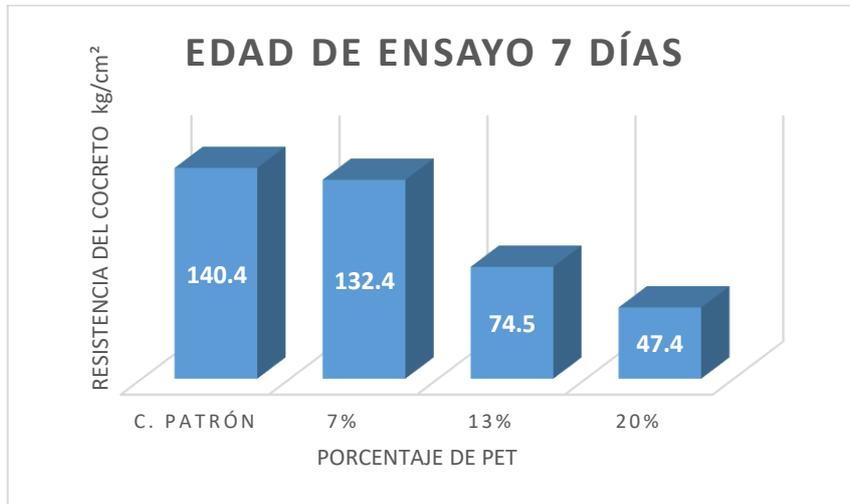


Figura 37. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 24** se puede apreciar los resultados adquiridos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 7 días para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$; en la **figura 37** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 132.4 Kg/cm^2 de resistencia, para un concreto con 13% de PET reciclado se tiene una resistencia de 74.5 Kg/cm^2 y para uno con de 20% de PET reciclado se tiene 47.4 Kg/cm^2 de resistencia. Es decir que la relación que existe entre los porcentajes de PET reciclado y la resistencia a la compresión es inversamente proporcional.

Tabla 25. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 153.9 Kg/cm^2 | 147.4 Kg/cm^2 | 112.1 Kg/cm^2 | 77.8 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

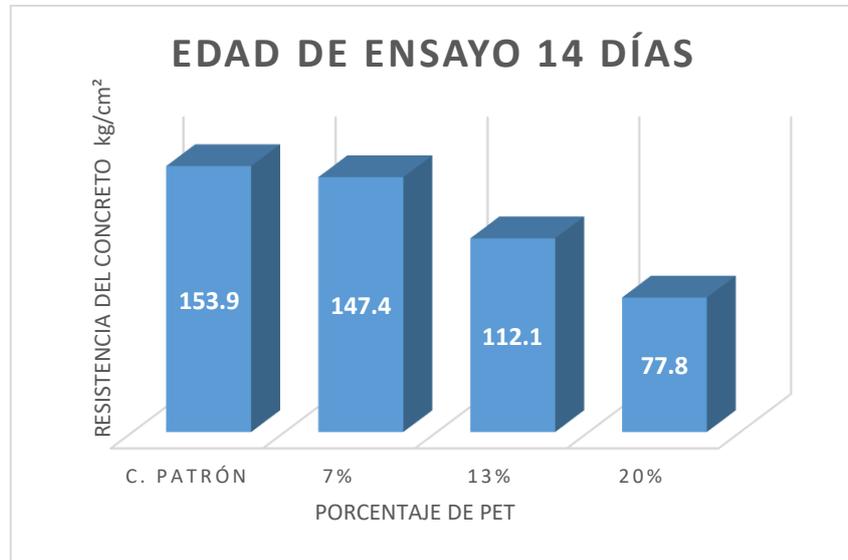


Figura 38. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 25** se puede apreciar los resultados adquiridos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 14 días para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$; en la **figura 38** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 147.4 Kg/cm^2 de resistencia, para un concreto con 13% de PET reciclado se tiene una resistencia de 112.1 Kg/cm^2 y para uno con de 20% de PET reciclado se tiene 77.8 Kg/cm^2 de resistencia. Es decir que la relación que existe entre los porcentajes de PET reciclado y la resistencia a la compresión es inversamente proporcional.

Tabla 26. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 175.0 Kg/cm^2 | 177.1 Kg/cm^2 | 147.8 Kg/cm^2 | 105.9 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

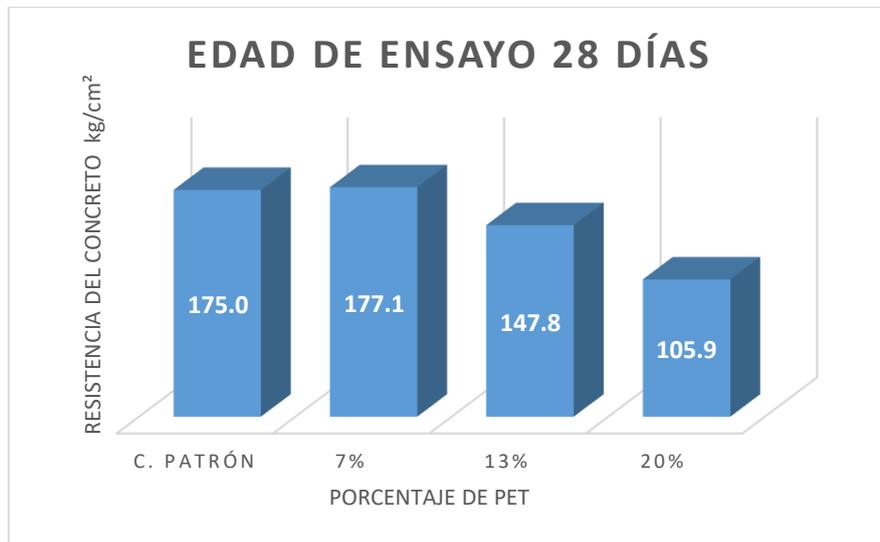


Figura 39. Resistencia compresión $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 26** se puede apreciar los resultados adquiridos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 28 días para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$; en la *figura 39* se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 177.1 Kg/cm^2 de resistencia, para un concreto con 13% de PET reciclado se tiene una resistencia de 147.8 Kg/cm^2 y para uno con de 20% de PET reciclado se tiene 105.9 Kg/cm^2 de resistencia. Es decir que la relación que existe entre los porcentajes de PET reciclado y la resistencia a la compresión es inversamente proporcional.

Resultados de ensayos de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a los 7,14 y 28 días de curado respectivamente como lo menciona la NTP 339.034.

Tabla 27. Resultados de ensayos a la resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

| Resistencia a la compresión un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Muestras | 7 Días | 14 Días | 28 Días |
| C. Patrón $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | 166.6 | 181.4 | 156.6 |
| | 160.6 | 184.7 | 250.7 |
| | 167.8 | 182.1 | 254.7 |
| Promedio | 165.0 kg/cm^2 | 182.7 kg/cm^2 | 220.7 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ | 150.5 | 173.9 | 207.7 |
| | 151.6 | 172.5 | 211.1 |
| | 149.4 | 168.6 | 211.3 |
| Promedio | 150.5 kg/cm^2 | 171.7 kg/cm^2 | 210.0 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET}$ | 83.7 | 125.6 | 165.8 |
| | 83.4 | 123.6 | 163.1 |
| | 87.2 | 123.2 | 166.9 |
| Promedio | 84.8 kg/cm^2 | 124.1 kg/cm^2 | 165.3 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET}$ | 58.8 | 57.1 | 115.9 |
| | 63.0 | 54.8 | 121.5 |
| | 62.4 | 60.6 | 122.4 |
| Promedio | 61.4 kg/cm^2 | 57.5 kg/cm^2 | 119.9 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

Tabla 28. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

| Resultado de ensayos para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Muestras | 7 Días | 14 Días | 28 Días |
| C. Patrón $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | 165.0 kg/cm^2 | 182.7 kg/cm^2 | 220.7 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ | 150.5 kg/cm^2 | 171.7 kg/cm^2 | 210.0 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET}$ | 84.8 kg/cm^2 | 124.1 kg/cm^2 | 165.3 kg/cm^2 |
| $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET}$ | 61.4 kg/cm^2 | 57.5 kg/cm^2 | 119.9 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 28** se puede observar los promedios de los resultados obtenidos a través del ensayo de resistencia a la compresión realizados para un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 29. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 165.0 Kg/cm^2 | 150.5 Kg/cm^2 | 84.8 Kg/cm^2 | 61.4 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

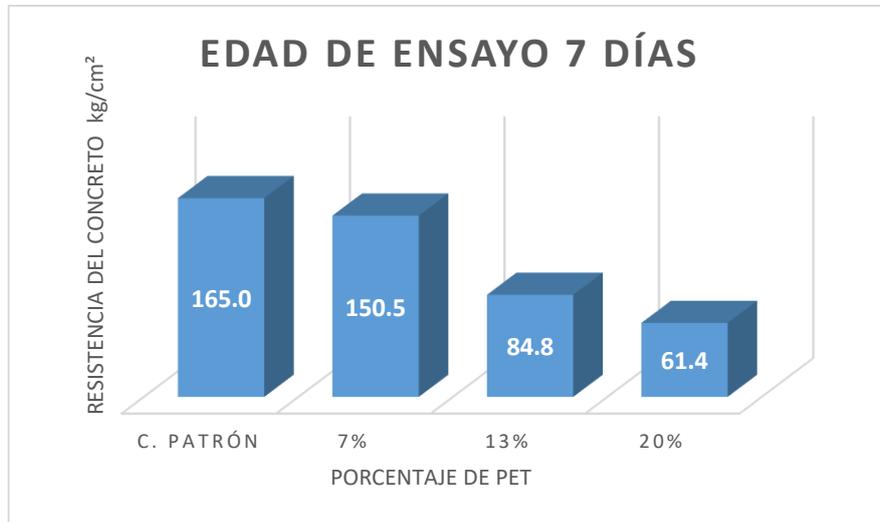


Figura 40. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 29** se puede observar los resultados obtenidos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 7 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; en la **figura 40** se aprecia que para un concreto con 7% de PET reciclado adicionado se tiene una resistencia de 150.5 Kg/cm^2 , para un concreto con adición de 13% de PET reciclado tiene una resistencia de 84.8 Kg/cm^2 y para un concreto con 20% de PET reciclado adicionado se tiene una resistencia de 61.4 Kg/cm^2 ; es decir que entre la resistencia a la compresión y los porcentajes de PET reciclado existe una relación inversamente proporcional.

Tabla 30. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 182.7 Kg/cm^2 | 171.7 Kg/cm^2 | 124.1 Kg/cm^2 | 57.5 Kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

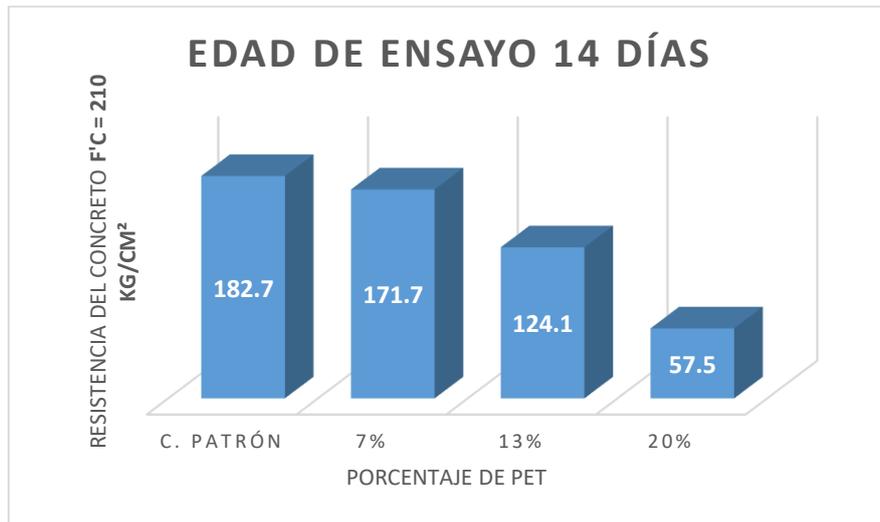


Figura 41. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 30** se puede apreciar los resultados adquiridos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 14 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; en la *figura 41* se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 171.7 Kg/cm^2 de resistencia, para un concreto con 13% de PET reciclado se tiene una resistencia de 124.1 Kg/cm^2 y para uno con de 20% de PET reciclado se tiene 57.5 Kg/cm^2 de resistencia. Es decir que la relación que existe entre los porcentajes de PET reciclado y la resistencia a la compresión es inversamente proporcional.

Tabla 31. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

| C. Patrón | 7% | 13% | 20% |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 210.0 kg/cm^2 | 210.0 kg/cm^2 | 165.3 kg/cm^2 | 119.9 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

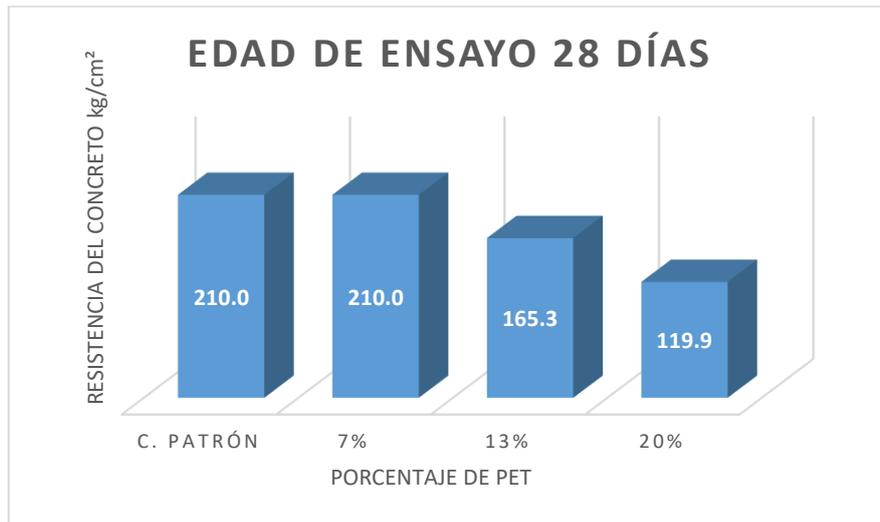


Figura 42. Resistencia compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 31** se puede observar los resultados obtenidos mediante el ensayo de resistencia a la compresión cuya ruptura fue a los 28 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; en la **figura 42** se aprecia que para un concreto con 7% de PET reciclado adicionado se tiene una resistencia de 210.0 Kg/cm^2 , para un concreto con adición de 13% de PET reciclado tiene una resistencia de 165.3 Kg/cm^2 y para un concreto con 20% de PET reciclado adicionado se tiene una resistencia de 119.9 Kg/cm^2 ; es decir que entre la resistencia a la compresión y los porcentajes de PET existe una relación inversamente proporcional.

Resultados de ensayos de módulo de elasticidad $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Para hallar los resultados del módulo de elasticidad se consultó la norma ASTM C 469 la cual aplica la siguiente formula:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.00005}$$

E = Módulo de elasticidad

S_2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S_1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, e_1 , de 50 millonésima.

e_2 = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2 Variación

Para este estudio se utilizó una de las tres muestras de concreto patrón $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos.

- $f'c$ último (kg/cm^2) = 140.06
- $f'c$ A $d=0.000050$ = 11.88
- 40% $f'c$ último (kg/cm^2) = 56.02
- $d=0.000050$ = 0.00005
- d A 40% de $f'c$ último = 0.000316

Donde.

- $S_1 = f'c$ A $d=0.000050$
- $S_2 = 40\%$ $f'c$ último (kg/cm^2)
- $e_1 = d=0.000050$
- $e_2 = d$ A 40% de $f'c$ último

Cálculo del módulo de elasticidad

$$E = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.00005} = \frac{56.02 - 11.88}{0.000316 - 0.00005} = 165,993 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ último (kg/cm^2).

$$C.e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{140.06}{\sqrt{165,993.00}} = 14,026$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ Nominal.

$$C.e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{165,993.00}{\sqrt{175}} = 12,548$$

Tabla 32. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000018 | 6.37 |
| 0.000027 | 8.91 |
| 0.000045 | 11.46 |
| 0.000073 | 14.01 |
| 0.000095 | 16.55 |
| 0.000100 | 19.10 |
| 0.000109 | 21.65 |
| 0.000118 | 24.19 |
| 0.000136 | 26.74 |
| 0.000155 | 29.28 |
| 0.000164 | 31.83 |
| 0.000182 | 34.38 |
| 0.000209 | 36.92 |
| 0.000227 | 39.47 |
| 0.000245 | 42.02 |
| 0.000264 | 44.56 |
| 0.000273 | 47.11 |
| 0.000282 | 49.66 |
| 0.000291 | 52.20 |
| 0.000309 | 54.75 |
| 0.000323 | 57.30 |
| 0.000364 | 59.84 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

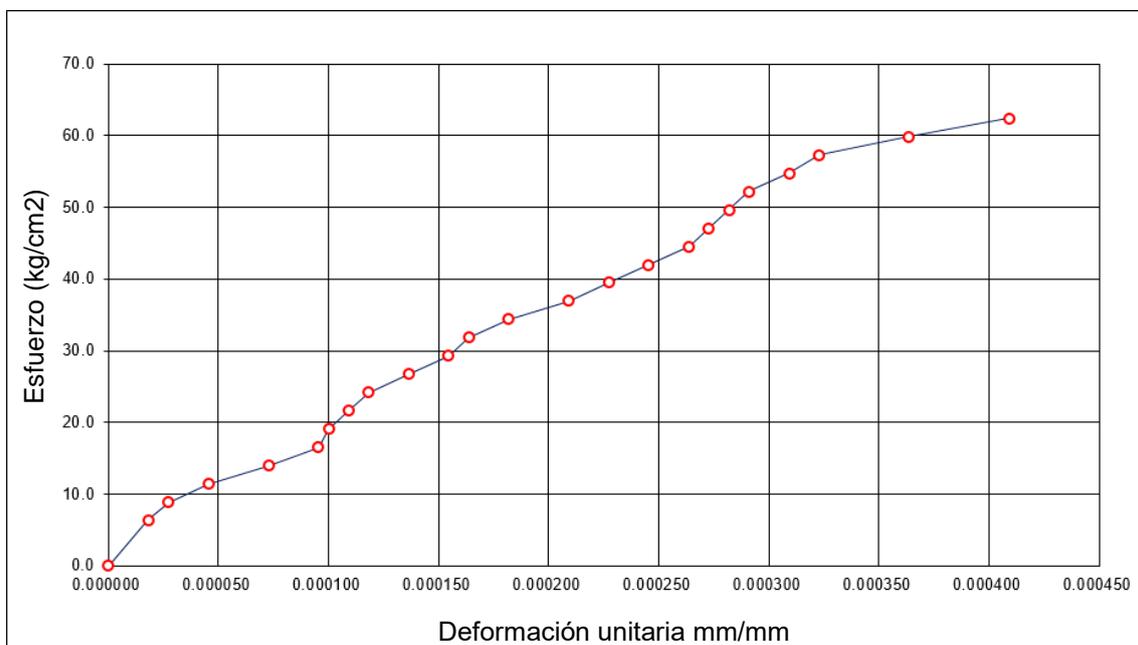


Figura 43. Módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 32** y *figura 43*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el concreto patrón de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 7\%$ PET reciclado con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos:

- $f'c$ último (kg/cm^2) = 152.79
- $f'c$ A $d=0.000050$ = 6.29
- 40% $f'c$ último (kg/cm^2) = 51.12
- $d=0.000050$ = 0.00005
- d A 40% de $f'c$ último = 0.000450

Donde.

- $S1 = f'c$ A $d=0.000050$
- $S2 = 40\%$ $f'c$ último (kg/cm^2)
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d$ A 40% de $f'c$ último

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{61.12 - 6.29}{0.000450 - 0.00005} = 137,072 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ último (kg/cm^2).

$$C. e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último } (\text{kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{152.79}{\sqrt{137,072.00}} = 11,089$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ Nominal.

$$C. e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{137,072.00}{\sqrt{175}} = 10,362$$

Tabla 33. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000036 | 5.09 |
| 0.000073 | 8.28 |
| 0.000136 | 11.46 |
| 0.000164 | 14.64 |
| 0.000200 | 17.83 |
| 0.000227 | 21.01 |
| 0.000273 | 24.19 |
| 0.000300 | 27.37 |
| 0.000327 | 30.56 |
| 0.000336 | 33.74 |
| 0.000345 | 36.92 |
| 0.000364 | 40.11 |
| 0.000382 | 43.29 |
| 0.000391 | 46.47 |
| 0.000409 | 49.66 |
| 0.000418 | 52.84 |
| 0.000427 | 56.02 |
| 0.000436 | 59.21 |
| 0.000459 | 62.39 |
| 0.000500 | 65.57 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

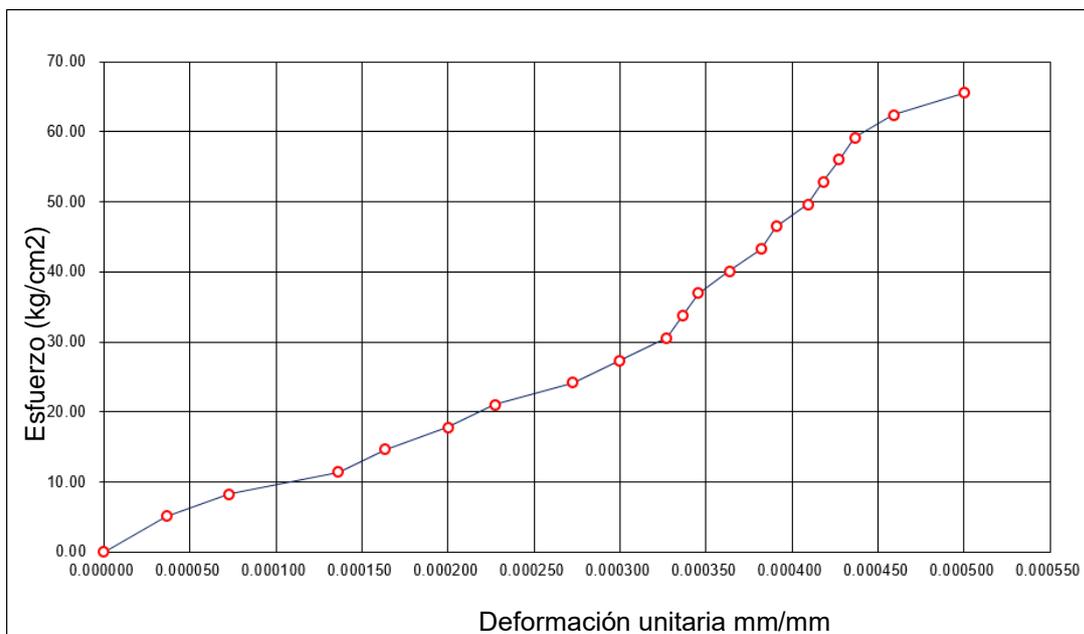


Figura 44. Módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 33** y *figura 44*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ más 7% de PET a los 7 días; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el concreto patrón $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 13\%$ PET reciclado con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos:

- $f'c$ último (kg/cm^2) = 73.39
- $f'c$ A $d=0.000050$ = 6.58
- 40% $f'c$ último (kg/cm^2) = 30.26
- $d=0.000050$ = 0.00005
- d A 40% de $f'c$ último = 0.000318

Donde.

- $S1 = f'c$ A $d=0.000050$
- $S2 = 40\%$ $f'c$ último (kg/cm^2)
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d$ A 40% de $f'c$ último

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{30.56 - 6.58}{0.000318 - 0.00005} = 89,415 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ último (kg/cm^2).

$$C.e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{76.39}{\sqrt{89,415.00}} = 10,230$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ Nominal.

$$C.e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{89,415.00}{\sqrt{175}} = 6,759$$

Tabla 34. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000100 | 8.91 |
| 0.000127 | 10.19 |
| 0.000145 | 11.46 |
| 0.000155 | 12.73 |
| 0.000164 | 14.01 |
| 0.000173 | 15.28 |
| 0.000182 | 16.55 |
| 0.000191 | 17.83 |
| 0.000200 | 19.10 |
| 0.000209 | 20.37 |
| 0.000218 | 21.65 |
| 0.000227 | 22.92 |
| 0.000236 | 24.19 |
| 0.000255 | 25.46 |
| 0.000264 | 26.74 |
| 0.000282 | 28.01 |
| 0.000309 | 29.28 |
| 0.000318 | 30.56 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

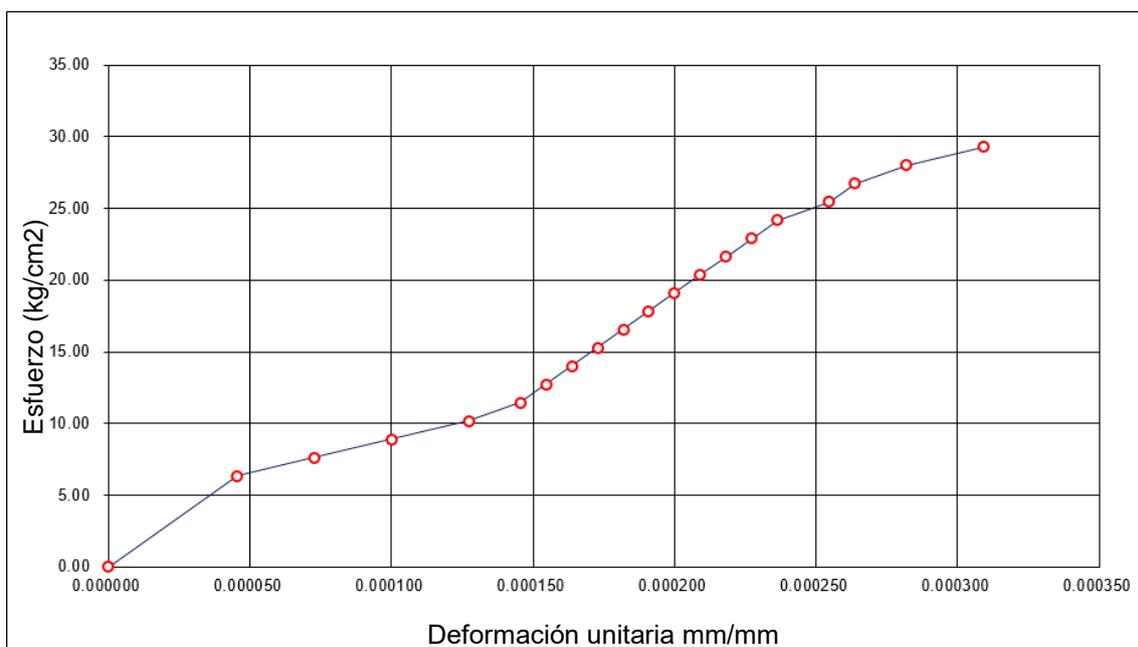


Figura 45. Módulo de elasticidad de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 34** y *figura 45*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ más 13% de PET a los 7 días; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el concreto patrón de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 20\%$ PET reciclado con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos:

- $f'c$ último (kg/cm^2) = 50.93
- $f'c$ A $d=0.000050$ = 7.24
- 40% $f'c$ último (kg/cm^2) = 20.37
- $d=0.000050$ = 0.00005
- d A 40% de $f'c$ último = 0.000209

Donde.

- $S1 = f'c$ A $d=0.000050$
- $S2 = 40\%$ $f'c$ último (kg/cm^2)
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d$ A 40% de $f'c$ último

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{20.37 - 7.24}{0.000209 - 0.00005} = 82,536 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ último (kg/cm^2).

$$C. e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último } (\text{kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{50.93}{\sqrt{82,536.00}} = 11,565$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ Nominal.

$$C. e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{82,536.00}{\sqrt{175}} = 6,239$$

Tabla 35. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000000 | 3.82 |
| 0.000000 | 5.09 |
| 0.000000 | 6.37 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000100 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000118 | 12.73 |
| 0.000136 | 14.01 |
| 0.000145 | 15.28 |
| 0.000155 | 16.55 |
| 0.000164 | 17.83 |
| 0.000182 | 19.10 |
| 0.000209 | 20.37 |
| 0.000227 | 21.65 |
| 0.000245 | 22.92 |
| 0.000264 | 24.19 |
| 0.000300 | 25.46 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

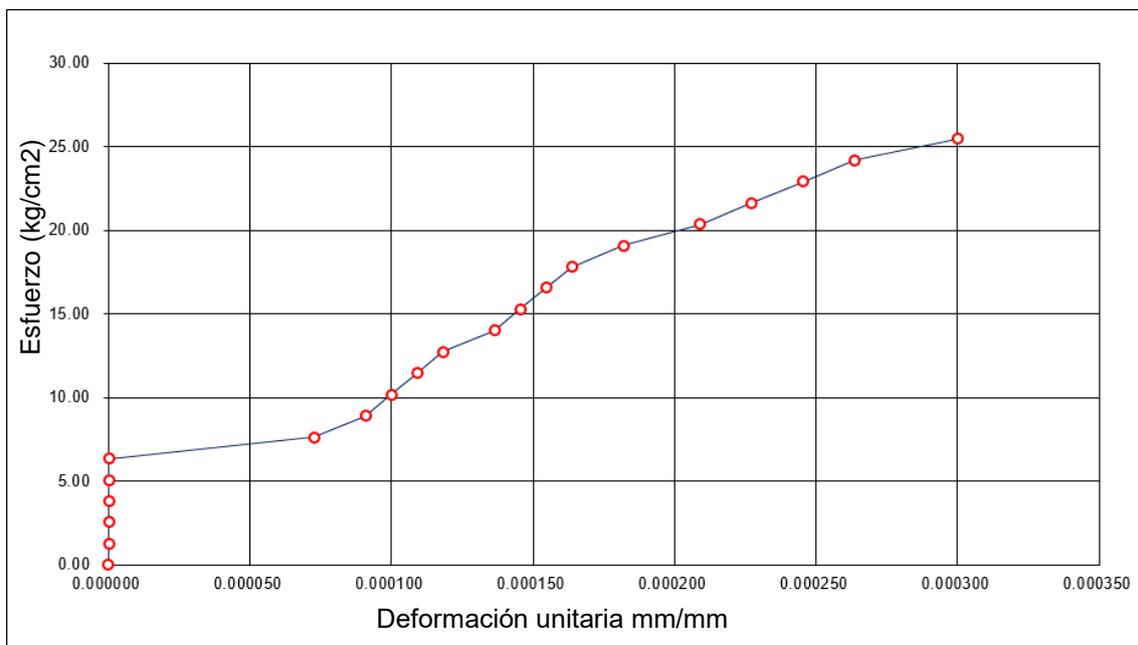


Figura 46. Módulo de elasticidad de $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 35** y **figura 46**, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ más 13% de PET a los 7 días; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Tabla 36. Módulo de elasticidad para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 165,993 kg/cm^2 | 137,072 kg/cm^2 | 89,415 kg/cm^2 | 82,536 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

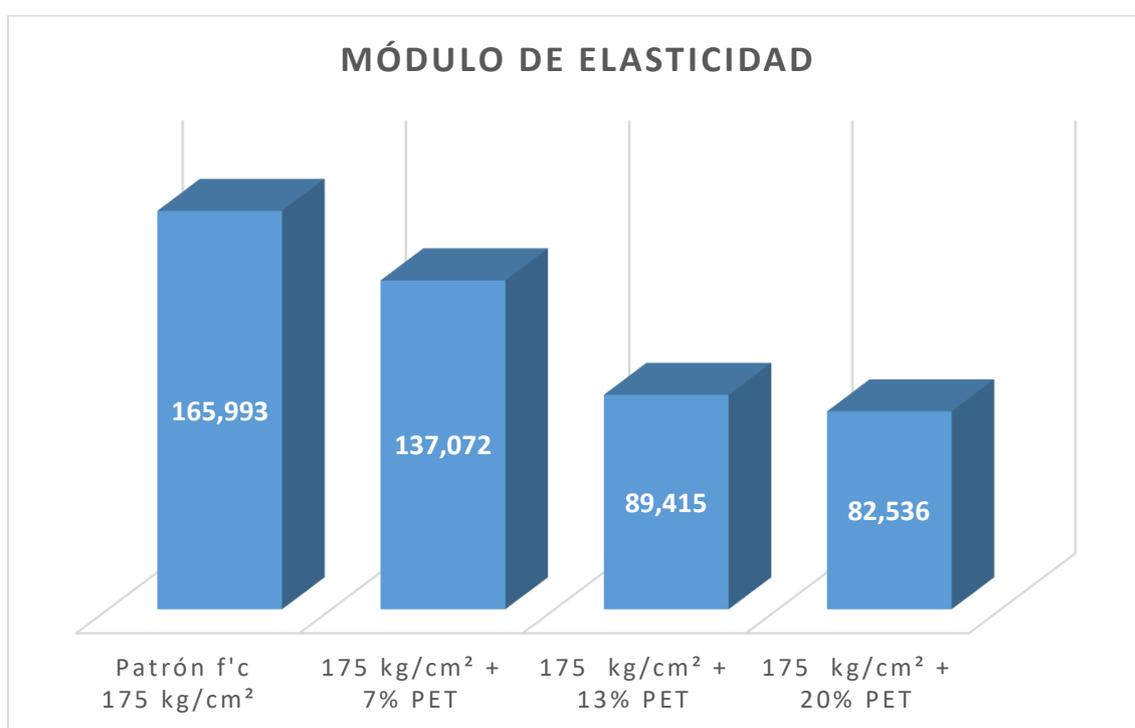


Figura 47. Módulo de elasticidad

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 36** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días. En la **figura 47** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 137,072 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 89,415 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 82,536 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresale es el de concreto patrón con 165,993 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET

reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Tabla 37. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 178,380 kg/cm^2 | 168,222 kg/cm^2 | 107,738 kg/cm^2 | 94,180 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

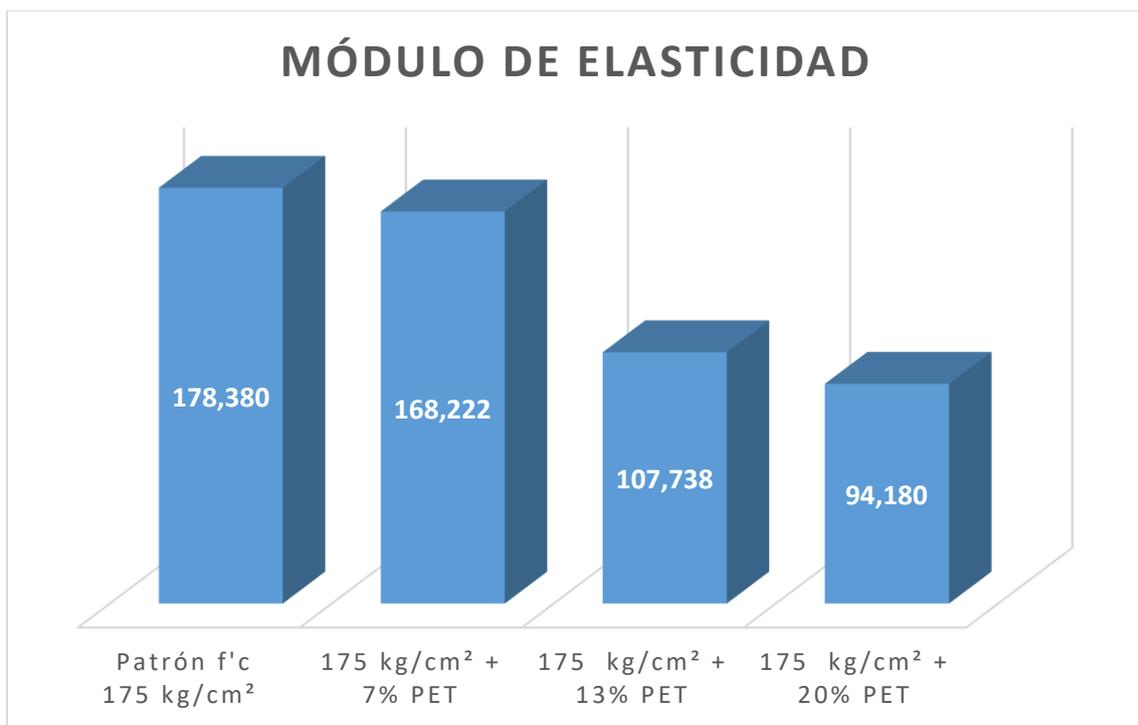


Figura 48. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 37** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días. En la **figura 48** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 168,222 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 107,737 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 94,180 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresaes el de concreto patrón con 178,380 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Tabla 38. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 191,730 kg/cm^2 | 181,434 kg/cm^2 | 127,458 kg/cm^2 | 105,649 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

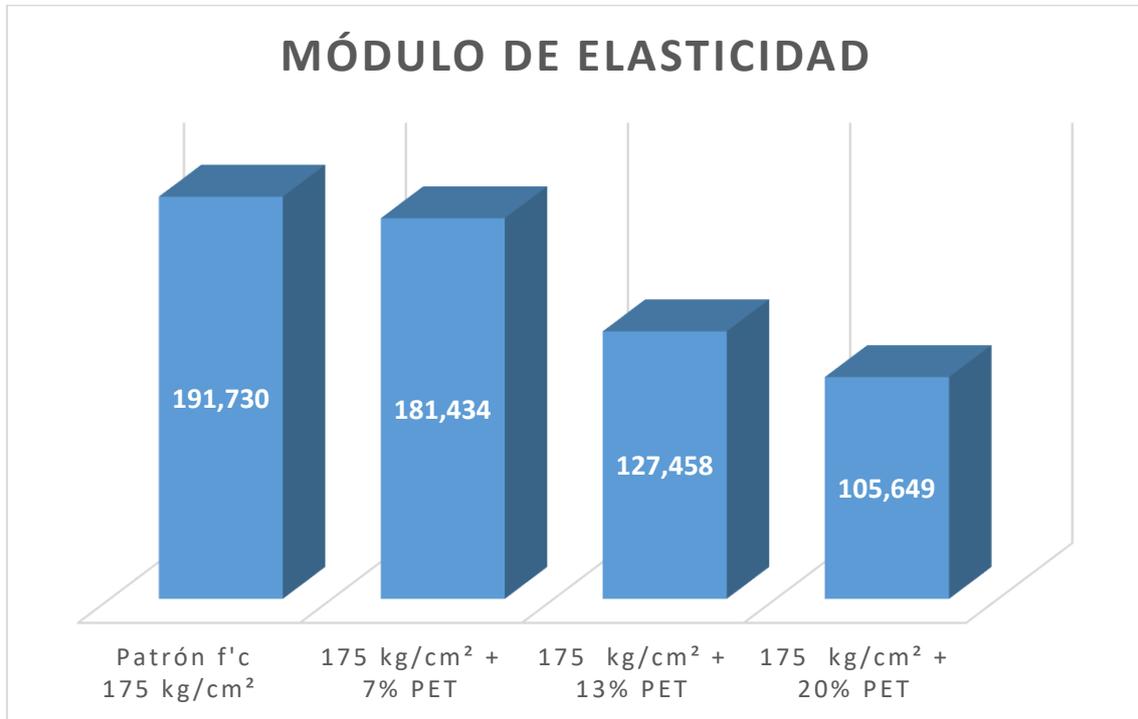


Figura 49. Módulo de elasticidad de un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 38** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. En la **figura 49** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 181,434 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 127,458 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 105,649 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresale es el de concreto patrón con 191,730 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Resultados de ensayos de módulo de elasticidad $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Para este estudio se utilizó una de las tres muestras de concreto patrón $f'c = 210$ con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos.

- $f'c$ último (kg/cm^2) = 146.42
- $f'c$ A $d=0.000050$ = 6.79
- 40% $f'c$ último (kg/cm^2) = 58.57
- $d=0.000050$ = 0.00005
- d A 40% de $f'c$ último = 0.000355

Donde.

- $S1 = f'c$ A $d=0.000050$
- $S2 = 40\%$ $f'c$ último (kg/cm^2)
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d$ A 40% de $f'c$ último

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{58.57 - 6.79}{0.000355 - 0.00005} = 170,019 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ último (kg/cm^2).

$$C.e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{146.42}{\sqrt{170,019.00}} = 14,051$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c$ Nominal.

$$C.e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{170,019.00}{\sqrt{210}} = 11,737$$

Tabla 39. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 8.91 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000100 | 14.01 |
| 0.000118 | 16.55 |
| 0.000127 | 19.10 |
| 0.000145 | 21.65 |
| 0.000155 | 24.19 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000173 | 29.28 |
| 0.000182 | 31.83 |
| 0.000200 | 34.38 |
| 0.000209 | 36.92 |
| 0.000218 | 39.47 |
| 0.000236 | 42.02 |
| 0.000245 | 44.56 |
| 0.000255 | 47.11 |
| 0.000264 | 49.66 |
| 0.000291 | 52.20 |
| 0.000309 | 54.75 |
| 0.000345 | 57.30 |
| 0.000364 | 59.84 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

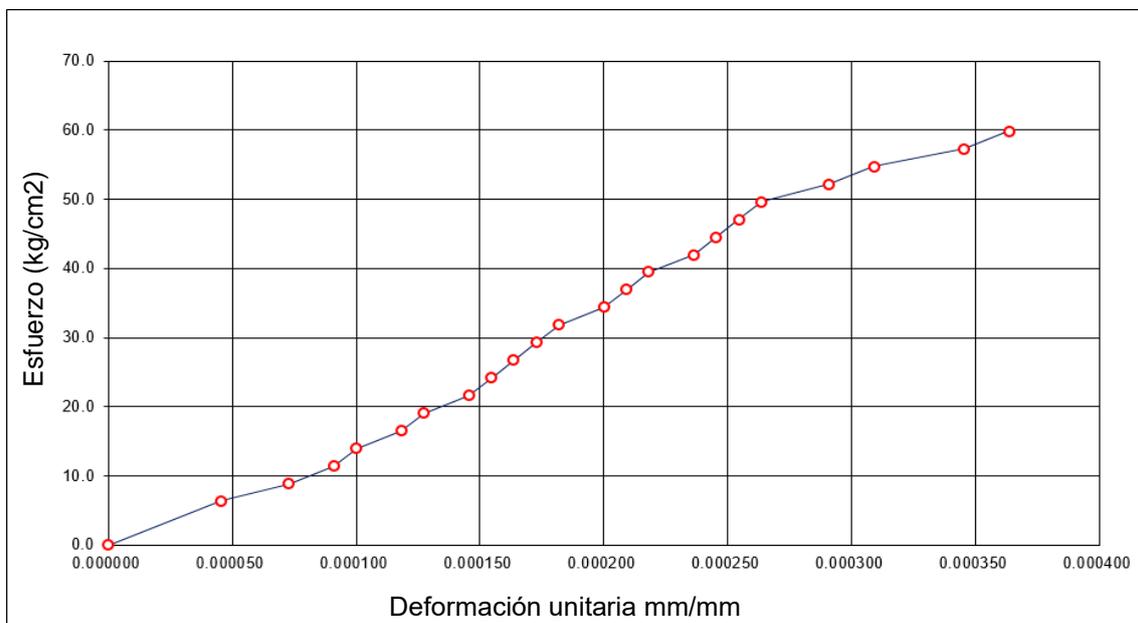


Figura 50. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 39** y *figura 50*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET reciclado}$ con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos.

- $f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 140.06$
- $f'c \text{ A } d=0.000050 = 6.62$
- $40\% f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 56.02$
- $d=0.000050 = 0.00005$
- $d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último} = 0.000364$

Donde.

- $S1 = f'c \text{ A } d=0.000050$
- $S2 = 40\% f'c \text{ último (kg/cm}^2)$
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último}$

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{56.02 - 6.62}{0.000364 - 0.00005} = 157,513 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ último (kg/cm}^2)$.

$$C.e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{140.06}{\sqrt{157,513.00}} = 14,051$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ Nominal}$.

$$C.e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{157,513.00}{\sqrt{210}} = 10,869$$

Tabla 40. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000118 | 14.01 |
| 0.000127 | 16.55 |
| 0.000136 | 19.10 |
| 0.000145 | 21.65 |
| 0.000155 | 24.19 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000166 | 29.28 |
| 0.000168 | 31.83 |
| 0.000173 | 34.38 |
| 0.000182 | 36.92 |
| 0.000191 | 39.47 |
| 0.000209 | 42.02 |
| 0.000227 | 44.56 |
| 0.000255 | 47.11 |
| 0.000282 | 49.66 |
| 0.000318 | 52.20 |
| 0.000345 | 54.75 |
| 0.000382 | 57.30 |
| 0.000455 | 59.84 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

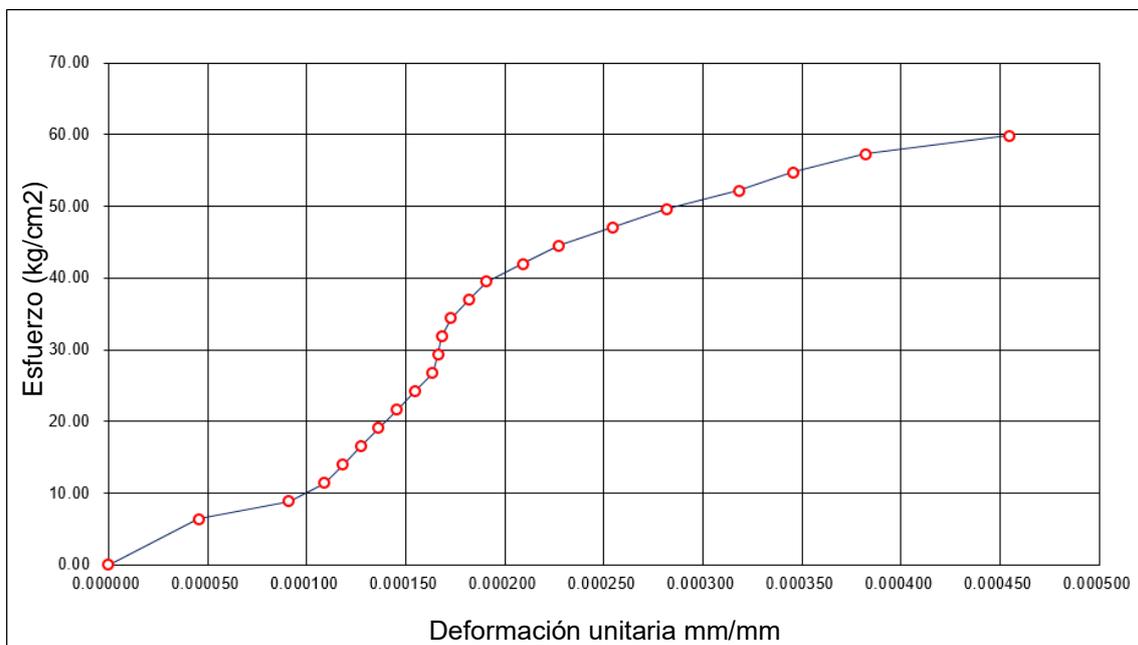


Figura 51. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ PET}$ reciclado a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 40** y *figura 51*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ más 7% de PET; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\%$ PET reciclado con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos.

- $f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 82.76$
- $f'c \text{ A } d=0.000050 = 4.38$
- $40\% \text{ } f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 33.10$
- $d=0.000050 = 0.00005$
- $d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último} = 0.000341$

Donde.

- $S1 = f'c \text{ A } d=0.000050$
- $S2 = 40\% \text{ } f'c \text{ último (kg/cm}^2)$
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último}$

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{33.01 - 4.38}{0.000341 - 0.00005} = 98,751 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ último (kg/cm}^2)$.

$$C. e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{82.76}{\sqrt{98,751.00}} = 10,855$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ Nominal}$.

$$C. e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{98,751.00}{\sqrt{210}} = 6,814$$

Tabla 41. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000073 | 6.37 |
| 0.000109 | 8.28 |
| 0.000118 | 10.19 |
| 0.000136 | 12.10 |
| 0.000164 | 14.01 |
| 0.000182 | 15.92 |
| 0.000191 | 17.83 |
| 0.000227 | 19.74 |
| 0.000255 | 21.65 |
| 0.000282 | 23.55 |
| 0.000309 | 25.46 |
| 0.000318 | 27.37 |
| 0.000327 | 29.28 |
| 0.000336 | 31.19 |
| 0.000341 | 33.10 |
| 0.000355 | 35.01 |
| 0.000382 | 36.92 |
| 0.000418 | 38.83 |
| 0.000436 | 40.74 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

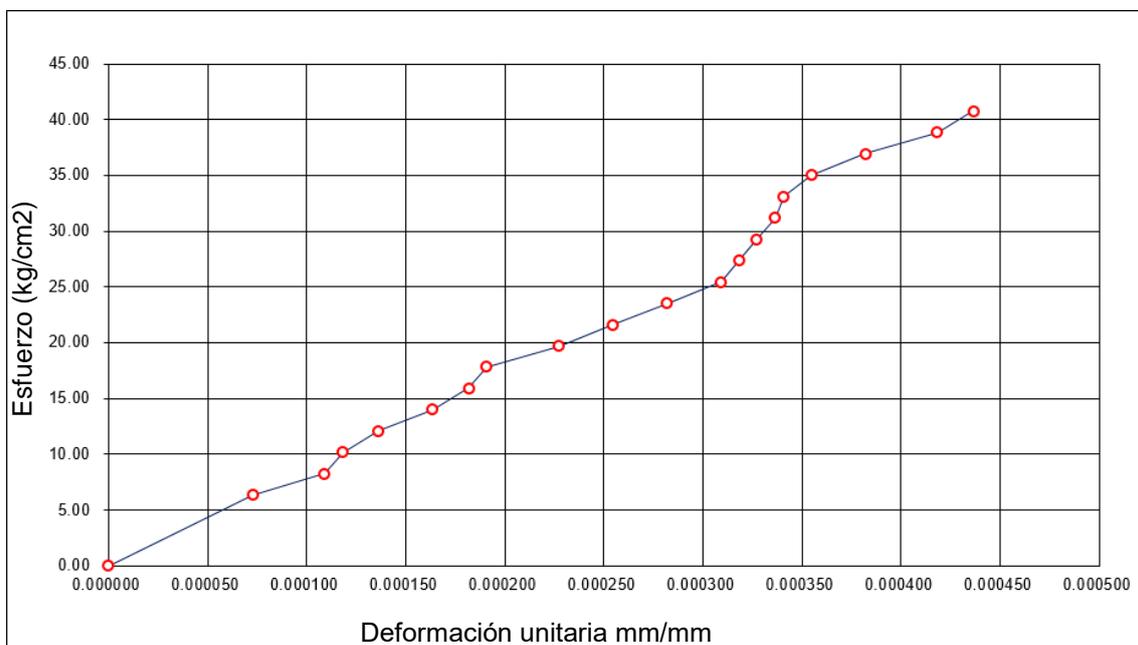


Figura 52. Módulo de elasticidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 41** y *figura 52*, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ más 13% de PET; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Para el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\%$ PET reciclado con un curado método convencional a la edad de 7 días se obtuvo los siguientes datos.

- $f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 63.66$
- $f'c \text{ A } d=0.000050 = 7.00$
- $40\% \text{ } f'c \text{ último (kg/cm}^2) = 25.46$
- $d=0.000050 = 0.00005$
- $d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último} = 0.000245$

Donde.

- $S1 = f'c \text{ A } d=0.000050$
- $S2 = 40\% \text{ } f'c \text{ último (kg/cm}^2)$
- $e1 = d=0.000050$
- $e2 = d \text{ A } 40\% \text{ de } f'c \text{ último}$

Cálculo del módulo de elasticidad.

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.00005} = \frac{25.46 - 7.00}{0.000364 - 0.00005} = 94,457 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ último (kg/cm}^2)$.

$$C. e \text{ ultimo} = \frac{f'c \text{ último (kg/cm}^2)}{\sqrt{E}} = \frac{63.66}{\sqrt{94,457.00}} = 11,838$$

Cálculo del coeficiente elástico $f'c \text{ Nominal}$.

$$C. e = \frac{E}{\sqrt{f'c}} = \frac{94,457.00}{\sqrt{210}} = 6,518$$

Tabla 42. Deformación unitaria y esfuerzo para el módulo de elasticidad de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000014 | 3.82 |
| 0.000018 | 5.09 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000055 | 7.64 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000100 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000114 | 12.73 |
| 0.000118 | 14.01 |
| 0.000123 | 15.28 |
| 0.000136 | 16.55 |
| 0.000145 | 17.83 |
| 0.000164 | 19.10 |
| 0.000182 | 20.37 |
| 0.000191 | 21.65 |
| 0.000209 | 22.92 |
| 0.000227 | 24.19 |
| 0.000245 | 25.46 |
| 0.000273 | 26.74 |
| 0.000300 | 28.01 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

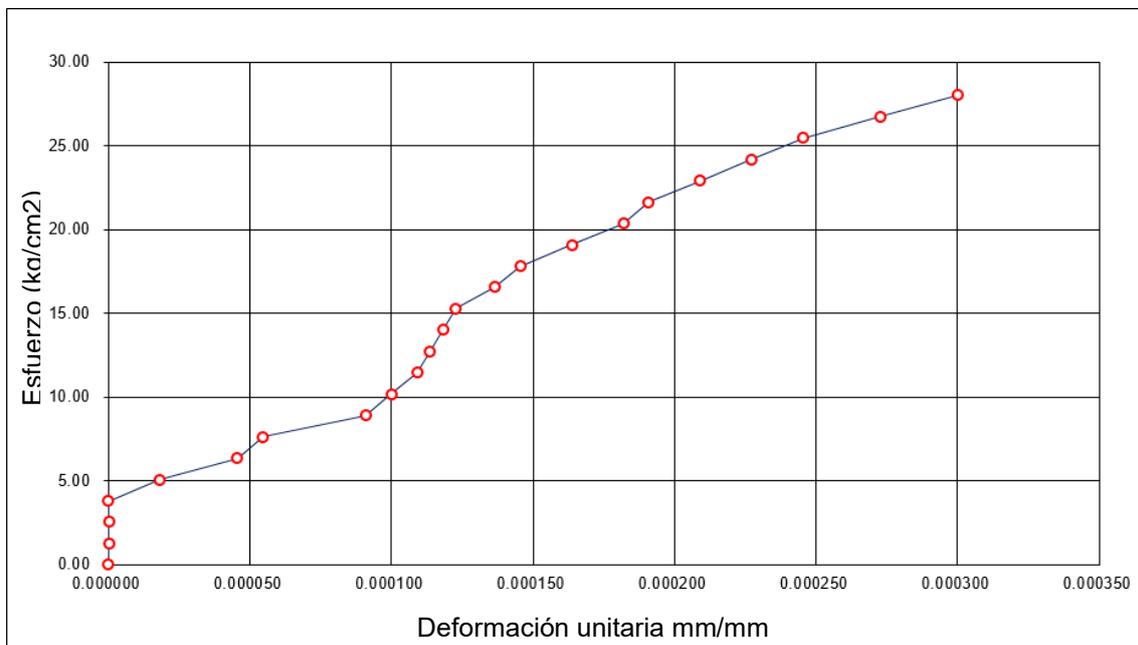


Figura 53. Módulo de elasticidad de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\% \text{ PET reciclado}$ a los 7 días.

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 42** y **figura 53**, se observa la deformación unitaria y el esfuerzo que se le realizó al concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ más 20% de PET; en él se aprecia que existe una relación directamente proporcional, es decir que a más esfuerzo mayor será la deformación hasta llegar al punto de ruptura del espécimen.

Tabla 43. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 kg/cm^2 | 210 kg/cm^2 + 7% PET | 210 kg/cm^2 + 13% PET | 210 kg/cm^2 + 20% PET |
| 170,019 kg/cm^2 | 157,513 kg/cm^2 | 98,751 kg/cm^2 | 94,457 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

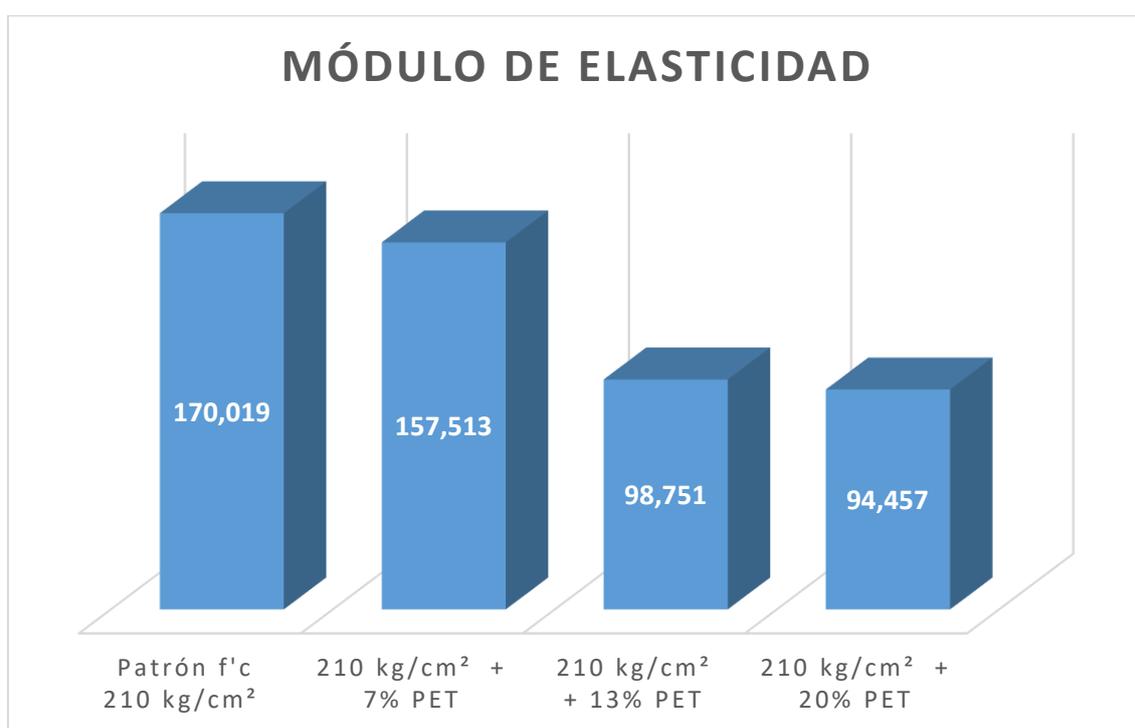


Figura 54. Modulo de elasticidad

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 43** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días. En la **figura 54** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 157,513 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 28,751 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 94,457 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresale es el de concreto patrón con 170,019 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Tabla 44. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 kg/cm^2 | 210 kg/cm^2 + 7% PET | 210 kg/cm^2 + 13% PET | 210 kg/cm^2 + 20% PET |
| 186,151 kg/cm^2 | 175,464 kg/cm^2 | 130,153 kg/cm^2 | 106,103 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

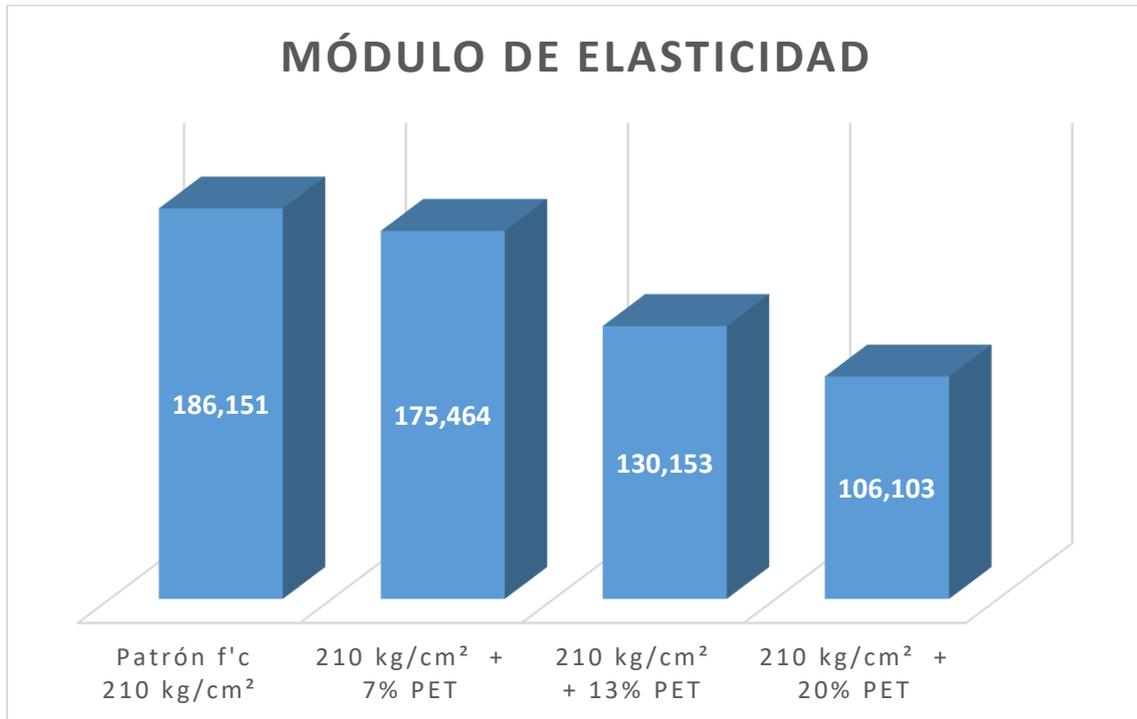


Figura 55. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 44** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días. En la **figura 55** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 175,464 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 130,153 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 106,103 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresale es el de concreto patrón con 186,151 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Tabla 45. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días

| Módulo de elasticidad | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 kg/cm^2 | 210 kg/cm^2 + 7% PET | 210 kg/cm^2 + 13% PET | 210 kg/cm^2 + 20% PET |
| 200,384 kg/cm^2 | 190,273 kg/cm^2 | 152,442 kg/cm^2 | 121,858 kg/cm^2 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

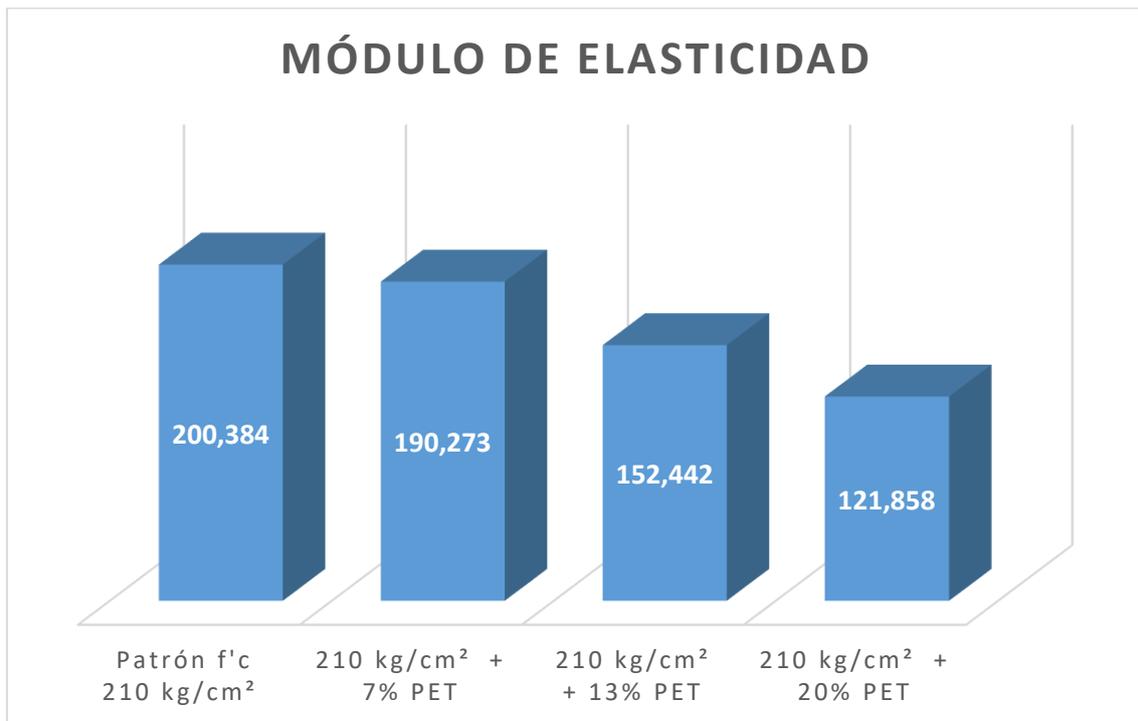


Figura 56. Módulo de elasticidad de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 45** se tiene los resultados obtenidos a través del ensayo del módulo de elasticidad para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días. En la **figura 56** se observa que para un concreto con 7% de PET reciclado se tiene 190,273 kg/cm^2 , con 13% PET reciclado se tiene un módulo de 152.44 kg/cm^2 y para un 20% se tiene 121,858 kg/cm^2 . Se aprecia que el módulo de sobresale es el de concreto patrón con 200,384 kg/cm^2 , es decir a mayor adición de PET reciclado el módulo de elasticidad será menor haciéndolo un concreto menos trabajable.

Resultados de ensayo de peso específico $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

Los ensayos de peso específico se realizaron a los 28 días de curado respectivamente como lo menciona la ASTM C642 / NTP 339.187.

Tabla 46. Densidad seca (g/cm^3)

| Densidad seca (g/cm^3) | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 2.185 g/cm^3 | 2.099 g/cm^3 | 2.051 g/cm^3 | 1.993 g/cm^3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

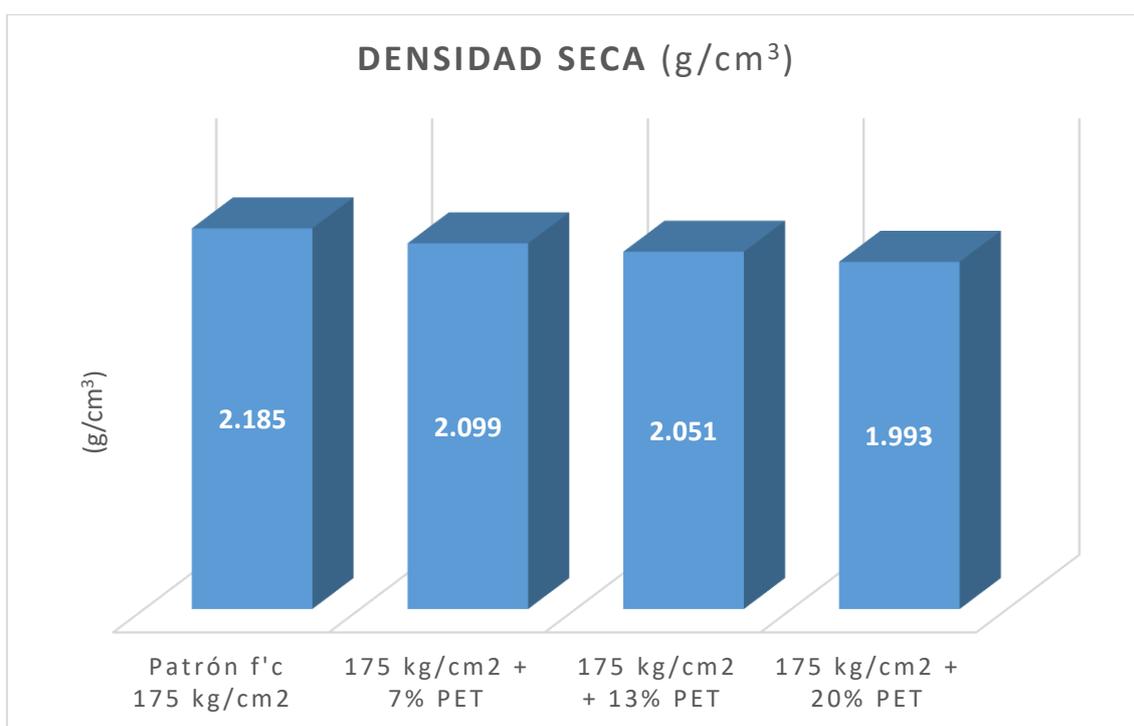


Figura 57. Densidad seca (g/cm^3)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 46** y **figura 57** se observa que para un concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad seca de 2.099 g/cm^3 , para una adición de 13% de PET reciclado se tiene 2.051 g/cm^3 y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad seca de 1.993 g/cm^3 . Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad seca.

Tabla 47. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm³)

| Densidad aparente después de la inmersión (g/cm ³) | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Patrón f'c 175 kg/cm ² | 175 kg/cm ² + 7% PET | 175 kg/cm ² + 13% PET | 175 kg/cm ² + 20% PET |
| 2.348 g/cm ³ | 2.281 g/cm ³ | 2.234 g/cm ³ | 2.187 g/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

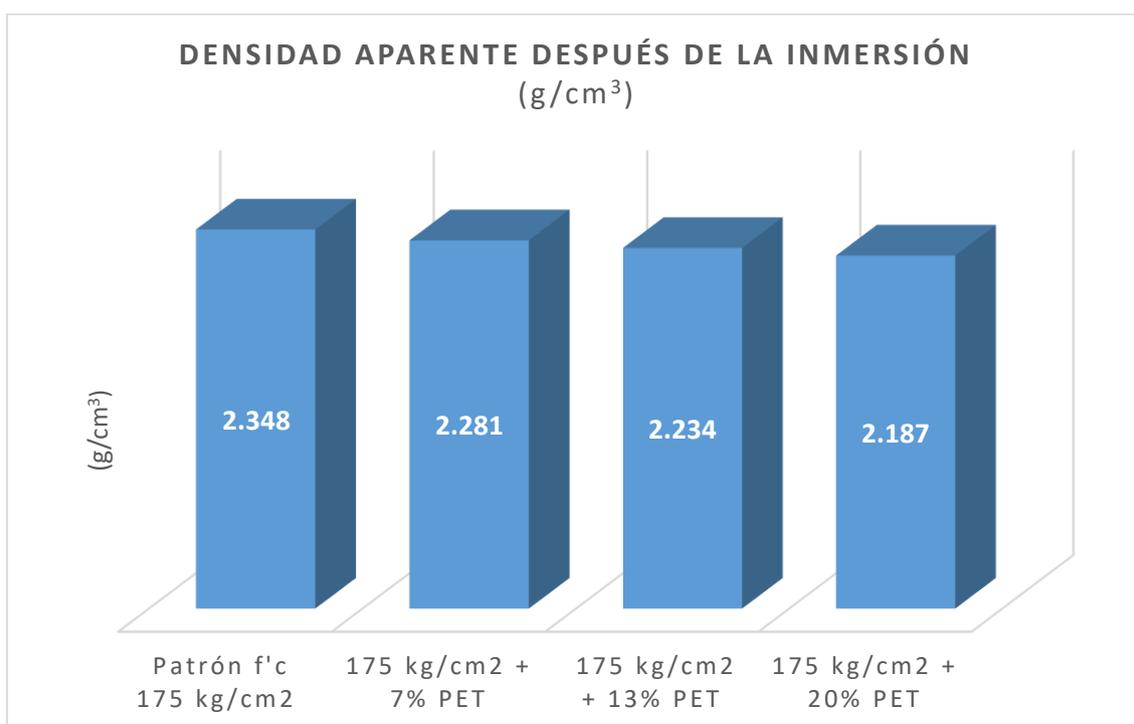


Figura 58. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm³)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 47** y **figura 58** se observa que para un concreto con f'c = 175 kg/cm² con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente después de la inmersión de 2.281 g/cm³, para una adición de 13% de PET reciclado se tiene 2.234 g/cm³ de densidad aparente y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad aparente de 2.187 g/cm³. Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad aparente después de la inmersión.

Tabla 48. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3)

| Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Patrón f'c 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 2.356 g/cm^3 | 2.297 g/cm^3 | 2.259 g/cm^3 | 2.224 g/cm^3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

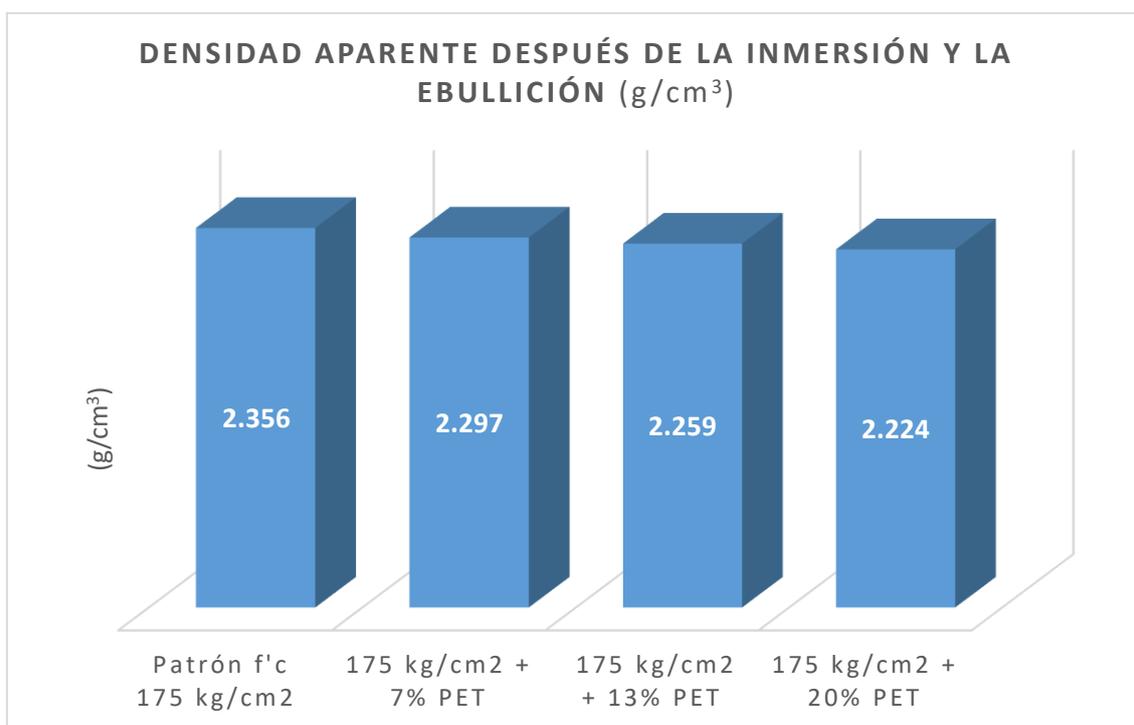


Figura 59. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 48** y **figura 59** se observa que para un concreto con $f'c = 175 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente después de la inmersión y ebullición de $2.297 \text{ g}/\text{cm}^3$, para una adición de 13% de PET reciclado se tiene $2.259 \text{ g}/\text{cm}^3$ de densidad aparente y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad aparente de $2.224 \text{ g}/\text{cm}^3$. Es decir que mientras más adición de PET tenga el concreto, menor será la densidad aparente después de la inmersión y ebullición.

Tabla 49. Densidad aparente (g/cm^3)

| Densidad aparente (g/cm^3) | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Patrón f'c 175 kg/cm^2 | 175 kg/cm^2 + 7% PET | 175 kg/cm^2 + 13% PET | 175 kg/cm^2 + 20% PET |
| 2.634 g/cm^3 | 2.617 g/cm^3 | 2.589 g/cm^3 | 2.594 g/cm^3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

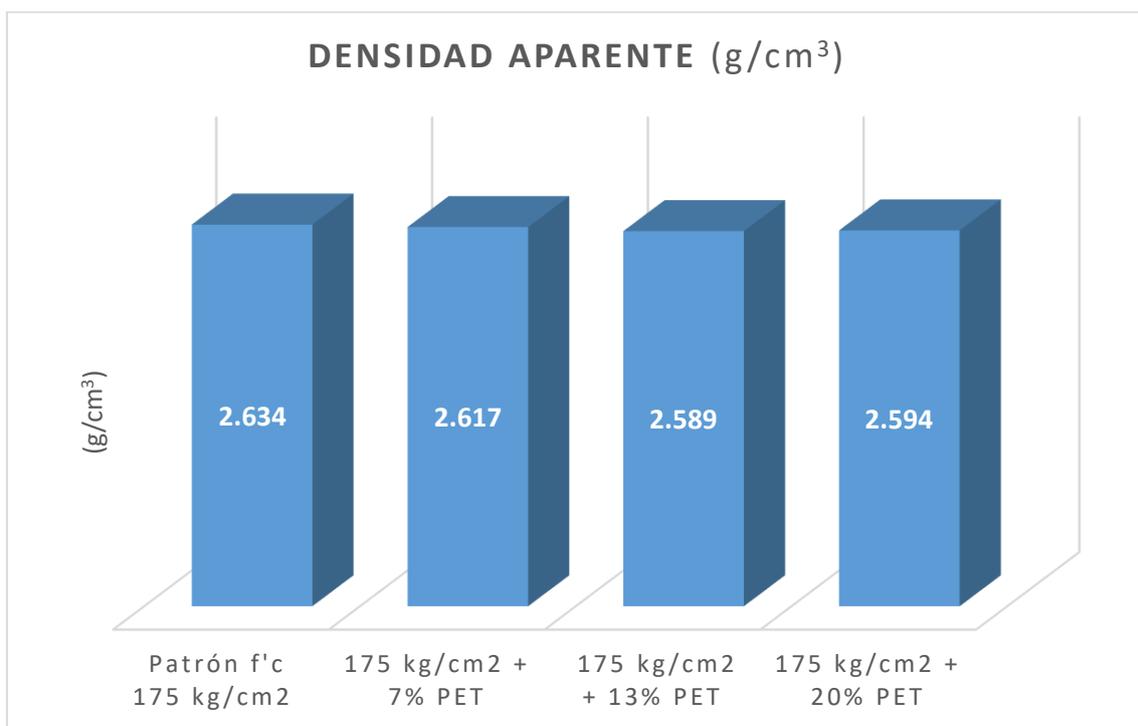


Figura 60. Densidad aparente (g/cm^3)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 49** y **figura 60** se observa que para un concreto con $f'c = 175 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente de $2.617 \text{ g}/\text{cm}^3$, para una adición de 13% de PET reciclado se tiene $2.589 \text{ g}/\text{cm}^3$ de densidad aparente y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad aparente de $2.594 \text{ g}/\text{cm}^3$. Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad aparente.

Tabla 50. Volumen de poros permeables (% vacíos)

| Volumen de poros permeables (% vacíos) | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Patrón f'c 175 kg/cm ² | 175 kg/cm ² + 7% PET | 175 kg/cm ² + 13% PET | 175 kg/cm ² + 20% PET |
| 17.1% | 19.8% | 20.8% | 23.2% |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

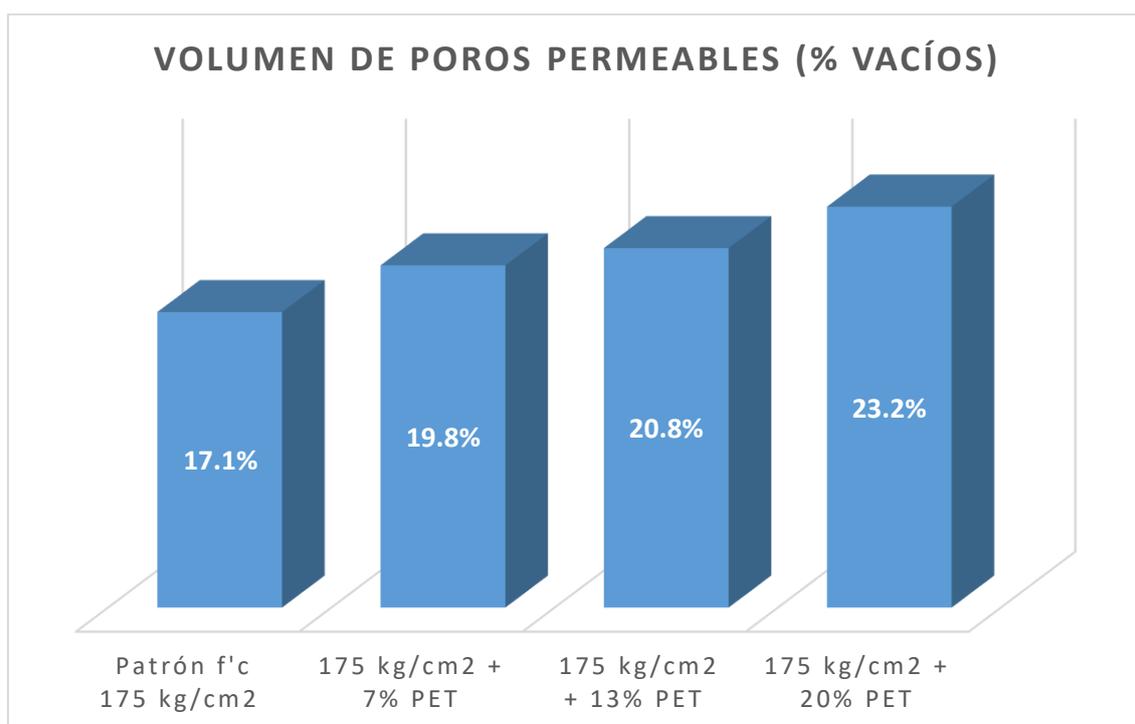


Figura 61. % Volumen de poros permeables (% vacíos)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 50** y **figura 61** se observa que para un concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado se tiene 19.8% de volumen de poros permeables, un 20.8% para el concreto con adición de 13% de PET reciclado y para la adición de 20% de PET reciclado se tiene 23.2%. Es decir que a más adición de PET reciclado mayor será el volumen de poros permeables.

Tabla 51. Peso específico del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

| Muestras | Densidad | Peso específico |
|------------------|----------------------------|--------------------------|
| Patrón $f'c$ 175 | 2.348 (g/cm ³) | 2348.0 kg/m ³ |
| 175 + 7% PET | 2.281 (g/cm ³) | 2281.0 kg/m ³ |
| 175 + 13% PET | 2.234 (g/cm ³) | 2234.0 kg/m ³ |
| 175 + 20% PET | 2.187 (g/cm ³) | 2187.0 kg/m ³ |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

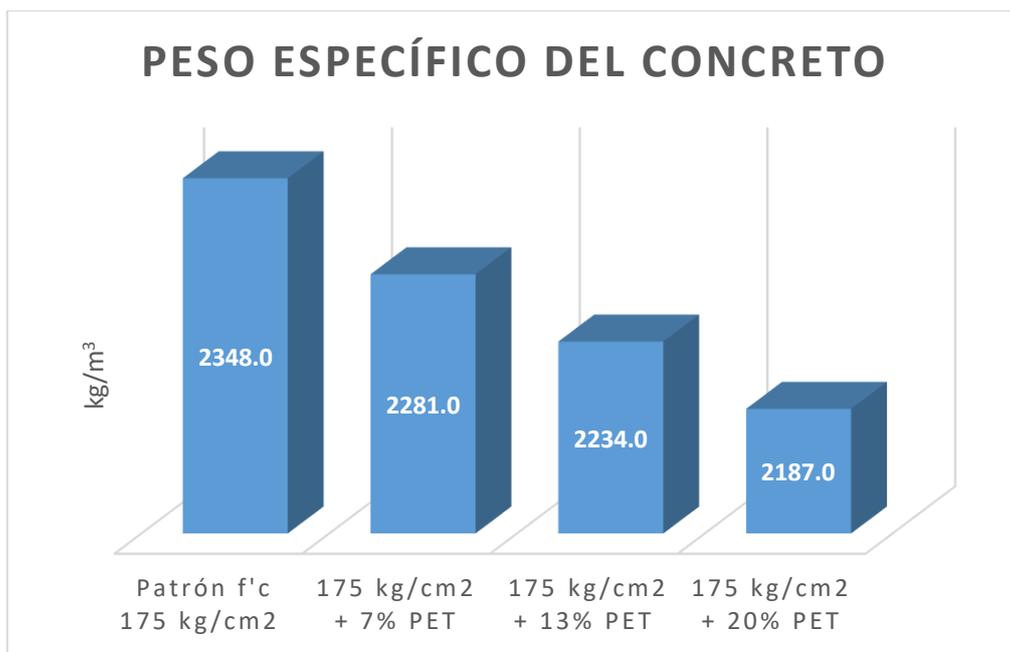


Figura 62. Peso específico del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 51** y **figura 62** se observa el peso específico del concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ hallado a partir de la densidad y la gravedad. Se aprecia que para un concreto con adición de 7% de PET reciclado se obtuvo 2281 kg/m³, para una adición de 13% de PET se tuvo 2234 kg/m³ y para una adición de 20% de tuvo 2187 kg/m³. Es decir que los valores hallados están dentro del régimen establecido por la E. 060; además se aprecia que mientras sea la incrementación de PET reciclado, menor será el peso específico.

Resultados de ensayo de peso específico $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Los ensayos de peso específico se realizaron a los 28 días de curado respectivamente como lo menciona la ASTM C642 / NTP 339.187.

Tabla 52. Densidad seca (g/cm^3)

| Densidad seca (g/cm^3) | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 kg/cm^2 | 210 kg/cm^2 + 7% PET | 210 kg/cm^2 + 13% PET | 210 kg/cm^2 + 20% PET |
| 2.220 g/cm^3 | 2.137 g/cm^3 | 2.060 g/cm^3 | 1.963 g/cm^3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

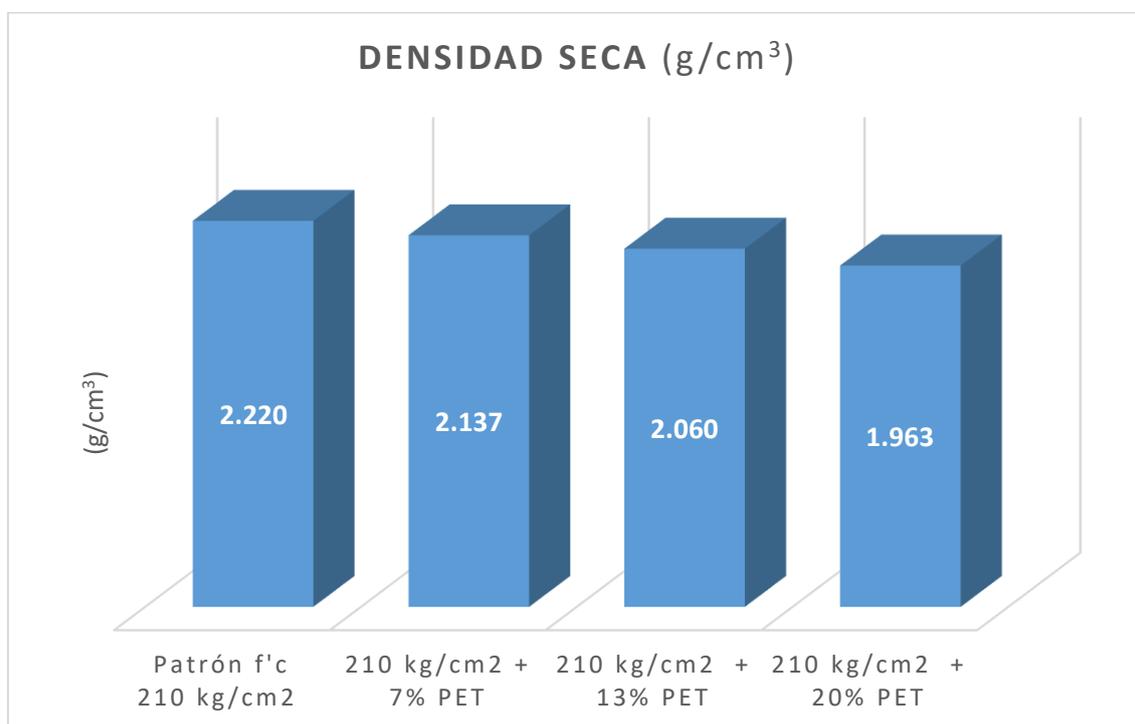


Figura 63. Densidad seca (g/cm^3)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 52** y **figura 63** se observa que para un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad seca de 2.137 g/cm^3 , para una adición de 13% de PET reciclado se tiene 2.060 g/cm^3 y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad seca de 1.963 g/cm^3 . Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad seca.

Tabla 53. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm³)

| Densidad aparente después de la inmersión (g/cm ³) | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Patrón f'c 210 kg/cm ² | 210 kg/cm ² + 7% PET | 210 kg/cm ² + 13% PET | 210 kg/cm ² + 20% PET |
| 2.355 | 2.279 | 2.216 | 2.135 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

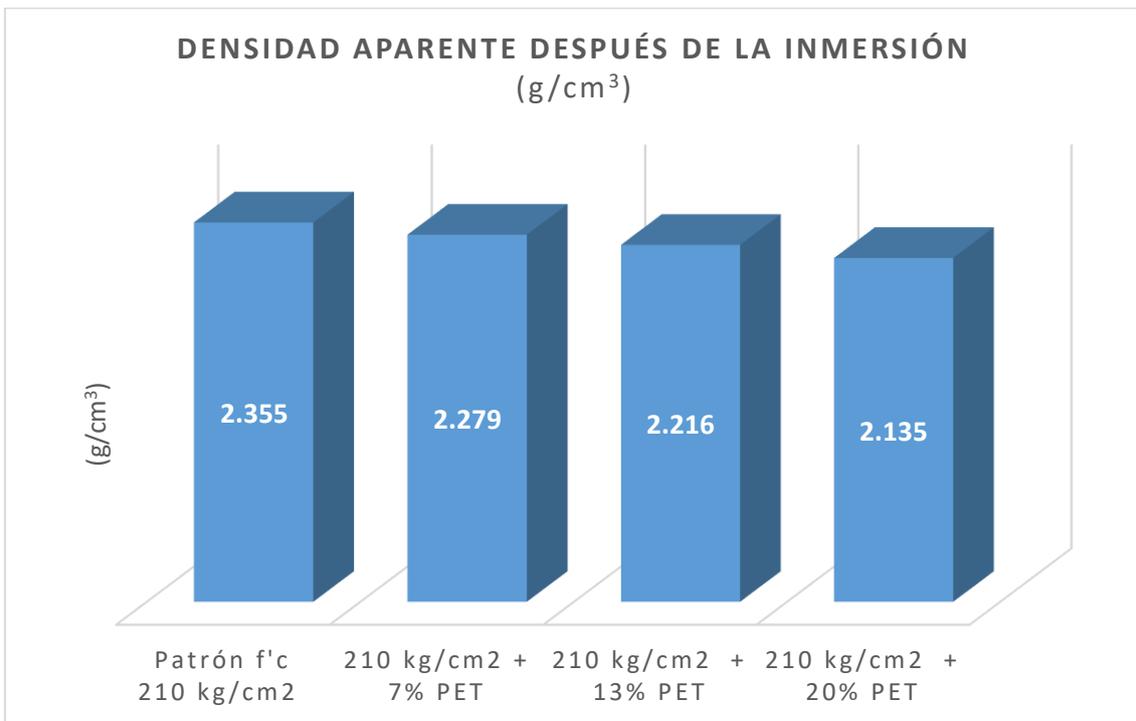


Figura 64. Densidad aparente después de la inmersión (g/cm³)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 53** y **figura 64** se observa que para un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente después de la inmersión de 2.279 g/cm^3 , para una adición de 13% de PET se tiene 2.216 g/cm^3 y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad de 2.135 g/cm^3 . Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad seca aparente después de la inmersión.

Tabla 54. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3)

| Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3) | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 kg/cm^2 | 210 kg/cm^2 + 7% PET | 210 kg/cm^2 + 13% PET | 210 kg/cm^2 + 20% PET |
| 2.360 g/cm^3 | 2.295 g/cm^3 | 2.236 g/cm^3 | 2.172 g/cm^3 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

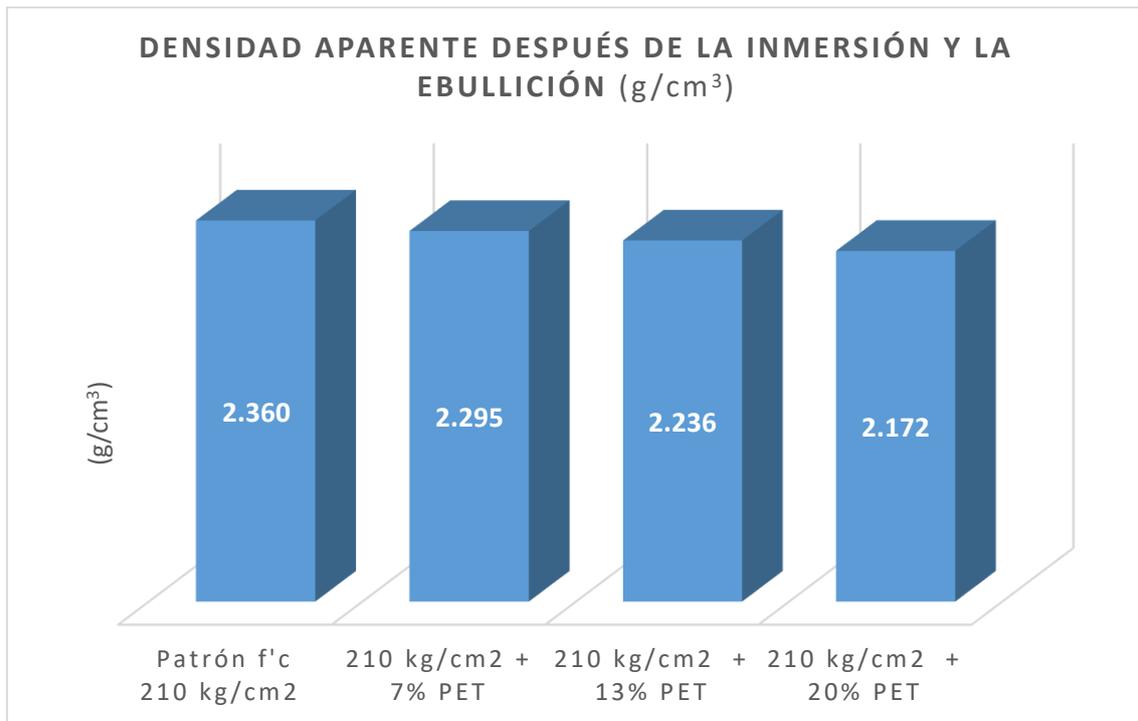


Figura 65. Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 54** y **figura 65** se observa que para un concreto con $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente después de la inmersión y ebullición de $2.295 \text{ g}/\text{cm}^3$, para una adición de 13% de PET reciclado se tiene $2.236 \text{ g}/\text{cm}^3$ y con una adición de 20% de PET se tuvo una densidad de $2.172 \text{ g}/\text{cm}^3$. Es decir que mientras más adición de PET tenga el concreto, menor será la densidad aparente después de la inmersión y la ebullición.

Tabla 55. Densidad aparente (g/cm³)

| Densidad aparente (g/cm ³) | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Patrón f'c 210 kg/cm ² | 210 kg/cm ² + 7% PET | 210 kg/cm ² + 13% PET | 210 kg/cm ² + 20% PET |
| 2.582 g/cm ³ | 2.538 g/cm ³ | 2.502 g/cm ³ | 2.481 g/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

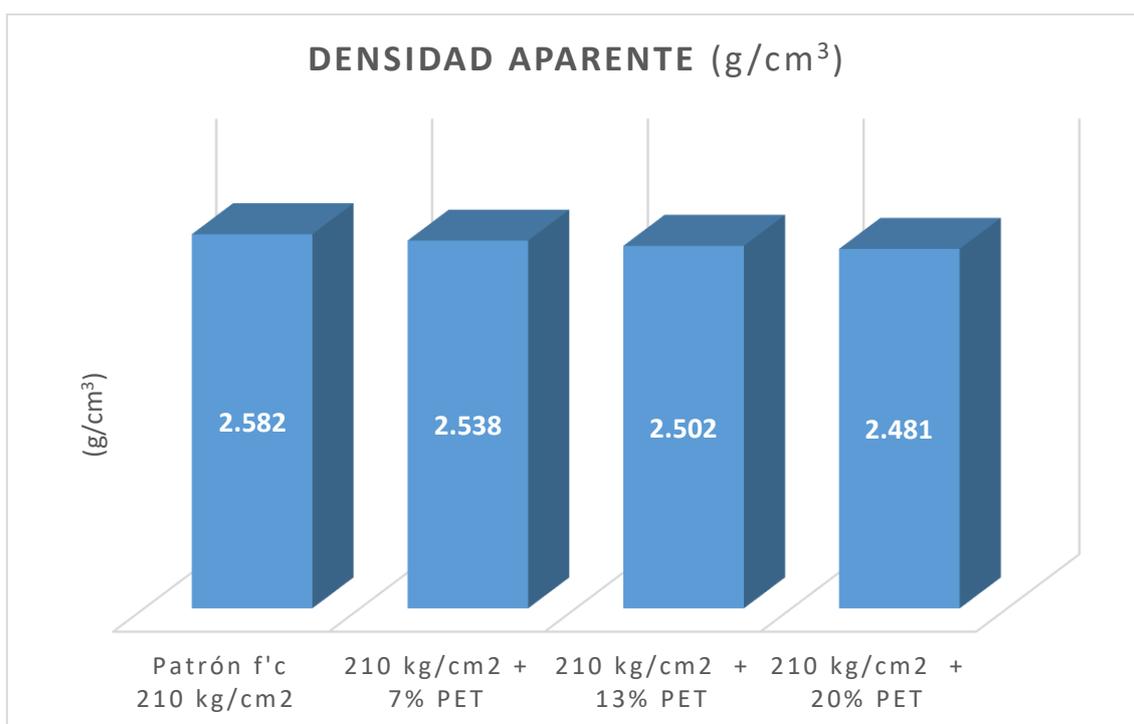


Figura 66. Densidad aparente (g/cm³)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 55** y **figura 66** se observa que para un concreto con f'c = 210 kg/cm² con adición de 7% de PET reciclado tiene una densidad aparente de 2.538 g/cm³, para una adición de 13% de PET reciclado se tiene 2.502 g/cm³ y con una adición de 20% de PET reciclado se tuvo una densidad de 2.481 g/cm³. Es decir que mientras más adición de PET reciclado tenga el concreto, menor será la densidad aparente.

Tabla 56. Volumen de poros permeables (% vacíos)

| Volumen de poros permeables (% vacíos) | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Patrón f'c 210 kg/cm ² | 210 kg/cm ² + 7% PET | 210 kg/cm ² + 13% PET | 210 kg/cm ² + 20% PET |
| 14.0% | 15.8% | 17.7% | 20.9% |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

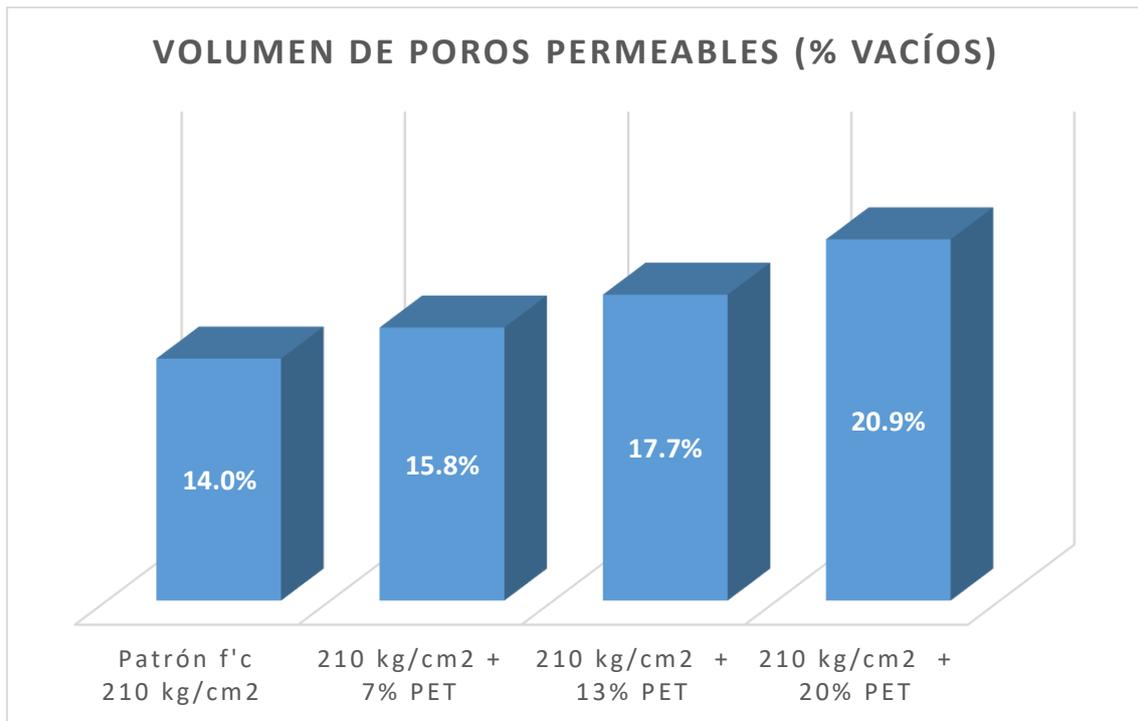


Figura 67. Volumen de poros permeables (% vacíos)

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 56** y **figura 67** se observa que para un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 7% de PET reciclado se tiene 15.8% de volumen de poros permeables, un 17.7% para el concreto con adición de 13% de PET reciclado y para la adición de 20% de PET reciclado se tiene 20.9%. Es decir que a más adición de PET reciclado mayor será el volumen de poros permeables.

Tabla 57. Peso específico del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

| Muestras | Densidad | Peso específico |
|------------------|----------------------------|--------------------------|
| Patrón $f'c$ 210 | 2.355 (g/cm ³) | 2355.0 kg/m ³ |
| 210 + 7% PET | 2.279 (g/cm ³) | 2279.0 kg/m ³ |
| 210 + 13% PET | 2.216 (g/cm ³) | 2216.0 kg/m ³ |
| 210 + 20% PET | 2.135 (g/cm ³) | 2135.0 kg/m ³ |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

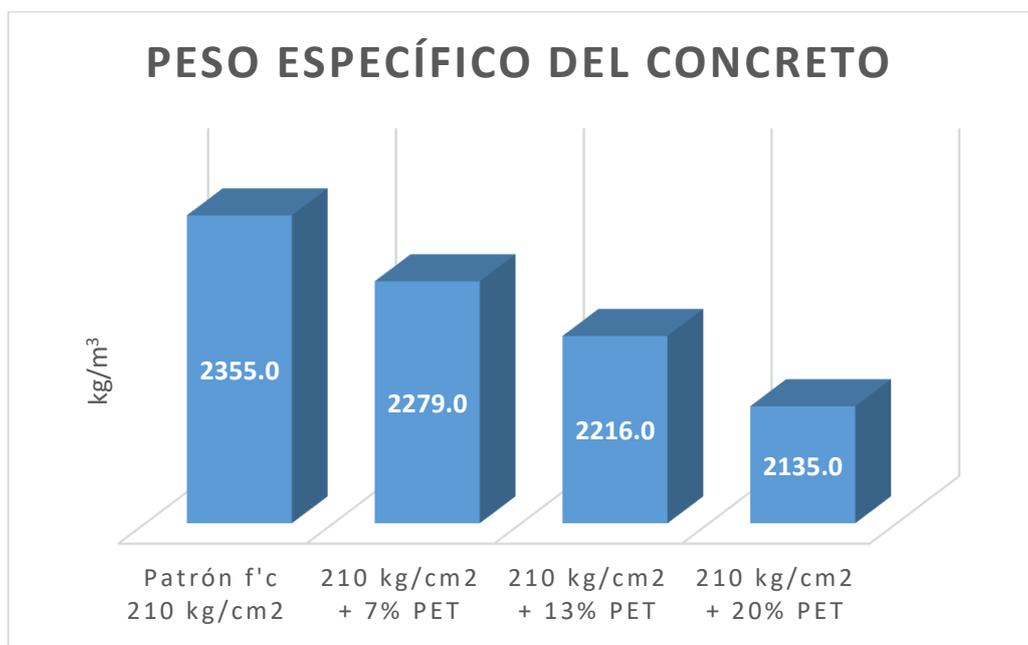


Figura 68. Peso específico del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

INTERPRETACIÓN: En la **tabla 57** y **figura 68** se observa el peso específico del concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ hallado a partir de la densidad y la gravedad. Se aprecia que para un concreto con adición de 7% de PET reciclado se obtuvo 2279 kg/m³, para una adición de 13% de PET reciclado se tuvo 2216 kg/m³ y para una adición de 20% de tuvo 2135 kg/m³. Es decir que los valores hallados están dentro del régimen establecido por la E. 060; además se aprecia que mientras sea la incrementación de PET, menor será el peso específico.

V. DISCUSIÓN

Discusión General

Abdula, M., Iftekhhar, A. y Md., Rahat. (2014) en su tesis que llevó como título “*A study of green lightweight concrete using polyethylene terephthalate (PET) as aggregate*” indican que al incrementar PET al concreto, la resistencia a la compresión disminuirá; lo mismo pasa con la densidad que se usa para el peso específico, a mayor adición de PET menor será su densidad y peso. Silvestre, A. (2015) con su proyecto de investigación titulada “*Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales*” indica que mientras más PET se añada al concreto, menor será su elasticidad. De los resultados obtenidos a través de los ensayos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y peso específico, se identificó que la relación que hay entre cada uno de estos ensayos realizados al concreto, son inversamente proporcional. Por lo tanto, se puede decir que las fibras PET reciclados si influyen en la optimización del concreto y que entre las posturas de los autores mencionados y la presente investigación si existe una similitud de resultados.

Discusión Específica 1

En base a los resultados adquiridos, se puede decir que las fibras PET reciclado si influye en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra; ya que al realizar el rompimiento de probetas con concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días, se obtuvo que al añadir 7% de PET reciclado se obtiene una resistencia mayor al 100%, con 13% de PET reciclado se tiene 85% de resistencia y con 20% de PET reciclado se tiene 60% de resistencia. Por otro lado, Lécctor M. y Villarreal E. (2017) en su tesis “*utilización de materiales de plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote*”, indicaban que en un concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ con 5% de PET tiene un 85% de resistencia; con 10% de PET se tuvo se tuvo 69% de resistencia y con 15% de PET obtuvieron 54% de resistencia. Es decir, entre la presente investigación y los autores mencionados, el porcentaje de resistencia a la compresión no tiene mucha variación a pesar de usar distintos porcentajes PET como agregado.

Discusión Específica 2

Silvestre, A (2015) en su Tesis Titulada “*Análisis del concreto con Tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales*” indico que para un concreto con 3% de PET se tiene un Módulo de Elasticidad de 437.5 Kg/cm², con 5% se tiene una elasticidad de 416.67 Kg/cm² y con 7% se tuvo una elasticidad de 423.08 Kg/cm². Según los resultados obtenidos, se identificó que para un concreto con 7% de PET reciclado se tuvo una elasticidad de 190,273 kg/m², con 13% de PET reciclado se obtuvo 152,442 Kg/cm² como módulo de elasticidad y para concreto con 20% PET reciclado se tiene una elasticidad de 121,858 Kg/cm². Por lo tanto, en ambos casos existe una disminución del módulo de elasticidad mientras se le aumente PET en proporciones mayores; por lo que se dice que las fibras PET reciclado si influyen en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra.

Discusión Específica 3

Farías, M (2019) con su tesis que llevo como título “*Influencia del porcentaje de polietileno tereftalato en las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto – 2018*”, se observó que, para un concreto con 5% de PET se obtuvo una densidad de 2.15 gr/cm³, con 15% de PET se obtuvo 2.13 gr/cm³ y con 30% de PET se tuvo 2.06 gr/cm³. En base a los resultados adquiridos a través de los ensayos, se tuvo que para un concreto con 7% PET reciclado se tuvo una densidad de 2.279 gr/cm³, para 13% PET reciclado se tiene 2.216 gr/cm³ y para 20% PET reciclado un 2.135 gr/cm³. Entonces se puede decir que las fibras PET reciclado si influyen en la densidad utilizada para el peso específico del concreto hecho en obra, ya que en ambos resultados obtenidos por el autor mencionado y el presente trabajo guardan la misma relación de inversamente proporcional.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión general

Se analizó la influencia que tuvieron las fibras PET reciclado en la optimización del concreto hecho en obra para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a través de los ensayos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y peso específico. Para la resistencia a la compresión a los 28 días se determinó que al utilizar un concreto con 7% de PET reciclado, cumple con los estándares de calidad de un concreto convencional; para el módulo de elasticidad, el adicionarle 7% de PET, el concreto se vuelve menos trabajable; y para el peso específico, con un 7% de PET reciclado adicionado, el concreto disminuye su peso de manera que la muestra se vuelve más ligera.

Conclusión específica 1

Con los datos obtenidos en laboratorios, se determinó la resistencia a la compresión en concretos con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. En la *figura 39* se observa que el concreto patrón tiene una resistencia de 175 kg/cm^2 ; al adicionarle 20% de PET reciclado su resistencia disminuye en un 40%. Sin embargo, al adicionarle solo el 7% de PET reciclado su resistencia aumenta en 1%. En la *figura 42*, se observa que el concreto patrón tiene una resistencia de 210 kg/cm^2 ; al adicionarle 20% PET reciclado su resistencia disminuye en un 40% y con 7% PET reciclado adicionado, su resistencia se mantiene; entonces, quiere decir que a más PET, menor será su resistencia.

Conclusión específica 2

Se determinó el módulo de elasticidad a los 28 días para los concretos con un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En la *figura 49* se observa que un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ tuvo un módulo de $191,730 \text{ kg/cm}^2$; al adicionarle 20% de PET reciclado su módulo disminuyó en un 45%, sin embargo, al adicionarle 7% de PET reciclado su módulo se redujo solo un 6%. En la *figura 56* se observa que para el concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, su módulo fue de $200,384 \text{ kg/cm}^2$; al adicionarle 20% PET reciclado su módulo disminuyó en 39.2% y al adicionarle un 7% de PET, su módulo se redujo solo un 5.05%. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que, a mayor adición de PET reciclado, menor será el módulo de elasticidad del concreto, volviéndolo así menos trabajable.

Conclusión específica 3

Con los datos obtenidos en el laboratorio se determinó el peso específico a los 28 días para concretos $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En la *figura 62* se aprecia que el concreto patrón de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ tuvo un peso específico de 2348.00 kg/m^3 ; al añadirle 20% de PET reciclado, su peso disminuye en 7%, sin embargo, al adicionarle 7% de PET reciclado su peso se redujo solo 3%. En la *figura 68* se observa que el concreto patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ tuvo un peso específico de 2355.00 kg/m^3 , al añadirle 20% PET reciclado disminuyó en un 10% sin embargo, al adicionarle 7% PET solo disminuyó en un 4%. Entonces, se llegó a la conclusión de que mientras más PET reciclado tenga el concreto, menor será su peso específico, es decir que tiene una relación inversamente proporcional; además, los valores hallados se encuentran dentro del régimen establecido en la E.060

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

En el presente proyecto de investigación se recomienda que al momento de utilizar 13% y 20% de PET reciclado ya sea para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ o $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se debe incorporar un aditivo para que así el concreto cumpla con la resistencia establecida por el diseño. En caso de usar 7% de PET reciclado, ya no es necesario añadirle el aditivo ya si cumple con la resistencia de diseño establecida.

Recomendación 2

Se recomienda el uso de PET reciclado en proporciones pequeñas como 7% de PET reciclado para que así se puedan cumplir con los ensayos de manera eficaz; al utilizar el PET reciclado en proporciones tales como 13% y 20%, es necesario utilizar aditivos que ayuden a cumplir con los requisitos mencionados por el investigador, uno de estos sería el súper plastificante Maximent 600 HR que mejora la trabajabilidad e incrementa la resistencia y haciendo que el diseño de mezclas elaboradas en el laboratorio cumplan con el objetivo planteado.

Recomendación 3

Para mejorar el módulo de elasticidad para proporciones de 13% y 20% o más PET reciclado, se recomienda añadir un súper plastificante como Maximent 600 HR para que así el concreto llegue a la resistencia de diseño y a su vez, éste se torne más trabajable en estado fresco.

Recomendación 4

A pesar de que los pesos específicos estén dentro del régimen establecido por la E.060; se recomienda utilizar PET reciclado en proporciones pequeñas como 7% ya que, al utilizar en cantidades mayores como el 13% y 20% el concreto, se incrementa la porosidad y las cangrejeras se hacen más notorias para reducir estos problemas, se sugiere utilizar un aditivo súper plastificante.

REFERENCIAS

¿QUÉ es el módulo de elasticidad en el concreto? [noticias en un blog]. Colombia: Argos 360 en Concreto (19 de enero de 2011). [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019]. Disponible en:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elasticidad-del-concreto>

ABDULLAH, Mobarok, IFTEKHAR, Alam y MD. Rahat. A study of green lightweight concrete using polyethylene terephthalate (PET) as aggregate. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Arabia: Universidad Tecnológica Islámica, 2014. Disponible en:

https://www.academia.edu/9618106/The_Study_of_Light_Weight_Concrete_using_PET_as_aggregates

AGUILERA, Giancarlo y DIESTRA, Victor. Influencia de la fibra de PET a partir de botellas recicladas sobre el comportamiento mecánico en un concreto aplicado en prefabricados. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. Disponible en:

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9874/AguileraBazan_G%20-%20DiestraLujan_V.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ALVAREZ, María. El ABC de los plásticos [en línea]. México: Universidad Iberoamericana, 1997 [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2019]. Capítulo 1. El plástico y sus usos. Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=QW8UyW9YO9QC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

CEMENTO [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>

CONCRETO hecho en obra y premezclado [noticias en un blog]. (21 de agosto de 2011). [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2019]. Disponible en:

<http://kgdp.blogspot.com/2011/08/concreto-hecho-en-obra-y-premezclado.html>

CONCRETO: Generalidades, propiedades y procesos [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2019]. Disponible en:

https://www.academia.edu/9706247/CONCRETO_Generalidades_propiedades_y_procesos

DA SILVA, Margareth. Bending behaviour of recycled PET fiber reinforced cement-based composit. IACSIT International Journal of Engineering and Technology. Río de Janeiro: Universidad Estatal de Río de Janeiro. Disponible en:

<http://www.ijetch.org/vol7/805-CE045.pdf>

DESARROLLO de mezclas de concreto con residuos de plásticos EPS y PET en concreto convencional [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.monografias.com/docs110/desarrollo-mezclas-concreto-residuos-plasticos-eps-y-pet-concreto-convencional/desarrollo-mezclas-concreto-residuos-plasticos-eps-y-pet-concreto-convencional.shtml>

FABRICACIÓN del concreto con mezcladora. El Salvador: Universidad Centroamericana Jose Simeon Cañas. Disponible en:

<http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/FABRICACION%20DE%20CONCRETO.pdf>

FARIAS, Manuel. Influencia del porcentaje de polietileno tereftalato en las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto - 2018. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en.

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/35993>

FIBRAS para hormigón [noticias en un blog]. España: Construmática (2017). [Fecha de consulta: 28 de septiembre 2019]. Disponible en:

http://www.construmatica.com/construpedia/Fibras_para_Hormig%C3%B3

FLORES, Eder. Elaboración de elementos prefabricados de concreto con la adición de plástico reciclado PET. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2018. Disponible en:

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/16471/1/flores_ge.pdf

FLORES, Victor, ROJAS, Jesús. TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES Mariana. Mezclas de cemento y agregados de plásticos para la construcción de viviendas ecológicas. Sucre: Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, 2014. Disponible en:

<https://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20I/Articulo%207.pdf>

FONDO editorial Universidad Cesar Vallejo. Referencias estilo ISO 690 y 690 – 2. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

GRÁNDEZ, Edson. Influencia de las fibras plásticas PET en las propiedades mecánicas del concreto endurecido, Lima - 2018. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25176>

GUEVARA, Denis. Resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. Disponible en:

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/661/T%20693.5%20G939%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, Billy. Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. Disponible en:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3221_C.pdf

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. México: Mcgraw-HILL Interamericana de México, 1991 [fecha de consulta: 19 de septiembre de 2019]. Disponible en:

https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf ISBN: 968-422-931-3

HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación [En línea]. México D.F.: MC Graw Hill Education, 2010 [fecha de consulta: 19 de mayo del 2019]. Disponible en:

<https://metodologiasdelainvestigacion.files.wordpress.com/2017/01/metodologia-investigacion-hernandez-sampieri.pdf> ISBN: 968-422-931-3

HISTORIA de la construcción [noticias en un blog]. Nicaragua: Reinas S.A., (9 de diciembre de 2016). [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.reinarsa.com/historia-de-la-construccion/>

LÉCTOR, Michael y VILLARREAL, Edson. Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2017. Disponible en:

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2799/43457.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MASÍAS, Kimberly. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura, 2018. Disponible en:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICI_254.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MASTAN, Vali y ASADI, Ss. PET bottle waste as a supplement to concrete fine aggregate [en línea]. Enero 2017, 8. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2019]. Disponible en:

https://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET_08_01_063-2/IJCIET_08_01_063-2.pdf ISSN: 0976-6316

MÉNDEZ, Edgar. Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes. Tesis (Título en Ingeniería Civil). México: Universidad Veracruzana, 2012. Disponible en:

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/30611/MendezSilva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

METODOLOGÍA de la investigación [noticias en un blog]. (10 de julio de 2010). [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2019]. Disponible en:

<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/variables.html>

NTE-0.70. Norma Técnica de Edificaciones 0.70 - Albañilería. Lima: s.n., 2006.

NTP 339.033 Norma Técnica Peruana. HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima: 3° ed. 2009.

NTP 339.034 Norma Técnica Peruana. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

NTP. 400.012. Norma Técnica Peruana. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima: 3° ed. 2013.

NTP-060. 2009. Normas Técnicas de Edificaciones E060 - Concreto Armado. Lima: s.n., 2009.

PALACIOS, Armando. Elaboración de PET-concreto, buscando mejorar sus propiedades mecánicas de tensión y flexión. Tesis (Magíster en Ingeniería). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7000/TESIS.pdf?sequence=1>

PESO unitario: densidad del concreto [noticias en un blog]. (8 de abril de 2011). [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/peso-unitario-densidad-del-concreto.html>

PET un plástico amigable pero no inofensivo [noticias en un blog]. (13 de octubre de 2016). [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282>

PIÑEROS, Miller y HERRERA, Rafael. Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda. Tesis (Especialidad en Gerencia de Obras). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>

RAMADEVI, K y MANJU, R. Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (Bottle) fibres as fine aggregates [en línea]. Junio 2012, 2. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2019]. Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/d3e6/32ec11ce3cd47a5f470d8532d51e2ceb506f.pdf> ISSN: 2250-2459

REYES, Ingrid. Diseño de un concreto con fibras de polietileno tereftalato (pet) reciclado para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta-Ate-Lima Este (2018). Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018. Disponible en:

<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1635/TESIS%20REYES%20MONTROYA.pdf?s>

SAAVEDRA, Janet. Cemento portland. Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2013. Disponible en:

http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_7_cemento_tecnologia_2013.2.pdf

SILVESTRE, Adán. Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Libre Seccional Pereira, 2015. Disponible en:

<http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/974/AN%C3%81LISIS%20DEL%20CONCRETO.pdf?sequence=1>

TERREROS, Luis y CARVAJAL, Iván. Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionado con fibra de cáñamo. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2016. Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81%C3%91A.pdf>

ANEXOS

Matriz de Consistencia

| “Optimización del concreto hecho en obra con adición de fibras PET reciclado, Carabayllo – 2019” | | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|---|
| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | Variable Independiente (X): Fibras PET reciclado | Dosificación de fibras PET reciclado | 7% de fibra PET | Balanza de precisión, Trompo mezclador, Microsoft Excel |
| ¿Cómo influye la adición de las fibras PET reciclado en la optimización del concreto hecho en obra? | Analizar cómo influyen las fibras PET reciclado en la optimización del concreto hecho en obra | Las fibras PET reciclados influyen en la optimización del concreto hecho en obra | | | 13% de fibra PET | |
| | | | | | 20% de fibra PET | |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS ESPECÍFICOS | Variable Dependiente (Y): Optimización del concreto hecho en obra | Optimización del concreto hecho en obra $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | Ensayo de resistencia a la compresión del concreto | NTP 339.034 - 11 |
| ¿Cómo influye las fibras PET reciclado en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra? | Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra. | Las fibras PET reciclado influyen en la resistencia a la compresión del concreto hecho en obra. | | | | |
| ¿Cómo influye las fibras PET reciclado en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra? | Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra. | Las fibras PET reciclado influyen en el módulo de elasticidad del concreto hecho en obra. | | | Ensayo del módulo de elasticidad del concreto | ASTM C 469 |
| ¿Cómo influye las fibras PET reciclado en el peso específico del concreto hecho en obra? | Determinar cómo influye las fibras PET reciclado en el peso específico del concreto hecho en obra. | Las fibras PET reciclado influyen en el peso específico del concreto hecho en obra. | | | Ensayo de para determinar el peso específico del concreto | ASTM C 642 |

Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

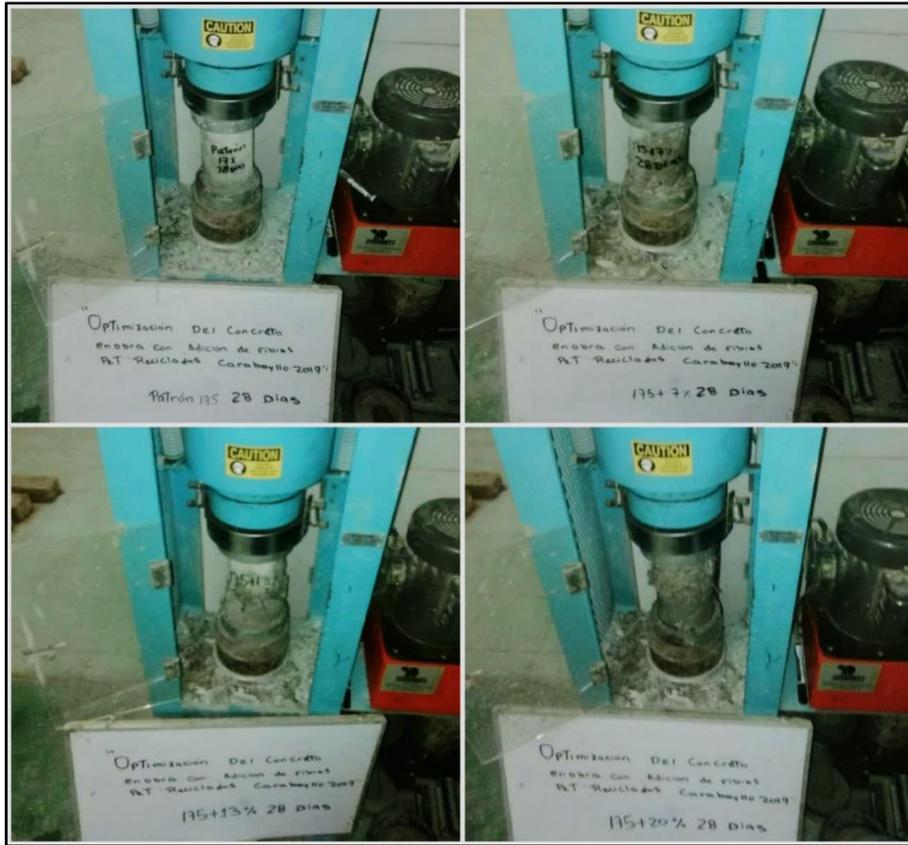
Matriz de Operacionalización

| Optimización del concreto hecho en obra con adición de fibras PET reciclado, Carabayllo - 2019 | | | | | |
|--|---|--|---|--|--------------------|
| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Variable independiente (X) Fibras De PET Reciclado | El tereftalato de polietileno, polietileno de tereftalato, politereftalato de etileno o más conocido por sus siglas en inglés PET (Polyethylene Terephthalate), es un material fuerte de peso ligero y de poliéster claro (García, 2006, p. 148). | Se realizará la evaluación de influencia que tienen las fibras PET reciclado en el concreto mediante tres ensayos los cuales son: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y peso específico del concreto usando dos factores de concreto distintos. | Dosificación de fibras PET reciclado | 7% de fibra PET | Razón |
| | | | | 13% de fibra PET | Razón |
| | | | | 20% de fibra PET | Razón |
| Variable Dependiente (Y) Optimización del concreto Hecho en Obra | "Es un concreto simple, una gran parte de este tipo de concreto es usado para la construcción de edificaciones pequeñas y mediana altura las cuales se van creando día a día, con esto se quiere decir que el concreto se elabora al pie de obra, de acuerdo a las necesidades o cantidades que son necesarias" (Guevara, 2014) | Las probetas a realizar serán sometidas a tres ensayos distintos, en cada uno de estos las probetas estarán compuestas por una dosificación distinta de PET además del concreto patrón. El concreto será evaluado a los 7, 14 y 28 días usando $F'c = 175\text{kg/cm}^2$ y $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ | Optimización del concreto hecho en obra $f'c = 175\text{ Kg/cm}^2$ $f'c = 210\text{ Kg/cm}^2$ | Ensayo de resistencia a la compresión del concreto | Razón |
| | | | | Ensayo del módulo de elasticidad del concreto | Razón |
| | | | | Ensayo para determinar el peso específico del concreto | Razón |

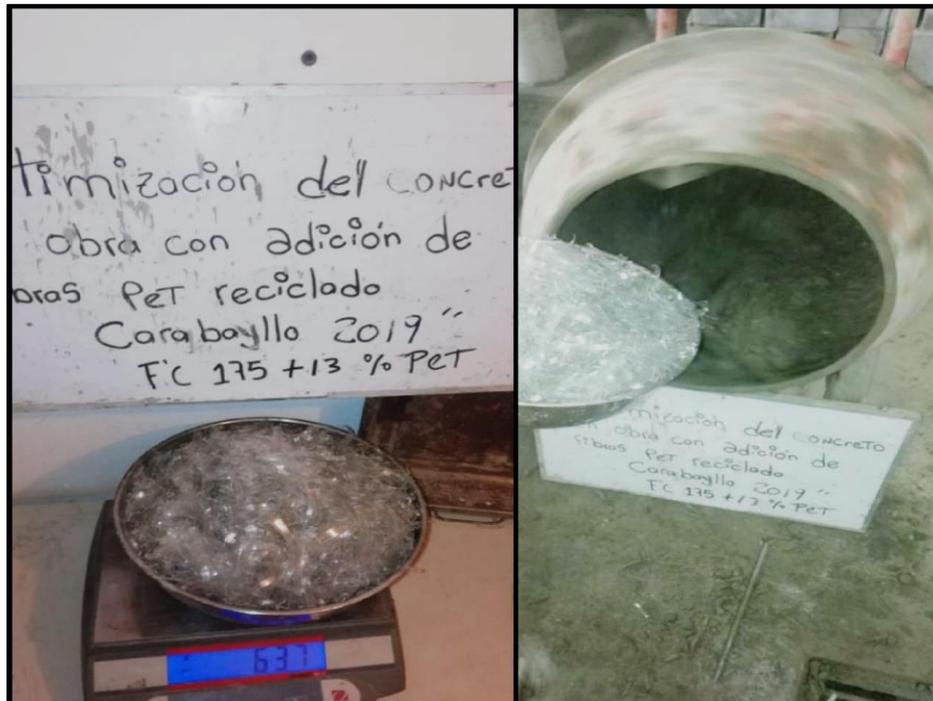
Fuente: Elaboración propia, Ms Excel.

ANEXO 3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

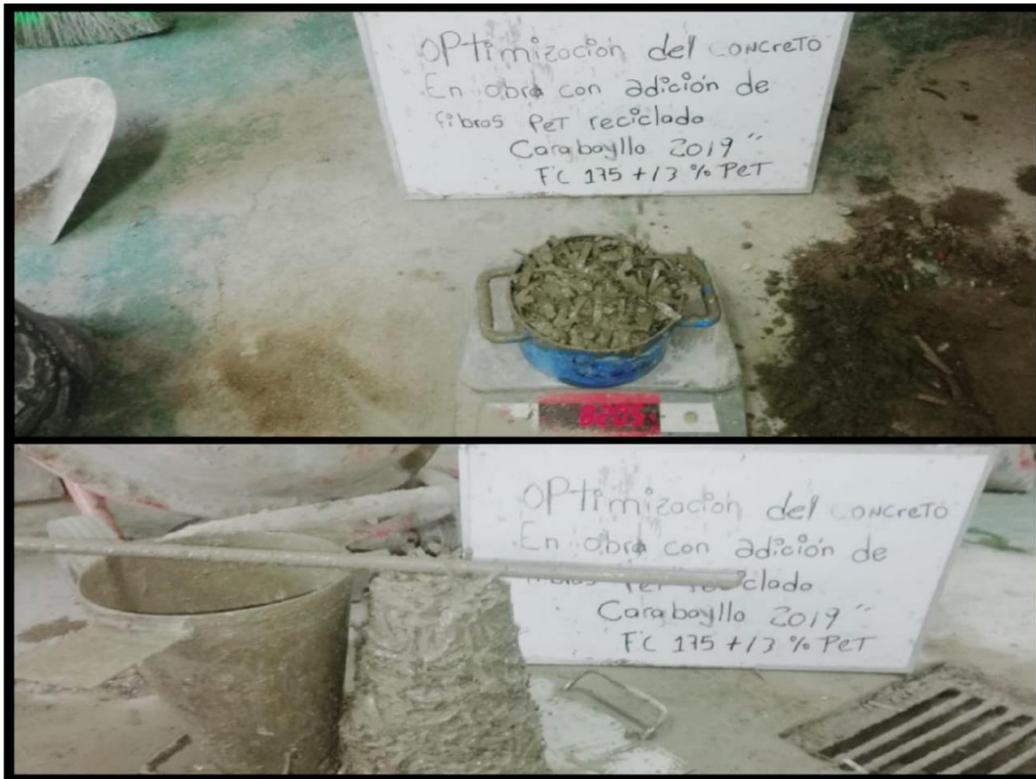
Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$



Adición de las fibras PET reciclado al concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$



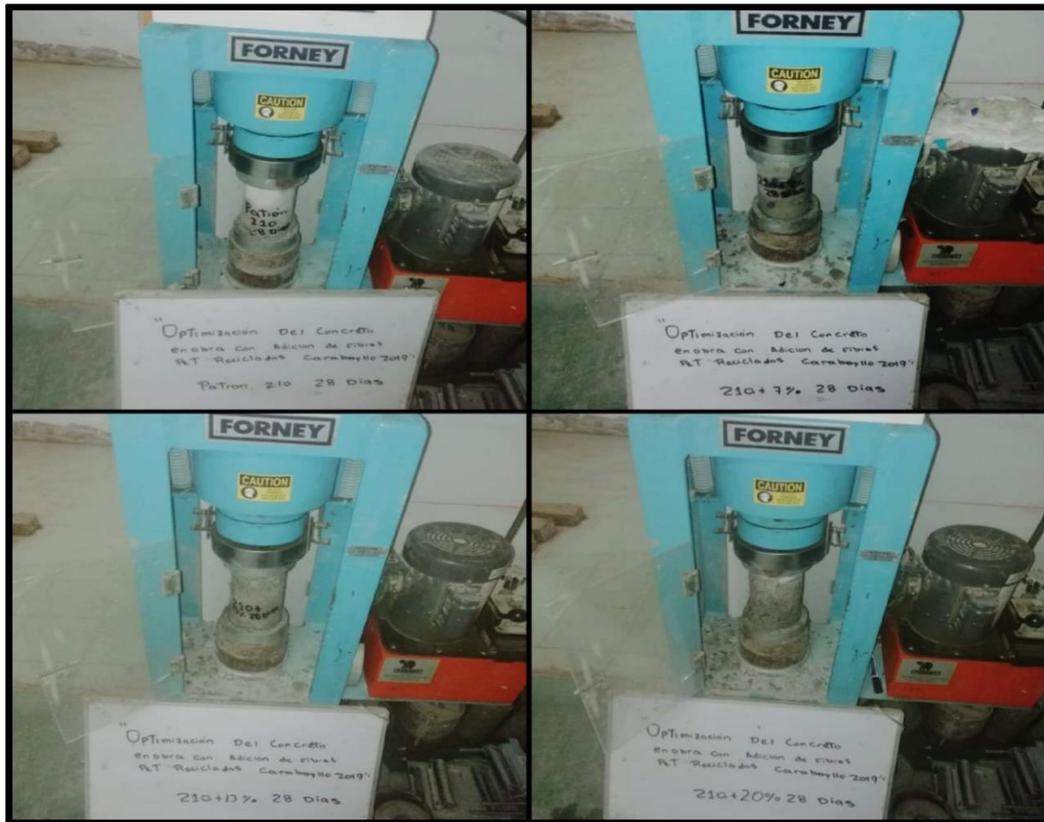
Densidad del concreto fresco y Slump para un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$



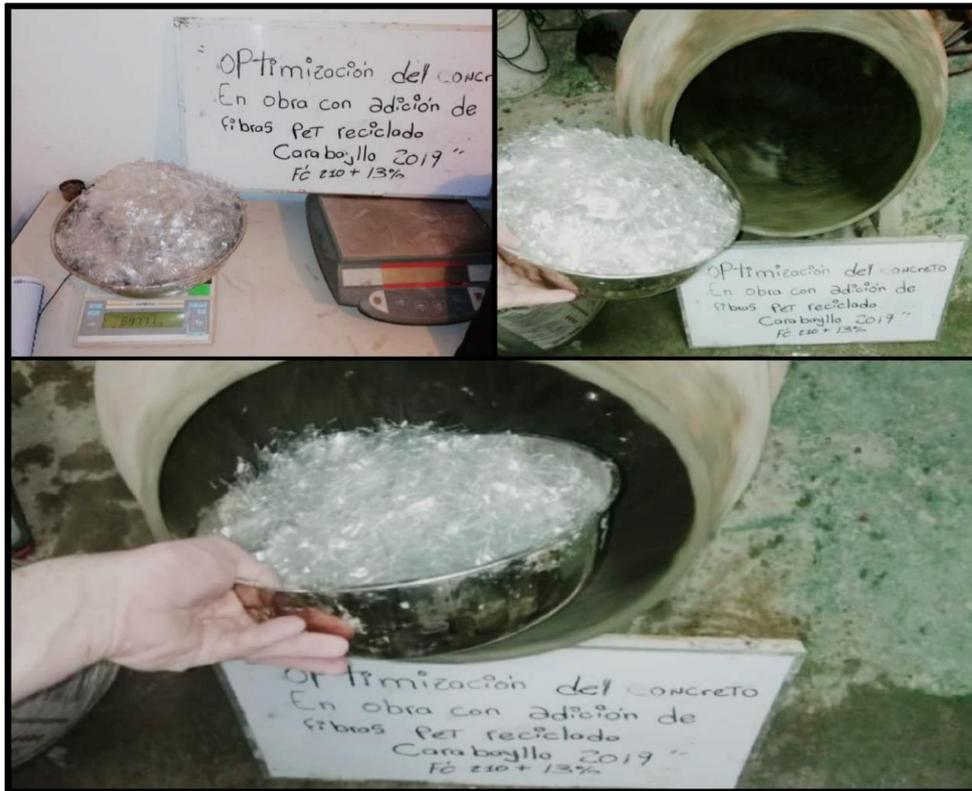
Muestra para el peso específico un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$



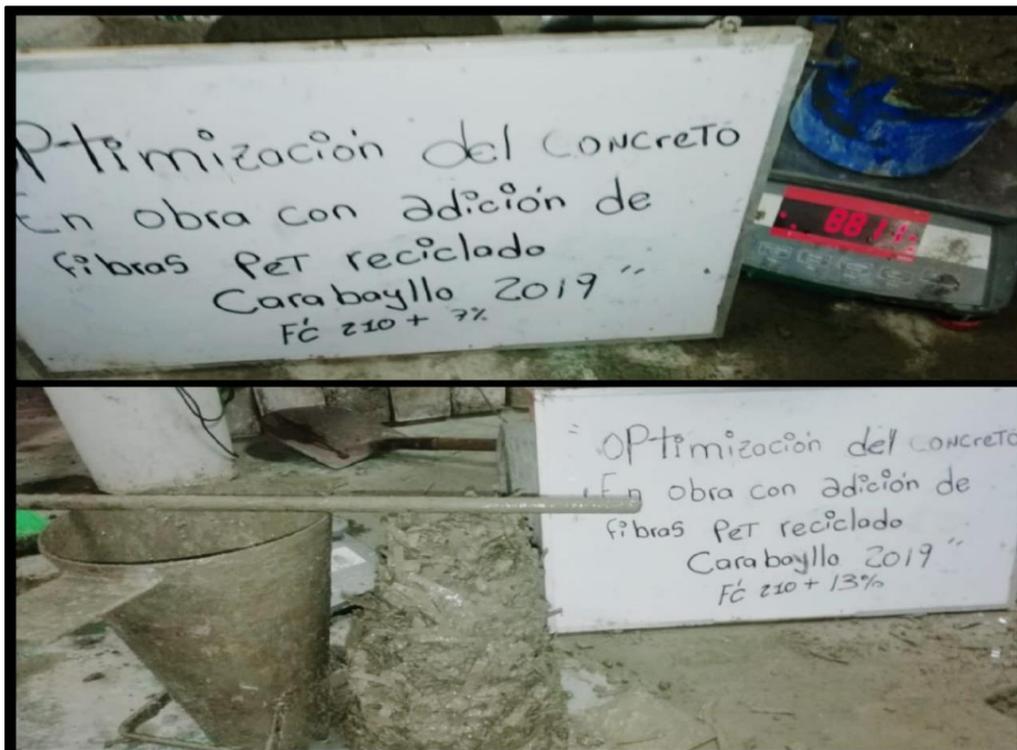
Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Adición de las fibras PET reciclado al concreto f'c = 210 kg/cm²



Densidad del concreto fresco y Slump para un f'c = 175 kg/cm²



ANEXO 4. CERTIFICADO DE ENSAYOS

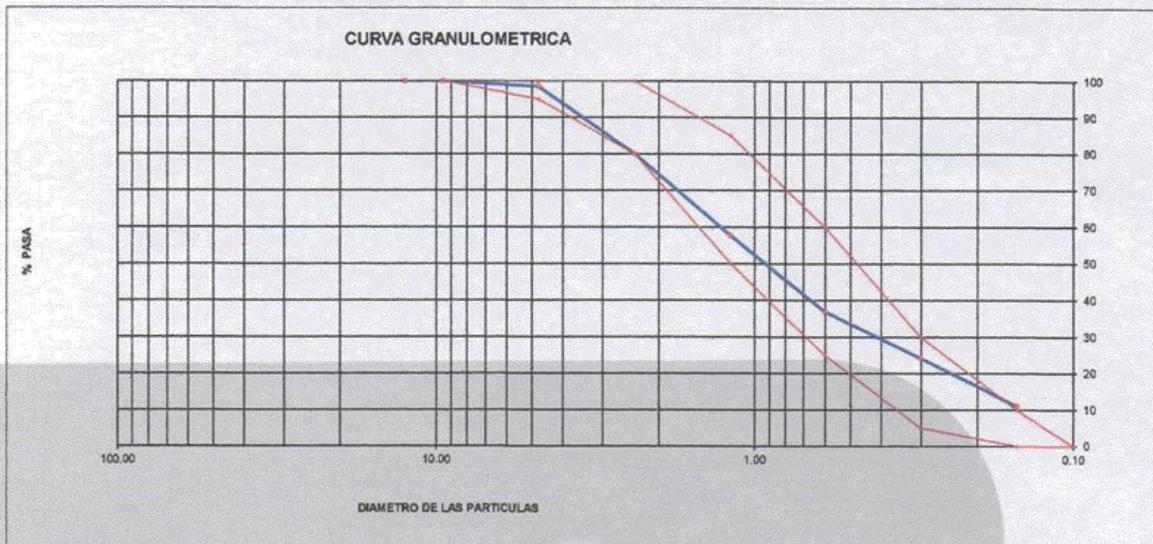
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO | Código | FOR-LTC-AG-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 29/04/2020 |

| | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| MATERIAL | : Agregado fino | CANERA: TRAPICHE-PUENTE PIEDRA |
| PESO INICIAL HUMEDO (g) | 626.3 | % W = 1.3 |
| PESO INICIAL SECO (g) | 618.4 | MF = 2.92 |

| MALLAS | ABERTURA (mm) | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES ASTM C 33 |
|--------|------------------|-------------------|------|--------------|--------|-------------------------------|
| | | (g) | (%) | Retenido | Pasa | |
| 1/2" | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 |
| Nº4 | 4.76 | 8.5 | 1.4 | 1.4 | 98.6 | 95 - 100 |
| Nº8 | 2.38 | 115.2 | 18.6 | 20.0 | 80.0 | 80 - 100 |
| Nº 16 | 1.19 | 136.8 | 22.4 | 42.4 | 57.6 | 50 - 85 |
| Nº 30 | 0.60 | 127.2 | 20.6 | 63.0 | 37.0 | 25 - 60 |
| Nº 50 | 0.30 | 78.9 | 12.8 | 75.8 | 24.2 | 05 - 30 |
| Nº 100 | 0.15 | 81.5 | 13.2 | 89.0 | 11.0 | 0 - 10 |
| FONDO | | 68.3 | 11.0 | 100.0 | 0.0 | 0 - 0 |



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  | <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>..... YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p> | <p>MTL GEOTECNIA SAC</p> <p>..... CONTROL DE CALIDAD</p> |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO | Código | FOR-LAB-AG-015 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 30/04/2020 |

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : TRAPICHE-PUENTE PIEDRA

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 6492 | 6488 | 6496 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4129 | 4125 | 4133 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2780 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.496 | 1.495 | 1.497 |

| | | |
|-------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.496 |
|-------------------------------|------|-------|

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 7312 | 7298 | 7304 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4949 | 4935 | 4941 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2780 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.793 | 1.788 | 1.790 |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.790 |
|-----------------------------------|------|-------|

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  | <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p>  | <p>MTL GEOTECNIA SAC</p> <p>CONTROL DE CALIDAD</p>  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN | Código | FOR-LAB-AG-013 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACION | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 30/04/2020 |

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : TRAPICHE-PUENTE PIEDRA

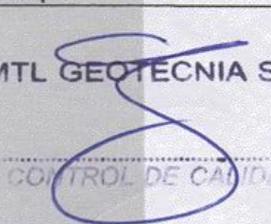
| MUESTRA N° | | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO | |
|------------|---|-------|-------|----------|--------|
| 1 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua | g | 982.1 | 982.9 | 982.5 |
| 2 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon | g | 671.2 | 671.4 | 671.3 |
| 3 | Peso del Agua (W = 1 - 2) | g | 310.9 | 311.5 | 311.2 |
| 4 | Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon | g/cc | 664.9 | 665.2 | 665.05 |
| 5 | Peso del Balon N° 2 | g/cc | 171.2 | 171.7 | 171.45 |
| 6 | Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5) | g/cc | 493.7 | 493.5 | 493.60 |
| 7 | Volumen del Balon (V = 500) | cc | 497.7 | 497.7 | 497.7 |

RESULTADOS

| | | | | |
|---|------|------|------|------|
| PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$) | g/cc | 2.64 | 2.65 | 2.65 |
| PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-W)$) | g/cc | 2.68 | 2.69 | 2.68 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$) | g/cc | 2.74 | 2.75 | 2.74 |
| PORCENTAJE DE ABSORCION (%) $[(500-A)/A*100]$ | % | 1.3 | 1.3 | 1.3 |

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---|--|--|
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

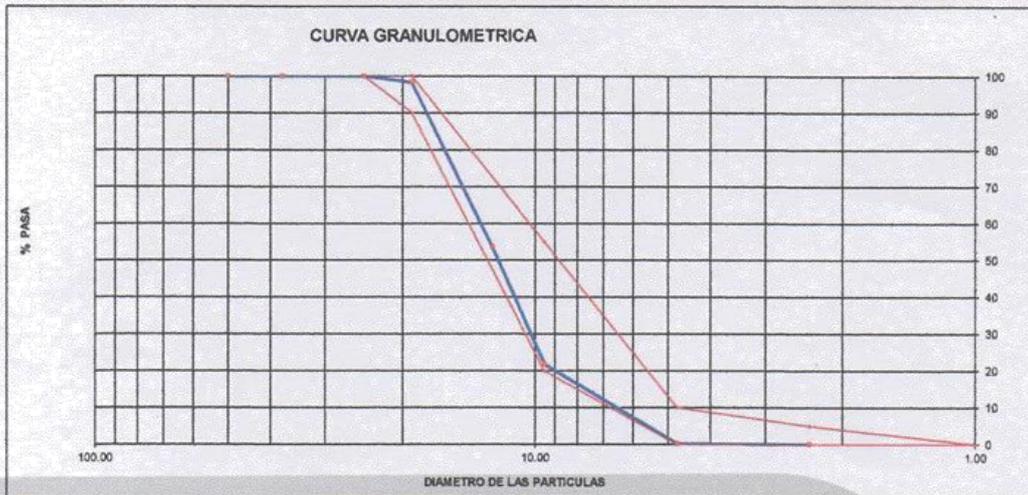
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO | Código | FOR-LTC-AG-002 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"

UBICACION : Lima **Fecha de ensayo:** 29/04/2020
MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** TRAPICHE-PUENTE PIEDRA
PESO INICIAL HUMEDO (g) : 4,282.00 **% W =** 0.1
PESO INICIAL SECO (g) : 4,276.00 **MF =** 6.80

| MALLAS | ABERTURA (mm) | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES HUSO # 57 |
|--------|---------------|-------------------|------|--------------|-------|----------------------------|
| | | (g) | (%) | Retenido | Pasa | |
| 2" | 50.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1" | 24.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 19.05 | 73.0 | 1.7 | 1.7 | 98.3 | 90 - 100 |
| 1/2" | 12.50 | 1,917.0 | 44.8 | 46.5 | 53.5 | — |
| 3/8" | 9.53 | 1,356.0 | 31.7 | 78.2 | 21.8 | 20 - 55 |
| Nº 4 | 4.76 | 920.0 | 21.5 | 99.7 | 0.3 | 0 - 10 |
| Nº 8 | 2.38 | 8.0 | 0.2 | 99.9 | 0.1 | 0 - 5 |
| Nº 16 | 1.18 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | |
| FONDO | | 2.0 | 0.0 | | | |



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|--|
| <p>Elaborado por:</p>  <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC ENSAYO DE MATERIALES</p> <p style="text-align: center;">V°B°</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> | <p>Revisado por:</p>  <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p style="text-align: center;">YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p> | <p>Aprobado por:</p>  <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC</p> <p style="text-align: center;">CONTROL DE CALIDAD</p> <p>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p> |
|---|--|--|

| | | | |
|--|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o G1b) | Código | FOR-LTC-AG-018 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Llier Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 29/04/2020 |

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA: TRAPICHE-PUENTE PIEDRA

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 30723 | 30776 | 30708 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 20923 | 20976 | 20908 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.500 | 1.504 | 1.499 |

| | | |
|-------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.501 |
|-------------------------------|------|-------|

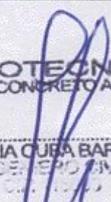
| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 32544 | 32431 | 32509 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 22744 | 22631 | 22709 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.630 | 1.622 | 1.628 |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.627 |
|-----------------------------------|------|-------|

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA OJEDA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.O. 10000 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS | Código | FOR-LAB-MS-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

| |
|--|
| REFERENCIA : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACIÓN : Lima Fecha de ensayo: 30/04/2020 |

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : TRAPICHE-PUENTE PIEDRA

| MUESTRA N° | | | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO | |
|------------|---|---|-------|--------|----------|--------|
| 1 | Peso de la Muestra Sumergida Canastilla | A | g | 1528.0 | 1575.0 | 1551.5 |
| 2 | Peso muestra Sat. Sup. Seca | B | g | 2425.0 | 2502.0 | 2463.5 |
| 3 | Peso muestra Seco | C | g | 2398.0 | 2473.0 | 2434.5 |
| 4 | Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A | | g/cc | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| 5 | Peso específico de masa = C/B-A | | g/cc | 2.67 | 2.67 | 2.67 |
| 6 | Peso específico aparente = C/C-A | | g/cc | 2.78 | 2.75 | 2.76 |
| 7 | Absorción de agua = ((B - C)/C)*100 | | % | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>Revisado por:</p> <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p> | <p>Aprobado por:</p> <p>MTL GEOTECNIA SAC</p> <p>CONTROL DE CALIDAD</p> |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACION | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 01/05/2020 |

| F _c 175 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|-------------------|--------------------------------|--|-----------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 3 1/2 | pulg | | |
| 2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL | | | | 3/4 " | | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.66 | | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.33 | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 350.000 | Kg/m ³ | 8.2 | Bls/m ³ | |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.362 | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.3062 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3318 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 | |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 230 | L/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 812 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 886 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2277 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 822.1 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 886.7 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | Lts/m ³ | | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | | 239.7 | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 240 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 822 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 887 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2299 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 9.80 | Kg | | |
| AGUA | | | | 6.71 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | | 23.02 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 24.83 | Kg | | |
| PROPORCION EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo) | |
| C | 1.0 | | | | | C | 1.0 |
| A.F | 2.35 | | | | | A.F | 2.36 |
| A.G | 2.53 | | | | | A.G | 2.53 |
| H2o | 29.14 Kg. | | | | | H2o | 29.14 LT. |

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA DE SUELOS Y PAVIMENTOS |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACION | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 01/05/2020 |

| f _c 175 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 7% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | | |
|---|---|-----------|--|-------------------|--------------------------------|--|-----------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 3 | puig | | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.66 | | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.32 | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | | |
| | FACTOR CEMENTO | 350.000 | | Kg/m ³ | 8.2 | Bts/m ³ | |
| | Volumen absoluto del cemento | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Agua | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Aire | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| | VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | 0.362 | |
| | Volumen absoluto del Agregado fino | | | 0.2678 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Agregado grueso | | | 0.3226 | m ³ /m ³ | 0.638 | |
| | Volumen absoluto del PET | | | 0.0176 | m ³ /m ³ | | |
| | SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | 1.000 | |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| | AGUA | | | 230 | L/m ³ | | |
| | AGREGADO FINO | | | 789 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 861 | Kg/m ³ | | |
| | PET 7% | | | 24.5 | Kg/m ³ | | |
| | PESO DE MEZCLA | | | 2255 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | | |
| | AGREGADO FINO HUMEDO | | | 799.4 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | 862.2 | Kg/m ³ | | |
| | PET 7% | | | 24.5 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | |
| | AGREGADO FINO | | | % | Lts/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 0.00 | 0.0 | | |
| | PET 7% | | | 1.10 | 9.5 | | |
| | | | | 0.16 | 0.0 | | |
| | AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | 239.5 | Lts/m ³ | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| | AGUA | | | 240 | Lts/m ³ | | |
| | AGREGADO FINO | | | 799 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 862 | Kg/m ³ | | |
| | PET 7% | | | 24.5 | Kg/m ³ | | |
| | PESO DE MEZCLA | | | 2276 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 9.80 | Kg | | |
| | AGUA | | | 6.71 | Lts | | |
| | AGREGADO FINO | | | 22.38 | Kg | | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 24.14 | Kg | | |
| | PET 7% | | | 686.0 | g | | |
| | PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | |
| | C | 1.0 | | | | C | 1.0 |
| | A.F | 2.28 | | | | A.F | 2.29 |
| | A.G | 2.46 | | | | A.G | 2.46 |
| | H2o | 29.14 Kg. | | | | H2o | 29.14 LT. |

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  V°B° |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUI BARRAZA INGENIERA CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACION | : Lima |

Fecha de ensayo: 01/05/2020

| f _c 175 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.85 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.87 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 13% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | |
|---|-----------|---------|--|-------------------|--------------------------------|--------------------------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 2.34 | pulg | |
| 2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | | 3/4" | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.66 | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.31 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | 350.000 | | Kg/m ³ | 8.2 | Bls/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.362 |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2905 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3147 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0327 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | L/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 770 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 840 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2236 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 779.9 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 841.2 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | 0.0 |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | Lts/m ³ | 9.2 |
| PET 13% | | | | 0.16 | Lts/m ³ | 0.1 |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | | 239.3 Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 780 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 841 | Kg/m ³ | |
| PET 13% | | | | 45.5 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2266 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 9.80 | Kg | |
| AGUA | | | | 6.70 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 21.84 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 23.55 | Kg | |
| PET 13% | | | | 1274.0 | g | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.23 | | | | | |
| A.G | 2.40 | | | | | |
| H2o | 29.02 Kg. | | | | | |
| PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.23 | | | | | |
| A.G | 2.40 | | | | | |
| H2o | 29.02 LT. | | | | | |

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUSA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

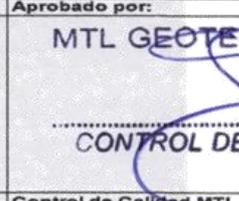
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| Fecha de ensayo: 01/05/2020 | |

| F _c 175 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 20% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|-------------------|--------------------------------|--|-----------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 2 1/2 | pulg | | |
| 2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | | 3/4" | | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.86 | | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.31 | | | |
| B) ANÁLISIS DE DISEÑO | | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 350.000 | Kg/m ³ | 8.2 | Bls/m ³ | |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1122 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.362 | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2821 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3056 | m ³ /m ³ | 0.638 | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0504 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 | |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 230 | Lt/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 747 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 816 | Kg/m ³ | | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2213 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 757.2 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 816.7 | Kg/m ³ | | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.0 | | |
| PET 20% | | | | 0.16 | 0.1 | | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 239.1 | Lts/m ³ | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 350 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 757 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 817 | Kg/m ³ | | |
| PET 20% | | | | 70.0 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2233 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 9.80 | Kg | | |
| AGUA | | | | 6.69 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | | 21.20 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 22.87 | Kg | | |
| PET 20% | | | | 1960.0 | g | | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | |
| C | 1.0 | | | | | C | 1.0 |
| A.F | 2.16 | | | | | A.F | 2.17 |
| A.G | 2.33 | | | | | A.G | 2.33 |
| H2o | 29.02 Kg. | | | | | H2o | 29.02 LT. |

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA GUARA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.O. 14333 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio de Materiales | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylla - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 8 de Mayo de 2020 |

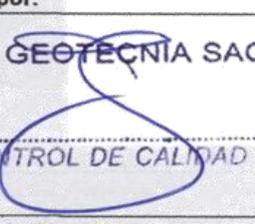
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm2 | ESFUERZO kg/cm2 | F'c Diseño kg/cm2 | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------|-----------------|-------------------|-------|
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 10827.9 | 78.5 | 137.9 | 175.0 | 78.8 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 11254.3 | 78.5 | 143.3 | 175.0 | 81.9 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 10987.1 | 78.5 | 139.9 | 175.0 | 79.9 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 10102.4 | 78.5 | 128.6 | 175.0 | 73.5 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 10260.0 | 78.5 | 130.6 | 175.0 | 74.6 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 10845.1 | 78.5 | 138.1 | 175.0 | 78.9 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 5822.7 | 78.5 | 74.1 | 175.0 | 42.4 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 5933.5 | 78.5 | 75.5 | 175.0 | 43.2 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 5804.5 | 78.5 | 73.9 | 175.0 | 42.2 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 3172.3 | 78.5 | 40.4 | 175.0 | 23.1 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 3948.9 | 78.5 | 50.3 | 175.0 | 28.7 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 4040.4 | 78.5 | 51.4 | 175.0 | 29.4 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|--|--|--|
| <p>Elaborado por:</p>  | <p>Revisado por:</p>  <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>..... YESENIA OJEDA BARRAZA INGENIERA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p> | <p>Aprobado por:</p>  <p>MTL GEOTECNIA SAC</p> <p>..... CONTROL DE CALIDAD</p> |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 15 de Mayo de 2020 |

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F _c Diseño kg/cm ² | % F _c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|--|------------------|
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 12245.1 | 78.5 | 155.9 | 175.0 | 89.1 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 11914.5 | 78.5 | 151.7 | 175.0 | 86.7 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 12095.7 | 78.5 | 154.0 | 175.0 | 88.0 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 11139.1 | 78.5 | 141.8 | 175.0 | 81.0 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 11712.9 | 78.5 | 149.1 | 175.0 | 85.2 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 11887.8 | 78.5 | 151.4 | 175.0 | 86.5 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 9527.2 | 78.5 | 121.3 | 175.0 | 69.3 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 8897.5 | 78.5 | 113.3 | 175.0 | 64.7 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 7978.7 | 78.5 | 101.6 | 175.0 | 58.1 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 6311.9 | 78.5 | 80.4 | 175.0 | 45.9 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 5876.3 | 78.5 | 74.8 | 175.0 | 42.8 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 6148.5 | 78.5 | 78.3 | 175.0 | 44.7 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA OJEDA BARRAZA INGENIERA CIVIL | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 29 de Mayo de 2020 |

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F _c Diseño kg/cm ² | % F _c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|--|------------------|
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16985.5 | 78.5 | 216.3 | 175.0 | 123.6 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16521.1 | 78.5 | 210.4 | 175.0 | 120.2 |
| PATRÓN fc175 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16114.9 | 78.5 | 205.2 | 175.0 | 117.2 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 14699.9 | 78.5 | 187.2 | 175.0 | 107.0 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 13224.3 | 78.5 | 168.4 | 175.0 | 96.2 |
| fc175+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 13788.5 | 78.5 | 175.6 | 175.0 | 100.3 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 11671.9 | 78.5 | 148.6 | 175.0 | 84.9 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 11537.4 | 78.5 | 146.9 | 175.0 | 83.9 |
| fc175+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 11624.3 | 78.5 | 148.0 | 175.0 | 84.6 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 8170.5 | 78.5 | 104.0 | 175.0 | 59.4 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 8323.4 | 78.5 | 106.0 | 175.0 | 60.6 |
| fc175+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 8468.7 | 78.5 | 107.8 | 175.0 | 61.6 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|--|---|---|
| <p>Elaborado por:</p>  <p>Jefe de Laboratorio</p> | <p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p style="text-align: center;">..... YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p> | <p>Aprobado por:</p> <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC</p> <p style="text-align: center;">..... CONTROL DE CALIDAD</p> <p>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p> |
|--|---|---|

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm² **Fecha de ensayo:** 08/05/2020

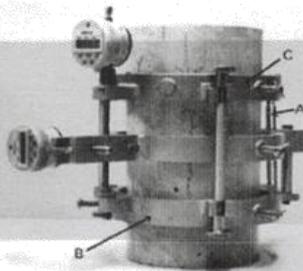
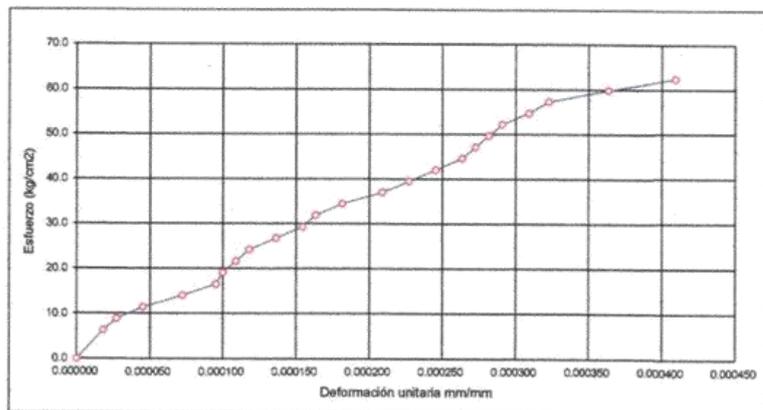
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000018 | 6.37 |
| 0.000027 | 8.91 |
| 0.000045 | 11.46 |
| 0.000073 | 14.01 |
| 0.000095 | 16.55 |
| 0.000100 | 19.10 |
| 0.000109 | 21.65 |
| 0.000118 | 24.19 |
| 0.000136 | 26.74 |
| 0.000155 | 29.28 |
| 0.000164 | 31.83 |
| 0.000182 | 34.38 |
| 0.000209 | 36.92 |
| 0.000227 | 39.47 |
| 0.000245 | 42.02 |
| 0.000264 | 44.56 |
| 0.000273 | 47.11 |
| 0.000282 | 49.66 |
| 0.000291 | 52.20 |
| 0.000309 | 54.75 |
| 0.000323 | 57.30 |
| 0.000364 | 59.84 |



Fuente: ASTM C469

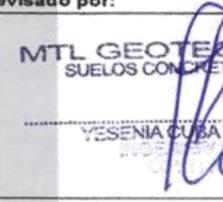
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PATRON F'c = 175 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 165,993 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 14,026 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 12,548 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YSSENIA CUBA BARRAZA INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 08/05/2020

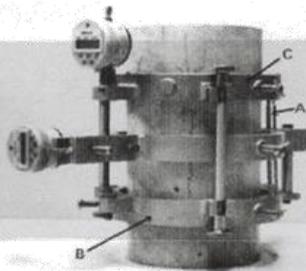
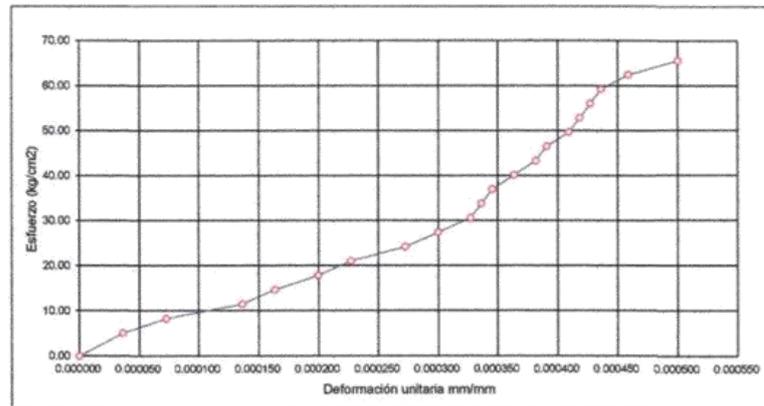
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
Fc de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000036 | 5.09 |
| 0.000073 | 8.28 |
| 0.000136 | 11.46 |
| 0.000164 | 14.64 |
| 0.000200 | 17.83 |
| 0.000227 | 21.01 |
| 0.000273 | 24.19 |
| 0.000300 | 27.37 |
| 0.000327 | 30.56 |
| 0.000336 | 33.74 |
| 0.000345 | 36.92 |
| 0.000364 | 40.11 |
| 0.000382 | 43.29 |
| 0.000391 | 46.47 |
| 0.000409 | 49.66 |
| 0.000418 | 52.84 |
| 0.000427 | 56.02 |
| 0.000436 | 59.21 |
| 0.000459 | 62.39 |
| 0.000500 | 65.57 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|----------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 137,072 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 11,089 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 10,362 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA CIVIL | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F^c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 08/05/2020

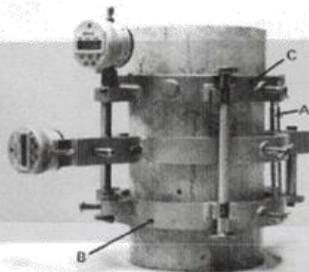
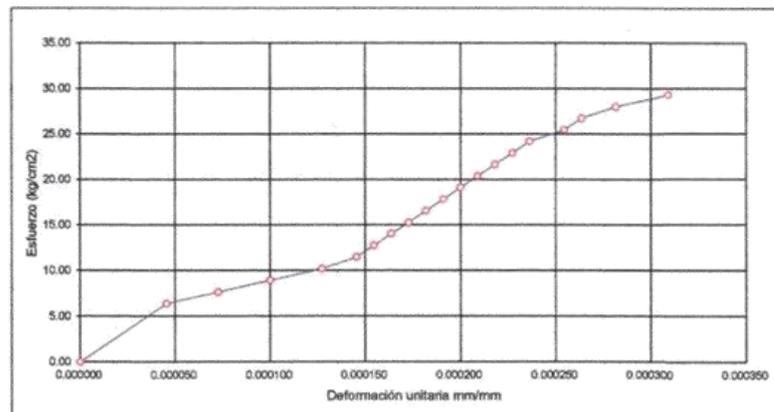
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F^c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000100 | 8.91 |
| 0.000127 | 10.19 |
| 0.000145 | 11.46 |
| 0.000155 | 12.73 |
| 0.000164 | 14.01 |
| 0.000173 | 15.28 |
| 0.000182 | 16.55 |
| 0.000191 | 17.83 |
| 0.000200 | 19.10 |
| 0.000209 | 20.37 |
| 0.000218 | 21.65 |
| 0.000227 | 22.92 |
| 0.000236 | 24.19 |
| 0.000255 | 25.46 |
| 0.000264 | 26.74 |
| 0.000282 | 28.01 |
| 0.000309 | 29.28 |
| 0.000318 | 30.56 |



Fuente: ASTM C469

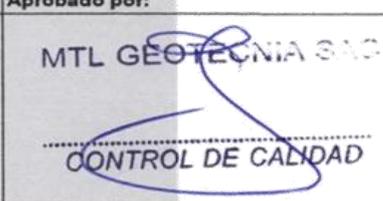
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|--|--------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 89,415 |
| Cte. Elás. F _c Ult. | 10,230 |
| Cte. Elás. F _c Nomin. | 6,759 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 08/05/2020

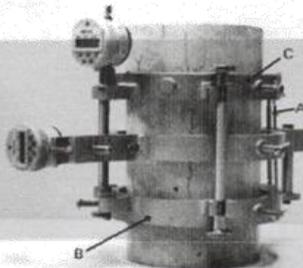
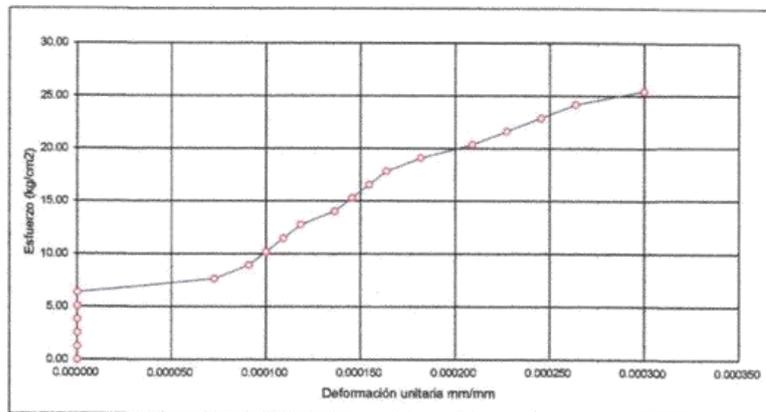
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000000 | 3.82 |
| 0.000000 | 5.09 |
| 0.000000 | 6.37 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000100 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000118 | 12.73 |
| 0.000136 | 14.01 |
| 0.000145 | 15.28 |
| 0.000155 | 16.55 |
| 0.000164 | 17.83 |
| 0.000182 | 19.10 |
| 0.000209 | 20.37 |
| 0.000227 | 21.65 |
| 0.000245 | 22.92 |
| 0.000264 | 24.19 |
| 0.000300 | 25.46 |



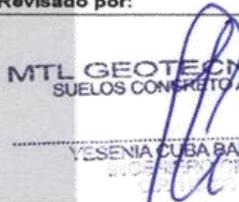
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 175 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|--------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 82,536 |
| Cte. Elás. fc Ult. | 11,565 |
| Cte. Elás. fc Nomin. | 6,239 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|--|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESENIA CUBA BARRAZA | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F^c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

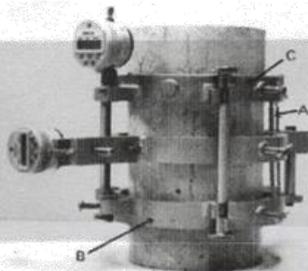
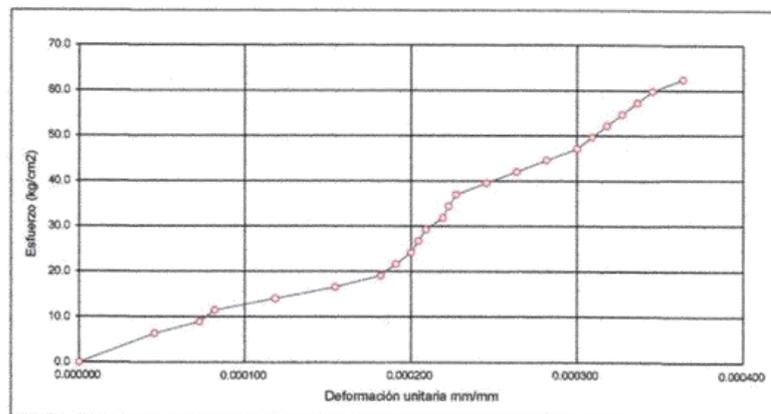
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F^c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 8.91 |
| 0.000082 | 11.46 |
| 0.000118 | 14.01 |
| 0.000155 | 16.55 |
| 0.000182 | 19.10 |
| 0.000191 | 21.65 |
| 0.000200 | 24.19 |
| 0.000205 | 26.74 |
| 0.000209 | 29.28 |
| 0.000219 | 31.83 |
| 0.000223 | 34.38 |
| 0.000227 | 36.92 |
| 0.000245 | 39.47 |
| 0.000264 | 42.02 |
| 0.000282 | 44.56 |
| 0.000300 | 47.11 |
| 0.000309 | 49.66 |
| 0.000318 | 52.20 |
| 0.000327 | 54.75 |
| 0.000336 | 57.30 |
| 0.000345 | 59.84 |



Fuente: ASTM C469

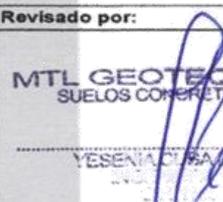
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PATRON F^c = 175 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 178,380 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 14,431 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 13,484 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F^c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

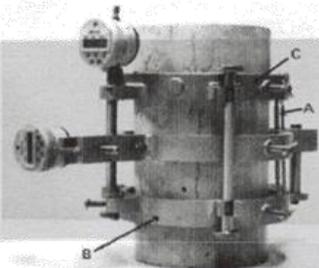
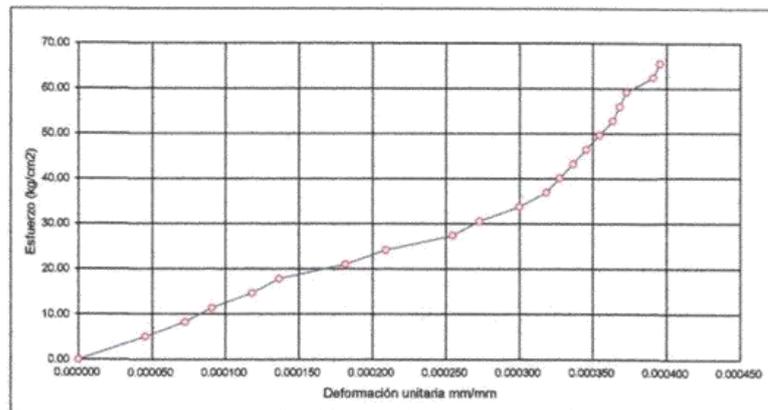
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F^c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 5.09 |
| 0.000073 | 8.28 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000118 | 14.64 |
| 0.000136 | 17.83 |
| 0.000182 | 21.01 |
| 0.000209 | 24.19 |
| 0.000255 | 27.37 |
| 0.000273 | 30.56 |
| 0.000300 | 33.74 |
| 0.000318 | 36.92 |
| 0.000327 | 40.11 |
| 0.000336 | 43.29 |
| 0.000345 | 46.47 |
| 0.000355 | 49.66 |
| 0.000364 | 52.84 |
| 0.000368 | 56.02 |
| 0.000373 | 59.21 |
| 0.000391 | 62.39 |
| 0.000395 | 65.57 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 175 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 166,170 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 13,557 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 12,561 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESENIA C. J. BARRAZA | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

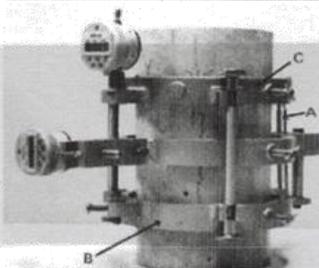
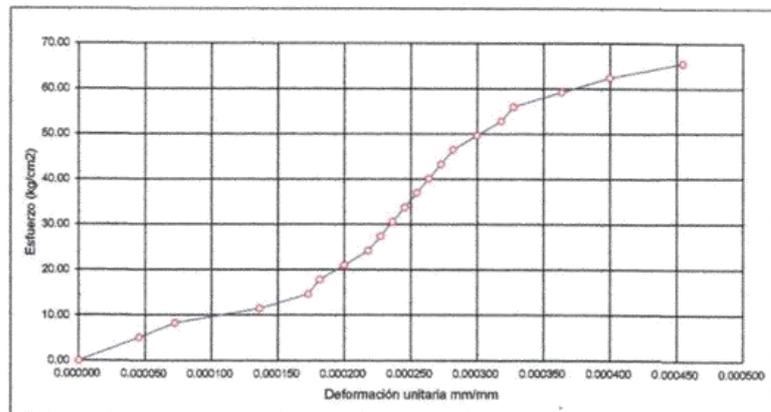
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 5.09 |
| 0.000073 | 8.28 |
| 0.000136 | 11.46 |
| 0.000173 | 14.64 |
| 0.000182 | 17.83 |
| 0.000200 | 21.01 |
| 0.000218 | 24.19 |
| 0.000227 | 27.37 |
| 0.000236 | 30.56 |
| 0.000245 | 33.74 |
| 0.000255 | 36.92 |
| 0.000264 | 40.11 |
| 0.000273 | 43.29 |
| 0.000282 | 46.47 |
| 0.000300 | 49.66 |
| 0.000318 | 52.84 |
| 0.000327 | 56.02 |
| 0.000364 | 59.21 |
| 0.000400 | 62.39 |
| 0.000455 | 65.57 |



Fuente: ASTM C469

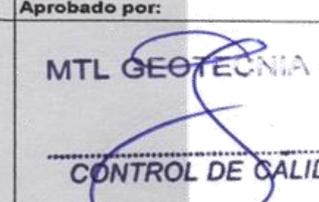
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 168,222 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 13,724 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 12,716 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|--|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESENIA CUBA BARRAZA | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Liler Alexander Zeleda Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

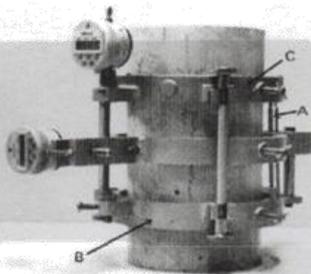
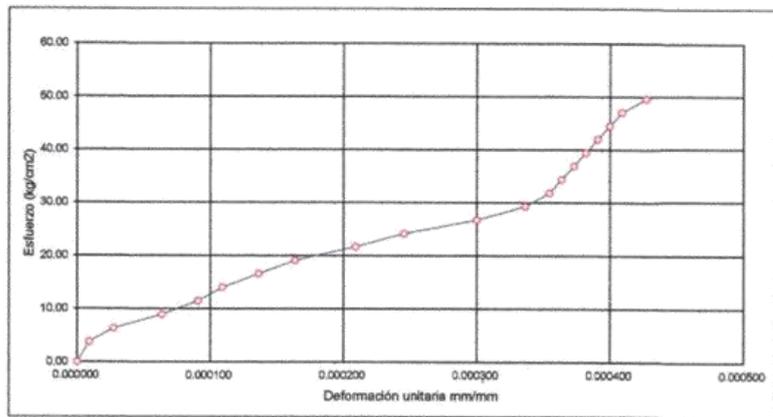
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000009 | 3.82 |
| 0.000027 | 6.37 |
| 0.000064 | 8.91 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000109 | 14.01 |
| 0.000136 | 16.55 |
| 0.000164 | 19.10 |
| 0.000209 | 21.85 |
| 0.000245 | 24.19 |
| 0.000300 | 26.74 |
| 0.000336 | 29.28 |
| 0.000355 | 31.83 |
| 0.000364 | 34.38 |
| 0.000373 | 36.92 |
| 0.000382 | 39.47 |
| 0.000391 | 42.02 |
| 0.000400 | 44.56 |
| 0.000409 | 47.11 |
| 0.000427 | 49.66 |



Fuente: ASTM C469

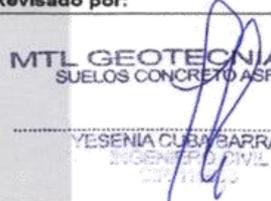
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 107,736 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 10,064 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 8,144 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm² Fecha de ensayo: 15/05/2020

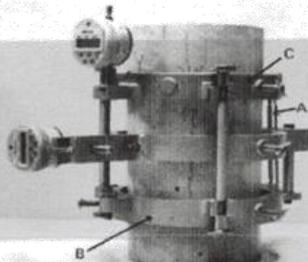
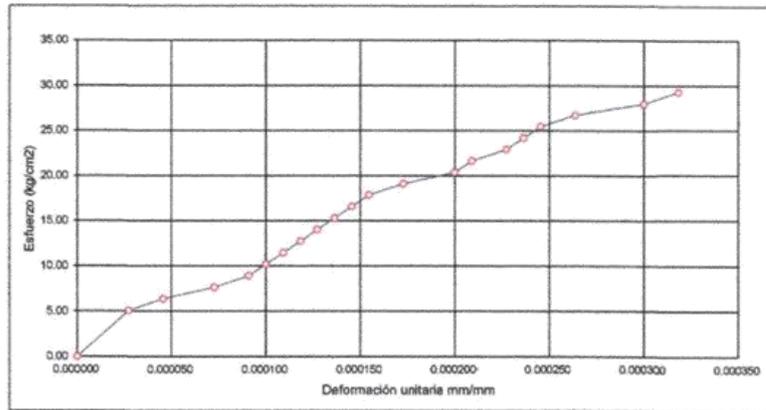
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000027 | 5.09 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000100 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000118 | 12.73 |
| 0.000127 | 14.01 |
| 0.000136 | 15.28 |
| 0.000145 | 16.55 |
| 0.000155 | 17.83 |
| 0.000173 | 19.10 |
| 0.000200 | 20.37 |
| 0.000209 | 21.65 |
| 0.000227 | 22.92 |
| 0.000236 | 24.19 |
| 0.000245 | 25.46 |
| 0.000264 | 26.74 |
| 0.000300 | 28.01 |
| 0.000318 | 29.28 |



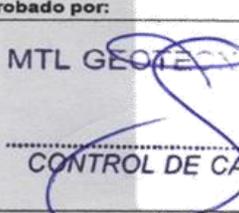
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 175 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|--------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 94,180 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 12,879 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 7,119 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESENIA CUBA BARRAZA | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LBR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

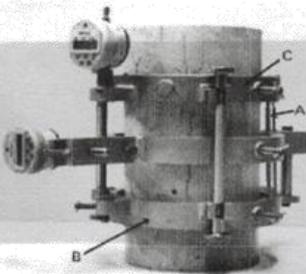
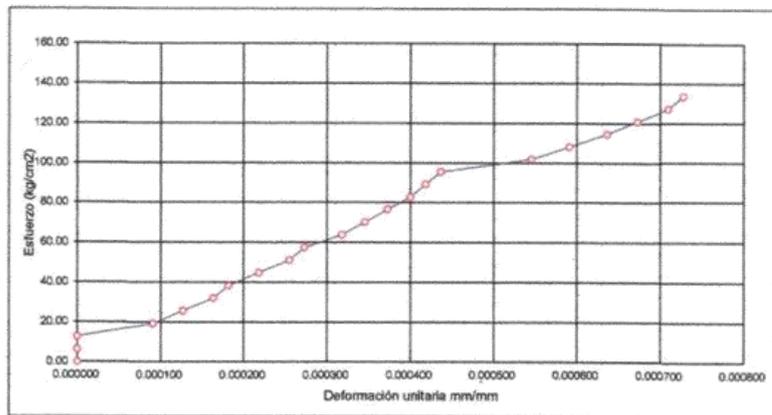
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 6.37 |
| 0.000000 | 12.73 |
| 0.000091 | 19.10 |
| 0.000127 | 25.46 |
| 0.000164 | 31.83 |
| 0.000182 | 38.20 |
| 0.000218 | 44.56 |
| 0.000255 | 50.93 |
| 0.000273 | 57.30 |
| 0.000318 | 63.66 |
| 0.000345 | 70.03 |
| 0.000373 | 76.39 |
| 0.000400 | 82.76 |
| 0.000418 | 89.13 |
| 0.000436 | 95.49 |
| 0.000545 | 101.86 |
| 0.000591 | 108.23 |
| 0.000636 | 114.59 |
| 0.000673 | 120.96 |
| 0.000709 | 127.32 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PATRON F'c = 175 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

RESULTADOS

MÓDULO DE ELASTICIDAD

| | |
|--|----------------|
| Módulo E _c kg/cm ² | 191,730 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 13,228 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 14,493 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
|--|---|--|----------|-----------------|
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |
| PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019" SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo CÓDIGO : - UBICACIÓN : Distrito de Lima REGISTRO N° : - | | | | |
| Muestra : Concreto Endurecido f'c : 175 kg/cm2 Fecha de ensayo: 29/05/2020 | | | | |

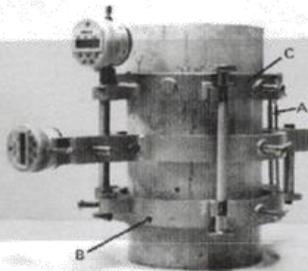
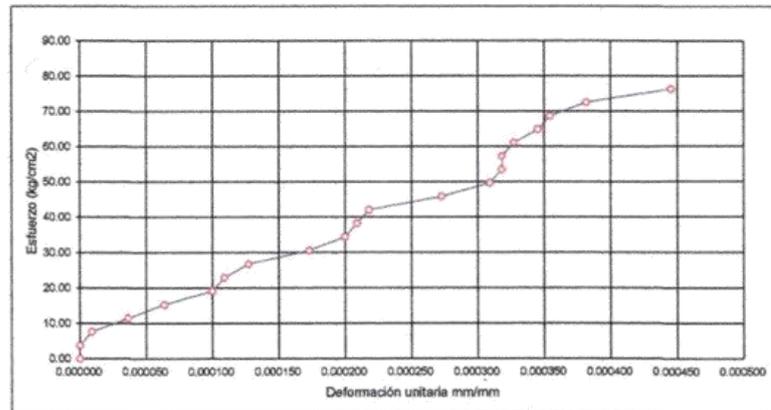
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| Tipo de muestra | : Concreto endurecido (M2) |
| Presentación | : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8" |
| f'c de diseño | : 175 kg/cm2 |

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm2 |
|----------------------------|-----------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| | 3.82 |
| 0.000009 | 7.64 |
| 0.000036 | 11.46 |
| 0.000064 | 15.28 |
| 0.000100 | 19.10 |
| 0.000109 | 22.92 |
| 0.000127 | 26.74 |
| 0.000173 | 30.56 |
| 0.000200 | 34.38 |
| 0.000209 | 38.20 |
| 0.000218 | 42.02 |
| 0.000273 | 45.84 |
| 0.000308 | 49.66 |
| 0.000318 | 53.48 |
| 0.000318 | 57.30 |
| 0.000327 | 61.12 |
| 0.000345 | 64.94 |
| 0.000355 | 68.75 |
| 0.000382 | 72.57 |
| 0.000445 | 76.39 |



Fuente: ASTM C469

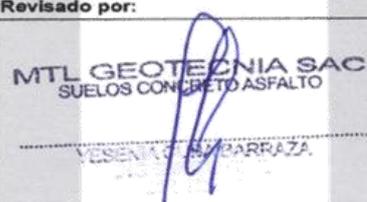
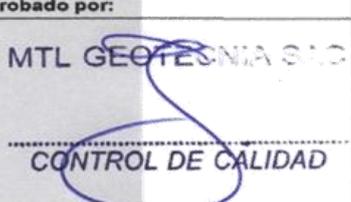
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 7%
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 01/05/2020
 Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|-----------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm2 | 181,434 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 13,839 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 13,715 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---|---|---|
|  V°B° Jefe de Laboratorio |  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS YESENIA GONZALEZ BARRAZA |  CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

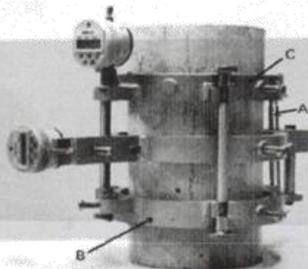
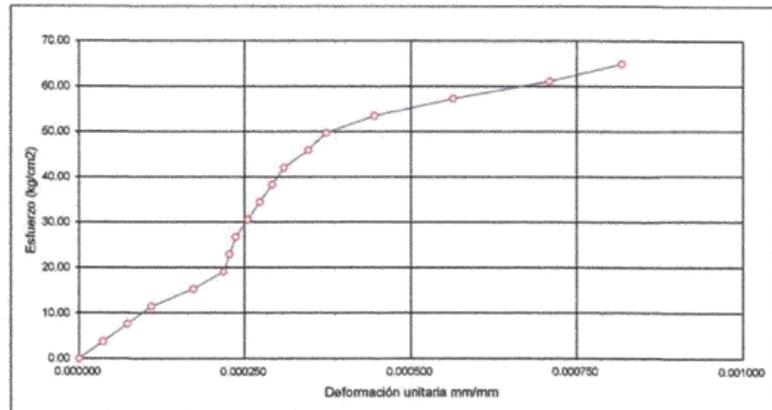
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000036 | 3.82 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000173 | 15.28 |
| 0.000218 | 19.10 |
| 0.000227 | 22.92 |
| 0.000236 | 26.74 |
| 0.000255 | 30.56 |
| 0.000273 | 34.38 |
| 0.000291 | 38.20 |
| 0.000309 | 42.02 |
| 0.000345 | 45.84 |
| 0.000373 | 49.66 |
| 0.000445 | 53.48 |
| 0.000564 | 57.30 |
| 0.000709 | 61.12 |
| 0.000818 | 64.94 |
| | |
| | |
| | |
| | |



Fuente: ASTM C469

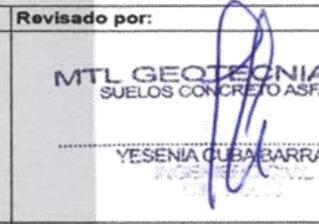
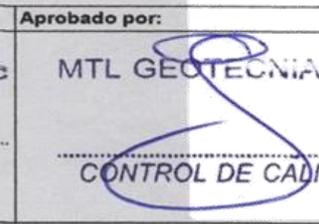
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 127,458 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 11,184 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 9,635 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESENIA CUBA BARRAZA | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|------------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 175 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

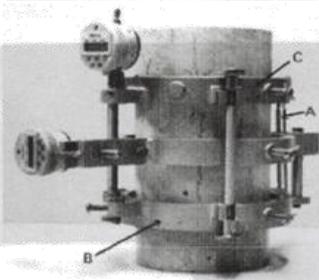
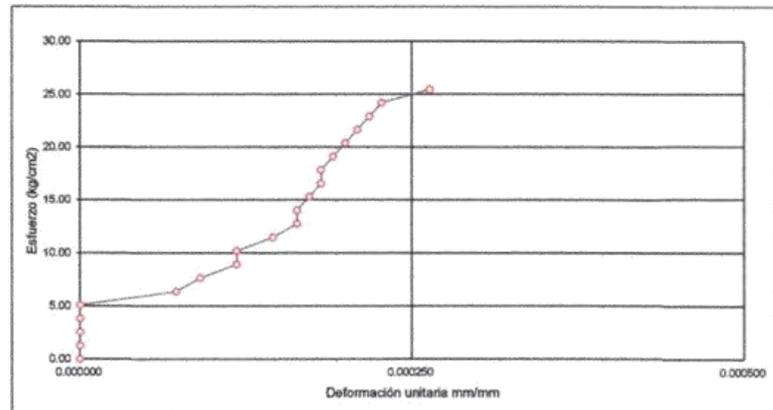
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M3)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 175 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000000 | 3.82 |
| 0.000000 | 5.09 |
| 0.000073 | 6.37 |
| 0.000091 | 7.64 |
| 0.000118 | 8.91 |
| 0.000118 | 10.19 |
| 0.000145 | 11.46 |
| 0.000164 | 12.73 |
| 0.000164 | 14.01 |
| 0.000173 | 15.28 |
| 0.000182 | 16.55 |
| 0.000182 | 17.83 |
| 0.000191 | 19.10 |
| 0.000200 | 20.37 |
| 0.000209 | 21.65 |
| 0.000218 | 22.92 |
| 0.000227 | 24.19 |
| 0.000264 | 25.46 |



Fuente: ASTM C469

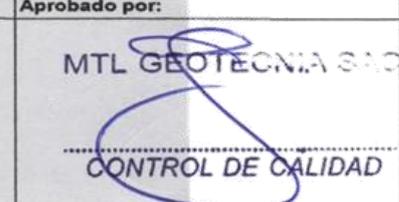
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 175 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|--|----------------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 105,649 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 14,447 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 7,986 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESSICA CUZBA BARRAZA | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | |
|---|---|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO |
| LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS ASTM C642 / NTP 339.187 | |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| Tipo de muestra | : Concreto Endurecido |
| Diseño (f'c) | : 175 Kg/cm ² |
| Fecha de vaciado | : 01-05-20 |
| Fecha de ensayo | : 29-05-20 |
| Edad | : 28 días |

| RESULTADOS ASTM C642 | PATRÓN f'c 175 | f'c 175 + 7% | f'c 175 + 13% | f'c 175 + 20% |
|--|----------------|--------------|---------------|---------------|
| ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN | 7.5% | 8.7% | 8.9% | 9.8% |
| ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN | 7.8% | 9.4% | 10.1% | 11.6% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.185 | 2.099 | 2.051 | 1.993 |
| DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³) | 2.348 | 2.281 | 2.234 | 2.187 |
| DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³) | 2.356 | 2.297 | 2.259 | 2.224 |
| DENSIDAD APARENTE (g/cm ³) | 2.634 | 2.617 | 2.589 | 2.594 |
| VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACÍOS) | 17.1% | 19.8% | 20.8% | 23.2% |

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
|  | MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO | CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|--|------------------------------------|
| REFERENCIA : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo | |
| TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" | |
| UBICACION : Lima | Fecha de ensayo: 01/05/2020 |

| F _c 210 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|-------------------|--------------------------------|--|-----------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 4 | pulg | | |
| 2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | | 3/4" | | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.60 | | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.33 | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Bis/m ³ | |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.373 | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.3010 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3260 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 | |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 230 | L/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 798 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 871 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2281 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 807.9 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 871.4 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | 9.6 | | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 239.6 | Lts/m ³ | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 240 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 808 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 871 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2302 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 10.72 | Kg | | |
| AGUA | | | | 6.71 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | | 22.62 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 24.40 | Kg | | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | |
| C | 1.0 | | | | | C | 1.0 |
| A.F | 2.11 | | | | | A.F | 2.12 |
| A.G | 2.28 | | | | | A.G | 2.27 |
| H2o | 26.63 Kg. | | | | | H2o | 26.63 LT. |

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|------------------------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| Fecha de ensayo: 01/05/2020 | |

| f _c 210 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1498.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.87 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 7% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | |
|---|-----------|---------|--|-------------------|--------------------------------|--|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 3 3/4 | pulg | |
| 2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | | | 3/4 " | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.60 | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.32 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | 383.000 | | Kg/m ³ | 9.0 | Bts/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.373 |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2917 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3160 | m ³ /m ³ | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0193 | m ³ /m ³ | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 230 | Li/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 773 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 844 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2257 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 783.1 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 844.6 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | % | Lts/m ³ |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | % | 9.3 |
| PET 7% | | | | 0.16 | % | 0.0 |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | | 239.3 Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | |
| AGREGADO FINO | | | | 783 | Kg/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 845 | Kg/m ³ | |
| PET 7% | | | | 26.8 | Kg/m ³ | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2277 | Kg/m ³ | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 10.72 | Kg | |
| AGUA | | | | 6.70 | Lts | |
| AGREGADO FINO | | | | 21.93 | Kg | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 23.65 | Kg | |
| PET 7% | | | | 750.7 | g | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) |
| C | 1.0 | | | C | 1.0 | |
| A.F | 2.04 | | | A.F | 2.05 | |
| A.G | 2.21 | | | A.G | 2.20 | |
| H2o | 26.52 Kg. | | | H2o | 26.52 LT. | |

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

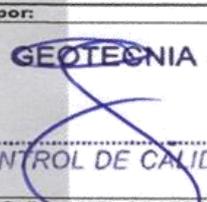
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|------------------------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| Fecha de ensayo: 01/05/2020 | |

| F _c 210 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.87 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 13% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|-------------------|--------------------------------|--|-----------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | | |
| 1 ASENTAMIENTO | | | | 3 1/2 | puig | | |
| 2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL | | | | 3/4 " | | | |
| 3 RELACION AGUA CEMENTO | | | | 0.60 | | | |
| 4 AGUA | | | | 230 | | | |
| 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | | 2.0 | | | |
| 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | 0.31 | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 383.000 | Kg/m ³ | 9.0 | Blts/m ³ | |
| Volumen absoluto del cemento | | | | 0.1228 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | 0.373 | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | | 0.2838 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | | 0.3074 | m ³ /m ³ | 0.627 | |
| Volumen absoluto del PET | | | | 0.0358 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.000 | |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 230 | L/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 762 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 821 | Kg/m ³ | | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2236 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | | 761.8 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | | 821.6 | Kg/m ³ | | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | 0.00 | % | Lts/m ³ | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 1.10 | % | 9.0 | |
| PET 13% | | | | 0.16 | % | 0.1 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | | 239.1 Lts/m ³ | |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 383 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | | 239 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | | 762 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 822 | Kg/m ³ | | |
| PET 13% | | | | 49.8 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | | 2255 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | | |
| CEMENTO | | | | 10.72 | Kg | | |
| AGUA | | | | 6.70 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | | 21.33 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | 23.01 | Kg | | |
| PET 13% | | | | 1394.1 | g | | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | |
| C | 1.0 | | | | | C | 1.0 |
| A.F | 1.99 | | | | | A.F | 1.99 |
| A.G | 2.15 | | | | | A.G | 2.14 |
| H2o | 26.52 Kg. | | | | | H2o | 26.52 LT. |

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  V.B. Jefe de Laboratorio |  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL Ingeniero de Suelos y Ravimientos |  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2019 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| Fecha de ensayo: 01/05/2020 | |

| f _c 210 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.65 | 2.92 | 1.3 | 1.3 | 1496.0 | 1790.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.80 | 0.1 | 1.2 | 1501.0 | 1627.0 |
| PET 20% | 1.39 | | 0.0 | 0.16 | - | - |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | |
|---|--|-----------|--------|--------------------------------|--------------------|---|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 3 | puig | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.60 | | |
| 4 | AGUA | | | 230 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.30 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| | FACTOR CEMENTO | 383.000 | | Kg/m ³ | 9.0 | Bls/m ³ |
| | Volumen absoluto del cemento | | 0.1228 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Agua | | 0.2300 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Aire | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | |
| | VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | 0.373 |
| | Volumen absoluto del Agregado fino | | 0.2745 | m ³ /m ³ | | |
| | Volumen absoluto del Agregado grueso | | 0.2974 | m ³ /m ³ | | 0.627 |
| | Volumen absoluto del PET | | 0.0551 | m ³ /m ³ | | |
| | SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | 1.000 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| | CEMENTO | | 383 | Kg/m ³ | | |
| | AGUA | | 230 | Lt/m ³ | | |
| | AGREGADO FINO | | 727 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO | | 794 | Kg/m ³ | | |
| | PET 20% | | 76.6 | Kg/m ³ | | |
| | PESO DE MEZCLA | | 2211 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| | AGREGADO FINO HUMEDO | | 736.9 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO HUMEDO | | 794.8 | Kg/m ³ | | |
| | PET 20% | | 76.6 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| | AGREGADO FINO | | 0.00 | % | Lts/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | 1.10 | | 8.7 | |
| | PET 20% | | 0.16 | | 0.1 | |
| | AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | 238.9 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| | CEMENTO | | 383 | Kg/m ³ | | |
| | AGUA | | 239 | Lts/m ³ | | |
| | AGREGADO FINO | | 737 | Kg/m ³ | | |
| | AGREGADO GRUESO | | 795 | Kg/m ³ | | |
| | PET 20% | | 76.6 | Kg/m ³ | | |
| | PESO DE MEZCLA | | 2230 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (28 lt.) | | | | | | |
| | CEMENTO | | 10.72 | Kg | | |
| | AGUA | | 8.69 | Lts | | |
| | AGREGADO FINO | | 20.63 | Kg | | |
| | AGREGADO GRUESO | | 22.25 | Kg | | |
| | PET 20% | | 2144.8 | g | | |
| | PORPORCIÓN EN PESO p₃ (húmedo) | | | | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN p₃ (húmedo) |
| | C | 1.0 | | | | C |
| | A.F | 1.92 | | | | A.F |
| | A.G | 2.08 | | | | A.G |
| | H ₂ O | 26.07 Kg. | | | | H ₂ O |
| | | | | | | 26.07 LT. |

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUJÁ BARRAZA INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 8 de Mayo de 2020 |

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F'c Diseño kg/cm ² | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 13086.6 | 78.5 | 166.6 | 210.0 | 79.3 |
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 12614.5 | 78.5 | 160.6 | 210.0 | 76.5 |
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 13178.9 | 78.5 | 167.8 | 210.0 | 79.9 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 11818.7 | 78.5 | 150.5 | 210.0 | 71.7 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 11905.9 | 78.5 | 151.6 | 210.0 | 72.2 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 11734.8 | 78.5 | 149.4 | 210.0 | 71.1 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 6576.9 | 78.5 | 83.7 | 210.0 | 39.9 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 6548.6 | 78.5 | 83.4 | 210.0 | 39.7 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 6845.8 | 78.5 | 87.2 | 210.0 | 41.5 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 4621.0 | 78.5 | 58.8 | 210.0 | 28.0 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 4949.2 | 78.5 | 63.0 | 210.0 | 30.0 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 8/05/2020 | 7 | 4699.5 | 78.5 | 62.4 | 210.0 | 29.7 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante.
- * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  V°B° ENSAJO DE MATERIALES |  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA OJEDA BARRAZA INGENIERA DE SUELOS Y PAVIMENTOS |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibras Pet Reciclado, Carabayillo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 15 de Mayo de 2020 |

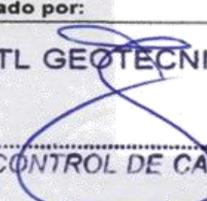
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F _c Diseño kg/cm ² | % F _c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|--|------------------|
| PATRÓN f _c 210 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 14248.7 | 78.5 | 181.4 | 210.0 | 86.4 |
| PATRÓN f _c 210 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 14505.4 | 78.5 | 184.7 | 210.0 | 87.9 |
| PATRÓN f _c 210 | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 14304.2 | 78.5 | 182.1 | 210.0 | 86.7 |
| f _c 210+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 13666.4 | 78.5 | 173.9 | 210.0 | 82.8 |
| f _c 210+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 13546.8 | 78.5 | 172.5 | 210.0 | 82.1 |
| f _c 210+7% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 13245.7 | 78.5 | 168.6 | 210.0 | 80.3 |
| f _c 210+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 9866.2 | 78.5 | 125.6 | 210.0 | 59.8 |
| f _c 210+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 9710.7 | 78.5 | 123.6 | 210.0 | 58.9 |
| f _c 210+13% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 9678.9 | 78.5 | 123.2 | 210.0 | 58.7 |
| f _c 210+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 4484.2 | 78.5 | 57.1 | 210.0 | 27.2 |
| f _c 210+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 4300.1 | 78.5 | 54.8 | 210.0 | 26.1 |
| f _c 210+20% | 1/05/2020 | 15/05/2020 | 14 | 4758.4 | 78.5 | 60.6 | 210.0 | 28.9 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  MTL GEOTECNIA SAC ENSAYO DE MATERIALES V°B° | Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| FECHA | : 29 de Mayo de 2020 |

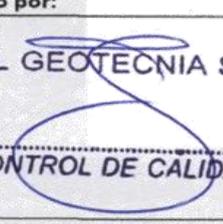
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F'c Diseño kg/cm ² | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 20151.8 | 78.5 | 256.6 | 210.0 | 122.2 |
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 19687.5 | 78.5 | 250.7 | 210.0 | 119.4 |
| PATRÓN f'c210 | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 20005.7 | 78.5 | 254.7 | 210.0 | 121.3 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16313.3 | 78.5 | 207.7 | 210.0 | 98.9 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16179.6 | 78.5 | 206.0 | 210.0 | 98.1 |
| f'c210+7% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 16597.8 | 78.5 | 211.3 | 210.0 | 100.6 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 13025.8 | 78.5 | 165.8 | 210.0 | 79.0 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 12806.4 | 78.5 | 163.1 | 210.0 | 77.6 |
| f'c210+13% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 13105.5 | 78.5 | 166.9 | 210.0 | 79.5 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 9104.0 | 78.5 | 115.9 | 210.0 | 55.2 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 9545.8 | 78.5 | 121.5 | 210.0 | 57.9 |
| f'c210+20% | 1/05/2020 | 29/05/2020 | 28 | 9612.5 | 78.5 | 122.4 | 210.0 | 58.3 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERA CIVIL | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | -CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 210 kg/cm² **Fecha de ensayo:** 08/05/2020

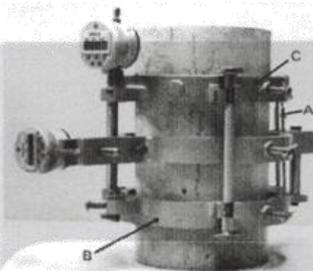
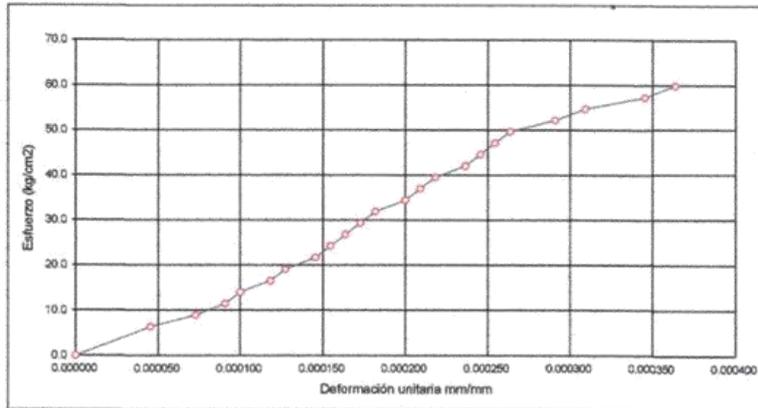
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 8.91 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000100 | 14.01 |
| 0.000118 | 16.55 |
| 0.000127 | 19.10 |
| 0.000145 | 21.65 |
| 0.000155 | 24.19 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000173 | 29.28 |
| 0.000182 | 31.83 |
| 0.000200 | 34.38 |
| 0.000209 | 36.92 |
| 0.000218 | 39.47 |
| 0.000236 | 42.02 |
| 0.000245 | 44.56 |
| 0.000255 | 47.11 |
| 0.000264 | 49.66 |
| 0.000291 | 52.20 |
| 0.000309 | 54.75 |
| 0.000345 | 57.30 |
| 0.000364 | 59.84 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : PATRON f'c = 210 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 170,019 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 14,051 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 11,732 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  YESENIA COBA BARRAZA Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|---|---|---|

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 08/05/2020

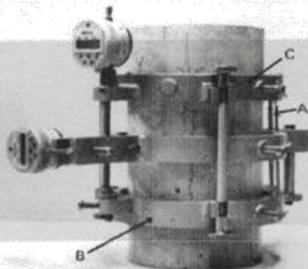
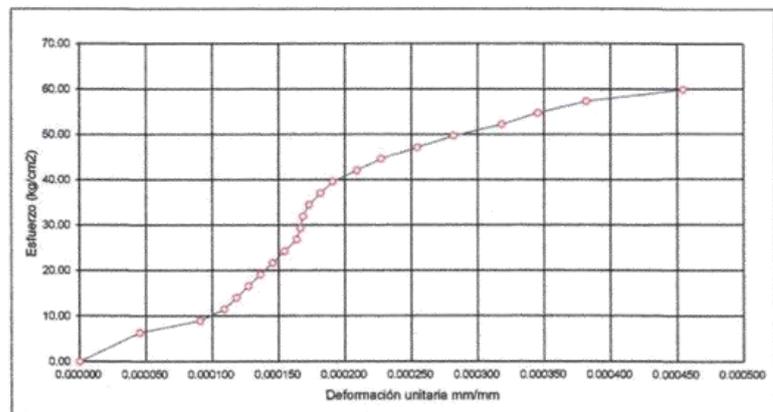
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M3)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000118 | 14.01 |
| 0.000127 | 16.55 |
| 0.000136 | 19.10 |
| 0.000145 | 21.65 |
| 0.000155 | 24.19 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000166 | 29.28 |
| 0.000168 | 31.83 |
| 0.000173 | 34.38 |
| 0.000182 | 36.92 |
| 0.000191 | 39.47 |
| 0.000209 | 42.02 |
| 0.000227 | 44.56 |
| 0.000255 | 47.11 |
| 0.000282 | 49.66 |
| 0.000318 | 52.20 |
| 0.000345 | 54.75 |
| 0.000382 | 57.30 |
| 0.000455 | 59.84 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 07 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 157,513 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 13,310 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 10,869 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 116903 | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F_c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 08/05/2020

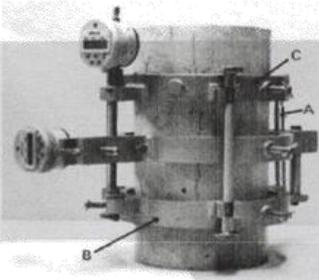
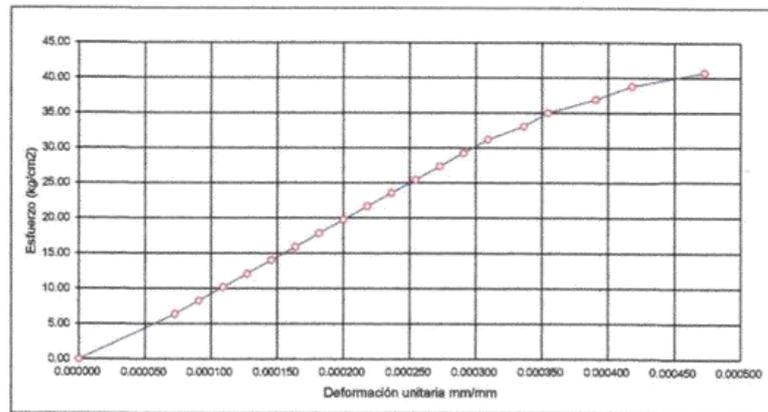
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M3)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F_c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000073 | 6.37 |
| 0.000091 | 8.28 |
| 0.000109 | 10.19 |
| 0.000127 | 12.10 |
| 0.000145 | 14.01 |
| 0.000164 | 15.92 |
| 0.000182 | 17.83 |
| 0.000200 | 19.74 |
| 0.000218 | 21.65 |
| 0.000236 | 23.55 |
| 0.000255 | 25.46 |
| 0.000273 | 27.37 |
| 0.000291 | 29.28 |
| 0.000309 | 31.19 |
| 0.000336 | 33.10 |
| 0.000355 | 35.01 |
| 0.000381 | 36.92 |
| 0.000418 | 38.83 |
| 0.000473 | 40.74 |



Fuente: ASTM C469

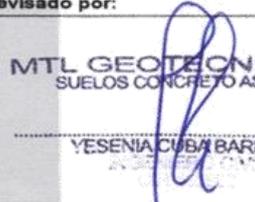
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 100,318 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 11,027 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 6,923 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YEZENIA CUEVA BARRAZA | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

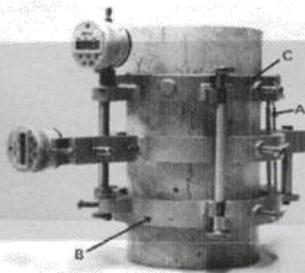
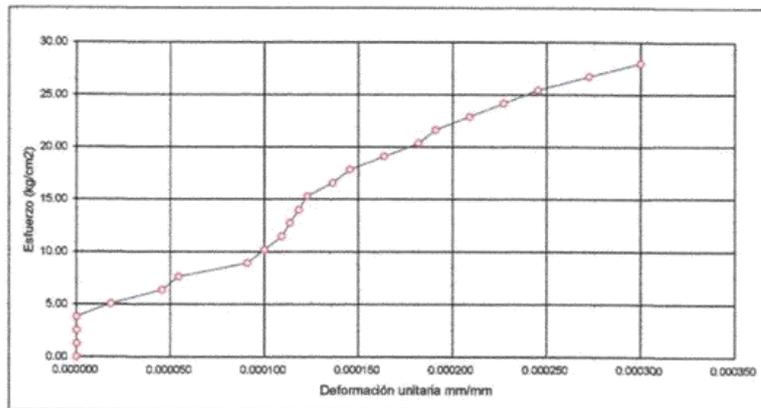
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M3)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| | 3.82 |
| 0.000018 | 5.09 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000055 | 7.64 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000100 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000114 | 12.73 |
| 0.000118 | 14.01 |
| 0.000123 | 15.28 |
| 0.000136 | 16.55 |
| 0.000145 | 17.83 |
| 0.000184 | 19.10 |
| 0.000182 | 20.37 |
| 0.000191 | 21.65 |
| 0.000209 | 22.92 |
| 0.000227 | 24.19 |
| 0.000245 | 25.46 |
| 0.000273 | 26.74 |
| 0.000300 | 28.01 |



Fuente: ASTM C469

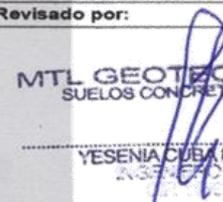
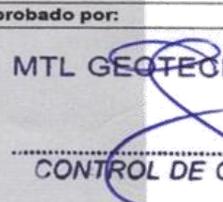
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 7 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|--------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 94,457 |
| Cte. Elás. fc Ult. | 11,838 |
| Cte. Elás. fc Nomin. | 6,518 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019
SOLICITANTE : Llier Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

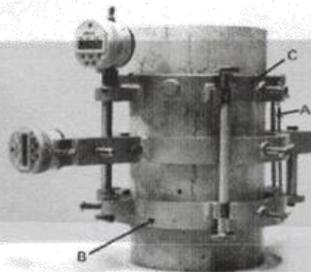
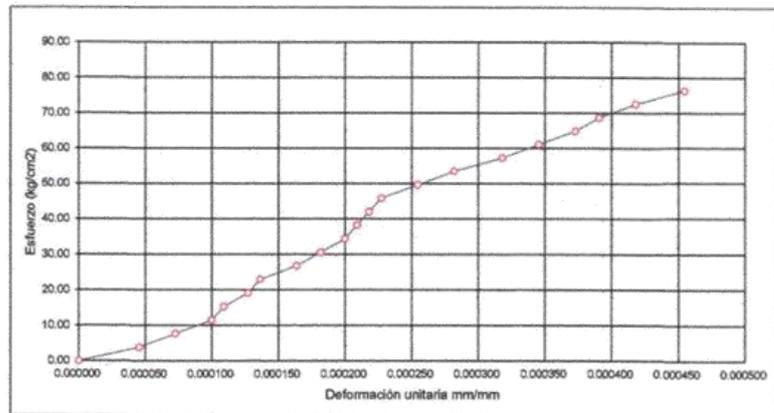
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 3.82 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000100 | 11.46 |
| 0.000109 | 15.28 |
| 0.000127 | 19.10 |
| 0.000136 | 22.92 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000182 | 30.56 |
| 0.000200 | 34.38 |
| 0.000209 | 38.20 |
| 0.000218 | 42.02 |
| 0.000227 | 45.84 |
| 0.000255 | 49.66 |
| 0.000282 | 53.48 |
| 0.000318 | 57.30 |
| 0.000345 | 61.12 |
| 0.000373 | 64.94 |
| 0.000391 | 68.75 |
| 0.000418 | 72.57 |
| 0.000455 | 76.39 |



Fuente: ASTM C469

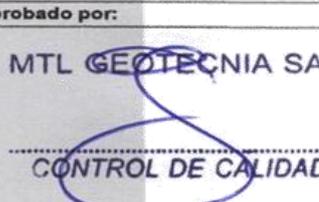
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PATRON F'c = 210 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|--|----------------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 186,151 |
| Cta. Elás. f _c Ult. | 13,943 |
| Cta. Elás. f _c Nomin. | 12,846 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESENIA DUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 15803 | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Ulter Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

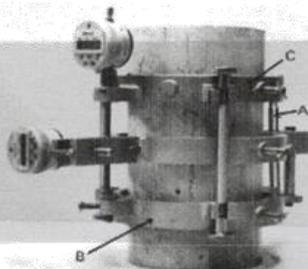
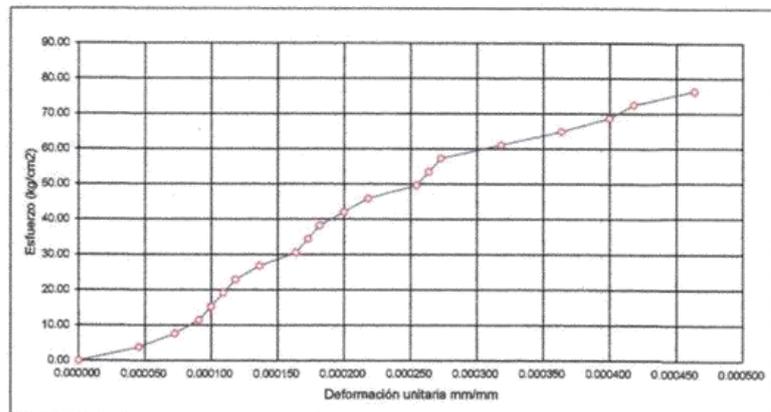
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 3.82 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000100 | 15.28 |
| 0.000109 | 19.10 |
| 0.000118 | 22.92 |
| 0.000136 | 26.74 |
| 0.000164 | 30.56 |
| 0.000173 | 34.38 |
| 0.000182 | 38.20 |
| 0.000200 | 42.02 |
| 0.000218 | 45.84 |
| 0.000255 | 49.66 |
| 0.000264 | 53.48 |
| 0.000273 | 57.30 |
| 0.000318 | 61.12 |
| 0.000364 | 64.94 |
| 0.000400 | 68.75 |
| 0.000418 | 72.57 |
| 0.000464 | 76.39 |



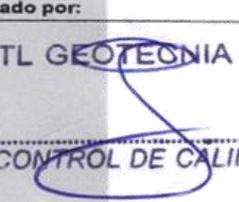
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : PATRON F'c = 210 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 184,593 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 13,826 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 12,738 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|--|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 17893 | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LBR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

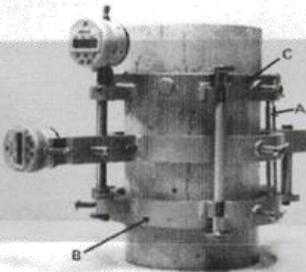
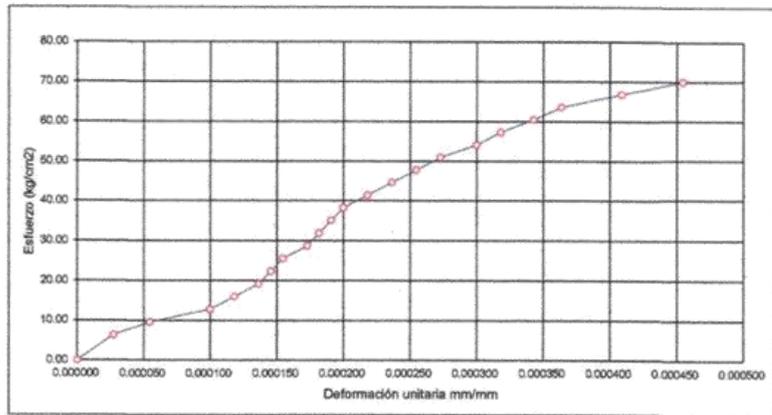
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000027 | 6.37 |
| 0.000055 | 9.55 |
| 0.000100 | 12.73 |
| 0.000118 | 15.92 |
| 0.000136 | 19.10 |
| 0.000145 | 22.28 |
| 0.000155 | 25.46 |
| 0.000173 | 28.65 |
| 0.000182 | 31.83 |
| 0.000191 | 35.01 |
| 0.000200 | 38.20 |
| 0.000218 | 41.38 |
| 0.000236 | 44.56 |
| 0.000255 | 47.75 |
| 0.000273 | 50.93 |
| 0.000300 | 54.11 |
| 0.000318 | 57.30 |
| 0.000343 | 60.48 |
| 0.000364 | 63.66 |
| 0.000409 | 66.85 |
| 0.000455 | 70.03 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

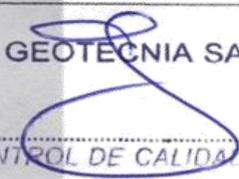
RESULTADOS

MÓDULO DE ELASTICIDAD

| | |
|--|----------------|
| Módulo E _c kg/cm ² | 175,464 |
| Cte. Elás. F _c Ult. | 14,195 |
| Cte. Elás. F _c Nomin. | 12,108 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Sueltos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019"
SOLICITANTE : Ulter Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F_c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

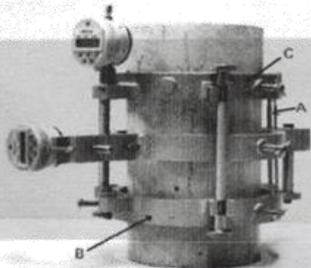
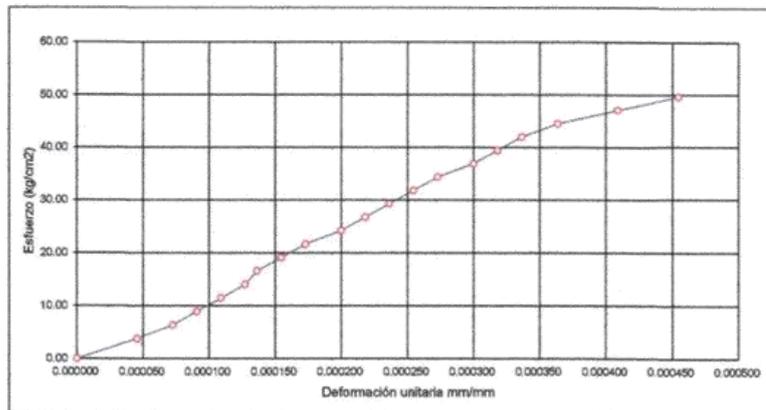
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F_c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 3.82 |
| 0.000073 | 6.37 |
| 0.000091 | 8.91 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000127 | 14.01 |
| 0.000136 | 16.55 |
| 0.000155 | 19.10 |
| 0.000173 | 21.65 |
| 0.000200 | 24.19 |
| 0.000218 | 26.74 |
| 0.000236 | 29.28 |
| 0.000255 | 31.83 |
| 0.000273 | 34.38 |
| 0.000300 | 36.92 |
| 0.000318 | 39.47 |
| 0.000336 | 42.02 |
| 0.000364 | 44.56 |
| 0.000409 | 47.11 |
| 0.000455 | 49.66 |



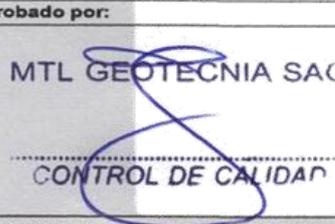
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 210 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 130,153 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 12,511 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 8,981 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Ulter Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 15/05/2020

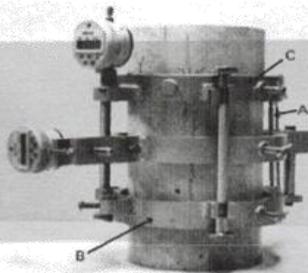
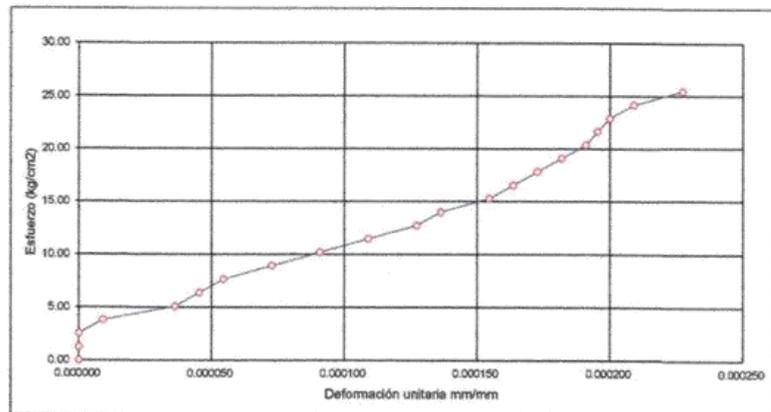
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000009 | 3.82 |
| 0.000036 | 5.09 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000055 | 7.64 |
| 0.000073 | 8.91 |
| 0.000091 | 10.19 |
| 0.000109 | 11.46 |
| 0.000127 | 12.73 |
| 0.000136 | 14.01 |
| 0.000155 | 15.28 |
| 0.000164 | 16.55 |
| 0.000173 | 17.83 |
| 0.000182 | 19.10 |
| 0.000191 | 20.37 |
| 0.000195 | 21.65 |
| 0.000200 | 22.92 |
| 0.000209 | 24.19 |
| 0.000227 | 25.46 |



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 14 días

| RESULTADOS | |
|------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 106,103 |
| Cte. Elás. f'c Ult. | 14,017 |
| Cte. Elás. f'c Nomin. | 7,322 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

TESIS : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019"
SOLICITANTE : Liler Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

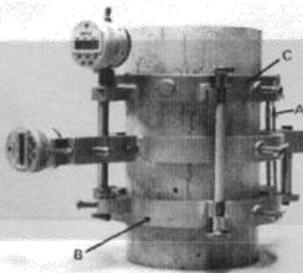
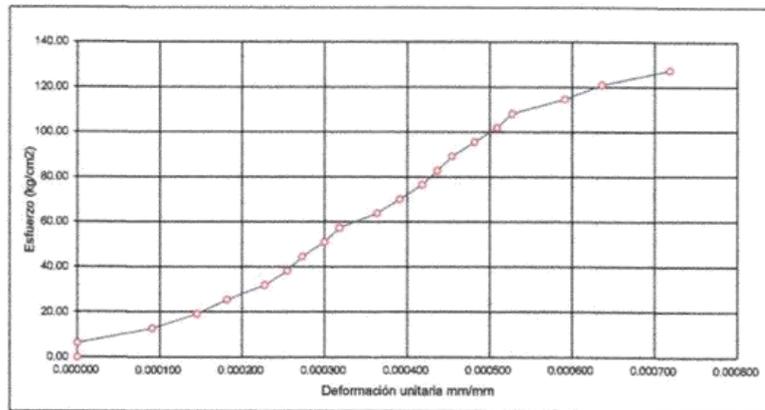
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 6.37 |
| 0.000091 | 12.73 |
| 0.000145 | 19.10 |
| 0.000182 | 25.46 |
| 0.000227 | 31.83 |
| 0.000255 | 38.20 |
| 0.000273 | 44.56 |
| 0.000300 | 50.93 |
| 0.000318 | 57.30 |
| 0.000364 | 63.66 |
| 0.000391 | 70.03 |
| 0.000418 | 76.39 |
| 0.000436 | 82.76 |
| 0.000455 | 89.13 |
| 0.000482 | 95.49 |
| 0.000509 | 101.86 |
| 0.000527 | 108.23 |
| 0.000591 | 114.59 |
| 0.000636 | 120.96 |
| 0.000718 | 127.32 |



Fuente: ASTM C469

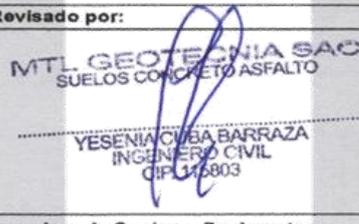
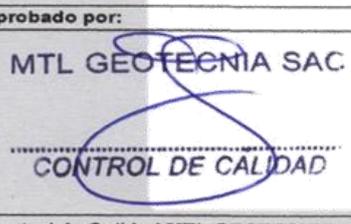
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PATRON F'c = 210 kg/cm²
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|--|----------------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 200,384 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 12,557 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 13,828 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 315803 | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Ulter Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F_c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

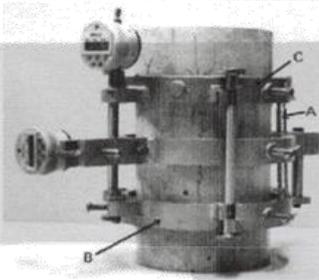
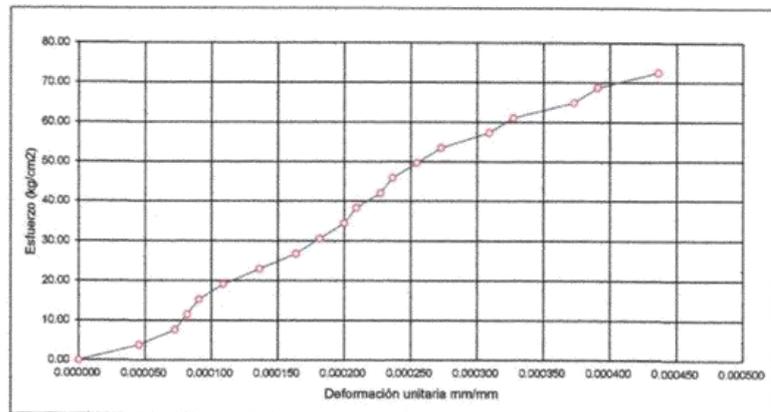
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F_c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 3.82 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000082 | 11.46 |
| 0.000091 | 15.28 |
| 0.000109 | 19.10 |
| 0.000136 | 22.92 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000182 | 30.56 |
| 0.000200 | 34.38 |
| 0.000209 | 38.20 |
| 0.000227 | 42.02 |
| 0.000236 | 45.84 |
| 0.000255 | 49.66 |
| 0.000273 | 53.48 |
| 0.000309 | 57.30 |
| 0.000327 | 61.12 |
| 0.000373 | 64.94 |
| 0.000391 | 68.75 |
| 0.000436 | 72.57 |



Fuente: ASTM C469

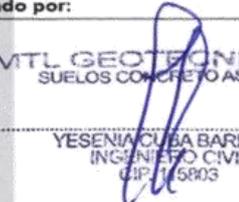
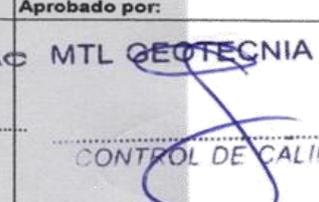
DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 187,818 |
| Cte. Elás. F _c Ult. | 14,599 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 12,961 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayillo - 2019
SOLICITANTE : Ulises Alexander Zeleda Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F^c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

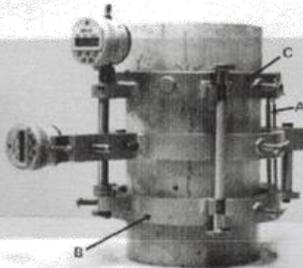
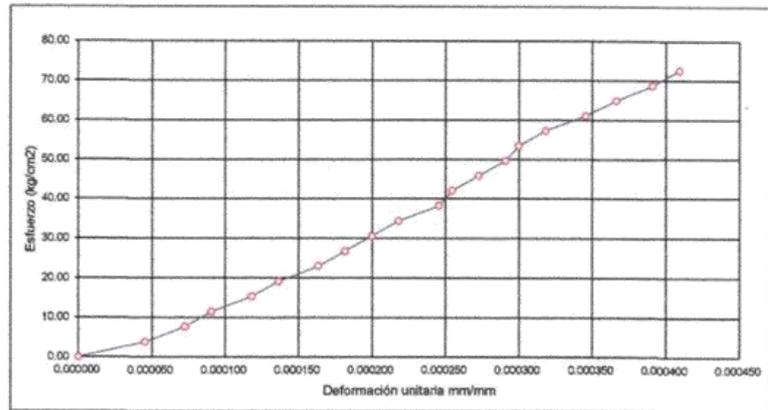
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M1)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F^c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000045 | 3.82 |
| 0.000073 | 7.64 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000118 | 15.28 |
| 0.000136 | 19.10 |
| 0.000164 | 22.92 |
| 0.000182 | 26.74 |
| 0.000200 | 30.56 |
| 0.000218 | 34.38 |
| 0.000245 | 38.20 |
| 0.000255 | 42.02 |
| 0.000273 | 45.84 |
| 0.000291 | 49.66 |
| 0.000300 | 53.48 |
| 0.000318 | 57.30 |
| 0.000345 | 61.12 |
| 0.000366 | 64.94 |
| 0.000391 | 68.75 |
| 0.000409 | 72.57 |



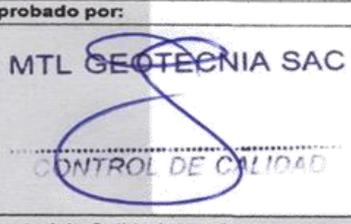
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 210 + 7%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|----------------------------------|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo Ec kg/cm ² | 190,273 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 14,789 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 13,130 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  | Revisado por:  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 15803 | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|----------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabayllo - 2019"
SOLICITANTE : Lier Alexander Zelada Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
f'c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

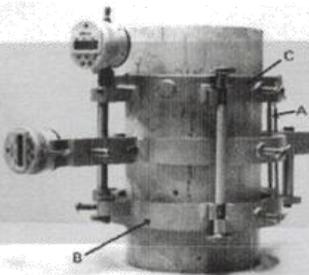
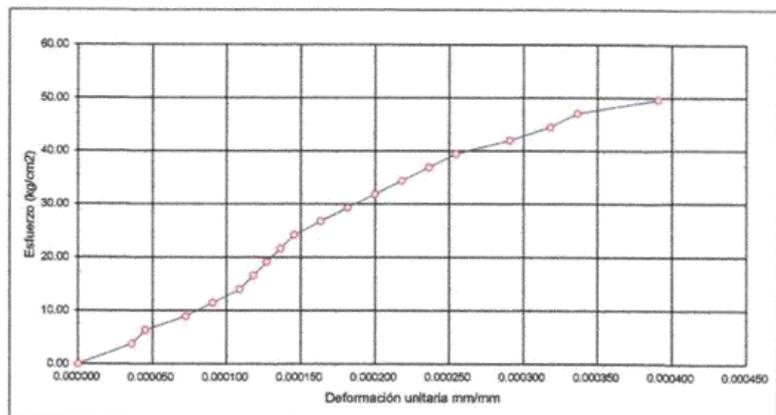
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M2)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000036 | 3.82 |
| 0.000045 | 6.37 |
| 0.000073 | 8.91 |
| 0.000091 | 11.46 |
| 0.000109 | 14.01 |
| 0.000118 | 16.55 |
| 0.000127 | 19.10 |
| 0.000136 | 21.65 |
| 0.000145 | 24.19 |
| 0.000164 | 26.74 |
| 0.000182 | 29.28 |
| 0.000200 | 31.83 |
| 0.000218 | 34.38 |
| 0.000236 | 36.92 |
| 0.000255 | 39.47 |
| 0.000291 | 42.02 |
| 0.000318 | 44.56 |
| 0.000336 | 47.11 |
| 0.000391 | 49.66 |



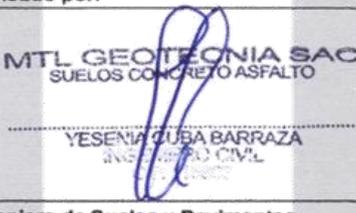
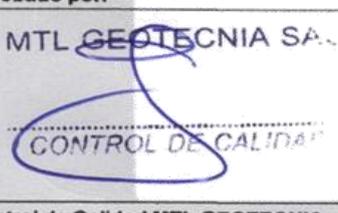
Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
Identificación : Fc 210 + 13%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 152,442 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 15,104 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 10,520 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  <p>YEZENY CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p> |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | | Código | FOR-LSR-CON-032 |
| | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO | | Revisión | 1 |
| | | | Aprobado | CC-MTL |
| | | | Fecha | 17/02/2020 |

PROYECTO : Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019
SOLICITANTE : Ulir Alexander Zeleda Izquierdo
CÓDIGO : -
UBICACIÓN : Distrito de Lima
REGISTRO N° : -

Muestra : Concreto Endurecido
F^c : 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 29/05/2020

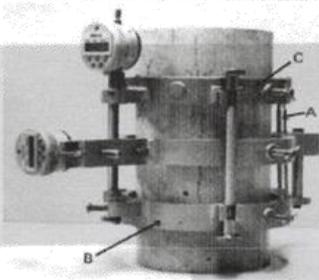
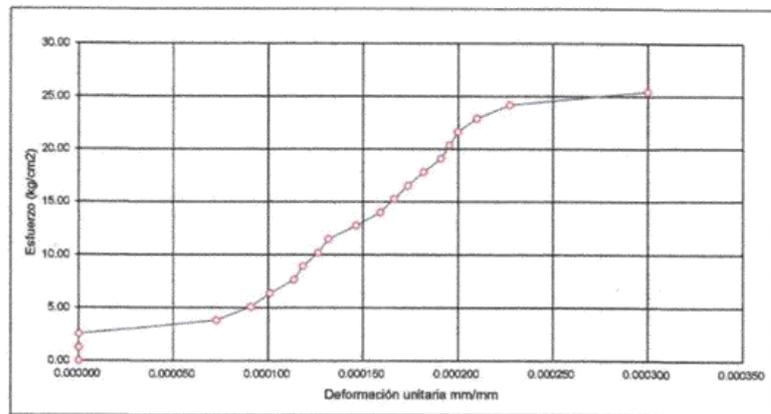
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra : Concreto endurecido (M3)
Presentación : Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F^c de diseño : 210 kg/cm²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

| Deformación Unitaria mm/mm | Esfuerzo kg/cm ² |
|----------------------------|-----------------------------|
| 0.000000 | 0.00 |
| 0.000000 | 1.27 |
| 0.000000 | 2.55 |
| 0.000073 | 3.82 |
| 0.000091 | 5.09 |
| 0.000101 | 6.37 |
| 0.000114 | 7.64 |
| 0.000118 | 8.91 |
| 0.000126 | 10.19 |
| 0.000132 | 11.46 |
| 0.000146 | 12.73 |
| 0.000159 | 14.01 |
| 0.000166 | 15.28 |
| 0.000174 | 16.55 |
| 0.000182 | 17.83 |
| 0.000191 | 19.10 |
| 0.000195 | 20.37 |
| 0.000200 | 21.65 |
| 0.000210 | 22.92 |
| 0.000227 | 24.19 |
| 0.000300 | 25.46 |



Evento: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : Fc 210 + 20%
Método de curado utilizado : Sumergido en agua
Fecha de vaciado : 01/05/2020
Edad : 28 días

| RESULTADOS | |
|--|---------|
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo E _c kg/cm ² | 121,856 |
| Cte. Elás. f _c Ult. | 16,099 |
| Cte. Elás. f _c Nomin. | 8,409 |

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA OUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.I. 16803 | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | |
|---|---|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO |
| LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS ASTM C642 / NTP 339.187 | |
| TESIS | : "Optimización del Concreto Hecho en Obra con Adición de Fibra Pet Reciclado, Carabaylo - 2019" |
| SOLICITANTE | : Liler Alexander Zelada Izquierdo |
| UBICACIÓN | : Distrito de Lima |
| Tipo de muestra | : Concreto Endurecido |
| Diseño (f'c) | : 210 Kg/cm ² |
| Fecha de vaciado | : 01-05-20 |
| Fecha de ensayo | : 29-05-20 |
| Edad | : 28 días |

| RESULTADOS ASTM C642 | PATRÓN f'c 210 | f'c 210 + 7% | f'c 210 + 13% | f'c 210 + 20% |
|--|----------------|--------------|---------------|---------------|
| ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN | 6.1% | 6.7% | 7.6% | 8.8% |
| ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN | 6.3% | 7.4% | 8.8% | 10.8% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.220 | 2.137 | 2.080 | 1.963 |
| DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³) | 2.355 | 2.279 | 2.216 | 2.135 |
| DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³) | 2.360 | 2.295 | 2.236 | 2.172 |
| DENSIDAD APARENTE (g/cm ³) | 2.582 | 2.538 | 2.502 | 2.481 |
| VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACÍOS) | 14.0% | 15.8% | 17.7% | 20.9% |

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|---|---|--|
|  Elaborado por: | Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 113803 | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

ANEXO 5. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula N° : 230-2019-INACAL/DA

Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA

Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

| Trazabilidad | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|-------------------------------------|--|----------------------------|
| Patrones de Referencia de LO JUSTO | Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1 | IP-140-2019 Mayo 2019 |
| Patrones de Referencia de DM-INACAL | Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1 | LM-147-2019 Mayo 2019 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste de Cero | Tiene | Escala | No Tiene |
| Oscilación Libre | Tiene | Cursor | No Tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de Traba | No Tiene | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 21,9 °C | 21,9 °C |
| Humedad Relativa | 64 % | 64 % |

| Medición N° | Carga (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Medición N° | Carga (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) |
|------------------------------|-----------|----------|---------|--------|------------------------------|-----------|----------|---------|--------|
| 1 | 1 100,000 | 1 099,99 | 5 | -10 | 1 | 2 200,000 | 2 199,98 | 4 | -19 |
| 2 | | 1 099,99 | 3 | -8 | 2 | | 2 199,99 | 4 | -9 |
| 3 | | 1 099,98 | 4 | -19 | 3 | | 2 199,98 | 5 | -20 |
| 4 | | 1 099,98 | 4 | -19 | 4 | | 2 199,98 | 4 | -19 |
| 5 | | 1 099,99 | 4 | -9 | 5 | | 2 199,99 | 4 | -9 |
| 6 | | 1 099,98 | 5 | -20 | 6 | | 2 199,98 | 4 | -19 |
| 7 | | 1 099,98 | 3 | -18 | 7 | | 2 199,98 | 3 | -18 |
| 8 | | 1 099,98 | 5 | -20 | 8 | | 2 199,99 | 4 | -9 |
| 9 | | 1 099,99 | 5 | -10 | 9 | | 2 199,99 | 5 | -10 |
| 10 | | 1 099,99 | 5 | -10 | 10 | | 2 199,99 | 5 | -10 |
| Emáx - Emin (mg) | | | | 12 | Emáx - Emin (mg) | | | | 11 |
| error máximo permitido (±mg) | | | | 200 | error máximo permitido (±mg) | | | | 300 |





Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-5684-2019

PROFORMA : 2004A

Fecha de emisión : 2019 - 08 - 02

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martin De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESNA DE CONCRETO

Marca : ELE
Modelo : ADR TOUCH
N° Serie : 1887-1-00074
Intervalo de indicación : 120000 kgf
Resolución : 0,1 kgf
Procedencia : No Indica
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2019 - 08 - 01

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de LEMICONS S.R.L.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|--------|
| TEMPERATURA | 19,2°C | 19,1°C |
| HUMEDAD RELATIVA | 72,0% | 72,0% |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC-5684-2019

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|---|---|----------------------------|
| Balanza de Presión Clase de Exactitud 0,005 DM-INACAL | Manómetro de 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05 | LFP - C - 029 - 2019 |

| RESULTADOS | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|---------------------|
| INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN | | VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO | CORRECCIÓN | INCERTIDUMBRE |
| kgf | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² | kgf/cm ² |
| 102 | 0,61 | 0,61 | 0,00 | 0,02 |
| 200 | 1,10 | 1,11 | 0,01 | 0,02 |
| 500 | 2,72 | 2,68 | -0,04 | 0,02 |
| 800 | 4,33 | 4,26 | -0,07 | 0,02 |
| 1000 | 5,40 | 5,30 | -0,10 | 0,02 |
| 5000 | 26,77 | 26,26 | -0,51 | 0,02 |
| 10000 | 53,46 | 52,44 | -1,02 | 0,03 |
| 20000 | 107,17 | 105,12 | -2,05 | 0,05 |
| 50000 | 266,47 | 261,35 | -5,12 | 0,07 |
| 80000,5 | 423,45 | 415,30 | -8,15 | 0,09 |

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LL - 361 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. Expediente | 190844 |
| 2. Solicitante | MTL GEOTECNIA S.A.C. |
| 3. Dirección | Cal. La Madrid N° 264 Asc. Los Olivos, San Martín de Porres - Lima - LIMA |
| 4. Instrumento de Medición | COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL) |
| Alcance de indicación | 0 mm a 25 mm |
| División de Escala / Resolución | 0,01 mm |
| Marca | BAKER |
| Modelo | J08A |
| Número de Serie | R7280 |
| Procedencia | NO INDICA |
| Identificación | NO INDICA |
| Tipo de indicación | ANALÓGICO |
| 5. Fecha de Calibración | 2019-09-20 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2019-09-20

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN C. QUISPE MORALES



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 361 - 2019*Área de Metrología*
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 20,6 °C | 20,8 °C |
| Humedad Relativa | 69 % | 69 % |

9. Patrones de Referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado/Informe de calibración |
|---|--|------------------------------------|
| BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001 | BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47 | DM / INACAL LLA-C-091-2018 |
| COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-138-2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 361 - 2019*Área de Metrología*
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de MediciónALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

| VALOR PATRÓN (mm) | INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm) | ERROR DE INDICACIÓN (μm) |
|------------------------|--|---|
| 2,500 | 2,502 | 2 |
| 5,000 | 5,001 | 1 |
| 7,500 | 7,501 | 1 |
| 10,000 | 10,001 | 1 |
| 12,500 | 12,500 | 0 |
| 15,000 | 15,002 | 2 |
| 17,500 | 17,502 | 2 |
| 20,000 | 20,001 | 1 |
| 22,500 | 22,502 | 2 |
| 25,000 | 25,001 | 1 |

Alcance del error de indicación (f_e) : 2 μm Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

| VALOR PATRÓN (mm) | INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm) | ERROR DE INDICACIÓN (μm) |
|------------------------|--|---|
| 22,500 | 22,502 | 2 |
| | 22,502 | 2 |
| | 22,502 | 2 |
| | 22,502 | 2 |
| | 22,502 | 2 |

Error de Repetibilidad (f_w) : 0 μm Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 361 - 2019**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 20,6 °C | 20,8 °C |
| Humedad Relativa | 69 % | 69 % |

9. Patrones de Referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado/Informe de calibración |
|---|--|------------------------------------|
| BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001 | BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47 | DM / INACAL LLA-C-091-2018 |
| COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-138-2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE: MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
 Marca : GEMMY
 Modelo : YC0-010
 N° de Serie : 510847
 Tipo de Ventilación : Turbulencia
 Procedencia : ALEMANIA
 Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
 Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
 Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29,3 °C | 29,6 °C |
| Humedad Relativa | 45,3 % | 43,2 % |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 2 de 5

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|--|--|----------------------------|
| Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL | Termómetro Digital -200 °C a 400 °C | LT-247-2018 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| Temperatura de Trabajo | Posición del Controlador | Tiempo de Calentamiento | Tiempo de Estabilización | Porcentaje de carga | Tipo de Carga / Muestra |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 110 °C ± 10 °C | 110 | 40 min | 180 min | 30 % | ENVASE METALICO C/ MUESTRAS CLIENTE |

| Tiempo (hh:mm) | Termómetro Horno (°C) | Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} ^[1] (°C) | T _{max} - T _{min} (°C) |
|------------------------|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|--|
| | | Nivel Superior | | | | | Nivel Inferior | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 0:00 | 110 | 110,8 | 111,8 | 111,3 | 110,6 | 110,3 | 109,2 | 112,3 | 110,7 | 109,3 | 109,6 | 110,6 | 3,1 |
| 0:02 | 110 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 110,4 | 110,4 | 109,5 | 112,2 | 110,5 | 109,6 | 109,8 | 110,6 | 2,7 |
| 0:04 | 110 | 111,1 | 112,1 | 111,7 | 110,8 | 110,9 | 111,3 | 112,6 | 110,9 | 111,5 | 111,5 | 111,4 | 1,8 |
| 0:06 | 110 | 111,7 | 112,7 | 112,3 | 111,5 | 111,4 | 113,0 | 113,2 | 111,6 | 113,3 | 113,4 | 112,4 | 1,9 |
| 0:08 | 110 | 112,1 | 113,0 | 112,7 | 111,8 | 111,8 | 113,6 | 113,5 | 111,9 | 114,0 | 113,9 | 112,8 | 2,2 |
| 0:10 | 110 | 112,2 | 113,3 | 112,7 | 111,9 | 112,0 | 113,5 | 113,8 | 112,0 | 113,8 | 113,6 | 112,9 | 1,9 |
| 0:12 | 110 | 112,1 | 113,3 | 112,6 | 111,8 | 112,0 | 113,1 | 113,8 | 111,9 | 113,3 | 113,0 | 112,7 | 1,9 |
| 0:14 | 110 | 111,9 | 113,2 | 112,4 | 111,6 | 111,8 | 112,4 | 113,7 | 111,7 | 112,5 | 112,4 | 112,4 | 2,1 |
| 0:16 | 110 | 111,8 | 112,9 | 112,2 | 111,4 | 111,5 | 111,6 | 113,4 | 111,5 | 111,8 | 111,7 | 112,0 | 2,0 |
| 0:18 | 110 | 111,4 | 112,6 | 111,9 | 111,1 | 111,2 | 110,9 | 113,1 | 111,2 | 111,0 | 111,0 | 111,6 | 2,3 |
| 0:20 | 110 | 111,2 | 112,2 | 111,6 | 110,9 | 110,9 | 110,1 | 112,7 | 111,0 | 110,2 | 110,3 | 111,1 | 2,6 |
| 0:22 | 110 | 110,9 | 111,9 | 111,3 | 110,7 | 110,6 | 109,4 | 112,4 | 110,8 | 109,4 | 109,7 | 110,7 | 3,0 |
| 0:24 | 110 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 110,4 | 110,3 | 109,2 | 112,2 | 110,5 | 109,3 | 109,6 | 110,5 | 3,0 |
| 0:26 | 110 | 111,0 | 112,0 | 111,5 | 110,7 | 110,6 | 110,7 | 112,5 | 110,8 | 110,9 | 110,8 | 111,1 | 1,9 |
| 0:28 | 110 | 111,6 | 112,6 | 112,2 | 111,3 | 111,2 | 112,7 | 113,1 | 111,4 | 112,9 | 113,0 | 112,2 | 1,9 |
| 0:30 | 110 | 112,1 | 113,0 | 112,6 | 111,8 | 111,7 | 113,6 | 113,5 | 111,9 | 113,9 | 113,8 | 112,8 | 2,2 |
| 0:32 | 110 | 112,2 | 113,2 | 112,7 | 112,0 | 111,9 | 113,6 | 113,7 | 112,1 | 114,0 | 113,7 | 112,9 | 2,1 |
| 0:34 | 110 | 112,2 | 113,2 | 112,7 | 111,9 | 112,1 | 113,3 | 113,7 | 112,0 | 113,5 | 113,2 | 112,8 | 1,8 |
| 0:36 | 110 | 112,0 | 113,2 | 112,5 | 111,7 | 111,8 | 112,7 | 113,7 | 111,8 | 112,8 | 112,6 | 112,5 | 2,0 |
| 0:38 | 110 | 111,9 | 113,0 | 112,3 | 111,5 | 111,5 | 111,9 | 113,5 | 111,6 | 112,0 | 112,0 | 112,1 | 2,0 |
| 0:40 | 110 | 111,6 | 112,8 | 112,1 | 111,3 | 111,1 | 111,1 | 113,3 | 111,4 | 111,2 | 111,2 | 111,7 | 2,2 |
| 0:42 | 110 | 111,3 | 112,3 | 111,7 | 111,1 | 110,9 | 110,3 | 112,8 | 111,2 | 110,4 | 110,5 | 111,3 | 2,5 |
| 0:44 | 110 | 110,9 | 111,9 | 111,4 | 110,7 | 110,6 | 109,6 | 112,4 | 110,8 | 109,6 | 109,9 | 110,8 | 2,8 |
| 0:46 | 110 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 110,5 | 110,3 | 109,1 | 112,2 | 110,6 | 109,1 | 109,4 | 110,5 | 3,1 |
| 0:48 | 110 | 110,8 | 111,8 | 111,3 | 110,5 | 110,5 | 110,0 | 112,3 | 110,6 | 110,1 | 110,2 | 110,8 | 2,3 |
| 0:50 | 110 | 111,4 | 112,5 | 112,0 | 111,1 | 111,0 | 112,0 | 113,0 | 111,2 | 112,2 | 112,3 | 111,8 | 2,0 |
| 0:52 | 110 | 111,9 | 112,9 | 112,5 | 111,7 | 111,6 | 113,3 | 113,4 | 111,8 | 113,7 | 113,7 | 112,6 | 2,1 |
| 0:54 | 110 | 112,2 | 113,2 | 112,8 | 111,9 | 111,9 | 113,7 | 113,7 | 112,0 | 114,0 | 113,8 | 112,9 | 2,1 |
| 0:56 | 110 | 112,2 | 113,3 | 112,8 | 112,0 | 112,1 | 113,4 | 113,8 | 112,1 | 113,7 | 113,4 | 112,9 | 1,8 |
| 0:58 | 110 | 112,1 | 113,2 | 112,6 | 111,8 | 111,9 | 112,9 | 113,7 | 111,9 | 113,1 | 112,9 | 112,6 | 1,9 |
| 1:00 | 110 | 112,0 | 113,1 | 112,4 | 111,6 | 111,7 | 112,2 | 113,6 | 111,7 | 112,3 | 112,2 | 112,3 | 2,0 |
| T. PROM ^[1] | 110,0 | 111,6 | 112,6 | 112,1 | 111,3 | 111,3 | 111,7 | 113,1 | 111,4 | 111,9 | 111,9 | | |
| T. MAX ^[2] | 110,0 | 112,2 | 113,3 | 112,8 | 112,0 | 112,1 | 113,7 | 113,8 | 112,1 | 114,0 | 113,9 | | |
| T. MIN ^[3] | 110,0 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 110,4 | 110,3 | 109,1 | 112,2 | 110,5 | 109,1 | 109,4 | | |
| DTT ^[5] | 0,0 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 4,6 | 1,6 | 1,6 | 4,9 | 4,4 | | |

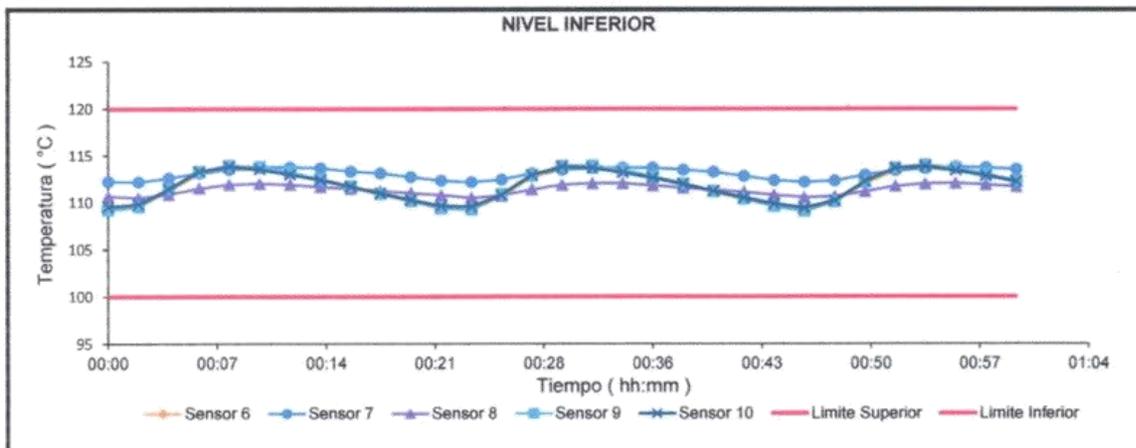
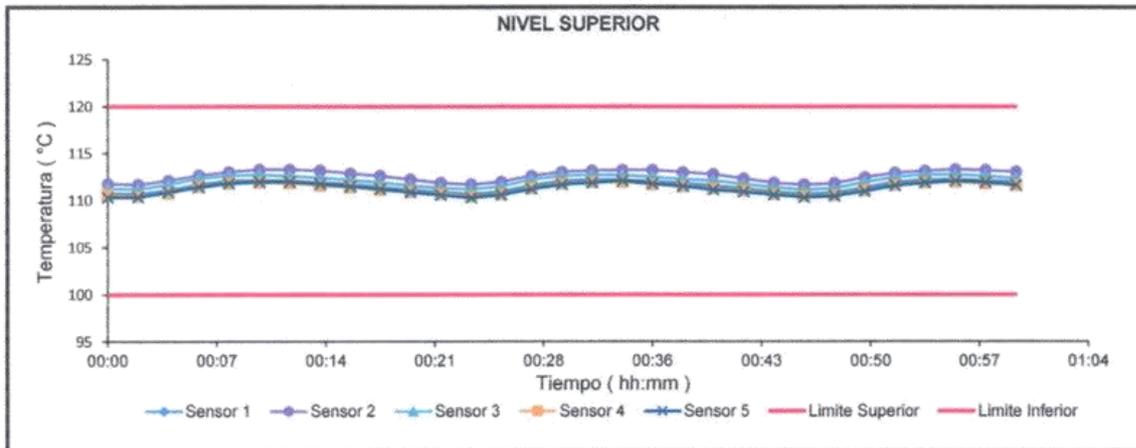
Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 3 de 5

RESULTADOS DE MEDICIÓN

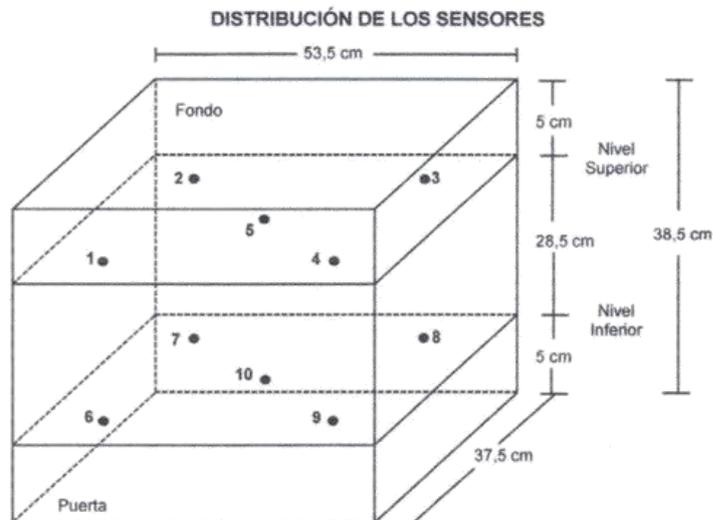
| Parámetro | Valor (°C) | Incertidumbre Expandida (°C) |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 114,0 | 0,4 |
| Mínima Temperatura Medida | 109,1 | 0,5 |
| Desviación Temperatura en el Tiempo | 4,9 | 0,1 |
| Desviación Temperatura en el Espacio | 1,8 | 0,5 |
| Estabilidad Medida (±) | 2,45 | 0,04 |
| Uniformidad Medida | 3,1 | 0,5 |

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 4 de 5



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO

