

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”



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

**INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL TEREFTALATO
DE POLIETILENO USADO COMO AGREGADO, EN LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

CÉSAR ARTURO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

ASESOR:

M.Sc. ERASMO ALEJANDRO FERNÁNDEZ SIXTO

HUÁNUCO – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso de mi vida brindándome sabiduría y fortaleza.

A mi madre, por todo su amor, cariño y consejos a lo largo de mi vida. Por formarme profesionalmente y ayudarme en cada etapa de mi vida. Te estaré infinitamente agradecido. Te amo madre de mi corazón.

A mi novia, por brindarme su amor y apoyarme emocionalmente en los momentos más difíciles; y confiar en mí para la culminación de este proyecto.



AGRADECIMIENTO

A mis padres, Uldárica y Jorge; por darme la vida; en especial afecto a mi madre por ofrecerme siempre su apoyo incondicional y ayudarme en cada aspecto de mi vida.

Al amor de mi vida, mi Fany. Te agradezco por todo el amor que me brindas y sé que juntos alcanzaremos muchas cosas y seremos felices siempre.

A mi familia, por todos los momentos compartidos juntos y por apoyarme moralmente para la culminación de este proyecto.

A mi asesor, al Ing. Erasmo Fernández Sixto, por aceptarme como su tesista, por toda la paciencia brindada, los consejos y orientación a lo largo de la tesis.

A todos mis amigos, que me apoyaron a seguir adelante y participando en gratos momentos de amistad.

A todos los docentes de mi Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, por compartir su conocimiento en enseñanzas y me ayudaron en mi formación profesional.

A Omar, Gabriel, Eluterio y Eduard por su apoyo brindado en el laboratorio de suelos durante la elaboración de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, en especial cariño a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de poder ejercer mis estudios y poder cumplir una etapa maravillosa de mi vida.

A todos ellos les debo un agradecimiento infinito. Que Dios los Bendiga.



RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el uso del material Tereftalato de Polietileno (PET) como agregado del concreto; con el objetivo de determinar la influencia de la textura de este material sobre la resistencia a la compresión. En el campo de la construcción el uso del concreto es fundamental, por lo se plantea la sustitución del agregado pétreo con este material; para lo cual se hizo el diseño de mezclas con tres tipos de textura: esférica, laminar y mixta con porcentajes de volúmenes de agregados pétreos sustituidos en 5%, 7.5%, 10% y 15%.

La investigación se efectuó en un periodo de tres etapas: la primera correspondió a la recopilación de datos bibliográficos, empleando técnicas de análisis de contenido, fichajes y apuntes; empleando instrumentos de compresión lectora y fichas bibliográficas; la segunda fue la verificación de los diseños de mezcla realizadas dentro del laboratorio con técnicas de observación e instrumentos de campo basados en las normas ASTM, ACI y NTP relacionadas con las propiedades del concreto para la verificación de la hipótesis; por último, se discutió los resultados de la muestra en base a tablas y figuras estadísticas.

El tipo de investigación es el deductivo con un enfoque mixto: cuantitativo y cualitativo con un alcance explicativo, debido al efecto que produce la textura del PET. Se validó la hipótesis mediante la distribución “t” student para muestras pequeñas para realizar una comparación entre las texturas del PET.

Por último, se concluye que la textura mixta tiene una mejor resistencia a la compresión al concreto con respecto a las texturas individuales; y se recomienda el uso en un volumen no mayor al 10% del agregado pétreo.



SUMMARY

The present investigation is based on the use of the Polyethylene Terephthalate (PET) material as aggregate of the concrete; with the objective of determining the influence of the texture of this material on the resistance to compression. In the field of construction, the use of concrete is fundamental, so the replacement of the stone aggregate with this material is considered; for which the design of mixtures with three types of texture was made: spherical, laminar and mixed with percentages of volumes of stone aggregates substituted in 5%, 7.5%, 10% and 15%.

The research was carried out in a period of three stages: the first corresponded to the collection of bibliographic data, using techniques of content analysis, signings and notes; using reading compression tools and bibliographic records; the second was the verification of the mixing designs made within the laboratory with observation techniques and field instruments based on the ASTM, ACI and NTP standards related to the properties of the concrete for the verification of the hypothesis; Finally, the results of the sample were discussed based on tables and statistical figures.

The type of research is the deductive with a mixed approach: quantitative and qualitative with an explanatory scope, due to the effect produced by the PET texture. The hypothesis was validated by the student "t" distribution for small samples to make a comparison between PET textures.

Finally, it is concluded that the mixed texture has a better resistance to compression in concrete with respect to individual textures; and use is recommended in a volume not greater than 10% of the stone aggregate.



ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes y Fundamentos del Problema.....	2
1.1.1. Antecedentes.....	2
1.1.2. Fundamento del Problema.....	4
1.2. Formulación del Problema.....	4
a) Problema General.....	4
b) Problemas Específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia.....	4
1.4. Limitaciones.....	5
1.5. Objetivos.....	6
a) Objetivo General.....	6
b) Objetivo Específicos.....	6
1.6. Hipótesis General.....	6
a) Hipótesis Alternativa (Ha).....	6
b) Hipótesis Nula (Ho).....	6
1.7. Hipótesis Específica.....	6
1.8. Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores:.....	7
Variables Dependiente.....	7
Variables Independiente.....	7
Variables Interviniente.....	7
1.9. Operacionalización de Variables.....	8
1.10. Universo/Población y Muestra.....	8
Determinación del Universo/Población.....	8
Selección de la Muestra.....	8
1.11. Revisión de Estudios Realizados.....	10
1.12. Conceptos Fundamentales.....	12
1.13. Marco Situacional.....	14
1.14. Definición de términos básicos.....	14
 CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	 18
2.1. Nivel y Tipo de Investigación.....	19
2.2. Diseño de la Investigación.....	19
2.3. Técnicas de recolección y tratamiento de datos.....	20
2.4. Elaboración y ensayos de las probetas.....	20
2.4.1. Ensayo de laboratorio de los agregados.....	21
Peso Unitario Suelto y Compactado.....	21
Análisis Granulométrico.....	22
Contenido de Humedad.....	24
Peso Específico y Absorción de Agregados.....	25
Características de los Agregados.....	27
2.4.2. Características del Cemento.....	27
2.4.3. Características del Agua.....	27
2.4.4. Características del Tereftalato de Polietileno.....	28
2.4.5. Diseño de Mezclas.....	29
2.4.6. Elaboración de las Probetas de Concreto.....	39
2.4.7. Ensayo del Concreto de Resistencia a la Compresión 210 kg/cm ²	46
2.4.8. Resultados de Ensayo del Concreto de Resistencia a la Compresión.....	48
2.4.9. Gráfica de Resultados de Ensayo a Compresión.....	56
2.4.10. Gráfica de Resultados del Peso de las Probetas.....	61



CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
3.1. Análisis Estadístico.....	63
3.1.1. Análisis Estadístico - Resistencia a la Compresión a los 7 Días.....	63
3.1.2. Análisis Estadístico: Resistencia a la Compresión a los 14 Días.....	64
3.1.3. Análisis Estadístico: Resistencia a la Compresión a los 28 Días.....	65
3.1.4. Análisis Estadístico: Peso Unitario kg/m ³	66
3.2. Diseño Experimental.....	67
3.3. Aplicación del “t” de Student para muestras pequeñas.....	71
3.4. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 5%.....	73
3.5. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 7.5%.....	74
3.6. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 10%.....	75
3.7. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 15%.....	76
3.8. Aplicación de Resultados con el “t” de Student.....	77
3.9. Validación de Hipótesis.....	78
3.10. Respuesta de Hipótesis:.....	79
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Operacionalización de variables.....	8
Tabla N° 02. Muestra: Grupo control.....	9
Tabla N° 03. Muestra: Grupo Experimental I.....	10
Tabla N° 04. Muestra: Grupo Experimental II.....	10
Tabla N° 05. Muestra: Grupo Experimental III.....	10
Tabla N° 06. Técnicas de recolección de datos.....	20
Tabla N° 07. Peso unitario de agregado fino.....	21
Tabla N° 08. Peso Unitario de agregado grueso.....	22
Tabla N° 09. Granulometría agregado fino.....	22
Tabla N° 10. Granulometría agregado grueso.....	23
Tabla N° 11. Contenido de humedad agregado fino.....	24
Tabla N° 12. Contenido de humedad agregado grueso.....	25
Tabla N° 13. Peso específico y absorción de agregado fino.....	25
Tabla N° 14. Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso.....	26
Tabla N° 15. Características de los agregados.....	27
Tabla N° 16. Dosificación del concreto en kg.....	31
Tabla N° 17. Diseño de mezclas sin plástico PET. “T0”.....	32
Tabla N° 18. Diseño de mezclas con plástico PET. “T1”.....	34
Tabla N° 19. Diseño de mezclas con plástico PET. “T2”.....	37
Tabla N° 20. Diseño de mezclas con plástico PET. “T3”.....	38
Tabla N° 21. Resultado de ensayos concreto convencional tipo T0.....	48
Tabla N° 22. Resultado de ensayos textura esférica tipo T1 – 5%.....	49
Tabla N° 23. Resultado de ensayos textura esférica tipo T1 – 7.5%.....	49
Tabla N° 24. Resultado de ensayos textura esférica tipo T1 – 10%.....	49
Tabla N° 25. Resultado de ensayos textura esférica tipo T1 – 15%.....	50
Tabla N° 26. Resultado de ensayos textura laminar tipo T2 – 5%.....	50
Tabla N° 27. Resultado de ensayos textura laminar tipo T2 – 7.5%.....	50
Tabla N° 28. Resultado de ensayos textura laminar tipo T2 – 10%.....	51
Tabla N° 29. Resultado de ensayos textura laminar tipo T2 – 15%.....	51
Tabla N° 30. Resultado de ensayos textura mixta tipo T3 – 5%.....	51
Tabla N° 31. Resultado de ensayos textura mixta tipo T3 – 7.5%.....	52
Tabla N° 32. Resultado de ensayos textura mixta tipo T3 – 10%.....	52
Tabla N° 33. Resultado de ensayos textura mixta tipo T3 – 15%.....	52
Tabla N° 34. Peso Unitario de diseño de Mezcla Convencional.....	53
Tabla N° 35. Peso unitario de diseño de mezcla con textura esférica T1.....	54
Tabla N° 36. Peso unitario de diseño de mezcla con textura laminar T2.....	54
Tabla N° 37. Peso unitario de diseño de mezcla con textura mixta T3.....	55
Tabla N° 38. Valor del peso unitario promedio de las probetas.....	61
Tabla N° 39. Gráficos estadísticos del diseño a los 7 días.....	63
Tabla N° 40. Gráficos estadísticos del diseño a los 14 días.....	64
Tabla N° 41. Gráficos estadísticos del diseño a los 28 días.....	65
Tabla N° 42. Peso unitario de los diseños.....	66
Tabla N° 43. Resistencia Promedio a la Compresión.....	67
Tabla N° 44. Validación de Hipótesis sobre la influencia.....	77
Tabla N° 45. Validación de hipótesis de la resistencia.....	80
Tabla N° 46. Resistencia a la Compresión – Peso Unitario.....	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Curva granulométrica de agregado fino.....	23
Figura N° 02. Curva granulométrica de agregado grueso.....	24
Figura N° 03. Cemento Andino Tipo I.....	27
Figura N° 04. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T0.....	56
Figura N° 05. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-5%.....	56
Figura N° 06. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-7.5%.....	57
Figura N° 07. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-10%.....	57
Figura N° 08. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-15%.....	57
Figura N° 09. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-5%.....	58
Figura N° 10. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-7.5%.....	58
Figura N° 11. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-10%.....	58
Figura N° 12. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-15%.....	59
Figura N° 13. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-5%.....	59
Figura N° 14. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-7.5%.....	59
Figura N° 15. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-10%.....	60
Figura N° 16. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-15%.....	60
Figura N° 17. Gráfica del peso unitario de las probetas.....	61
Figura N° 18. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 7 días.....	63
Figura N° 19. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 14 días.....	64
Figura N° 20. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 28 días.....	65
Figura N° 21. Gráfico Estadístico del Peso Unitario.....	66
Figura N° 22. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T0.....	67
Figura N° 23. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-5%.....	68
Figura N° 24. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-7.5%.....	68
Figura N° 25. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-10%.....	68
Figura N° 26. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-15%.....	68
Figura N° 27. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-5%.....	69
Figura N° 28. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-7.5%.....	69
Figura N° 29. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-10%.....	69
Figura N° 30. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-15%.....	69
Figura N° 31. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-5%.....	70
Figura N° 32. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-7.5%.....	70
Figura N° 33. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-10%.....	70
Figura N° 34. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-15%.....	70
Figura N° 35. Distribución “t” de student.....	71
Figura N° 36. Valores de aceptación de hipótesis.....	72
Figura N° 37. Distribución t de student de la hipótesis.....	72
Figura N° 38. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 5%.....	73
Figura N° 39. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 7.5%.....	74
Figura N° 40. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 10%.....	75
Figura N° 41. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 15%.....	76
Figura N° 42. Validación “t” de student al 5%.....	78
Figura N° 43. Validación “t” de student al 7.5%.....	78
Figura N° 44. Validación “t” de student al 10%.....	78
Figura N° 45. Validación “t” de student al 15%.....	78
Figura N° 46. Validación “t” de student al empleo del PET.....	80
Figura N° 47. Resistencia a la Compresión vs. Peso Unitario.....	82



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 01. Máquina de ensayos de compresión.....	7
Fotografía N° 02. Texturas del PET.....	7
Fotografía N° 03. Agua/Cemento.....	7
Fotografía N° 04. Peso Unitario de los Agregados.....	21
Fotografía N° 05. Granulometría de Agregados.....	23
Fotografía N° 06. Contenido de Humedad de los Agregados.....	24
Fotografía N° 07. Porcentaje de Absorción de Agregado Fino.....	25
Fotografía N° 08. Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso.....	26
Fotografía N° 09. Materiales para realizar el Diseño de Mezclas.....	38
Fotografía N° 10. Materiales empleados para elaborar las probetas.....	39
Fotografía N° 11. Moldes de Probetas de Plástico de 6”.....	39
Fotografía N° 12. Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.....	40
Fotografía N° 13. Pesado de los materiales.....	40
Fotografía N° 14. Materiales listos para el diseño de mezclas.....	40
Fotografía N° 15. Mezcladora Mecánica.....	41
Fotografía N° 16. Elaboración de las probetas con mezcladora.....	41
Fotografía N° 17. Empleo de la mezcladora.....	42
Fotografía N° 18. Elaboración de las probetas.....	42
Fotografía N° 19. Acabado final de las probetas.....	43
Fotografía N° 20. Moldes finales con las Probetas.....	43
Fotografía N° 21. Desmoldado de las probetas.....	44
Fotografía N° 22. Identificación y curado de las mezclas.....	44
Fotografía N° 23. Elaboración de las probetas.....	44
Fotografía N° 24. Elaboración de probetas con material PET.....	45
Fotografía N° 25. Agregado PET en el diseño de mezclas.....	45
Fotografía N° 26. Secado y pesado de las probetas.....	46
Fotografía N° 27. Características de las Probetas.....	46
Fotografía N° 28. Máquina de Ensayo de resistencia a la compresión.....	47
Fotografía N° 29. Ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.....	47
Fotografía N° 30. Rotura de resistencia a la compresión.....	48
Fotografía N° 31. Peso de las probetas.....	53



INTRODUCCIÓN

La presente investigación intitulado: “Influencia de la Textura del Tereftalato de Polietileno usado como Agregado, en la Resistencia del Concreto”, es una propuesta de sustitución del agregado pétreo con material PET en tres tipos de textura: redondeada, laminar y mixta con volumen de sustitución de agregado pétreo en 5%, 7.5%, 10% y 15%, para determinar la influencia de la textura de este material sobre la resistencia a la compresión del concreto.

El uso del material PET como agregado produce un concreto más liviano por poseer un menor peso unitario y con la idea de sustituir al agregado pétreo, sin que afecte las propiedades del concreto. Se realizaron diversos diseños de mezclas para comparar como influye la textura sobre la resistencia a la compresión.

La tesis se encuentra dividida en tres capítulos; el marco teórico donde se desarrolla el problema y objetivo de la investigación; el marco metodológico donde se evalúa el problema; mediante la elaboración y ensayos de las probetas; por último, se analizan los resultados obtenidos para validar la hipótesis para posteriormente tener las conclusiones y recomendaciones sobre la textura del PET.



CAPÍTULO I:

MARCO TEÓRICO



1.1. Antecedentes y Fundamentos del Problema:

El descubrimiento del concreto ha sido fundamental en las obras de construcción, debido a la gran importancia en el campo de la ingeniería civil por sus múltiples propiedades. La finalidad actual es mejorar estas propiedades sin afectar el costo de producción como también aligerar el peso; las nuevas innovaciones es encontrar agregados que permitan reducir la carga del elemento; por lo que se plantea el empleo del material Tereftalato de Polietileno (PET) como agregado. Para la presente investigación se analizarán tres tipos de textura: laminar, esférica y mixta.

1.1.1. Antecedentes:

Los agregados livianos permiten aligerar el peso en las construcciones; debido a esta característica se deben emplear nuevas técnicas en el concreto como la realizada por **Quesada, N. (2014)**; menciona que se deben realizar diversos diseños de mezclas para obtener un concreto liviano, plantea mezclar agregados con aditivos; pero no obtuvo resultados favorables en su resistencia; pero se pueden tener mejores resultados con la sustitución de agregados pétreos con nuevos agregados de menor densidad y empleo de aditivos.

En la investigación realizada por **Hernández, B. (2011)**, indica que se debe reducir el peso del concreto empleando agregados con menor densidad como también se debe tener en consideración el nivel de contaminación, por lo que deben de utilizarse agregados con menor densidad y deben ser reusables; realizó la comparación de los materiales reciclables: el uso de las botellas PET y llantas recicladas; nos señala que el porcentaje para realizar las comparaciones fue del 10% del volumen de mezcla. En su análisis de resultados demuestra que el material PET obtiene mejor resistencia en comparación al caucho, además que el uso de estas mezclas debe limitarse a elementos no estructurales.



El uso de agregados PET dentro de la construcción, puede ser beneficioso al medio ambiente como el costo debido a que existe en el mundo el uso desmedido de este material, en la investigación de **Méndez, E. (2012)** muestra la importancia del uso de este material para la reducir los niveles de contaminación. Uso el PET como agregado fino y grueso en porcentajes de 10, 20 y 30% como sustitución de agregado pétreo, teniendo como resultado que la resistencia obtenida es menor cuanto más PET sea añadida; por último, añade que para obtener mayor resistencia se debe emplear un adecuado diseño de mezclas.

Por ende, se sugiere realizar nuevas innovaciones en el campo de la construcción debiendo realizarse nuevas técnicas que permitan ser sustentables; como es el caso del PET como material de agregado del concreto. **Ávila, L., Martínez, G., Barrera, C., Ureña, F., & Loza, A. (2015)** señalan que mientras menor sea el tamaño mayor es la resistencia obtenida. Para la investigación realizada se hizo uso de los tamaños del PET entre 0.5, 1.5 y 3 mm con porcentajes en volumen de agregados finos de 1.0, 2.5 y 5.0% respectivamente, empleando el uso de la radiación sobre este material, obteniendo resultados favorables en las propiedades del concreto; pudiéndose observar que se puede hacer uso del PET como agregado fino.

En los antecedentes mencionados se considera el uso del material PET como agregado en el concreto, haciendo un énfasis de la textura de este material; se plantea realizar la influencia de la textura del PET como agregado en la resistencia a la compresión; para lo cual se realizará el diseño de mezclas con tres tipos de textura: esférica, laminar y mixta con sustitución del agregado pétreo en porcentajes de 5, 7.5, 10 y 15% con una resistencia de 210kg/cm².



1.1.2. Fundamento del Problema:

El empleo de agregados livianos permite tener una menor carga muerta, reduciendo las dimensiones de los elementos estructurales con un menor costo; por lo que se requiere la búsqueda de nuevos agregados, como es el caso del Tereftalato de Polietileno (PET). Para la presente investigación se determinará la influencia de la textura de este material sobre la resistencia a la compresión del concreto.

El uso excesivo del PET trae consecuencias negativas en el medio ambiente por lo que al ser empleado se puede reducir los niveles de contaminación; se conoce también que su densidad es menor en comparación con el agregado pétreo. Por lo que se realizará una comparación entre las texturas: esférica, laminar y mixta, para observar cuanto influye la textura del tereftalato de polietileno sobre la resistencia a la compresión del concreto.

1.2. Formulación del Problema:

a) Problema General:

- ¿Cuánto influirá la textura del Tereftalato de Polietileno usado como agregado en la resistencia a la compresión del concreto?

b) Problemas Específicos:

- ¿Cuánto aporta la textura del PET a la resistencia del concreto?
- ¿Cuál es la textura del PET que mayor resistencia alcanza a los 28 días?
- ¿Cuánto debe ser el porcentaje adecuado de sustitución de agregado pétreo?

1.3. Justificación e Importancia:

La razón de la presente investigación es usar el material Tereftalato de Polietileno (PET) en la aplicación del concreto, debido a que se pueda disminuir las cargas muertas de una estructura como también reducir el nivel de contaminación por el uso desmedido de este material. El empleo en el concreto puede servir en diversos



fines de la construcción, se considera que la textura del material PET pueda tener influencia sobre la resistencia a la compresión, por lo que se hará una comparación entre tres tipos de textura las cuales son laminar, esférica y mixta. El presente estudio pretende servir como base de estudios a investigaciones posteriores para el manejo de este material como agregado del concreto.

1.4. Limitaciones:

La investigación solo se reseñará a explorar la textura del material Tereftalato de Polietileno (PET) en tres texturas: individuales (laminar y esférica) y mixta; empleado como agregado para ver cómo influye en las propiedades del concreto en especial énfasis a la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días; de existir otras propiedades de este material serán excluidas.

El poco conocimiento del empleo del PET como agregado no permite tener un diseño de mezclas adecuado por lo que se recurrirá a realizarse de manera convencional, teniendo presente la textura del material siendo empleado en proporciones de 5, 7.5, 10 y 15% del volumen del agregado pétreo con una relación de agua-cemento igual a 0.60 y con resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

Para el manejo de los resultados se usarán tablas y figuras; empleando métodos estadísticos, principalmente la Distribución “t” de student pudiendo comparar las texturas del PET, teniendo un grupo control y experimental. Siendo la investigación explicativa se puede realizar la comparación entre las variables y analizar los resultados del diseño de mezcla. El uso de procesamientos estadísticos permitirá analizar los resultados de los objetos de estudio utilizando intervalos de confianza para posteriormente probar las hipótesis y obtener las conclusiones y recomendaciones de la investigación.



1.5. Objetivos:

a) Objetivo General:

- Determinar la influencia de la textura del material PET usado como agregado en la resistencia a la compresión del concreto.

b) Objetivo Específicos:

- Determinar las propiedades que aporta la textura del PET al concreto.
- Definir la textura del PET que mayor resistencia alcanza a los 28 días.
- Elaborar el porcentaje adecuado de sustitución de agregado pétreo.

1.6. Hipótesis General:

a) Hipótesis Alterna (H_a):

La textura de material Tereftalato de Polietileno (PET) como agregado, no influye en la resistencia a la compresión del concreto.

b) Hipótesis Nula (H_0):

La textura de material Tereftalato de Polietileno (PET) como agregado, influye en la resistencia a la compresión del concreto.

1.7. Hipótesis Específica:

H_{a1} : Las propiedades de la textura del PET, no aportan a la resistencia del concreto.

H_{o1} : Las propiedades de la textura del PET, aportan a la resistencia del concreto.

H_{a2} : No existen diferencias en el empleo de la textura del PET sobre el concreto en su resistencia a la compresión.

H_{o2} : Existen diferencias en el empleo de la textura del PET sobre el concreto en su resistencia a la compresión.

H_{a3} : El porcentaje empleado del PET no afecta a la resistencia.

H_{o3} : El porcentaje empleado del PET afecta a la resistencia.



1.8. Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores:

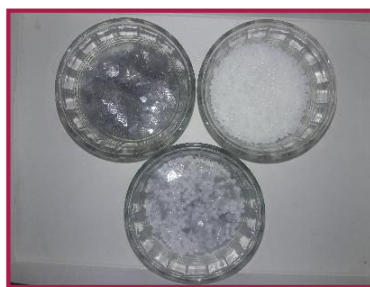
VARIABLES DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión de 210 kg/cm², debido a que se analiza la influencia que produce la textura del PET sobre el concreto.

Fotografía N° 01. Máquina de ensayos de compresión.



VARIABLES INDEPENDIENTE: Textura de material (PET), pues se determinará la influencia que produce sobre la resistencia del concreto, teniendo en cuenta el empleo de tres tipos de textura: esférica, laminar y mixta.

Fotografía N° 02. Texturas del PET.



VARIABLES INTERVINIENTE: Relación de agua cemento (a/c), es la que se mantiene constante en el diseño para poder realizar una comparación de las texturas del PET.

Fotografía N° 03. Agua/Cemento.



1.9. Operacionalización de Variables:

Tabla N° 01. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Sub-variables	Indicadores	Unidad
Variable Dependiente: Resistencia de los Concretos Livianos	Resistencia	Compresión Tensión Flexión	Característica Mecánica	f _c
Variable Independiente: Textural del Material PET	Forma	Laminar Angular Redondeada	Espesor Bordes Redondez	mm Ángulos Diámetro
	Tamaño	Pequeño Mediano	Fino o Grueso	mm
	Volumen	Porcentaje	Cantidad	m ³
Variable Interviniente: Relación agua cemento y Volumen de PET	a/c	Hidratación Fraguado Endurecimiento	Equilibrio	-

Fuente: Elaboración Propia.

1.10. Universo/Población y Muestra:

Determinación del Universo/Población:

La población de la investigación está conformada por todas las obras de concreto en general por lo que la población es infinita, debido a que se plantea que el uso del material Tereftalato de Polietileno como agregado.

Selección de la Muestra:

Para la selección de las muestras por tratarse de un diseño experimental, se debe realizar un grupo de control y un grupo experimental; teniendo que ser contrastadas para la verificación de la hipótesis. En el grupo control no se considera el PET como agregado realizándose de manera convencional mientras que el grupo experimental se usará la textura en porcentajes del agregado pétreo.



“El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación” (Borja, M. 2012, p.31) por lo que propone la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p q}{e^2} \dots\dots\dots (01)$$

n = Tamaño de la muestra

p = Probabilidad que la hipótesis sea verdadera p = 0.5

q = Probabilidad de no ocurrencia de la hipótesis q = 0.5

e = Error estimado de la población aceptable e = 10% = 0.1

Z = Coeficiente de confiabilidad Z = 1.96 (95%)

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.1^2} = 96.04$$

Entonces el tamaño de la muestra es de 96 probetas, pero debido a la comparación a realizar entre los grupos y considerando el grupo experimental tres tipos de textura: esférica, laminar y mixta con porcentajes de agregado en 5, 7.5, 10 y 15%; con ensayos a edades de 7, 14 y 28 días; como se indica en las tablas N° 02, 03, 04 y 05 con una relación a/c 0.60 y con resistencia a la compresión de 210 kg/cm², se tendrán en total 117 probetas como se muestra a continuación:

Grupo Control:

Tabla N° 02. Muestra: Grupo control.

Descripción	Tipo T0	Nombre de Probeta	Resistencia a la Compresión			Muestra
			7 días	14 días	28 días	
Grupo Control						
Concreto Convencional	Sin PET	T0	3	3	3	9
Total de Muestras						9

Fuente: Elaboración Propia.



Grupo Experimental:**Tabla N° 03.** Muestra: Grupo Experimental I.

Descripción	Tipo T1	Nombre de Probeta	Resistencia Compresión			Muestras
			7 días	14 días	28 días	
Concreto Liviano Laminar	5% PET	T1 - 5%	3	3	3	9
	7.5% PET	T1 - 7.5%	3	3	3	9
	10% PET	T1 - 10%	3	3	3	9
	15% PET	T1 - 15%	3	3	3	9
Total de Muestras						36

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 04. Muestra: Grupo Experimental II.

Descripción	Tipo T2	Nombre de Probeta	Resistencia a la Compresión			Muestras
			7 días	14 días	28 días	
Concreto Liviano Redondeado	5% PET	T2 - 5%	3	3	3	9
	7.5% PET	T2 - 7.5%	3	3	3	9
	10% PET	T2 - 10%	3	3	3	9
	15% PET	T2 - 15%	3	3	3	9
Total de Muestras						36

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 05. Muestra: Grupo Experimental III.

Descripción	Tipo T3	Nombre de Probeta	Resistencia a la Compresión			Muestras
			7 días	14 días	28 días	
Concreto Liviano Mixto	5% PET	T3 - 5%	3	3	3	9
	7.5% PET	T3 - 7.5%	3	3	3	9
	10% PET	T3 - 10%	3	3	3	9
	15% PET	T3 - 15%	3	3	3	9
Total de Muestras						36

Fuente: Elaboración Propia.

1.11. Revisión de Estudios Realizados:

El concreto liviano es considerado como aquel que pesa sustancialmente menos que el concreto convencional debido a los componentes que lo conforman como lo señala el **Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (1982)** explica que el costo del concreto liviano estructural es compensado con la reducción de cargas muertas y por tener menor tamaño en su cimentación.



Las innovaciones con respecto al agregado muestran la búsqueda de materias primas que permitan la fabricación del concreto liviano; en la investigación de **Hernández, B. (2011)** realiza una comparación entre el caucho y el material PET, obteniendo como resultado que el PET obtiene mejores resultados en la resistencia a la compresión señalando que en futuras investigaciones se pueda emplear este material como agregado.

En la actualidad la exploración de alternativas de materiales que puedan sustituir a los agregados pétreos convencionales, conllevaron a **Ávila, L., Martínez, G., Barrera, C., Ureña, F., & Loza, A. (2015)** al empleo del Tereftalato de Polietileno (PET) se use como agregado teniendo como resultado que sí puede emplear, considerando su tamaño; también hacen un énfasis en el impacto negativo que se viene desarrollando por la disposición de este producto. Realizaron los diseños correspondientes con usó de este material en tamaños de 0.5, 1.5 y 3.0 mm con porcentajes de 1.0, 2.5 y 5.0 % como agregado fino. Usaron la radiación sobre el PET pudiendo hacer una comparación entre sus diseños, señalando que al recibir radiación se obtiene una mayor resistencia a la compresión.

Mora, W. (2015) explica que las nuevas tecnologías son indispensables en el campo de la ingeniería, y que el empleo de materias que ayudan a reducir el impacto en el medio ambiente son beneficiosas. En su investigación menciona que para tener una mejor adherencia del concreto se debe aumentar la rugosidad y optimizar la textura del PET. Planteando que el empleo puede llegar a ser beneficioso en la fabricación de concretos; sugiriendo nuevas formas y reduciendo su tamaño, a la vez se puede emplear como concreto liviano puesto que el peso unitario obtenido con este material es de 1791 kg/m³.



Respecto al tema de la sustentabilidad del uso del PET como agregado en el concreto fue hecha por **Mendaña, A. (2014)** que indica al material Tereftalato de Polietileno (PET) en nuevas tecnologías, mostrando que su uso pueda ayudar al medio ambiente, debido a que minimiza al cambio climático como también apoya a la sociedad de nuevas tecnologías y permite la reducción de costos.

1.12. Conceptos Fundamentales:

Concreto: El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire. **Torres, A. (2004)**

Concreto Liviano: Agregado de baja densidad usado para producir hormigón (concreto) ligero. Puede ser arcilla expandida o sinterizada, pizarra, esquisto, perlita, vermiculita o escoria, piedra pómez (pumita) natural, tufos, diatomita, ceniza volante sinterizada o escoria industrial. **NTP 400.011**

Tereftalato de Polietileno (PET): El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol. El PET se hace combinando el ácido tereftálico y el etilenglicol. **Aliplast. Recuperado de:**

(http://www.aliplast.org/tipos_plastico/pet.html)

La resina de Tereftalato de polietileno (PET) es usada por la industria textil como una fibra sintética; contribuyen a la producción de diversas prendas de vestir, tales como:



sombreros polos, camisas, polares, mandiles, entre otros. Una de las razones por la cual esta fibra es muy atractiva para la industria textil es que ofrece una mejor resistencia a las arrugas en comparación con otras fibras textiles, tales como el algodón, además de ello, el poliéster puede ser tejido unto con fibras naturales, creando una mezcla con la combinación de materiales. **Guzmán, D., Cárcamo, H. & León, M. (2014)**

Cemento: Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen la cal hidráulica, cal aérea y yeso. **Rivera, G. (1992)**

Cemento Portland: Producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el clinker. **Rivera, G. (1992)**

Agregados: Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta norma. Se les llama también áridos. **NTP 400.011**

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. **Torres, A. (2004)**

Resistencia a la Compresión: Mide la capacidad mecánica del concreto a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm². Se prueba a diferentes edades. Propiedad que decide la calidad de los concreto **Torres, A. (2004)**



1.13. Marco Situacional:

En la actualidad el uso del concreto liviano se viene impulsando con mayor impacto como solución tecnológica y económica en la construcción, así lo indica la empresa **Aliven**. Recuperado de: <https://aliven.com.ve/> quienes desarrollaron un concreto hecho con agregado de arcilla expandida con eso se pudo obtener liviandad, resistencia, aislamiento, durabilidad y economía.

Dentro de la investigación señalan que hubo edificaciones que no podrían ser aprobadas debido al peso y dimensiones de las columnas, por lo que al realizar este material se pudo disminuir las cargas muertas y pudiéndose seguir con el proyecto del edificio SEI en Maracaibo, haciendo el proyecto rentable lo que dio pie al impulso de este material como agregado.

Las investigaciones señalan que el empleo del concreto liviano permite continuar con ciertos proyectos en la construcción y que de usarse el concreto en forma convencional no podrían haberse realizado.

1.14. Definición de términos básicos:

Aglomerante: Se denominan materiales aglomerantes a aquellos que se adhieren a otras materias a la par que endurecen, facilitando de este modo su unión entre sí o a materiales diferentes. Los aglomerantes adquieren esa cualidad de forma inherente o por medio de una reacción química. **Universidad Politécnica De Madrid.**

Agua: Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. **Torres, A. (2004)**



Asentamiento: El ensayo de consistencia del concreto, o “slump test”, sirve para evaluar su capacidad para adaptarse con facilidad al encofrado que lo va a contener. El procedimiento se explica ampliamente en la norma ASTM C143-78 “Slump of Portland Cement Concrete. Agresott, J. (2004)

Calor de Hidratación: Cantidad de calor que fue producido durante los procesos de fraguado y endurecimiento, debido a las reacciones fisicoquímicas. Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006)

Durabilidad: Un concreto durable es aquel que puede resistir en forma satisfactoria las condiciones deservicio a que estará sujeto, tales como: la meteorización, la acción química y el desgaste. Rivera, G. (1992)

El módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad, definido por la ecuación $E = \text{esfuerzo} / \text{deformación}$ es una medida de la rigidez, o sea la resistencia del hormigón a la deformación. El hormigón no es un material verdaderamente elástico, pero el hormigón que ha endurecido por completo y se ha cargado en forma moderada tiene una curva de esfuerzo de compresión deformación que, en esencia, es una recta dentro del rango de los esfuerzos usuales de trabajo. Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006)

Finura: La importancia de la finura en el cemento radica en que a mayor finura el cemento desarrolla mayor resistencia, pero desprende más calor; esto es debido principalmente, a que granos gruesos pueden durar varios años en hidratarse, e inclusive no llegar jamás a realizarlo totalmente, mientras que, cuanto más fino sea el cemento, mayor será la cantidad de material que se hidrata, ya que la superficie total en contacto con el agua es mucho más grande. Rivera, G. (1992)

Fraguado: Se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere alguna resistencia, para efectos prácticos



es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada. **Rivera, G. (1992)**

Masa unitaria: Se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. Es decir, el material dentro del recipiente sufre un acomodo de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende naturalmente de la granulometría, tamaño, forma y textura del agregado. **Gutiérrez, L. (2003)**

Módulo de finura: Es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Este definido como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados en la siguiente serie de tamices: 149 μ m(No.100), 297 μ m(No.50), 595 μ m(No.30), 1,19mm(No.16), 2,38mm(No.8), 4,76mm(No.4), 9,51mm (3/8"), 19mm (3/4"), 38,1mm(1½") y los tamices siguientes cuya abertura está en relación de 1 a 2. **Rivera, G. (1992)**

Resina: Sustancias que sufren un proceso de polimerización o secado dando lugar a productos sólidos siendo en primer lugar líquidas. **Hernández, B. (2011)**

Resistencia a la Compresión: La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un hormigón. Su determinación se efectúa mediante el ensayo de probetas. **Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006)**

Tamaño Máximo Nominal: Es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material. Es más útil que el tamaño máximo porque indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula más grande de la masa de agregados, la cual puede ser única. **Rivera, G. (1992)**



Tamaño Máximo: Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material. **Rivera, G. (1992)**

Trabajabilidad: La trabajabilidad de una mezcla de hormigón se puede definir como la facilidad con la que esta puede mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad. Esta, depende de las proporciones y características físicas de los ingredientes, de las condiciones de puesta en obra, de la geometría del elemento y del espaciamiento y tamaño del refuerzo. **Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006)**



CAPÍTULO II:

MARCO METODOLÓGICO



2.1. Nivel y Tipo de Investigación:

Tipo: La investigación será un enfoque mixto (**cuantitativo** y **cualitativo**) para obtener resultados significativos, como lo señala **Rodríguez, F.** pues posee muestras representativas de la población por lo que tendrá un enfoque cuantitativo en gran parte de la investigación; pero debido a la interpretación del fenómeno de estudio y las características que aporta el PET al concreto implica que posee también un enfoque cualitativo.

Nivel: La investigación posee un nivel **explicativo**, pues se describirá la relación y causa de los fenómenos de estudio que ocurrieran mediante la relación entre la variable dependiente e independiente, es decir se verá la causa-efecto que ocasiona; como lo señala **Jiménez, R. (1998)**, este nivel de investigación necesita la observación y experimentación para su desarrollo con ello se podrá verificar la hipótesis mediante fórmulas estadísticas.

2.2. Diseño de la Investigación:

Es **experimental**, pues se manipulará rigurosamente la variable independiente para el control del diseño de mezclas; según muestra **Monje, C. (2011)** este diseño de investigación tiene una intervención directa de los procedimientos estadísticos que para el diseño de mezclas donde se empleará un grupo control se realizará la contrastación con los resultados obtenidos del grupo experimental.

La presente investigación se llevó a cabo dentro del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco para la realización de los experimentos.



2.3. Técnicas de recolección y tratamiento de datos:

Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Se desarrollaron de las fuentes de información bibliográfica, como son: libros, tesis, revistas, entre otros; que serán aplicados en los diversos ensayos que se harán dentro del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, aplicando técnicas e instrumentos como se observa en la siguiente tabla.

Tabla N° 06. Técnicas de recolección de datos.

Técnicas	Instrumentos
Técnicas Bibliográficas:	Instrumentos Bibliográficas:
- Análisis de Contenido. - Fichaje. - Apuntes.	- Comprensión Lectora. - Ficha Bibliográfica. - Método Cornell.
Técnicas de Campo	Instrumentos de Campo
- Observación - Medición de peso - Medición de volumen - Propiedades del concreto	- Observación Experimental - Balanza electrónica digital - Wincha de 5m - Ensayo de laboratorio

Fuente: Elaboración Propia.

2.4. Elaboración y ensayos de las probetas:

El diseño de mezclas se elaboró mediante el método ACI 211 teniendo en consideración las NTP y las normas ASTM para tener un adecuado diseño. Se tuvo en consideración el tamaño de la mezcladora que posee una cantidad máxima de cinco probetas por diseño teniendo en consideración para los cálculos de los pesos de los materiales. Para la elaboración de las probetas de concreto se usó como agregado grueso a la piedra chancada de $\frac{1}{2}$ " y como agregado fino la arena gruesa las cuales tuvieron un tamizado previo para cumplir con el tamaño correspondiente de los agregados.



2.4.1. Ensayo de laboratorio de los agregados:

Peso Unitario Suelto y Compactado: El procedimiento del peso unitario de los agregados se hizo de acuerdo a las normas ASTM C-29 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 400.017; en lo cual realizaron tres ensayos consecutivos como se muestran en las Tablas N°07 y N°08; teniendo finalmente los pesos unitarios suelto y compactado de los agregados.

Tabla N° 07. Peso unitario de agregado fino.

Peso Unitario del Agregado Fino (N.T.P. 400.017 - ASTM C-29)					
Arena Gruesa					
Peso Unitario Suelto					
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6189	6201	6195
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4406	4418	4412
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1572	1576	1574
6	Promedio P.U.S. Seco	kg/m³	1574		
Peso Unitario Compacto					
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6548	6542	6554
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4765	4759	4771
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C	kg/m ³	1700	1698	1702
6	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m³	1700		

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 04. Peso unitario de los agregados.



Tabla N° 08. Peso Unitario de agregado grueso.

Peso Unitario del Agregado Grueso (N.T.P. 400.029 - ASTM C-17)					
Piedra Chancada T.M.N 1/2"					
Peso Unitario Suelto					
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	24210	24217	24203
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	18371.3	18378.3	18364.3
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1303	1304	1303
6	Promedio P.U.S. Seco	kg/m³	1303		
Peso Unitario Compacto					
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	25327	25320	25313
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	19488.3	19481.3	19474.3
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	kg/m ³	1383	1382	1382
6	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m³	1382		

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis Granulométrico: Se realizó de acuerdo a las normas ASTM C-33 y NTP N°400.012; obteniendo el módulo de fineza del agregado fino igual a 2.40 y como agregado grueso de 6.88 con detalle granulométrico en las Tablas N°09 y N°10; con curvas granulométricas que se muestran en las Figuras N°01 y N°02.

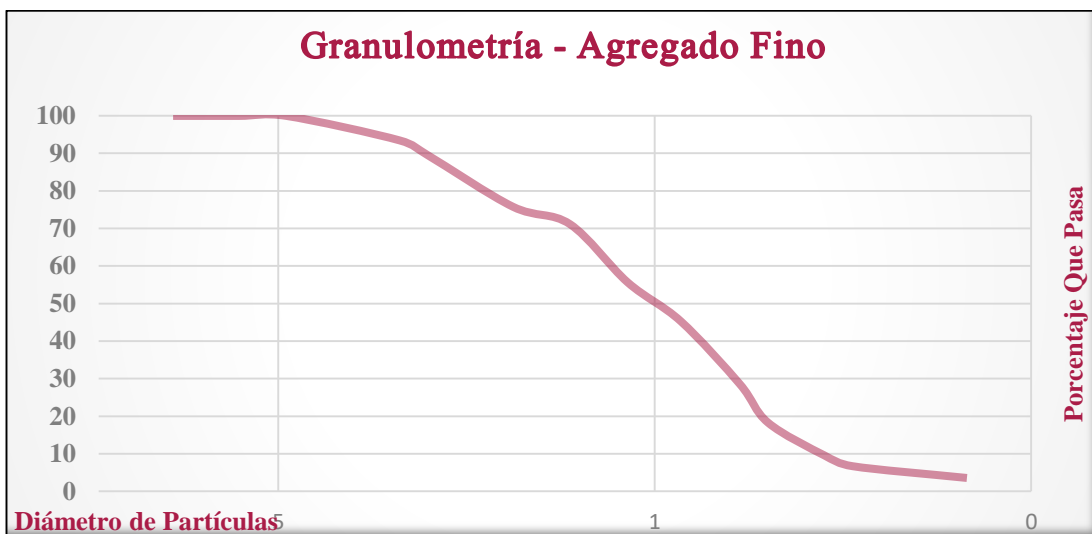
Tabla N° 09. Granulometría agregado fino.

Granulometría (N.T.P. 400.017 - ASTM C-29)					
Arena Gruesa					
Peso Muestra Normal: 5000 g		Peso Muestra Lavada: 4847 g			
Peso Muestra Seca: 4978 g		Cazoleta: 131 g			
Tamiz ASTM	Diámetro (mm)	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa	% Retenido Acumulado
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	0.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00	0.00
No 4	4.760	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 8	2.380	325.00	6.53	93.47	6.53
No 10	2.000	199.00	4.00	89.47	10.53
N° 16	1.190	681.00	13.68	75.79	24.21
No 20	0.840	230.00	4.62	71.17	28.83
No 30	0.590	772.00	15.51	55.66	44.34
No 40	0.426	517.00	10.39	45.28	54.72
No 50	0.297	832.00	16.71	28.57	71.43
No 60	0.250	511.00	10.27	18.30	81.70
No 80	0.177	435.00	8.74	9.56	90.44
No 100	0.149	143.00	2.87	6.69	93.31
No 200	0.074	156.00	3.13	3.56	96.44
Cazoleta	0.000	177.00	3.56	0.00	100.00

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 01. Curva granulométrica de agregado fino.



Fotografía N° 05. Granulometría de agregados.



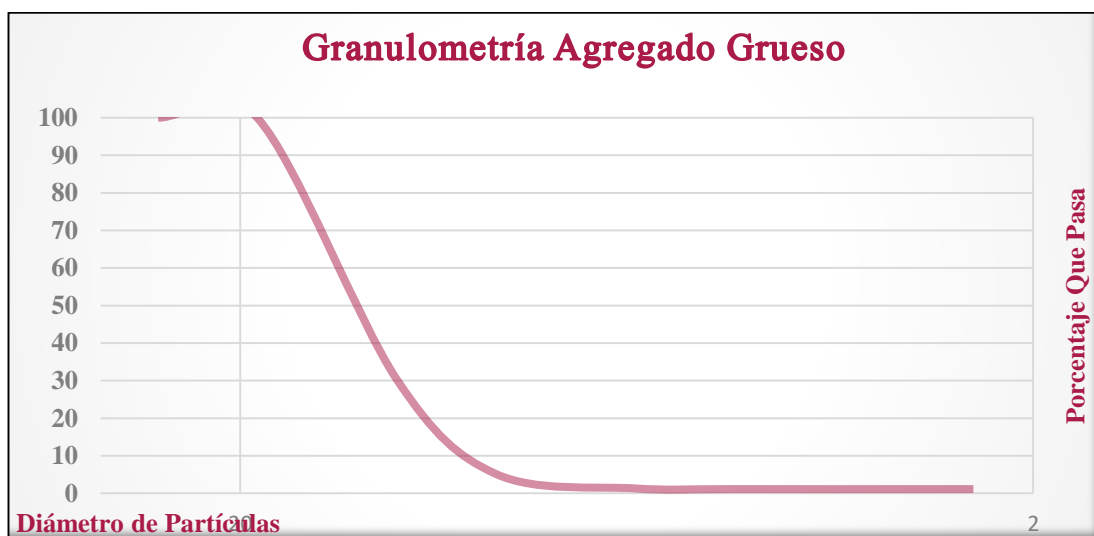
Tabla N° 10. Granulometría agregado grueso.

Granulometría (N.T.P. 400.017 - ASTM C-29)					
Piedra Chancada					
Peso Muestra Normal: 6000 g		Peso Muestra Lavada: 5943 g			
Peso Muestra Seca: 5991 g		Cazoleta: 48 g			
Tamiz ASTM	Diámetro (Mm)	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa	% Retenido Acumulado
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	0.00
1/2"	12.700	4174.00	69.67	30.33	69.67
3/8"	9.525	1506.00	25.14	5.19	94.81
1/4"	6.350	231.00	3.86	1.34	98.66
No 4	4.760	10.00	0.17	1.17	98.83
N° 8	2.380	0.00	0.00	1.17	98.83
Cazoleta	0.000	70.00	1.17	0.00	100.00

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 02. Curva granulométrica de agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia.

Contenido de Humedad: Se aplicaron las siguientes normas ASTM C 566 y la NTP N°339.185, elaborando tres muestras al azar por cada tipo de agregado como se indican en las Tablas N°11 y N°12 teniendo como contenido de humedad del agregado fino igual a 0.44% y agregado grueso de 0.15%.

Tabla N° 11. Contenido de humedad agregado fino.

Contenido de Humedad (N.T.P. 400.017 - ASTM C-29)					
Arena Gruesa					
1	Peso de la Tara	gr	0	0	0
2	Peso de la Tara + Muestra Humedad	gr	5000	5000	5000
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	4974	4982	4978
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	26	18	22
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	4974	4982	4978
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	0.52	0.36	0.44
7	Contenido de Humedad	%	0.44		

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 06. Contenido de humedad de los agregados.



Tabla N° 12. Contenido de humedad agregado grueso.

Contenido de Humedad (N.T.P. 400.017 - ASTM C-29)					
Piedra Chancada T.M.N 1/2"					
1	Peso de la Tara	gr	0	0	0
2	Peso de la Tara + Muestra Humedad	gr	6000	6000	6000
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	5992	5990	5991
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	8	10	9
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	5992	5990	5991
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	0.13	0.17	0.15
7	Contenido de Humedad	%	0.15		

Fuente: Elaboración Propia.

Peso Específico y Absorción de Agregados: El procedimiento para el agregado fino está basado a las normas ASTM C-128 y la NTP N° 400.022 obteniéndose los siguientes resultados como se observan en la Tabla N°13.

Tabla N° 13. Peso específico y absorción de agregado fino

Gravedad Especifica - Absorción (N.T.P. 400.022 ASTM C-128)					
Datos de arena gruesa		N°	1	2	Prom.
1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	342.47	342.37	342.42
2	Peso de la fiola + Agua hasta marca (B)	gr	684.04	649.10	666.57
3	Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	900.44	866.50	883.47
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	350.00	350.00	350.00
Resultados		N°	1	2	Prom.
1	Densidad muestra seca ((A/(B+S-C))	gr/cm3	2.56	2.56	2.56
2	Densidad muestra sss ((S/(B+S-C))	gr/cm3	2.62	2.62	2.62
3	Densidad aparente ((A/(B+A-C))	gr/cm3	2.72	2.72	2.72
4	Porcentaje de Absorción ((S-A)/A)*100	%	2.20	2.23	2.21

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 07. Porcentaje de absorción de agregado fino.

El procedimiento del agregado grueso se hizo en base a las normas ASTM C-127 y la NTP N°400.021 con resultados que se observan en la Tabla N°14.

Tabla N° 14. Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso.

Gravedad Especifica - Absorción (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)			
Datos de arena gruesa			
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	1004.00
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	1004.00
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	626.00
5	Peso de la Tara	gr	0.00
6	Pes de la Tara + Muestra Seca	gr	1000.00
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	1000.00
Resultados			
1	Gravedad Especifica Seca ((A/(B-C))	gr/cm ³	2.65
2	Gravedad Especifico Saturada (S.S.S) ((A/B(B-C))	gr/cm ³	2.66
3	Peso Específico Aparente ((A/(A-C))	gr/cm ³	2.67
4	Porcentaje de Absorción ((B-A)/A)*100	%	0.40

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 08. Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso.



Los resultados obtenidos dieron como resultado que el porcentaje de absorción, para el agregado fino de 2.21% y para el agregado grueso de 0.40% que será usado dentro del diseño de mezclas como lo indica el Método ACI 211.



Características de los Agregados: Finalmente, se obtuvieron las propiedades de los agregados que se muestran en la Tabla N°15 para que permitan realizar el diseño de mezclas según el Método ACI 211.

Tabla N° 15. Características de los agregados.

Características	Agregado	
	Grueso	Fino
Tamaño Máximo Nominal	1/2"	-
Peso Unitario Suelto	1.574 g/cm ³	1.303 g/cm ³
Peso Unitario Compactado	1.700 g/cm ³	1.382 g/cm ³
Peso Específico	2.560 g/cm ³	2.646 g/cm ³
Módulo de Fineza	2.40	6.88
Porcentaje de Absorción	2.21 %	0.40 %
Porcentaje de Humedad	0.44 %	0.15 %

Fuente: Elaboración Propia.

2.4.2. Características del Cemento:

En la investigación se emplea el cemento Portland tipo I (Cemento Andino), que cumple con las normas NTP 334.009 y ASTM C-150 con peso específico del cemento en condiciones normales igual a 3.15 gr/cm.

Figura N° 03. Cemento Andino Tipo I



Fuente: [http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacPeru/211206?\\$producto310\\$](http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacPeru/211206?$producto310$)

2.4.3. Características del Agua:

El agua que se emplea es del laboratorio que por ser potable cumple con las normas NTP 339.088 y ASTM 1602, por ende, se aplicó en el diseño de mezclas y el curado de las probetas considerando el peso específico del agua igual a 1 gr/cm³.



2.4.4. Características del Tereftalato de Polietileno:

El material PET usado se encuentra en el entorno de manera convencional, las cuales poseen diversas características como lo menciona (Dogdi, pg4).

- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes
- Irrompible, liviano, impermeable e inerte (al contenido).
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, presenta alta rigidez y dureza.
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor.
- Totalmente reciclable por su estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

En la investigación realizada con la textura PET se cuenta con dos tipos de texturas individuales; una que posee la forma esférica y la otra en forma laminar; para una tercera textura se realizó una combinación entre ellas generando una textura mixta.

Para la realización del diseño de mezclas por el método ACI 211, se plantea sustituir el agregado pétreo en proporciones de volúmenes de 5%, 7.5%, 10% y 15%; considerando la densidad del agregado PET. La textura esférica se denominó tipo T1 posee una densidad de 0.956 gr/cm³, la textura del tipo laminar nombrada tipo T2 con densidad igual a 0.556 gr/cm³; por último, la textura mixta que es la combinación en partes iguales de las texturas T1 y T2 formando una tercera denominada T3, cabe señalar que un primer diseño de mezclas fue nombrado T0 que es un concreto convencional sin la presencia del PET.

Con lo anterior mencionado se procedió a realizar la dosificación del concreto correspondiente al diseño de mezclas.



2.4.5. Diseño de Mezclas:

Teniendo las propiedades de los materiales a emplearse en el diseño de mezclas, se procede a realizar el método ACI 211; para lo cual se considera una resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un slump designado de 3-4".

Procedimientos:

- **Resistencia Promedio Requerida f'_{cr} :** No se cuenta con un registro de probetas de concreto con material PET como agregado a diseños anteriores, entonces se considera $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$:

$$f'_{cr} = f'_c + 84 \dots\dots\dots (02)$$

$$\Rightarrow f'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- **Contenido de Aire:** El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de ½", por ello el aire atrapado se considera 2.50%.
- **Contenido de Agua:** Como el T.M.N. es ½" y asumiendo el slump de diseño 3-4", de acuerdo al método ACI 211 la cantidad de agua será 216 lts/m³.
- **Relación Agua Cemento:** La relación a/c será por resistencia a la compresión, debido a que se desea analizar la influencia del PET sobre el concreto. Se tiene que $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$, se buscará la interpolación según el Método ACI se tiene:

$$\begin{array}{ccc} 250 & 0.62 & \\ 294 & x & \\ 300 & 0.55 & \end{array} \Rightarrow \frac{x - 0.62}{294 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{300 - 250} = 0.5584$$

Obteniendo que la relación agua-cemento por resistencia para el diseño de mezclas es: $a/c = 0.5584$

- **Contenido de Cemento:** Teniendo la cantidad de agua por metro cúbico se tiene;

$$\frac{216}{c} = 0.5584 \Rightarrow c = 386.8194 \text{ kg}; \text{ considerando una bolsa de cemento de } 42.5 \text{ kg}$$

Equivalente a 9.10 bolsas de cemento.



- **Peso de Agregado Grueso:** Continuando con el diseño de mezclas se pasó a recurrir a la tabla 04 del comité ACI 211, teniendo el TMN ½” con un módulo de fineza de 2.40 del agregado grueso por lo que se tiene:

$$\text{Peso A.G.} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso Unitario Compactado}$$

$$\text{Peso A.G.} = 0.59 \text{ m}^3 \times 1382 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Peso A.G.} = 815.38 \text{ kg}$$

- **Volumen Absoluto:** Teniendo el diseño de mezclas que se realiza para un volumen total de 1.00 m³ y considerando las características de los materiales a emplearse para el concreto, entonces se tiene:

$$\text{Volumen de Cemento: } \frac{386.8194 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.12359 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Agua: } \frac{216 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Aire: } 2.50\% = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso: } \frac{815.38 \text{ kg}}{2646 \text{ kg/m}^3} = 0.30815 \text{ m}^3$$

$$\text{Teniendo un volumen hasta el momento de } \Sigma = 0.67274 \text{ m}^3$$

Debido a que el volumen del diseño es para 1.00 m³, por lo que el volumen del fino es:

$$\text{Volumen de Agregado Fino} = 1 - 0.67274 = 0.32726 \text{ m}^3$$

- **Peso de Agregado Fino:** $0.32726 \text{ m}^3 \times 2563 \text{ kg/m}^3 = 838.767 \text{ kg}$.
- **Diseño de Mezclas en Estado Seco:**

Agua = 216 lts

Agregado Grueso = 815.38 kg

Cemento = 386.82 kg

Agregado Fino = 838.77 kg



- **Corrección por Humedad:** Debido a que los agregados poseen una humedad en el ambiente y poseen absorción sobre el agua, se realiza la siguiente corrección.

$$\text{Agregado Fino} = 838.77 \text{ kg} \times \left(\frac{0.44}{100} + 1 \right) = 842.458 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 815.38 \text{ kg} \times \left(\frac{0.15}{100} + 1 \right) = 816.604 \text{ kg}$$

- **Aporte de Agua a la Mezcla:** Ahora la cantidad de agua que aportan los agregados a la mezcla es de:

$$\text{Agregado Fino} = \frac{(0.44 - 2.21) \times 842.458 \text{ kg}}{100} = - 14.911 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{(0.15 - 0.40) \times 816.603 \text{ kg}}{100} = - 2.042 \text{ kg}$$

- **Agua Efectiva:** Se obtuvo la cantidad de agua necesaria por metro cúbico:

$$\text{Agua} = 216 - (- 2.042 - 14.911) = 232.953 \text{ lts}$$

Por lo tanto, la nueva relación a/c = 0.60 y teniendo como volumen de cada probeta de 0.005308 m³ se considera:

Tabla N° 16. Dosificación del concreto en kg

	Cemento	Agua	A. Grueso	A. Fino
Por 1 m ³	386.820 kg	232.953 lts	816.603 kg	842.457 kg
Por 1 Probeta	2.051 kg	1.235 lts	4.329 kg	4.466 kg

Fuente: Elaboración Propia.

La elaboración de las probetas se hará en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, teniendo como diseño que se muestran en las tablas N° 17, 18, 19 y 20.

Para el diseño se plantea una pérdida de mezcla del 10% y un total de mezclas por diseño de 5.5 - 4.5 probetas, considerando como base que nuestra relación a/c es la misma para cada diseño se tiene como base la tabla N°17 por lo que para las probetas 5.5 se tiene un peso de cemento de 12.407 y agua 7.414 mientras que para las probetas 4.5 el peso del cemento 9.926 y peso del agua 5.931 que son constantes para cada diseño mientras que el peso de los agregados varía conforme al peso del PET.



Probeta sin plástico: Se ubicó como el grupo control del diseño tipo T0 que no posee PET como agregado y es un concreto convencional.

Tabla N° 17. Diseño de mezclas sin plástico PET. "T0"

Diseño	T0	0%	
	5.5 Prob.	UND	4.5 Prob.
Cemento:	12.407	kg	9.926
Agua:	7.414	lts	5.931
Arena:	27.020	kg	21.616
Piedra:	26.191	kg	20.953

Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento para el diseño del PET es de acuerdo al peso específico del mismo que para el esférico 0.956 kg/m³ mientras que el laminar es 0.556 kg/m³ teniendo en cuenta el volumen de sustitución del agregado:

Procedimiento de Diseño de Mezclas con PET – Tipo T1:

PET al 5% Tipo T1:

Cantidad 5.5 Prob.

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

$$\text{Arena Total} = 27020 \text{ g} \quad \text{Piedra} = 26191 \text{ g}$$

Peso Específico de Agregados:

$$\begin{aligned} \text{Arena} &= 2.563 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Piedra} &= 2.646 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Pet - Esférica} &= 0.956 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Convertimos los agregados en volumen:

$$\begin{aligned} \text{Arena Total} &= 10542.33 \text{ cm}^3 & \text{Piedra} &= 9898.34 \text{ cm}^3 \\ \text{Arena 95\%} &= 10015.22 \text{ cm}^3 & \text{Piedra 95\%} &= 9403.42 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Peso Arena = 25669 g	Peso Piedra = 24881 g
-----------------------------	------------------------------

$$\text{A. Sustituida} = 527.12 \text{ cm}^3 \quad \text{P. Sustituida} = 494.92 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen total de Agregados PET: Agregados PET} = 1022.03 \text{ cm}^3$$

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET = 977 g

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% = 20535 g	Piedra 95% = 19905 g
Peso del PET = 782 g	



PET al 7.5% Tipo T1:**Cantidad 5.5 Prob.**

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

$$\text{Arena Total} = 27020 \text{ g} \quad \text{Piedra} = 26191 \text{ g}$$

Convertimos los agregados en volumen:

$$\text{Arena Total} = 10542.33 \text{ cm}^3 \quad \text{Piedra} = 9898.34 \text{ cm}^3$$

$$\text{Arena 92.5\%} = 9751.66 \text{ cm}^3 \quad \text{Piedra 92.5\%} = 9155.96 \text{ cm}^3$$

Peso Arena =	24994 g
---------------------	----------------

Peso Piedra =	24227 g
----------------------	----------------

$$\text{A. Sustituida} = 790.67 \text{ cm}^3$$

$$\text{P. Sustituida} = 742.38 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen total de Agregados PET:} \quad \text{Agregados PET} = 1533.05 \text{ cm}^3$$

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	1466 g
-----------------------	---------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	19995 g
--------------------	----------------

Piedra 95% =	19381 g
---------------------	----------------

Peso del PET =	1172 g
-----------------------	---------------

PET al 10% Tipo T1:**Cantidad 5.5 Prob.**

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

$$\text{Arena Total} = 27020 \text{ g} \quad \text{Piedra} = 26191 \text{ g}$$

Convertimos los agregados en volumen:

$$\text{Arena Total} = 10542.33 \text{ cm}^3 \quad \text{Piedra} = 9898.34 \text{ cm}^3$$

$$\text{Arena 90\%} = 9488.10 \text{ cm}^3 \quad \text{Piedra 90\%} = 8908.50 \text{ cm}^3$$

Peso Arena =	24318 g
---------------------	----------------

Peso Piedra =	23572 g
----------------------	----------------

$$\text{A. Sustituida} = 1054.23 \text{ cm}^3$$

$$\text{P. Sustituida} = 989.83 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen total de Agregados PET:} \quad \text{Agregados PET} = 2044.07 \text{ cm}^3$$

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	1954 g
-----------------------	---------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	19454 g
--------------------	----------------

Piedra 95% =	18858 g
---------------------	----------------

Peso del PET =	1563 g
-----------------------	---------------



PET al 15% Tipo T1:**Cantidad 5.5 Prob.**

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

Arena Total = 27020 g Piedra = 26191 g

Convertimos los agregados en volumen:

Arena Total = 10542.33 cm³ Piedra = 9898.34 cm³

Arena 85% = 8960.98 cm³ Piedra 85% = 8413.59 cm³

Peso Arena = 22967 g

Peso Piedra = 22262 g

A. Sustituida = 1581.35 cm³

P. Sustituida = 1484.75 cm³

Volumen total de Agregados PET: **Agregados PET = 3066.10 cm³**

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET = 2931 g

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% = 18374 g

Piedra 95% = 17810 g

Peso del PET = 2345 g

Probeta con Textura Esférica Tipo T1: Posee agregado PET del tipo T1 con densidad 0.956 gr/cm³ con diseño de mezcla que se muestra en la Tabla N°18.

Tabla N° 18. Diseño de mezclas con plástico PET. "T1".

Diseño N°01	T1 5%		4.5 Prob.	Diseño N°02	T1 7.5%		4.5 Prob.
	5.5 Prob.	UND			5.5 Prob.	UND	
Cemento:	12.407	kg	9.926	Cemento:	12.407	kg	9.926
Agua:	7.414	lts	5.931	Agua:	7.414	lts	5.931
Arena:	25.669	kg	20.535	Arena:	24.994	kg	19.995
Piedra:	24.881	kg	19.905	Piedra:	24.227	kg	19.381
Plástico o:	0.977	kg	0.782	Plástico o:	1.466	kg	1.172
Plástico *:	0.000	kg	0.000	Plástico *:	0.000	kg	0.000

Diseño N°03	T1 10%		4.5 Prob.	Diseño N°04	T1 15%		4.5 Prob.
	5.5 Prob.	UND			5.5 Prob.	UND	
Cemento:	12.407	kg	9.926	Cemento:	12.407	kg	9.926
Agua:	7.414	lts	5.931	Agua:	7.414	lts	5.931
Arena:	24.318	kg	19.454	Arena:	22.967	kg	18.374
Piedra:	23.572	kg	18.858	Piedra:	22.262	kg	17.810
Plástico o:	1.954	kg	1.563	Plástico o:	2.931	kg	2.345
Plástico *:	0.000	kg	0.000	Plástico *:	0.000	kg	0.000

Fuente: Elaboración Propia.



Procedimiento de Diseño de Mezclas con PET – Tipo T2:

PET al 5% Tipo T2:

Cantidad 5.5 Prob.

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

Arena Total = 27020 g **Piedra** = 26191 g

Peso Específico de Agregados:

Arena = 2.563 g/cm³
 Piedra = 2.646 g/cm³
 Pet - Esférica = 0.5556 g/cm³

Convertimos los agregados en volumen:

Arena Total = 10542.33 cm³ **Piedra** = 9898.34 cm³
Arena 95% = 10015.22 cm³ **Piedra 95%** = 9403.42 cm³

Peso Arena =	25669 g	Peso Piedra =	24881 g
---------------------	----------------	----------------------	----------------

A. Sustituida = 527.12 cm³ **P. Sustituida** = 494.92 cm³

Volumen total de Agregados PET: **Agregados PET** = 1022.03 cm³

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	568 g
-----------------------	--------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	20535 g	Piedra 95% =	19905 g
Peso del PET =	454 g		

PET al 7.5% Tipo T2:

Cantidad 5.5 Prob.

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

Arena Total = 27020 g **Piedra** = 26191 g

Convertimos los agregados en volumen:

Arena Total = 10542.33 cm³ **Piedra** = 9898.34 cm³
Arena 92.5% = 9751.66 cm³ **Piedra 92.5%** = 9155.96 cm³

Peso Arena =	24994 g	Peso Piedra =	24227 g
---------------------	----------------	----------------------	----------------

A. Sustituida = 790.67 cm³ **P. Sustituida** = 742.38 cm³

Volumen total de Agregados PET: **Agregados PET** = 1533.05 cm³



Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	852 g
-----------------------	--------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	19995 g
--------------------	----------------

Peso del PET =	681 g
-----------------------	--------------

Piedra 95% =	19381 g
---------------------	----------------

PET al 10% Tipo T2:

Cantidad 5.5 Prob.

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

Arena Total =	27020 g	Piedra =	26191 g
----------------------	---------	-----------------	---------

Convertimos los agregados en volumen:

Arena Total =	10542.33 cm ³	Piedra =	9898.34 cm ³
----------------------	--------------------------	-----------------	-------------------------

Arena 90% =	9488.10 cm ³	Piedra 90% =	8908.50 cm ³
--------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------

Peso Arena =	24318 g
---------------------	----------------

Peso Piedra =	23572 g
----------------------	----------------

A. Sustituida =	1054.23 cm ³	P. Sustituida =	989.83 cm ³
------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

Volumen total de Agregados PET:	Agregados PET =	2044.07 cm ³
---------------------------------	------------------------	-------------------------

Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	1136 g
-----------------------	---------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	19454 g
--------------------	----------------

Peso del PET =	909 g
-----------------------	--------------

Piedra 95% =	18858 g
---------------------	----------------

PET al 15% Tipo T2:

Cantidad 5.5 Prob.

Se tiene que el diseño convencional con cantidad de agregados en Kg:

Arena Total =	27020 g	Piedra =	26191 g
----------------------	---------	-----------------	---------

Convertimos los agregados en volumen:

Arena Total =	10542.33 cm ³	Piedra =	9898.34 cm ³
----------------------	--------------------------	-----------------	-------------------------

Arena 85% =	8960.98 cm ³	Piedra 85% =	8413.59 cm ³
--------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------

Peso Arena =	22967 g
---------------------	----------------

Peso Piedra =	22262 g
----------------------	----------------

A. Sustituida =	1581.35 cm ³	P. Sustituida =	1484.75 cm ³
------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------

Volumen total de Agregados PET:	Agregados PET =	3066.10 cm ³
---------------------------------	------------------------	-------------------------



Por lo que se tiene el Peso del Agregado:

Peso del PET =	1704 g
-----------------------	---------------

Cantidad 4.5 Prob.

Arena 95% =	18374 g
Peso del PET =	1363 g

Piedra 95% =	17810 g
---------------------	----------------

Probeta con Textura Laminar Tipo T2: Posee agregado PET del tipo T1 con densidad 0.556 gr/cm³ con diseño de mezcla que se muestra en la Tabla N°19.

Tabla N° 19. Diseño de mezclas con plástico PET. “T₂”.

Diseño N°05	T2 5%		4.5 Prob.	Diseño N°06	T2 7.5%		4.5 Prob.
	5.5 Prob.	UND			5.5 Prob.	UND	
Cemento:	12.407	kg	9.926	Cemento:	12.407	kg	9.926
Agua:	7.414	lts	5.931	Agua:	7.414	lts	5.931
Arena:	25.669	kg	20.535	Arena:	24.994	kg	19.995
Piedra:	24.881	kg	19.905	Piedra:	24.227	kg	19.381
Plástico o:	0.000	kg	0.000	Plástico o:	0.000	kg	0.000
Plástico *:	0.568	kg	0.454	Plástico *:	0.852	kg	0.681

Diseño N°07	T2 10%		4.5 Prob.	Diseño N°08	T2 15%		4.5 Prob.
	5.5 Prob.	UND			5.5 Prob.	UND	
Cemento:	12.407	kg	9.926	Cemento:	12.407	kg	9.926
Agua:	7.414	lts	5.931	Agua:	7.414	lts	5.931
Arena:	24.318	kg	19.454	Arena:	22.967	kg	18.374
Piedra:	23.572	kg	18.858	Piedra:	22.262	kg	17.810
Plástico o:	0.000	kg	0.000	Plástico o:	0.000	kg	0.000
Plástico *:	1.136	kg	0.909	Plástico *:	1.704	kg	1.363

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento de Diseño de Mezclas con PET – Tipo T₃:

En el caso de la textura mixta se requiere el volumen en proporciones del 50-50 entre el plástico del tipo esférica y laminar, por lo que se realiza el mismo procedimiento, pero debido a que ya se han calculado el volumen proporcional al 5, 7.5, 10 y 15% en función del peso del PET. Por lo tanto, nuestro peso para el tipo T₃ se mantiene en relación al agua, cemento y agregado pétreo; mientras que el peso del agregado PET se obtiene en función de la suma de la mitad del tipo T₁ y la mitad T₂ en función del peso; de acuerdo a cada porcentaje de sustitución del agregado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N° 20.



Probeta con Textura Mixta Tipo T3: Posee agregado PET del tipo T3 con textura combinada a partes iguales que son la textura esférica y laminar con diseño de mezcla que se muestra en la Tabla N°20.

Tabla N° 20. Diseño de mezclas con plástico PET. “T3”.

Diseño N°09	T3		5%	
	5.5 Prob.	UND	4.5 Prob.	
Cemento:	12.407	kg	9.926	
Agua:	7.414	lts	5.931	
Arena:	25.669	kg	20.535	
Piedra:	24.881	kg	19.905	
Plástico o:	0.489	kg	0.391	
Plástico *:	0.284	kg	0.227	

Diseño N°10	T3		7.5%	
	5.5 Prob.	UND	4.5 Prob.	
Cemento:	12.407	kg	9.926	
Agua:	7.414	lts	5.931	
Arena:	24.994	kg	19.995	
Piedra:	24.227	kg	19.381	
Plástico o:	0.733	kg	0.586	
Plástico *:	0.425	kg	0.340	

Diseño N°11	T3		10%	
	5.5 Prob.	UND	4.5 Prob.	
Cemento:	12.407	kg	9.926	
Agua:	7.414	lts	5.931	
Arena:	24.318	kg	19.454	
Piedra:	23.572	kg	18.858	
Plástico o:	0.977	kg	0.782	
Plástico *:	0.567	kg	0.454	

Diseño N°12	T3		15%	
	5.5 Prob.	UND	4.5 Prob.	
Cemento:	12.407	kg	9.926	
Agua:	7.414	lts	5.931	
Arena:	22.967	kg	18.374	
Piedra:	22.262	kg	17.810	
Plástico o:	1.466	kg	1.172	
Plástico *:	0.851	kg	0.681	

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo el diseño de mezclas del grupo control y experimental se procederá a elaborar las 117 probetas correspondientes.

Fotografía N° 09. Materiales para realizar el diseño de mezclas.



2.4.6. Elaboración de las Probetas de Concreto:

Obtenido el diseño de mezclas se procede a elaborar las probetas de concreto para posteriormente ser curadas, de acuerdo a las normas MTC E702 y NTP 339.183; teniendo en cuenta el control de los materiales bajo condiciones del laboratorio.

Materiales:

- Agregado fino (arena gruesa).
- Agua Potable.
- Agregado grueso (piedra chancada).
- Tereftalato de Polietileno.
- Cemento Portland Tipo I.

Fotografía N° 10. Materiales empleados para elaborar las probetas.



Instrumentos:

- Moldes de Probetas de 6"x12".
- Espátula.
- Mezcladora de concreto.
- Pala cuchara.
- Varilla lisa.
- Balanzas.
- Martillo de goma.
- Regla metálica.

Fotografía N° 11. Moldes de probetas de plástico de 6".



Procedimientos:

El asentamiento del concreto Slump se hizo conforme a las normas NTP 339.035 y ASTM C-143, se pudo verificar que cumple con el diseño de mezclas de 3-4”.

Fotografía N° 12. Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.



Se procedió a pesar cada uno de los materiales de acuerdo al diseño de mezclas correspondientes con balanzas de capacidad 30kg.

Fotografía N° 13. Pesado de los materiales.



Se dejaron pesados los materiales de acuerdo al diseño de mezclas.

Fotografía N° 14. Materiales listos para el diseño de mezclas.



Se consideró el tamaño de la mezcladora con capacidad máxima de 5.5 probetas, se engraso con aceite cada una de los moldes de las probetas para poder ser extraídas con facilidad con la compresora de aire como también se le diseño un color con plastilina a cada una para que puedan ser diferenciadas.

Fotografía N° 15. Mezcladora mecánica.



Se emplearon los procedimientos conforme a las normas MTC E702 y NTP 339.183, bajo condiciones de laboratorio teniendo un adecuado control de los materiales para cada probeta diseñada debiéndose de lavar los instrumentos por cada diseño.

Fotografía N° 16. Elaboración de las probetas con mezcladora.



Para realizar la elaboración de las probetas se humedeció la mezcladora y la carretilla con un trapo húmedo; posteriormente se añadieron los materiales en el orden siguiente agregados, cemento y agua. Primero se mezcló los agregados con el cemento en un lapso de dos minutos dejándose reposar durante un minuto, luego se mezcló con el agua en tres minutos con un reposo de dos minutos. Para finalmente ser extraídas hacia la carretilla usando el martillo de goma junto a la espátula.

Fotografía N° 17. Empleo de la mezcladora.



Se agregó la mezcla en tres capas por molde cada una con un varillado de 25 veces con 15 golpes del martillo de goma por capa, considerando la norma NTP 339.033.

Fotografía N° 18. Elaboración de las probetas.



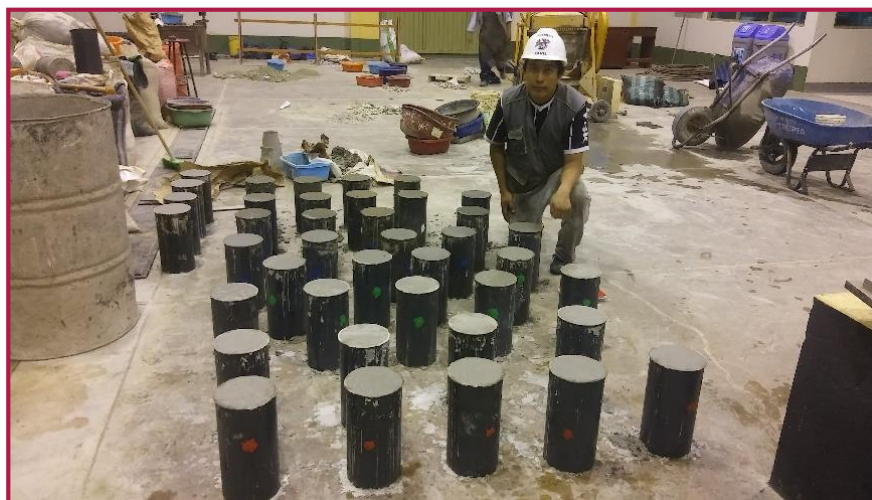
Después de completar los moldes con el concreto se procedió a realizar por un reglado previo quitando el exceso de mezcla, posteriormente se dejó reposar durante dos horas para hacer un reglado final para un mejor acabado. El mismo procedimiento se realizó para los 13 diseños de mezcla con un total de 26 tandas realizando limpieza de las herramientas y equipos

Fotografía N° 19. Acabado final de las probetas.



Se procedió a elaborar las 117 probetas; siendo 13 diseños de mezclas con 9 probetas cada una y dejando reposar durante 24 horas para quitar los moldes.

Fotografía N° 20. Moldes finales con las probetas.



Al día siguiente de la elaboración de las probetas se procedió a desmoldar cada probeta usando la compresora de aire, para lo cual la boquilla se coloca en el agujero tapado con plastilina de los moldes para ser impulsados por el aire.

Fotografía N° 21. Desmoldado de las probetas.



Continuando con el procedimiento, se pasó a identificar el nombre de cada probeta para que luego de ser curadas realizar el ensayo correspondiente.

Fotografía N° 22. Identificación y curado de las mezclas.



Se hizo el procedimiento de todos los diseños de mezcla hasta obtener un total de las 117 probetas, haciendo el curado correspondiente para realizar el ensayo a la resistencia a la compresión a las edades de los 7, 14 y 28 días.

Fotografía N° 23. Elaboración de las probetas.



El procedimiento para el diseño de mezclas del grupo control y experimental fueron similares; al momento de empleo del PET como agregado fue añadido como mezcla inicial en conjunto con los agregados pétreos. El tipo de textura empleado es en base al diseño de mezclas realizadas considerando que cada textura posee su propio peso en relación al volumen designado en el diseño.

Fotografía N° 24. Elaboración de probetas con material PET.



En el proceso de elaboración de las mezclas se aprecia que la textura esférica T_1 tiene menor trabajabilidad debido a que el material se quedaba pegada en la mezcladora; la textura laminar T_2 tuvo una mejor trabajabilidad a su vez la textura mixta tuvo una adecuada trabajabilidad a pesar de poseer a la textura esférica.

Fotografía N° 25. Agregado PET en el diseño de mezclas.



2.4.7. Ensayo del Concreto de Resistencia a la Compresión 210 kg/cm²:

Para realizar el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, se consideró las normas NTP 339.034 y ASTM C-39. Las probetas fueron secadas superficialmente de forma natural durante una hora y media al extraerse de los tanques de curado. Se pasó a anotar las características de interés como es el peso de las probetas con una balanza de capacidad de 30 kg y la medición los diámetros mediante un vernier metálico.

Fotografía N° 26. Secado y pesado de las probetas.



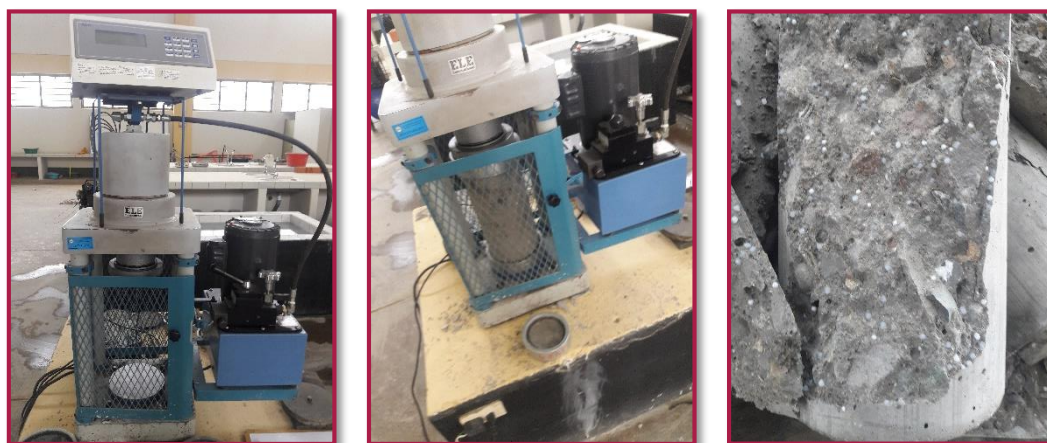
Los ensayos realizados de las probetas fueron anotados en función del diseño de mezcla considerando que ya fueron identificadas.

Fotografía N° 27. Características de las probetas.



Después de realizar las características de las probetas se procedió a realizar el ensayo a la resistencia a la compresión, colocando individualmente cada probeta, se colocó en la base superior e inferior una almohadilla de neopreno de durómetro 60, para obtener una distribución uniforme de la carga como también se colocó la probeta de forma vertical y céntrica al eje del cilindro.

Fotografía N° 28. Máquina de ensayo de resistencia a la compresión.



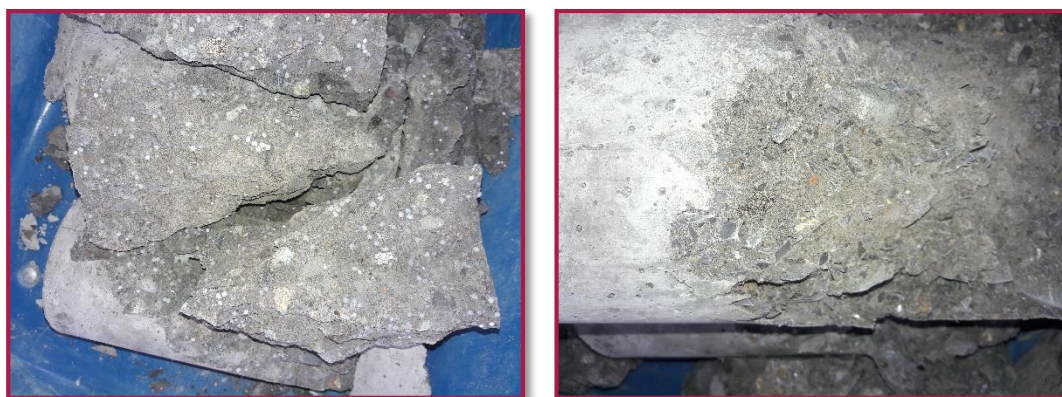
El procedimiento se hizo de acuerdo a la norma NTP 339.034 con ensayo a partir de las edades de 7, 14 y 28 días; fue de gran importancia este ensayo, puesto que nos permitirá saber cómo es la influencia del PET sobre el concreto.

Fotografía N° 29. Ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.



Durante el ensayo de resistencia a la compresión se pudo apreciar la diferencia que existe entre los tipos de textura, en el caso del tipo esférico T1 se puede apreciar que tiene una mejor distribución, en el caso del tipo laminar T2 se aprecia que la rotura de la probeta sigue la línea laminar dejada por el PET; por último, el tipo de textura mixta T3 se observa que obtuvo una mejor adaptación de la rotura de la probeta.

Fotografía N° 30. Rotura de resistencia a la compresión.



2.4.8. Resultados de Ensayo del Concreto de Resistencia a la Compresión:

En las Tablas del 21 al 33 se aprecian los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión con un total de 117 ensayos con 13 diseños cada uno con 9 probetas por diseño de mezcla, el esfuerzo Kg-f/cm² absoluto se hizo de acuerdo a la aplicación de la carga kg-f sobre el promedio del área de las bases.

Tabla N° 21. Resultado de ensayos concreto convencional tipo T₀.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T ₀	7	15.22	15.22	15.24	15.26	37750	206.95
2		7	15.28	15.24	15.25	15.20	36220	198.56
3		7	15.24	15.22	15.15	15.35	36820	201.85
4		14	15.20	15.22	15.27	15.25	46240	253.49
5		14	15.26	15.22	15.24	15.22	44710	245.10
6		14	15.20	15.20	15.30	15.25	45970	252.01
7		28	15.22	15.22	15.25	15.25	53480	293.18
8		28	15.20	15.25	15.30	15.21	54180	297.02
9		28	15.24	15.22	15.22	15.26	55220	302.72

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 22. Resultado de ensayos textura esférica tipo T₁ – 5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T1-5%	7	15.22	15.30	15.15	15.28	40110	219.88
2		7	15.25	15.24	15.27	15.20	39760	217.96
3		7	15.22	15.22	15.28	15.24	39550	216.81
4		14	15.24	15.21	15.26	15.23	47870	262.42
5		14	15.21	15.23	15.20	15.30	47340	259.52
6		14	15.20	15.20	15.30	15.25	47860	262.37
7		28	15.24	15.21	15.28	15.22	53500	293.29
8		28	15.22	15.22	15.20	15.30	51260	281.01
9		28	15.20	15.25	15.22	15.27	55540	304.47

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 23. Resultado de ensayos textura esférica tipo T₁ – 7.5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T1-7.5%	7	15.22	15.20	15.24	15.30	40280	220.82
2		7	15.21	15.27	15.24	15.25	40890	224.16
3		7	15.20	15.27	15.22	15.28	41060	225.09
4		14	15.24	15.20	15.27	15.26	46120	252.83
5		14	15.23	15.24	15.22	15.26	42490	232.93
6		14	15.23	15.24	15.21	15.26	47970	262.97
7		28	15.20	15.22	15.22	15.30	47720	261.60
8		28	15.22	15.24	15.21	15.27	45670	250.36
9		28	15.20	15.22	15.25	15.29	53120	291.20

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 24. Resultado de ensayos textura esférica tipo T₁ – 10%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T1-10%	7	15.20	15.24	15.26	15.25	39060	214.13
2		7	15.20	15.21	15.26	15.28	37770	207.06
3		7	15.27	15.27	15.16	15.27	38170	209.25
4		14	15.24	15.27	15.24	15.22	45690	250.47
5		14	15.24	15.20	15.23	15.28	44720	245.16
6		14	15.20	15.25	15.20	15.30	43760	239.89
7		28	15.21	15.20	15.27	15.27	50280	275.64
8		28	15.21	15.22	15.25	15.28	45630	250.14
9		28	15.20	15.21	15.25	15.30	44740	245.27

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 25. Resultado de ensayos textura esférica tipo T₁ – 15%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T1-15%	7	15.23	15.25	15.24	15.23	34720	190.34
2		7	15.24	15.20	15.30	15.20	35580	195.05
3		7	15.20	15.20	15.26	15.28	35330	193.68
4		14	15.21	15.20	15.25	15.30	41050	225.04
5		14	15.23	15.20	15.25	15.26	39790	218.13
6		14	15.20	15.23	15.28	15.24	42630	233.70
7		28	15.21	15.24	15.24	15.28	46630	255.63
8		28	15.20	15.21	15.22	15.31	46320	253.93
9		28	15.18	15.24	15.30	15.22	44410	243.46

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 26. Resultado de ensayos textura laminar tipo T₂ – 5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T2-5%	7	15.20	15.30	15.19	15.28	37920	207.88
2		7	15.24	15.25	15.20	15.26	41430	227.12
3		7	15.27	15.26	15.20	15.24	39500	216.54
4		14	15.20	15.21	15.25	15.28	42300	231.89
5		14	15.18	15.19	15.27	15.30	43990	241.15
6		14	15.20	15.21	15.21	15.32	46170	253.10
7		28	15.21	15.21	15.28	15.24	55920	306.55
8		28	15.25	15.20	15.25	15.25	54130	296.74
9		28	15.25	15.22	15.20	15.30	52060	285.39

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 27. Resultado de ensayos textura laminar tipo T₂ – 7.5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T2-7.5%	7	15.28	15.22	15.19	15.25	36570	200.48
2		7	15.20	15.26	15.30	15.20	36340	199.22
3		7	15.23	15.21	15.30	15.21	36800	201.74
4		14	15.26	15.22	15.22	15.24	40570	222.41
5		14	15.18	15.20	15.34	15.22	45020	246.80
6		14	15.20	15.21	15.23	15.30	41440	227.17
7		28	15.20	15.21	15.30	15.25	50220	275.31
8		28	15.22	15.24	15.19	15.30	50380	276.18
9		28	15.24	15.22	15.23	15.28	52290	286.65

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 28. Resultado de ensayos textura laminar tipo T₂ – 10%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T2-10%	7	15.21	15.22	15.23	15.28	37460	205.36
2		7	15.22	15.26	15.20	15.26	36980	202.72
3		7	15.20	15.20	15.30	15.24	37080	203.27
4		14	15.20	15.25	15.30	15.20	42100	230.79
5		14	15.20	15.24	15.22	15.29	41170	225.69
6		14	15.23	15.24	15.21	15.28	43930	240.82
7		28	15.21	15.22	15.24	15.28	50660	277.72
8		28	15.20	15.18	15.30	15.26	50630	277.55
9		28	15.22	15.26	15.25	15.22	49320	270.37

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 29. Resultado de ensayos textura laminar tipo T₂ – 15%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T2-15%	7	15.23	15.25	15.24	15.24	39090	214.29
2		7	15.20	15.20	15.25	15.30	36840	201.96
3		7	15.20	15.25	15.30	15.21	35110	192.47
4		14	15.24	15.23	15.20	15.30	42180	231.23
5		14	15.25	15.21	15.28	15.20	41970	230.08
6		14	15.21	15.26	15.22	15.25	41840	229.37
7		28	15.20	15.23	15.25	15.26	50590	277.34
8		28	15.21	15.21	15.26	15.26	49630	272.07
9		28	15.22	15.23	15.20	15.30	48080	263.58

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 30. Resultado de ensayos textura mixta tipo T₃ – 5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T3-5%	7	15.25	15.24	15.22	15.24	38600	211.61
2		7	15.20	15.19	15.40	15.15	36100	197.90
3		7	15.26	15.22	15.26	15.22	38820	212.81
4		14	15.22	15.24	15.22	15.26	48910	268.13
5		14	15.24	15.23	15.24	15.26	46350	254.09
6		14	15.23	15.21	15.22	15.28	48390	265.27
7		28	15.20	15.28	15.25	15.22	54030	296.19
8		28	15.21	15.25	15.21	15.28	53220	291.75
9		28	15.22	15.21	15.21	15.30	53750	294.66

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 31. Resultado de ensayos textura mixta tipo T₃ – 7.5%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T3-7.5%	7	15.27	15.20	15.22	15.28	39310	215.50
2		7	15.20	15.20	15.30	15.25	39250	215.17
3		7	15.24	15.21	15.30	15.20	38090	208.81
4		14	15.25	15.25	15.22	15.23	48730	267.14
5		14	15.21	15.22	15.28	15.26	49530	271.52
6		14	15.24	15.22	15.24	15.25	48250	264.51
7		28	15.20	15.22	15.24	15.28	52430	287.42
8		28	15.24	15.22	15.21	15.30	53810	294.99
9		28	15.24	15.25	15.24	15.22	52640	288.57

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 32. Resultado de ensayos textura mixta tipo T₃ – 10%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T3-10%	7	15.20	15.25	15.22	15.28	38680	212.04
2		7	15.25	15.30	15.20	15.19	38880	213.14
3		7	15.25	15.24	15.20	15.28	39380	215.88
4		14	15.25	15.23	15.22	15.25	47470	260.23
5		14	15.20	15.21	15.30	15.23	46370	254.20
6		14	15.20	15.22	15.22	15.30	46520	255.02
7		28	15.21	15.24	15.20	15.30	52120	285.72
8		28	15.20	15.24	15.28	15.22	52870	289.83
9		28	15.20	15.30	15.22	15.24	51210	280.73

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 33. Resultado de ensayos textura mixta tipo T₃ – 15%.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Dimensiones de Cilindro (cm)				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (Kgf/cm ²)
			D. Superior		D. Inferior			
			D1	D2	D1	D2		
1	T3-15%	7	15.20	15.22	15.30	15.22	34080	186.83
2		7	15.20	15.26	15.20	15.28	35030	192.03
3		7	15.21	15.24	15.22	15.27	35140	192.64
4		14	15.22	15.20	15.22	15.31	41530	227.67
5		14	15.22	15.24	15.20	15.28	42020	230.35
6		14	15.25	15.24	15.25	15.22	40440	221.69
7		28	15.20	15.20	15.28	15.26	49250	269.99
8		28	15.20	15.24	15.27	15.24	50410	276.35
9		28	15.22	15.23	15.24	15.25	49490	271.30

Fuente: Elaboración Propia.



En las tablas del 34 al 37, se aprecian las características del peso de las probetas que permiten hacer un análisis del peso unitario obtenido del grupo control que contiene un concreto convencional, y el grupo experimental con agregado PET.

Fotografía N° 31. Peso de las probetas.



Cada probeta fue secada durante una hora para que los pesos de las probetas posean las mismas condiciones, se realizó el promedio de cada diseño para posteriormente tener un análisis estadístico de los resultados.

Tabla N° 34. Peso Unitario de diseño de Mezcla Convencional.

N°	Tipo de Probeta	N° Días	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)
1	T0	7	13.076	0.00552	2370
2		7	13.046	0.00552	2365
3		7	13.088	0.00552	2373
4		14	13.101	0.00552	2375
5		14	13.033	0.00552	2363
6		14	13.113	0.00552	2377
7		28	13.139	0.00552	2382
8		28	13.017	0.00552	2360
9		28	13.062	0.00552	2368
		Promedio	13.075	0.00552	2370

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 35. Peso unitario de diseño de mezcla con textura esférica T₁.

Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)
T1-5%	12.932	0.006	2344	T1-7.5%	12.714	0.006	2305
	12.895	0.006	2338		12.731	0.006	2308
	12.898	0.006	2338		12.776	0.006	2316
	12.895	0.006	2338		12.487	0.006	2264
	12.764	0.006	2314		12.549	0.006	2275
	12.802	0.006	2321		12.749	0.006	2311
	12.885	0.006	2336		12.541	0.006	2273
	12.894	0.006	2337		12.503	0.006	2267
	12.844	0.006	2328		12.710	0.006	2304
Prom	12.868	0.006	2333	Prom	12.640	0.006	2291

Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)
T1-10%	12.663	0.006	2296	T1-15%	12.222	0.006	2216
	12.591	0.006	2283		12.345	0.006	2238
	12.597	0.006	2284		12.318	0.006	2233
	12.556	0.006	2276		12.273	0.006	2225
	12.536	0.006	2273		12.292	0.006	2228
	12.642	0.006	2292		12.427	0.006	2253
	12.611	0.006	2286		12.378	0.006	2244
	12.785	0.006	2318		12.369	0.006	2242
	12.622	0.006	2288		12.256	0.006	2222
Prom	12.623	0.006	2288	Prom	12.320	0.006	2233

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 36. Peso unitario de diseño de mezcla con textura laminar T₂.

Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)
T2-5%	12.983	0.006	2354	T2-7.5%	12.895	0.006	2338
	12.974	0.006	2352		12.922	0.006	2343
	12.934	0.006	2345		12.932	0.006	2344
	12.933	0.006	2345		12.902	0.006	2339
	12.967	0.006	2351		12.960	0.006	2349
	13.049	0.006	2366		12.927	0.006	2343
	13.053	0.006	2366		12.921	0.006	2342
	13.012	0.006	2359		13.002	0.006	2357
	12.999	0.006	2357		12.929	0.006	2344
Prom	12.989	0.006	2355	Prom	12.932	0.006	2344



Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)
T2-10%	12.897	0.006	2338	T2-15%	12.658	0.006	2295
	12.989	0.006	2355		12.773	0.006	2316
	12.909	0.006	2340		12.739	0.006	2309
	12.980	0.006	2353		12.665	0.006	2296
	12.898	0.006	2338		12.680	0.006	2299
	12.911	0.006	2341		12.729	0.006	2308
	12.913	0.006	2341		12.665	0.006	2296
	12.895	0.006	2338		12.604	0.006	2285
	13.059	0.006	2367		12.676	0.006	2298
Prom	12.939	0.006	2346	Prom	12.688	0.006	2300

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 37. Peso unitario de diseño de mezcla con textura mixta T₃.

Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)
T3-5%	12.938	0.006	2345	T3-7.5%	12.896	0.006	2338
	12.915	0.006	2341		12.803	0.006	2321
	12.849	0.006	2329		12.875	0.006	2334
	12.964	0.006	2350		12.900	0.006	2339
	12.931	0.006	2344		12.874	0.006	2334
	12.917	0.006	2342		12.837	0.006	2327
	12.920	0.006	2342		12.859	0.006	2331
	12.940	0.006	2346		12.875	0.006	2334
	12.982	0.006	2353		12.918	0.006	2342
Prom	12.928	0.006	2344	Prom	12.871	0.006	2333

Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)
T3-10%	12.682	0.006	2299	T3-15%	12.468	0.006	2260
	12.665	0.006	2296		12.421	0.006	2252
	12.787	0.006	2318		12.605	0.006	2285
	12.798	0.006	2320		12.607	0.006	2285
	12.689	0.006	2300		12.523	0.006	2270
	12.740	0.006	2310		12.427	0.006	2253
	12.723	0.006	2306		12.433	0.006	2254
	12.792	0.006	2319		12.562	0.006	2277
	12.709	0.006	2304		12.673	0.006	2297
Prom	12.732	0.006	2308	Prom	12.524	0.006	2270

Fuente: Elaboración Propia.

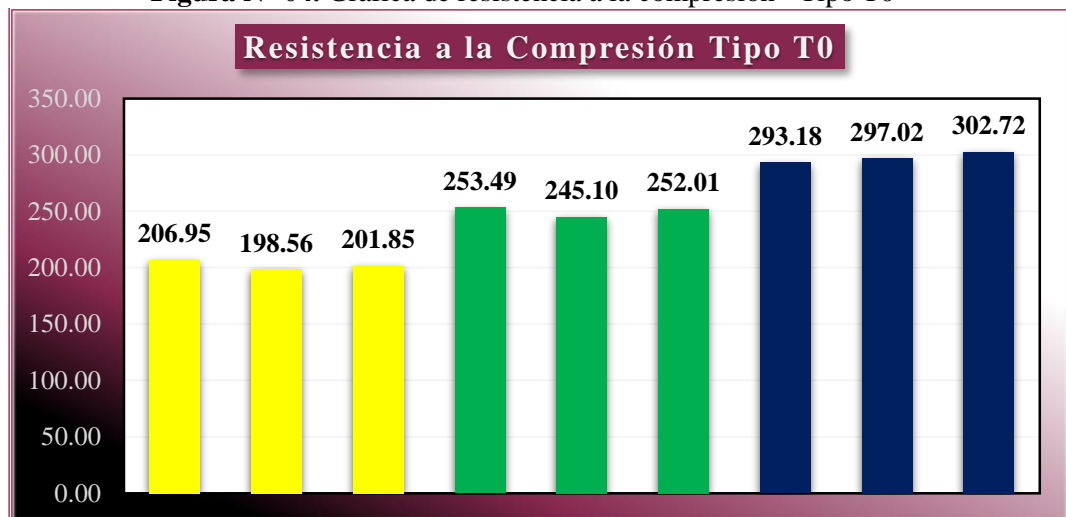


2.4.9. Gráfica de Resultados de Ensayo a Compresión:

Para la apreciación de los resultados se realizaron gráficas que indican como ha sido el crecimiento de la resistencia a la compresión a las edades de los 7, 14, y 28 días.

Grupo Control: Contiene al concreto convencional T_0 como se n la figura N°04.

Figura N° 04. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T_0

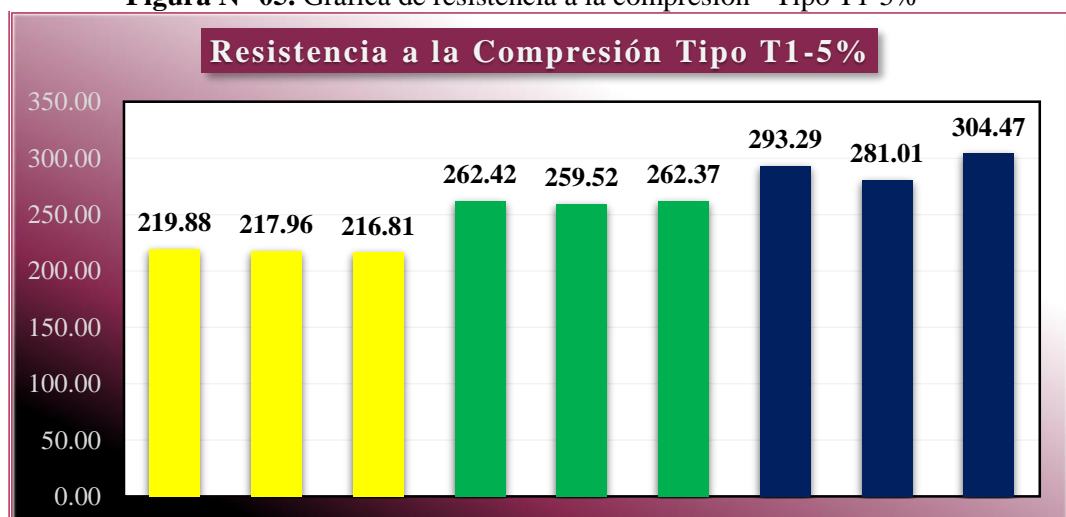


Fuente: Elaboración Propia.

Grupo Experimental:

Este grupo contiene al tipo T_1 , T_2 y T_3 cuya resistencia a la compresión se representa en las figuras N° 05 al 16.

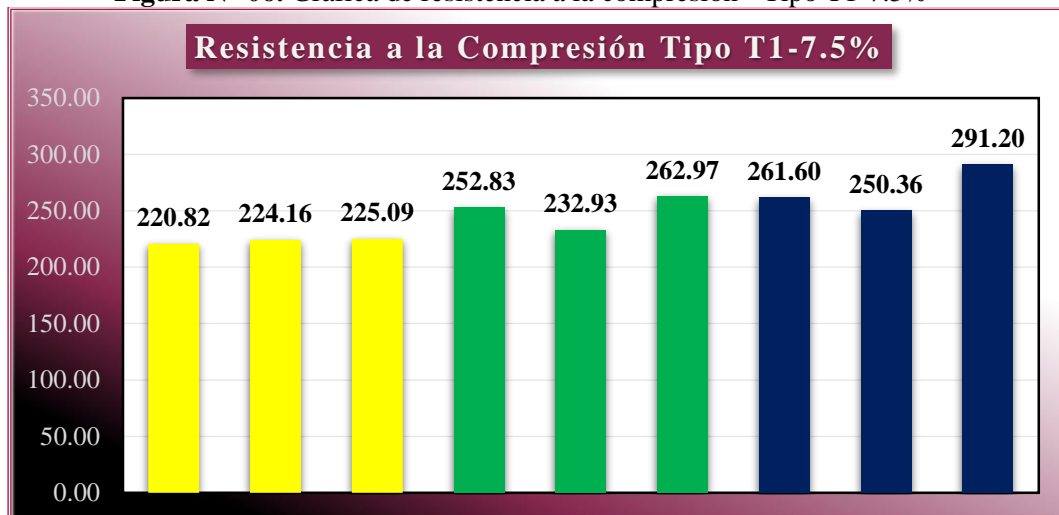
Figura N° 05. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T_1 -5%



Fuente: Elaboración Propia.

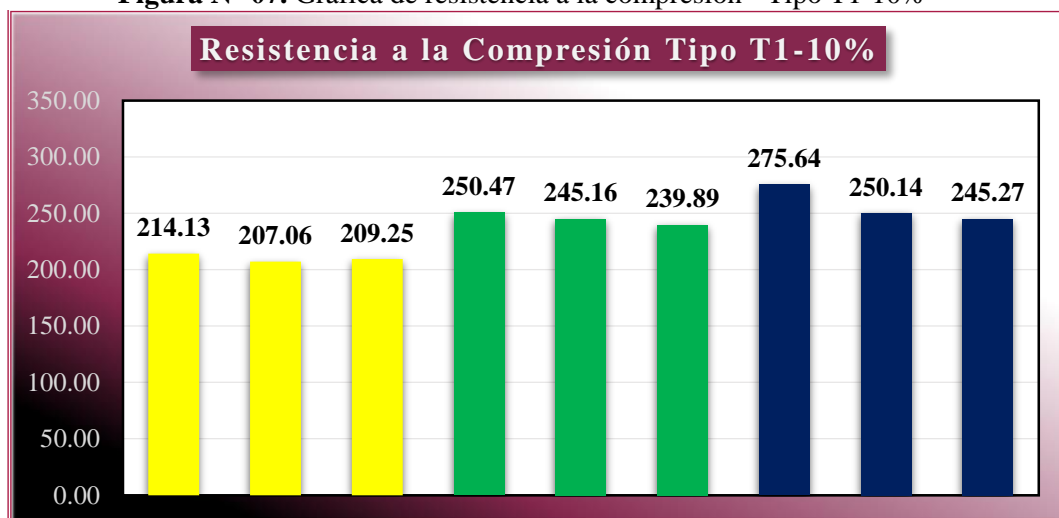


Figura N° 06. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-7.5%



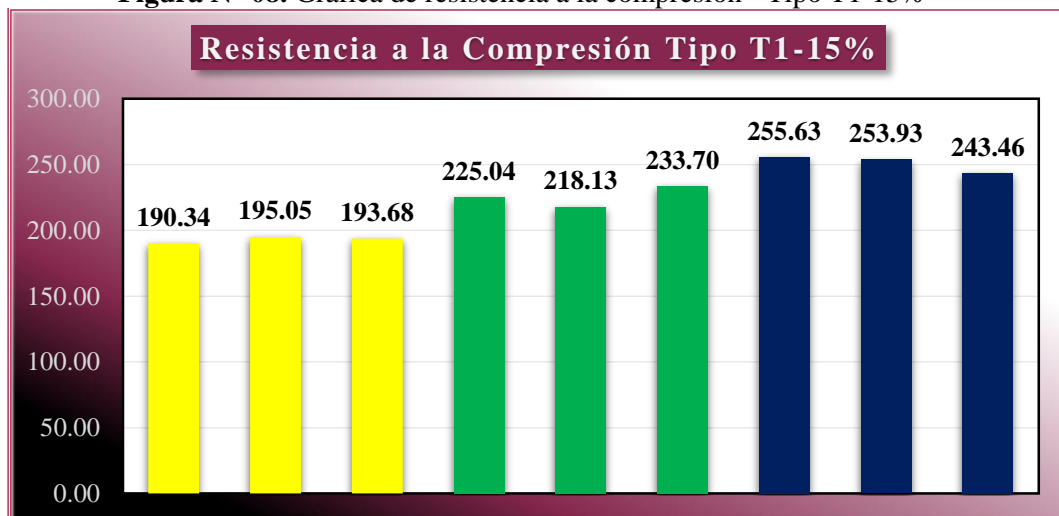
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 07. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-10%



Fuente: Elaboración Propia.

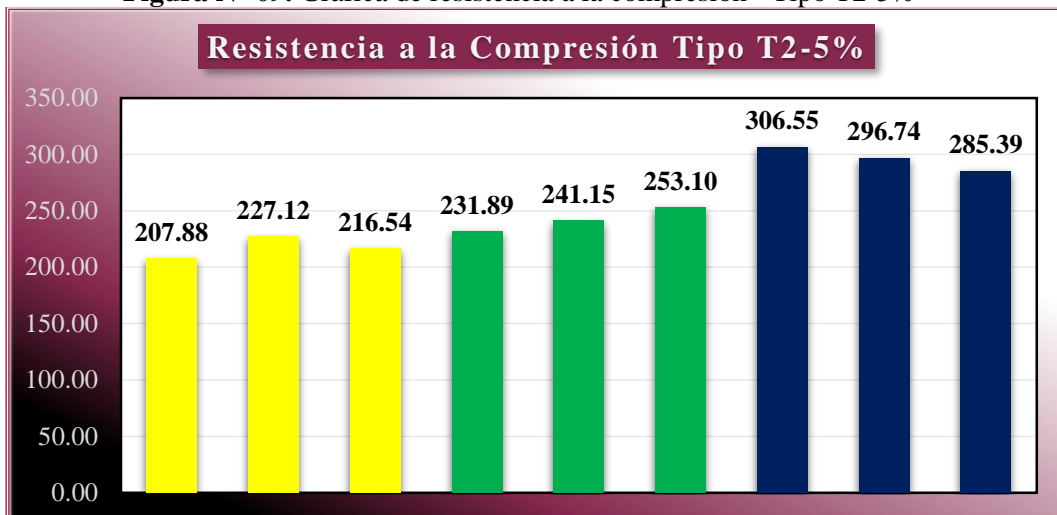
Figura N° 08. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T1-15%



Fuente: Elaboración Propia.

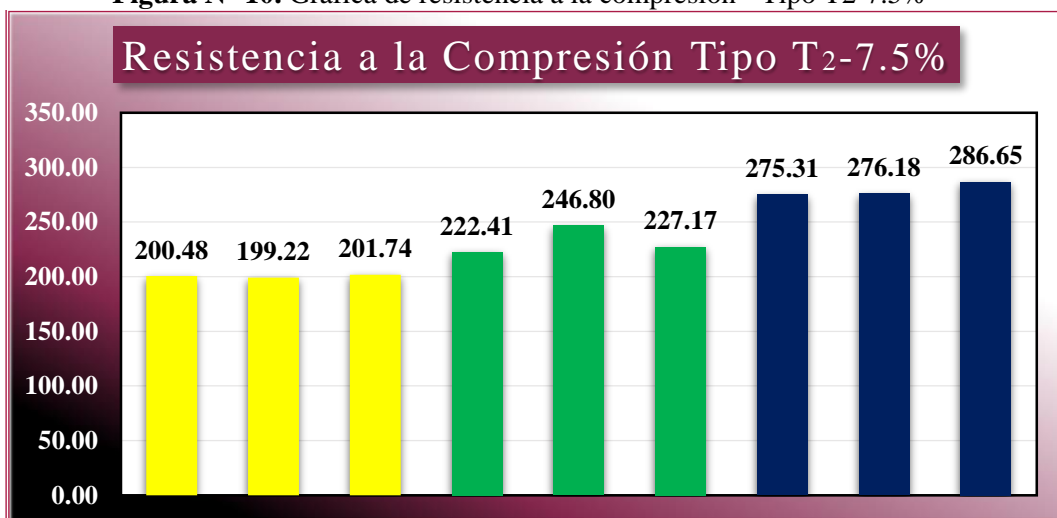


Figura N° 09. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-5%



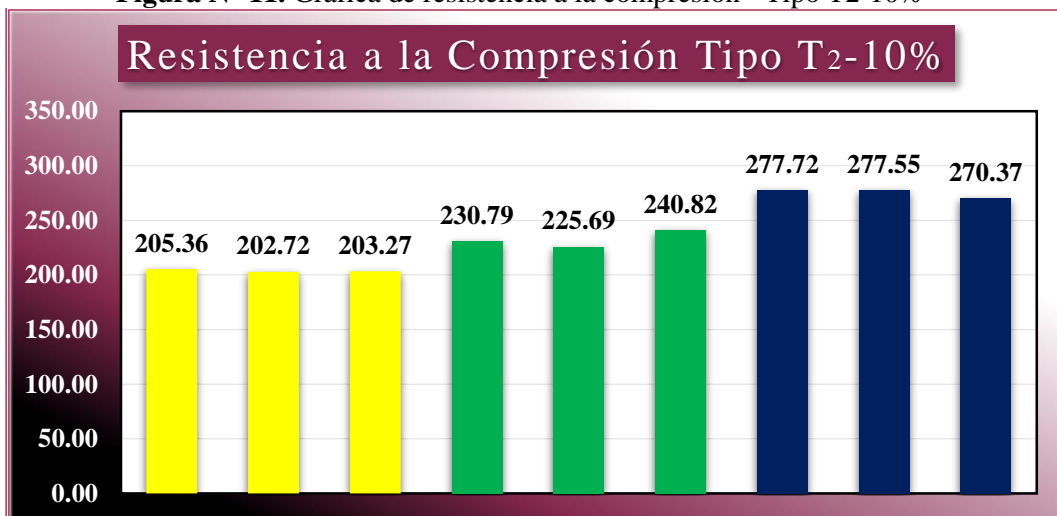
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 10. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-7.5%



Fuente: Elaboración Propia.

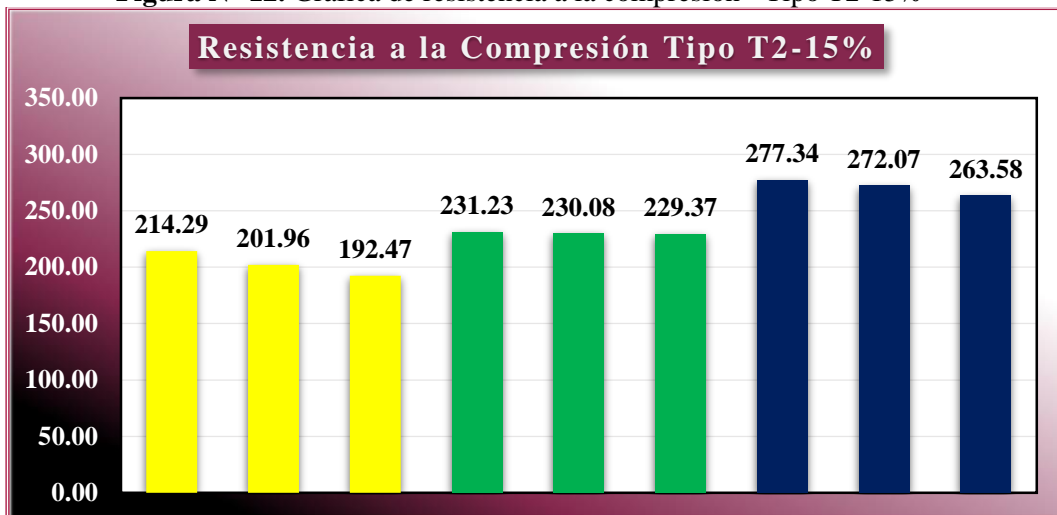
Figura N° 11. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-10%



Fuente: Elaboración Propia.

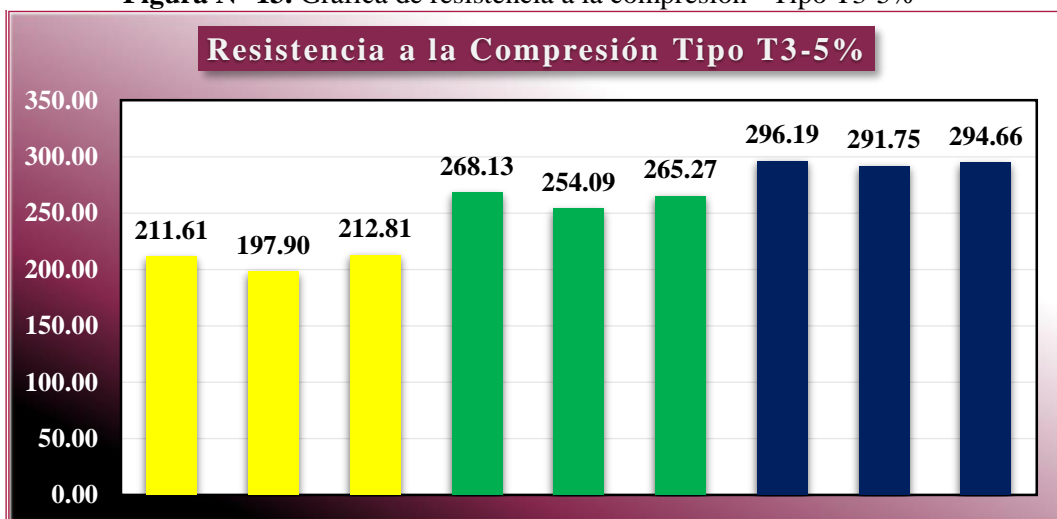


Figura N° 12. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T2-15%



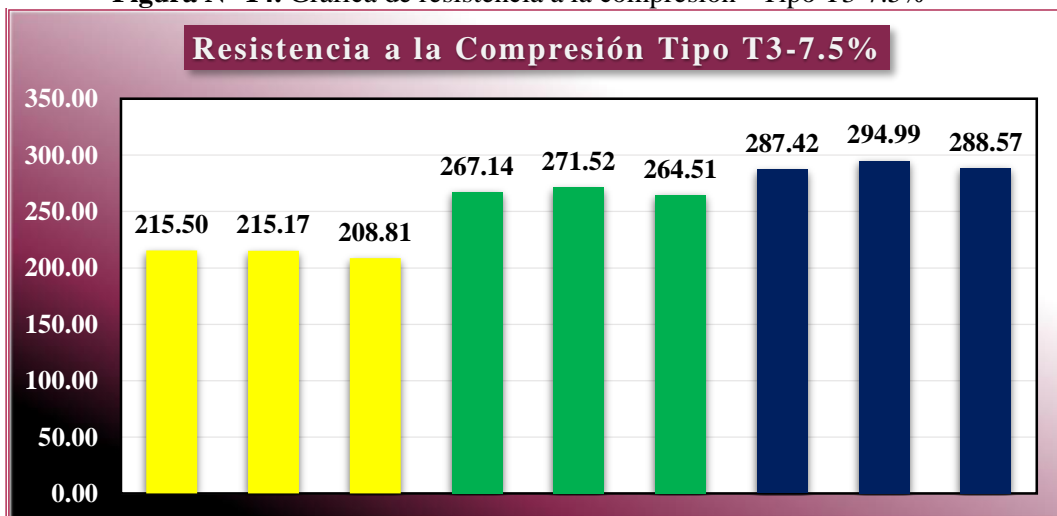
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-5%



Fuente: Elaboración Propia.

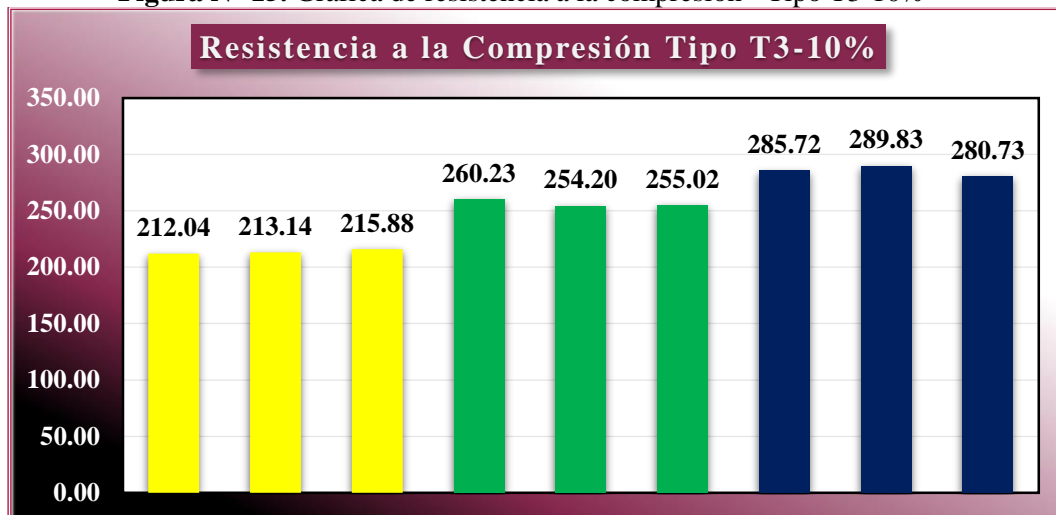
Figura N° 14. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-7.5%



Fuente: Elaboración Propia.

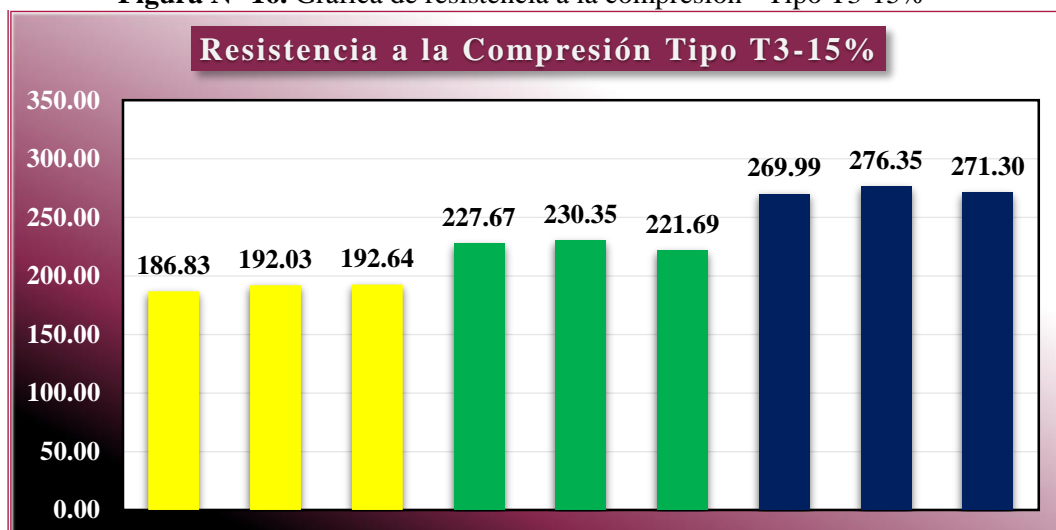


Figura N° 15. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-10%



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 16. Gráfica de resistencia a la compresión - Tipo T3-15%



Fuente: Elaboración Propia.

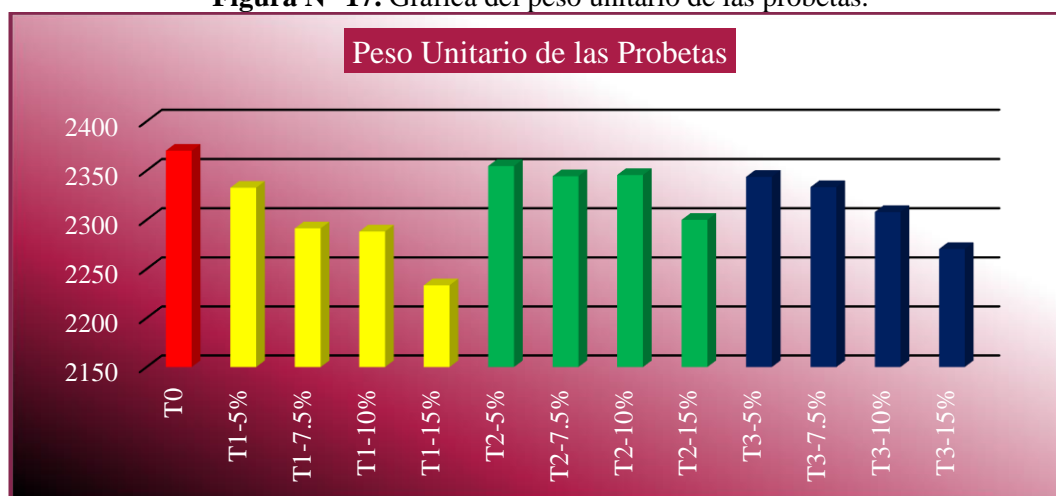
Analizando los gráficos se puede verificar que algunas probetas alcanzan la resistencia a la compresión requerida a los 28 días, en el caso del grupo control se aprecia que el crecimiento de la resistencia es constante mientras que el grupo experimental se aprecia que no alcanzan la resistencia a la compresión a los 28 días cuanto mayor cantidad de PET sea añadida. Posteriormente, se deberá realizar métodos estadísticos para verificar la validez de los resultados teniendo presente la confiabilidad de la muestra de 95%.



2.4.10. Gráfica de Resultados del Peso de las Probetas:

En la figura N° 17 se aprecia el peso del agregado de cada probeta el grupo control tiene un mayor valor, mientras que en el grupo experimental se pudo apreciar que cuanto mayor volumen se añada el PET, menor será el valor del peso unitario. Estos valores nos permiten apreciar y hacer una comparativa entre el valor de la resistencia y el peso unitario del agregado.

Figura N° 17. Gráfica del peso unitario de las probetas.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 38. Valor del peso unitario promedio de las probetas.

Nombre	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (Kg/m3)
T0	13.075	0.00552	2370
T1-5%	12.868	0.00552	2333
T1-7.5%	12.640	0.00552	2291
T1-10%	12.623	0.00552	2288
T1-15%	12.320	0.00552	2233
T2-5%	12.989	0.00552	2355
T2-7.5%	12.932	0.00552	2344
T2-10%	12.939	0.00552	2346
T2-15%	12.688	0.00552	2300
T3-5%	12.928	0.00552	2344
T3-7.5%	12.871	0.00552	2333
T3-10%	12.732	0.00552	2308
T3-15%	12.524	0.00552	2270

Fuente: Elaboración Propia.



CAPÍTULO III:

ANÁLISIS DE RESULTADOS



3.1. Análisis Estadístico:

3.1.1. Análisis Estadístico - Resistencia a la Compresión a los 7 Días:

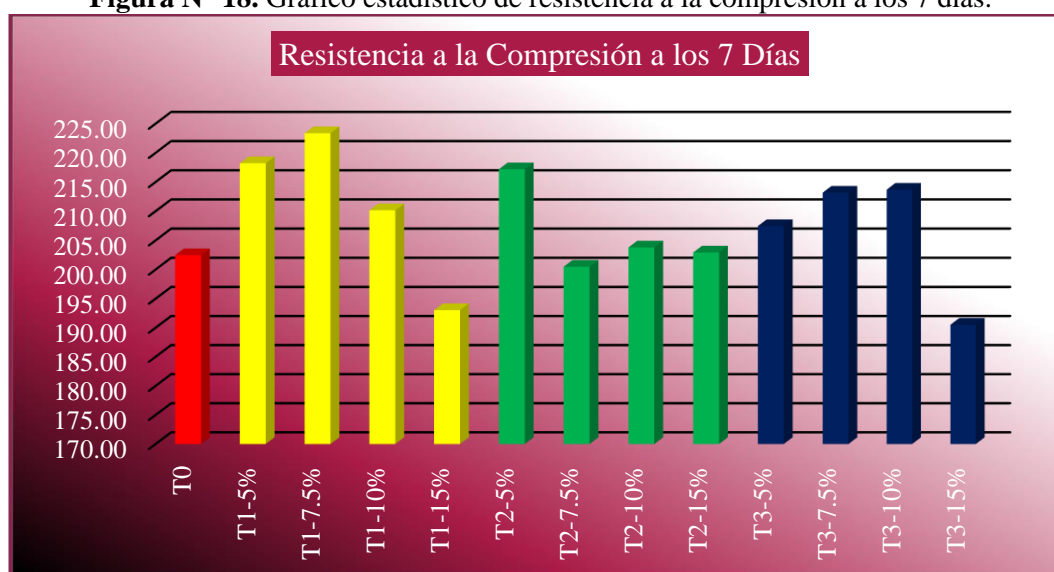
Se realizó la media aritmética de la resistencia a la compresión a los 7 días de todos los diseños, a su vez datos estadísticos como se indica en la tabla N° 39 para poder comparar los diseños como se indica en la Figura N° 18.

Tabla N° 39. Gráficos estadísticos del diseño a los 7 días.

Tipo de Probeta	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
T0	202.45	17.87	4.23	2.09%
T1-5%	218.22	2.41	1.55	0.71%
T1-7.5%	223.36	5.04	2.25	1.01%
T1-10%	210.15	13.10	3.62	1.72%
T1-15%	193.02	5.87	2.42	1.26%
T2-5%	217.18	92.85	9.64	4.44%
T2-7.5%	200.48	1.59	1.26	0.63%
T2-10%	203.78	1.94	1.39	0.68%
T2-15%	202.91	119.70	10.94	5.39%
T3-5%	207.44	68.62	8.28	3.99%
T3-7.5%	213.16	14.22	3.77	1.77%
T3-10%	213.69	3.91	1.98	0.93%
T3-15%	190.50	10.19	3.19	1.68%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 18. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 7 días.



Fuente: Elaboración Propia.



3.1.2. Análisis Estadístico: Resistencia a la Compresión a los 14 Días:

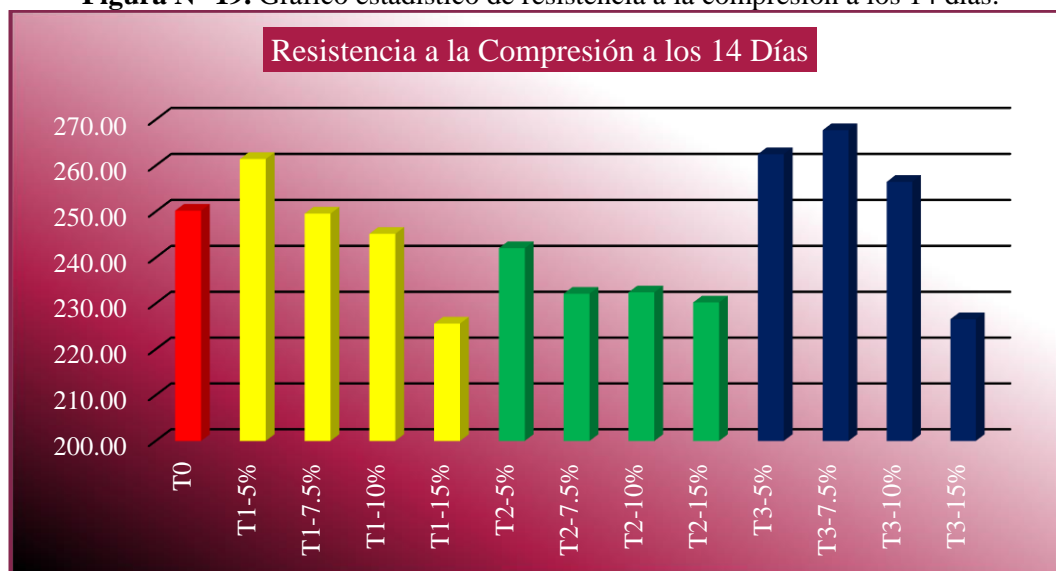
Se realizó también la media aritmética de la resistencia a la compresión a los 14 días, a su vez se empleó datos estadísticos como se indica en la tabla N° 40 para poder comparar los diseños que se muestran en la Figura N° 19.

Tabla N° 40. Gráficos estadísticos del diseño a los 14 días.

Tipo de Probeta	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T0	250.20	20.06	4.48	1.79%
T1-5%	261.44	2.76	1.66	0.63%
T1-7.5%	249.58	233.54	15.28	6.12%
T1-10%	245.17	27.98	5.29	2.16%
T1-15%	225.62	60.86	7.80	3.46%
T2-5%	242.05	113.07	10.63	4.39%
T2-7.5%	232.13	167.14	12.93	5.57%
T2-10%	232.43	59.25	7.70	3.31%
T2-15%	230.23	0.88	0.94	0.41%
T3-5%	262.50	55.05	7.42	2.83%
T3-7.5%	267.72	12.54	3.54	1.32%
T3-10%	256.48	10.70	3.27	1.28%
T3-15%	226.57	19.66	4.43	1.96%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 19. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 14 días.



Fuente: Elaboración Propia.



3.1.3. Análisis Estadístico: Resistencia a la Compresión a los 28 Días:

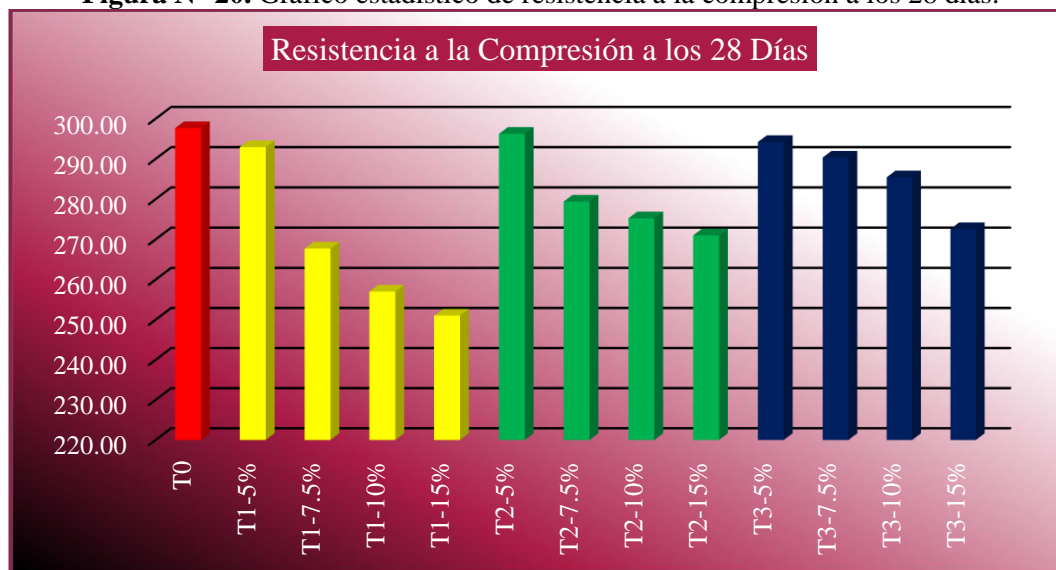
Por último, se tiene la media aritmética de la resistencia a la compresión a los 28 días, se emplearon datos estadísticos como se indica en la tabla N° 41 para ser comparado cada uno de los diseños como se indica en la Figura N° 20.

Tabla N° 41. Gráficos estadísticos del diseño a los 28 días.

Tipo de Probeta	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
T0	297.64	23.04	4.80	1.61%
T1-5%	292.92	137.69	11.73	4.01%
T1-7.5%	267.72	445.07	21.10	7.88%
T1-10%	257.02	266.05	16.31	6.35%
T1-15%	251.01	43.44	6.59	2.63%
T2-5%	296.23	112.13	10.59	3.57%
T2-7.5%	279.38	39.83	6.31	2.26%
T2-10%	275.21	17.60	4.20	1.52%
T2-15%	271.00	48.20	6.94	2.56%
T3-5%	294.20	5.09	2.26	0.77%
T3-7.5%	290.33	16.64	4.08	1.41%
T3-10%	285.43	20.77	4.56	1.60%
T3-15%	272.55	11.28	3.36	1.23%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 20. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión a los 28 días.



Fuente: Elaboración Propia.



3.1.4. Análisis Estadístico: Peso Unitario kg/m³:

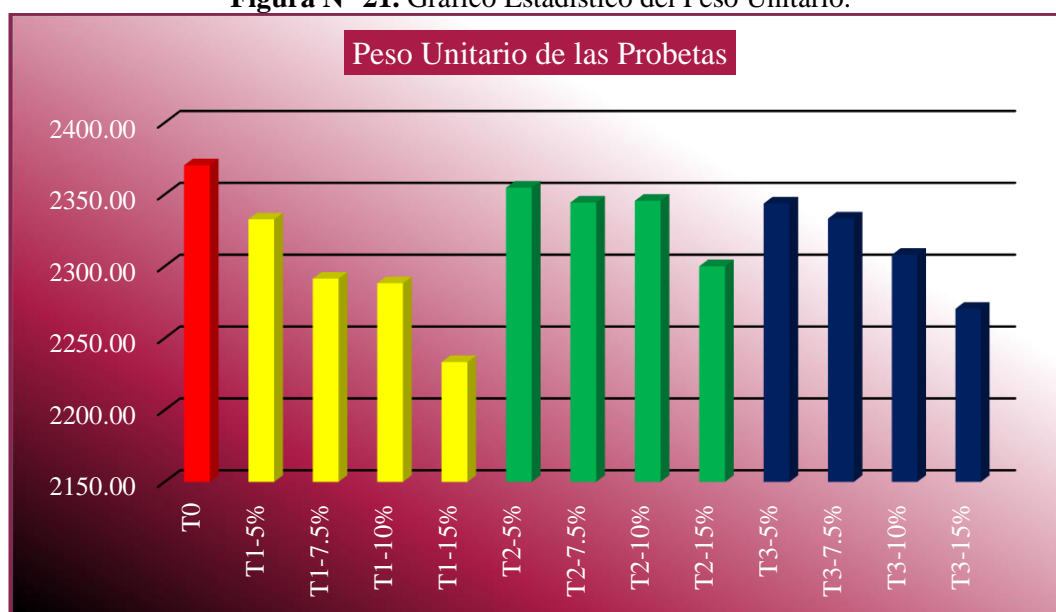
Se hizo la media aritmética del peso unitario de todas las probetas de diseño de mezcla, con datos estadísticos que se muestran en la tabla N° 42 y comparar las texturas del PET que se observan en la Figura N° 21.

Tabla N° 42. Peso unitario de los diseños.

Tipo de Probeta	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
T0	2370.28	51.448	7.173	0.30%
T1-5%	2332.70	95.165	9.755	0.42%
T1-7.5%	2291.42	448.976	21.189	0.92%
T1-10%	2288.26	172.971	13.152	0.57%
T1-15%	2233.41	141.873	11.911	0.53%
T2-5%	2354.75	62.564	7.910	0.34%
T2-7.5%	2344.40	33.716	5.807	0.25%
T2-10%	2345.63	108.130	10.399	0.44%
T2-15%	2300.07	85.150	9.228	0.40%
T3-5%	2343.71	45.427	6.740	0.29%
T3-7.5%	2333.26	39.599	6.293	0.27%
T3-10%	2308.04	84.180	9.175	0.40%
T3-15%	2270.46	281.519	16.779	0.74%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 21. Gráfico Estadístico del Peso Unitario.



Fuente: Elaboración Propia.



3.2. Diseño Experimental:

En la evaluación del diseño experimental se analizó el crecimiento de la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días; considerando la media aritmética de las probetas. Para indicar como se desarrolló la edad del concreto se hizo una curva polinómica pudiendo ver el comportamiento de la resistencia a la compresión para ver si tiene un crecimiento constante.

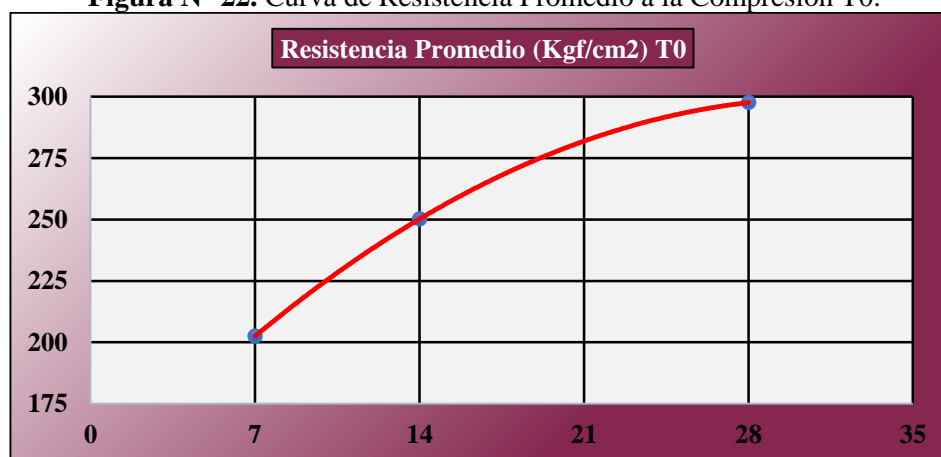
Tabla N° 43. Resistencia Promedio a la Compresión.

Tipo de Probeta	Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)		
	7	14	28
T0	202.45	250.20	297.64
T1-5%	218.22	261.44	292.92
T1-7.5%	223.36	249.58	267.72
T1-10%	210.15	245.17	257.02
T1-15%	193.02	225.62	251.01
T2-5%	217.18	242.05	296.23
T2-7.5%	200.48	232.13	279.38
T2-10%	203.78	232.43	275.21
T2-15%	202.91	230.23	271.00
T3-5%	207.44	262.50	294.20
T3-7.5%	213.16	267.72	290.33
T3-10%	213.69	256.48	285.43
T3-15%	190.50	226.57	272.55

Fuente: Elaboración Propia.

Curva Promedio de Resistencia a la Compresión del Tipo T0:

Figura N° 22. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T0.

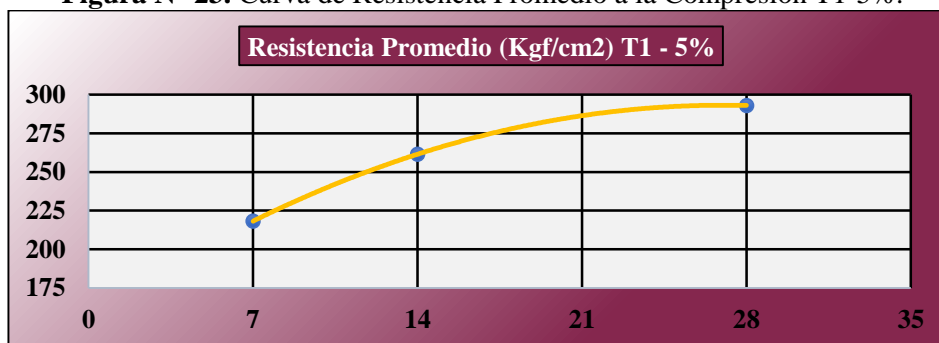


Fuente: Elaboración Propia.



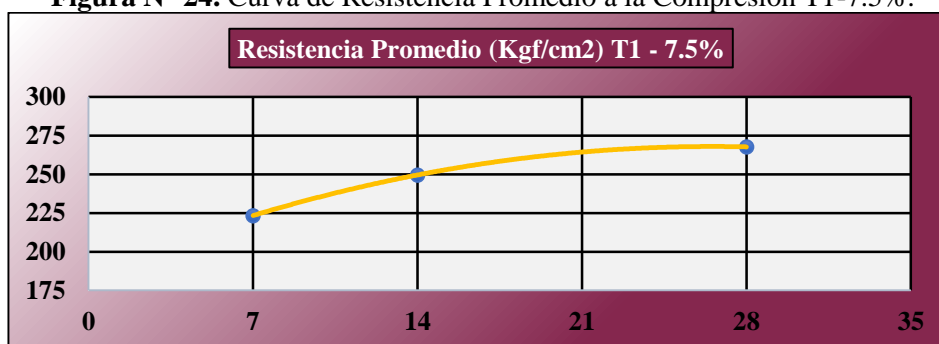
Curva Promedio de Resistencia a la Compresión del Tipo T1:

Figura N° 23. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-5%.



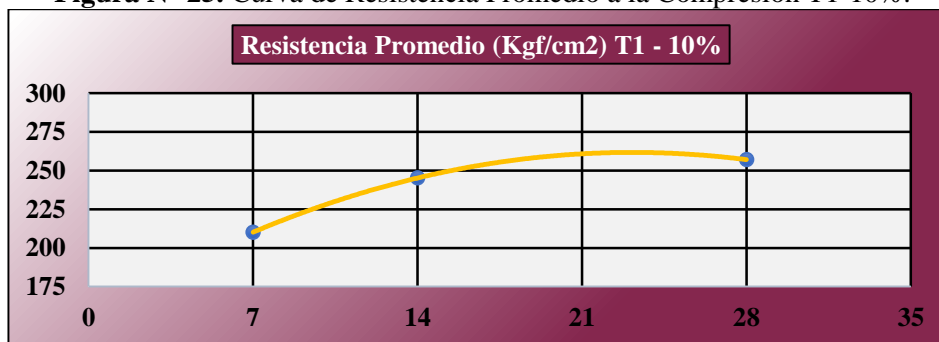
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 24. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-7.5%.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 25. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-10%.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 26. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T1-15%.

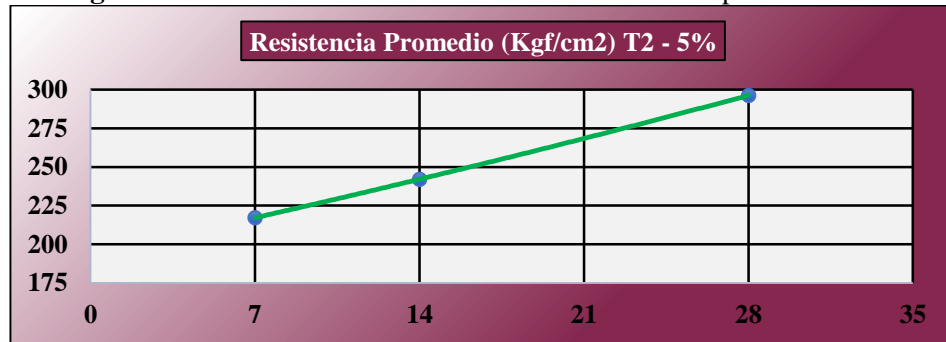


Fuente: Elaboración Propia.



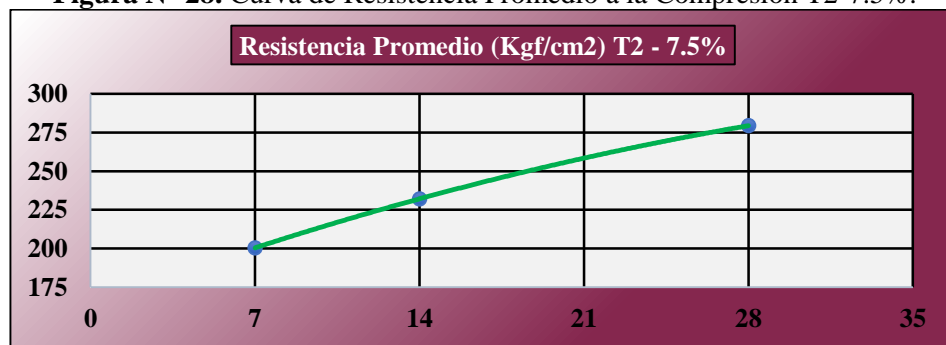
Curva Promedio de Resistencia a la Compresión del Tipo T2:

Figura N° 27. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-5%.



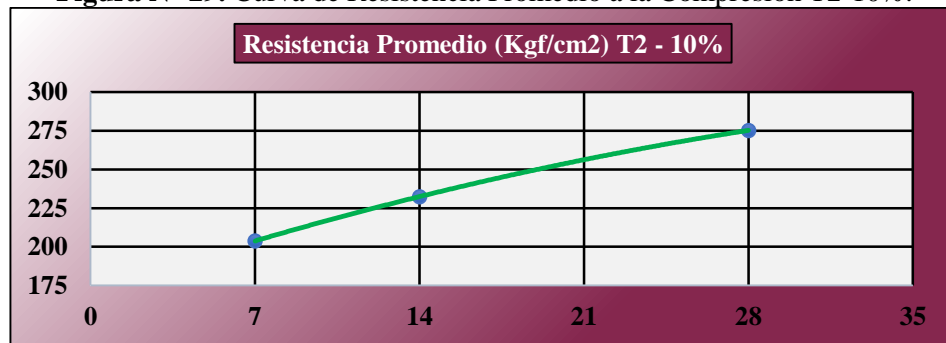
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 28. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-7.5%.



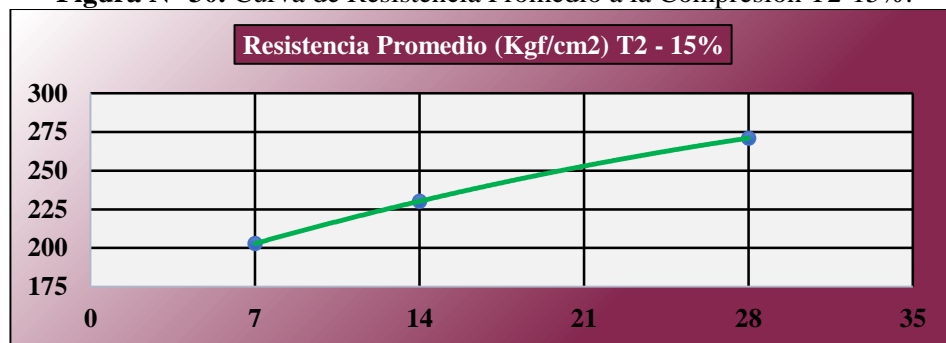
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 29. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-10%.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 30. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T2-15%.

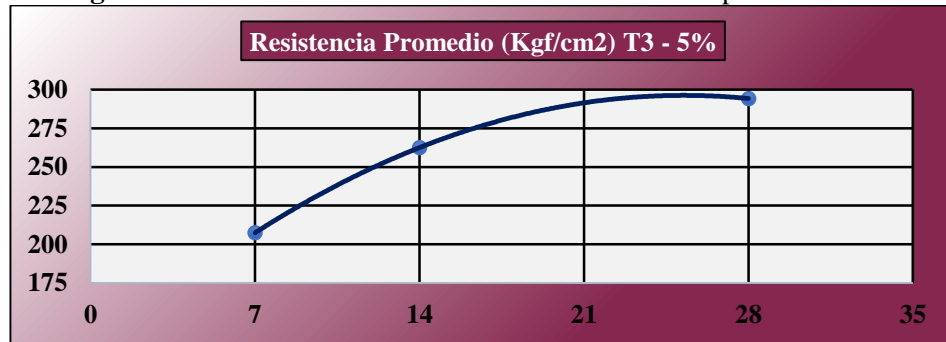


Fuente: Elaboración Propia.



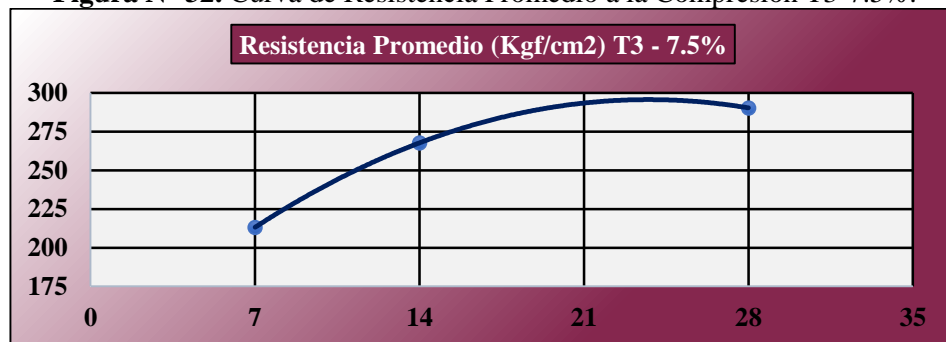
Curva Promedio de Resistencia a la Compresión del Tipo T3:

Figura N° 31. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-5%.



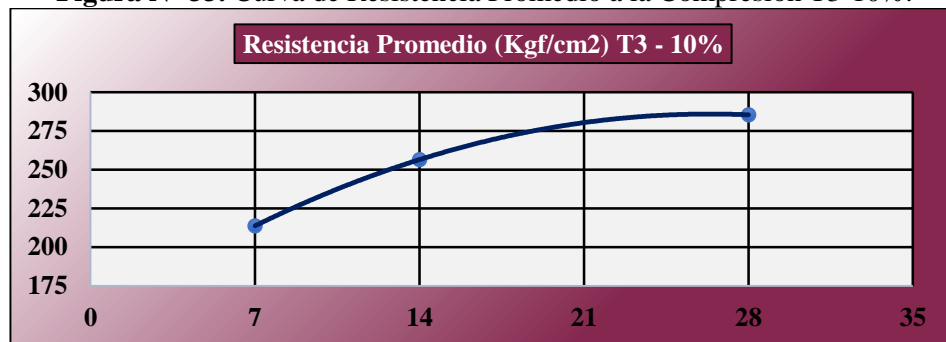
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 32. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-7.5%.



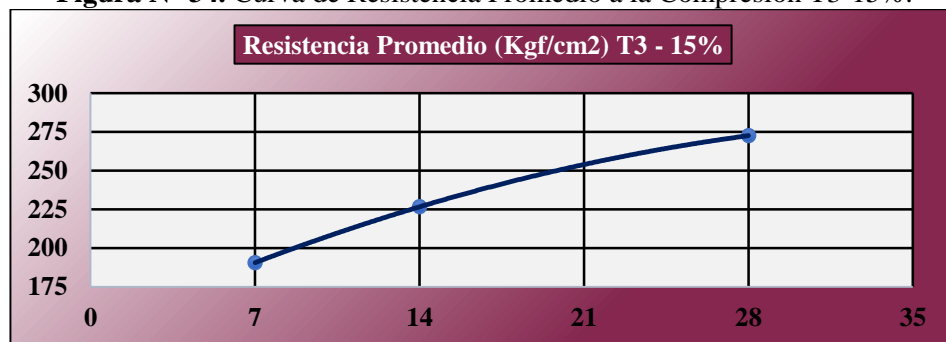
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 33. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-10%.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 34. Curva de Resistencia Promedio a la Compresión T3-15%.



Fuente: Elaboración Propia.

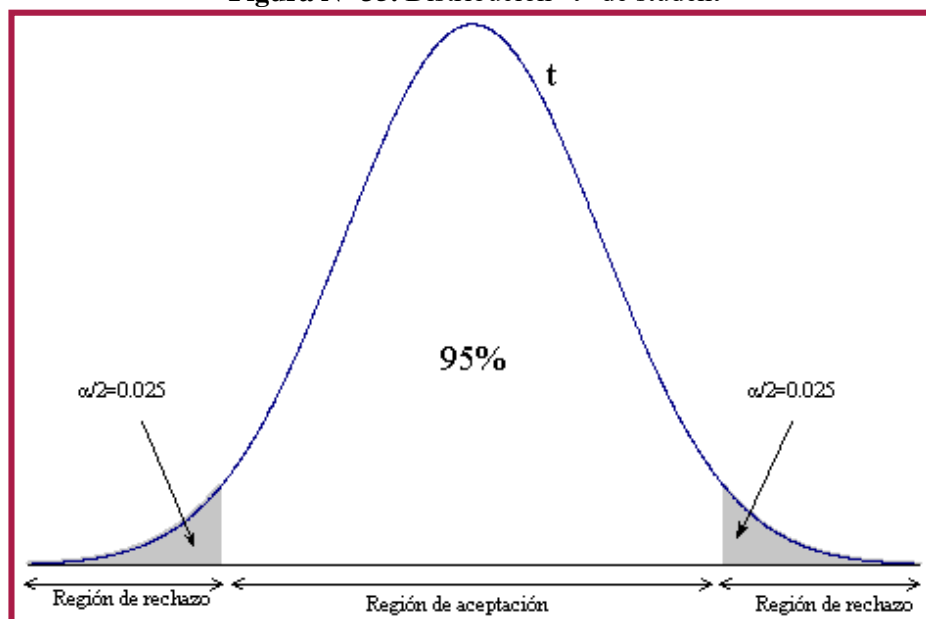


3.3. Aplicación del “t” de Student para muestras pequeñas:

En una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Ésta es la base de la prueba “t” de Student para la determinación de las diferencias entre dos medias muestrales y para la construcción del intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de las poblaciones.

La distribución “t” es más ancha y más plana en el centro que la distribución normal estándar como resultado de ello se tiene una mayor variabilidad en las medias de muestra calculadas a partir de muestras más pequeñas. Sin embargo, a medida que aumenta el tamaño de la muestra, la distribución “t” se aproxima a la distribución normal estándar.

Figura N° 35. Distribución “t” de student



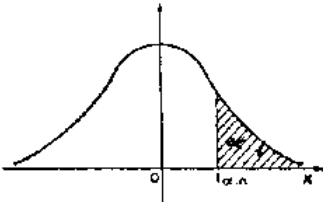
Fuente: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/t_student/images/t_stud3.gif

Para el tema de investigación se consideró una confiabilidad del 95% debido a que se requiere una muestra ni muy confiable ni poco confiable por lo que se considera una confiabilidad adecuada para la muestra.



Se consideró una confiabilidad del 95% del tamaño de muestra para validar la hipótesis, entonces analizamos las regiones para la aceptación y/o el rechazo haciendo un contraste de la hipótesis. Teniendo el valor del 95% nos queda el margen de aceptación o rechazo, de la hipótesis $\pm\alpha/2$ que es igual a 0.025 por lo que se tendrá un valor de validación de la hipótesis igual a 4.303.

Figura N° 36. Valores de aceptación de hipótesis.

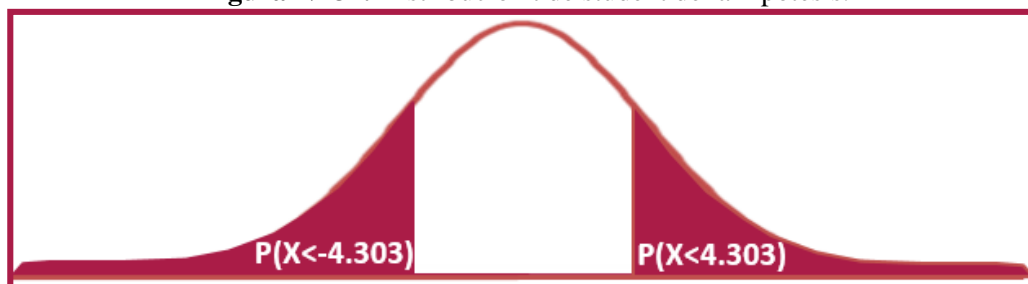


$\alpha/2$	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883

Fuente: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/t_student/images/t_stud3.gif

Finalmente, la representación de la aceptación y/o rechazo de la hipótesis quedara representada en la figura N°36.

Figura N° 37. Distribución t de student de la hipótesis.



Fuente: Elaboración Propia.

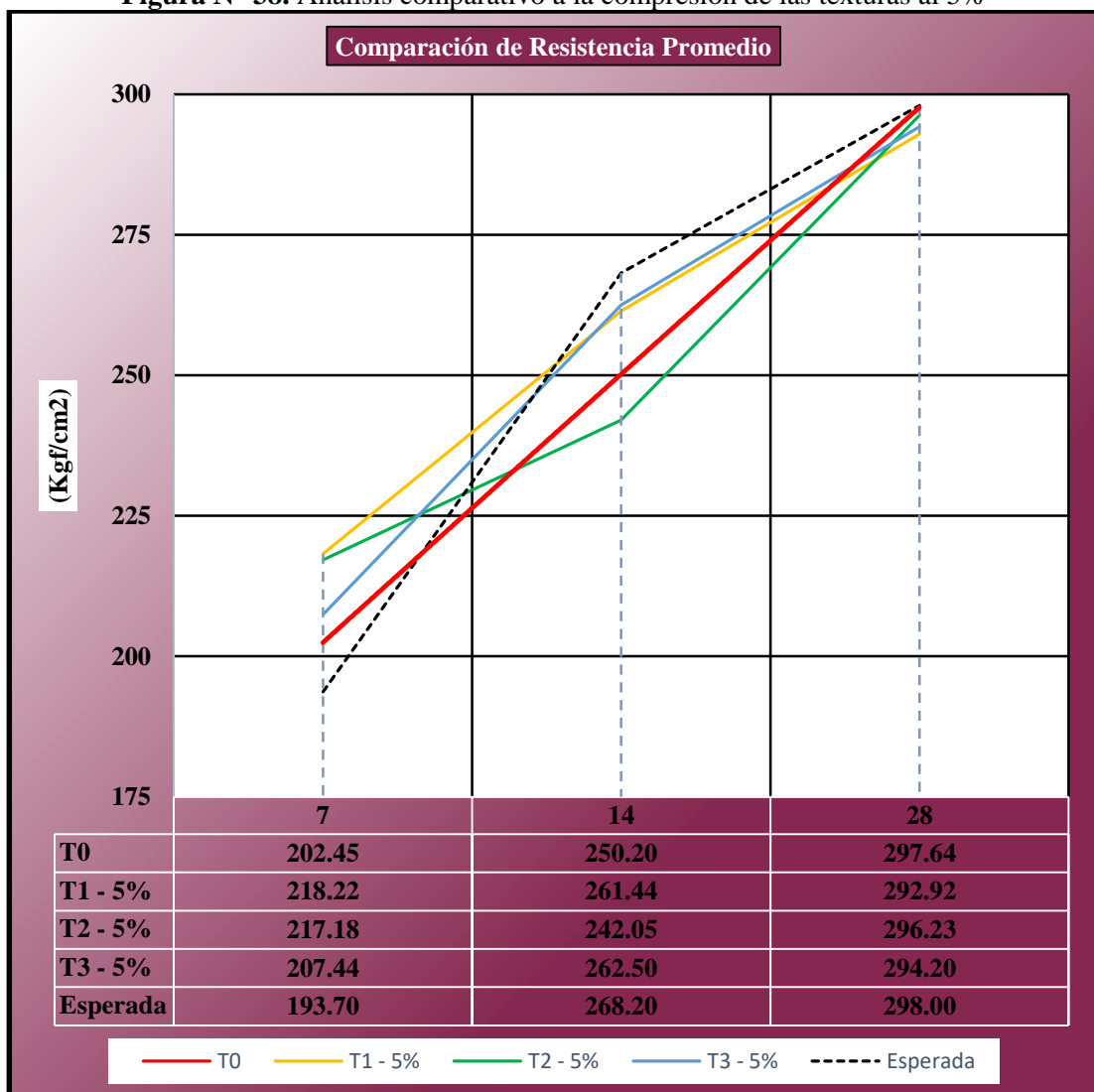


3.4. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 5%:

Se procedió a realizar una comparación entre el grupo control T0 con el grupo experimental con las diversas texturas al 5% como se aprecia en la figura N° 37, con respecto a la resistencia promedio esperada se pudo observar que el concreto en general alcanza valores cercanos a lo esperado, se aprecia que no existe mucha diferencia en las diferentes texturas empleadas.

Para validar los valores alcanzados se requiere verificar el grado de confiabilidad alcanzada por cada resistencia.

Figura N° 38. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 5%



Fuente: Elaboración Propia.

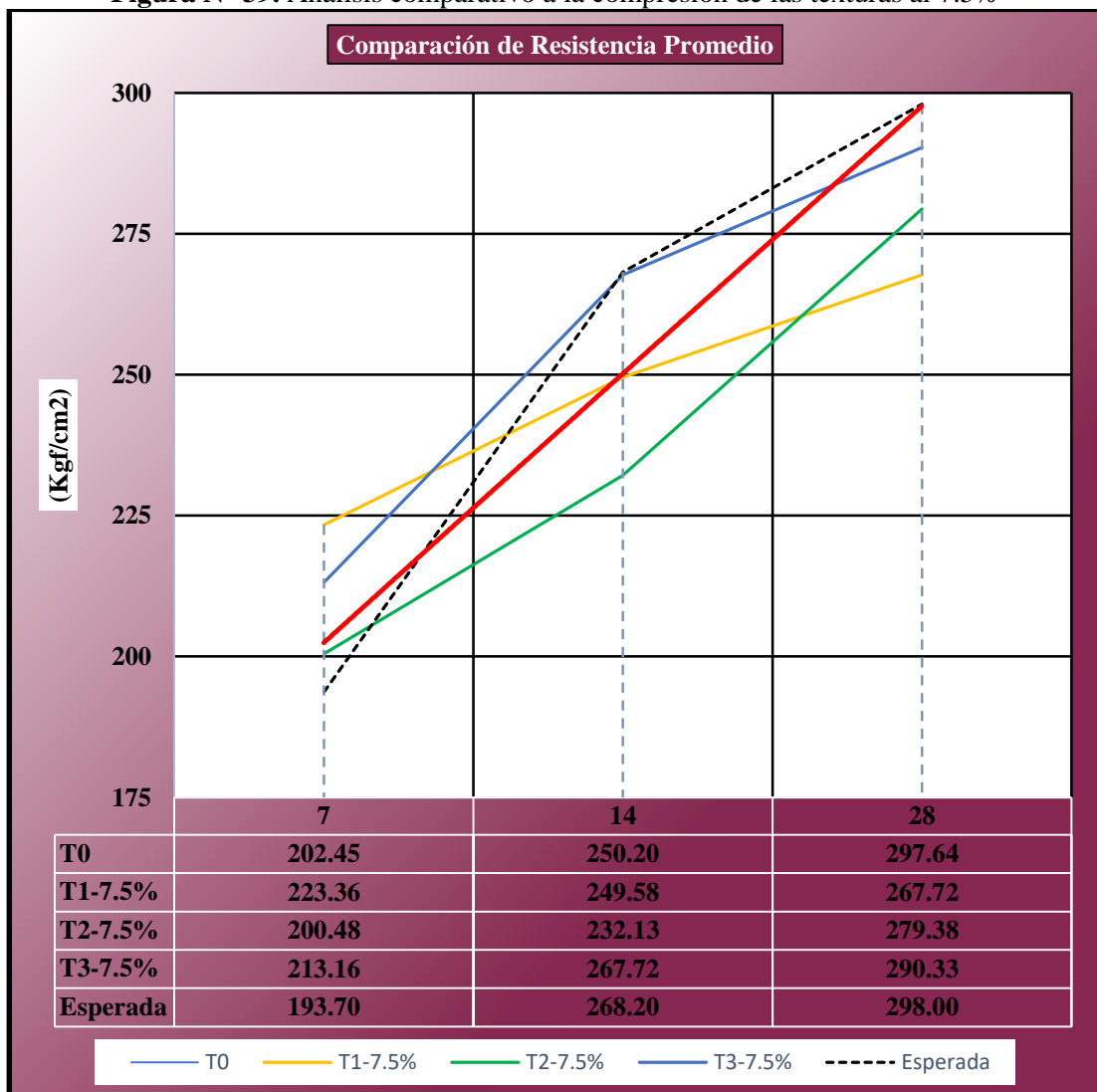


3.5. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 7.5%:

Se realizó una comparación entre el grupo control T0 con el grupo experimental al 7.5% como se aprecia en la figura N° 38, con respecto a la resistencia promedio esperada se aprecia que la textura mixta T₃ alcanza una mayor resistencia mientras que la textura esférica T1 es menor en comparación a los otros diseños.

Para poder validar los valores del diseño se requiere verificar el grado de confiabilidad al 95% alcanzada.

Figura N° 39. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 7.5%



Fuente: Elaboración Propia.

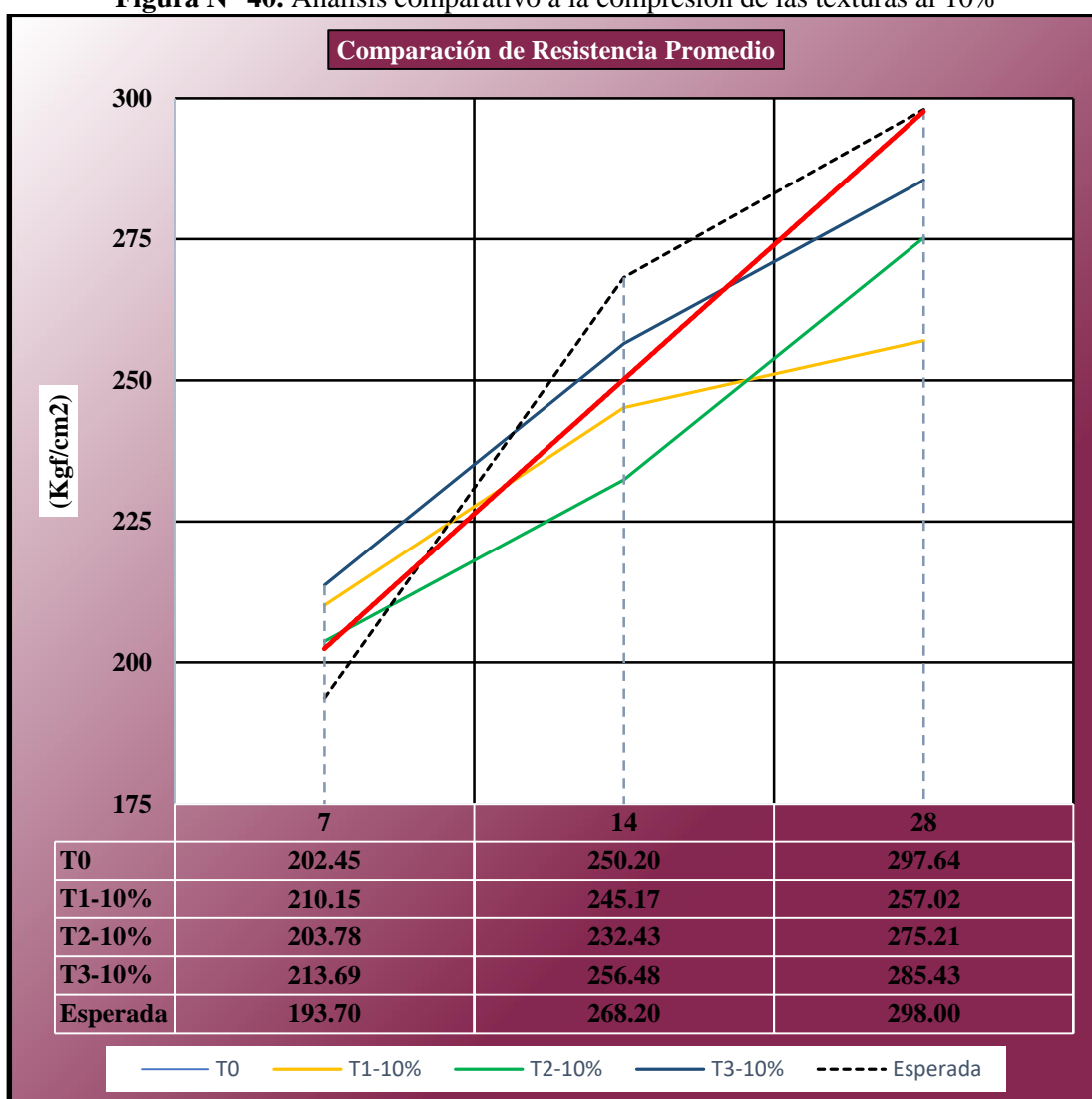


3.6. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 10%:

Se hizo una comparación entre los diseños de mezcla al 10% como se aprecia en la figura N° 39, con respecto a la resistencia promedio esperada se pudo observar que el concreto en general alcanza valores menores a lo esperado debido al volumen de PET añadida.

Los valores alcanzados se requieren verificar el grado de confiabilidad alcanzada por cada resistencia a la compresión del concreto.

Figura N° 40. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 10%



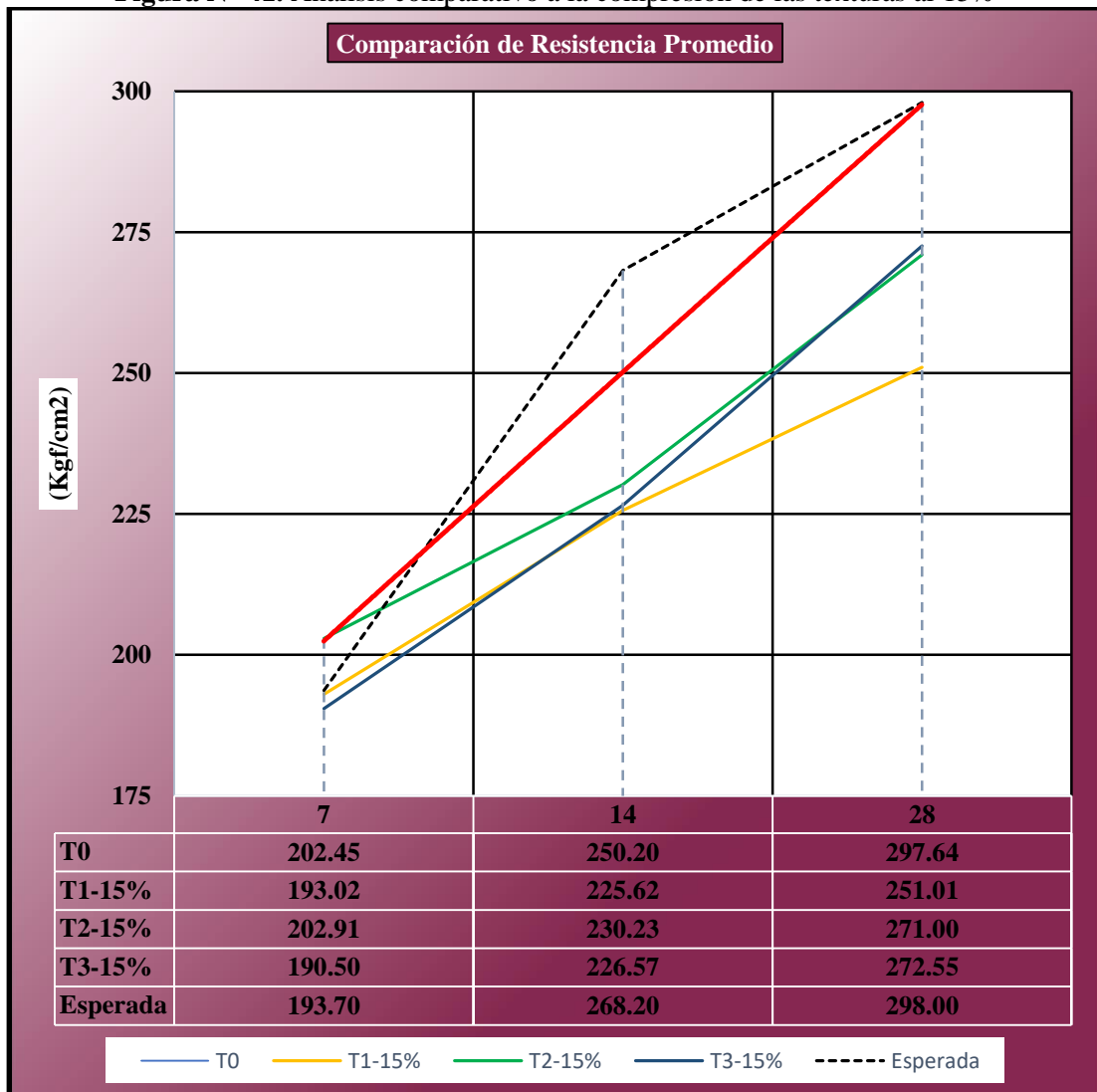
Fuente: Elaboración Propia.



3.7. Análisis Comparativo de la Resistencia Promedio 15%:

Por último, se hizo una comparación al 15% entre el grupo control T0 con el grupo experimental con las tres texturas como se aprecia en la figura N° 40, con respecto a la resistencia promedio esperada se tiene que el concreto en general posee un valor muy bajo a la resistencia esperada, como también se observa que la textura esférica T1 posee una menor resistencia.

Figura N° 41. Análisis comparativo a la compresión de las texturas al 15%



Fuente: Elaboración Propia.



3.8. Aplicación de Resultados con el “t” de Student:

Para validar los resultados obtenidos se aplicó la fórmula “t” de student para muestras pequeñas, lo cual considera el grado de libertad igual a dos, pues se cuenta con un promedio de tres muestras por diseño.

Mostrando resultados que son valores aceptables o rechazables con respecto a la hipótesis nula; para poder ver la influencia del PET como agregado en la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a la edad de 28 días:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S_x}{\sqrt{G.L.}}} \dots\dots\dots (03)$$

t : valor de "t"

\bar{x} : Media Aritmética

μ : Valor muestral

S_x : Desviación Estándar

G. L. : Grado de Libertad

Tabla N° 44. Validación de Hipótesis sobre la influencia.

Tipo de Probeta	Nombre de Probeta	Resistencia Promedio	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Valor "t"
PET 5%	T1-5%	292.92	294.45	2.77	1.67	0.57%	2.71
	T2-5%	296.23					
	T3-5%	294.20					
PET 7.5%	T1-7.5%	267.72	279.14	127.81	11.31	4.05%	2.31
	T2-7.5%	279.38					
	T3-7.5%	290.33					
PET 10%	T1-10%	257.02	272.55	207.09	14.39	5.28%	2.47
	T2-10%	275.21					
	T3-10%	285.43					
PET 15%	T1-15%	251.01	264.85	144.33	12.01	4.54%	3.86
	T2-15%	271.00					
	T3-15%	272.55					

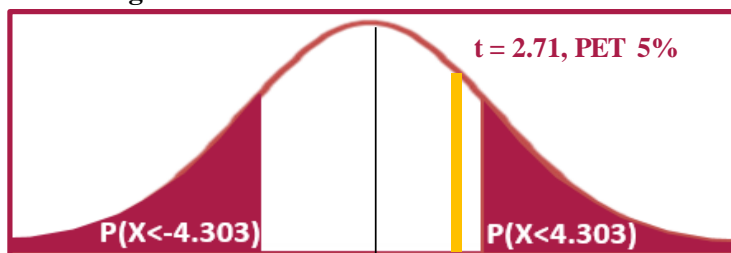
Fuente: Elaboración Propia.



3.9. Validación de Hipótesis:

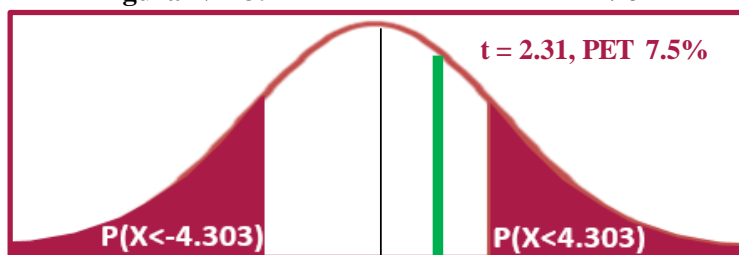
Los valores de la muestra “t” de student, con las texturas: esférica, laminar y mixta con diversos porcentajes se encuentran en la zona de aceptación de la Hipótesis Nula como se muestra en las Figuras N°41 al 44 y rechazan la hipótesis alterna; esto quiere decir que la textura del PET influye en la resistencia a la compresión, debido a que disminuye su resistencia conforme a mayor cantidad de PET sea añadida.

Figura N° 42. Validación “t” de student al 5%



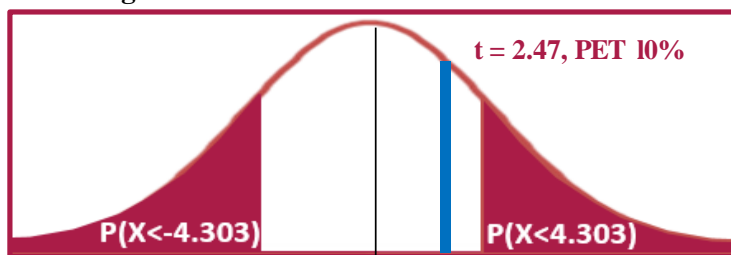
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 43. Validación “t” de student al 7.5%



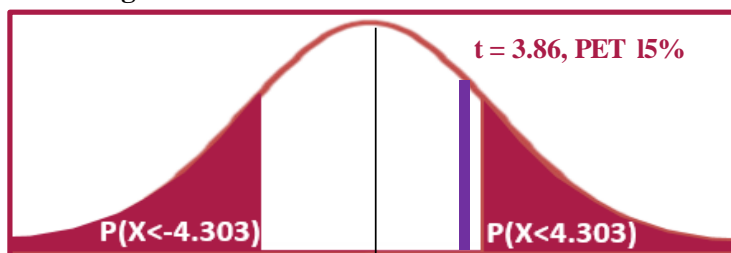
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 44. Validación “t” de student al 10%



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 45. Validación “t” de student al 15%



Fuente: Elaboración Propia.



3.10. Respuesta de Hipótesis:

Se realizó la validación de la hipótesis en la que se muestran los resultados obtenidos dando como respuesta a la hipótesis de la investigación mediante la cual se obtuvo lo siguiente:

Hipótesis General (H): Se acepta la hipótesis nula.

La textura de material Tereftalato de Polietileno (PET) como agregado si influye en la resistencia a la compresión del concreto, porque en la comparación entre el grupo control y experimental, se aprecia que el concreto con PET baja considerablemente su resistencia conforme a más volumen sea añadida.

Hipótesis Específica:

H₁: Se acepta hipótesis alterna N°1.

Las propiedades de la textura del PET, no aportan a la resistencia del concreto; porque debido a la disminución de su resistencia que se genera por la cantidad de uso de este material.

H₂: Se acepta hipótesis alterna N°2

Existen variaciones en la resistencia a la compresión del concreto con el tipo de texturas del PET en comparación entre ellas, pues en algunos casos muestran menor resistencia siendo estas comparadas.

H₃: Se acepta hipótesis nula N°3

El porcentaje empleado del PET afecta a la resistencia, debido a cuanto mayor sea añadida disminuye su resistencia.



A continuación, se presenta en la Tabla N° 45 la validación el material PET; empleado como agregado del grupo experimental que posee las mismas características de la resistencia a la compresión del grupo control.

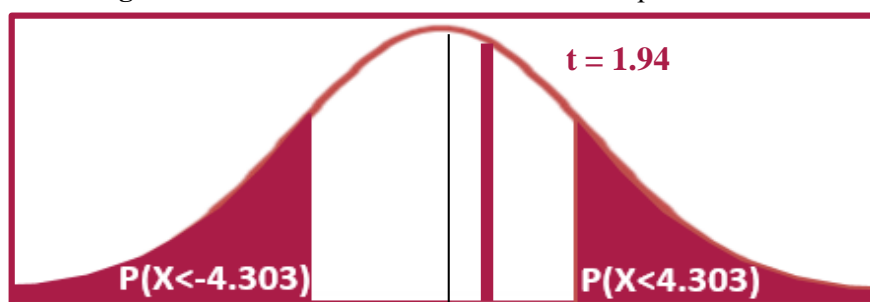
Tabla N° 45. Validación de hipótesis de la resistencia.

Tipo de Probeta	Resistencia	Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Valor "t"
T1-5%	292.92	277.75	216.98	14.73	5.30%	1.94
T1-7.5%	267.72					
T1-10%	257.02					
T1-15%	251.01					
T2-5%	296.23					
T2-7.5%	279.38					
T2-10%	275.21					
T2-15%	271.00					
T3-5%	294.20					
T3-7.5%	290.33					
T3-10%	285.43					
T3-15%	272.55					

Fuente: Elaboración Propia.

El valor de la muestra "t" de student para muestras pequeñas, encontrados entre el grupo control convencional con relación al grupo experimental esférica, laminar y mixta; se encuentran en la zona de aceptación de la hipótesis como se indica en las Figura N°45. Por lo que se acepta la Hipótesis Nula, es decir que la influencia a la resistencia a la compresión del PET disminuye con respecto al concreto convencional en cuanto más porcentaje sea añadido.

Figura N° 46. Validación "t" de student al empleo del PET.



Fuente: Elaboración Propia.



En la tabla N° 44 se puede apreciar los valores de la resistencia a la compresión promedio con una desviación estándar existente de los tipos de textura T₁, T₂ y T₃ con 5% del PET es 1.67 kg/cm², 7.5%. es 11.31 kg/cm², 10% de 14.39 kg/cm² y 15% es 12.01 kg/cm²; muestra en evidencia que el valor que pueden emplearse en relación a la cantidad de PET necesario del Pet con relación a un 95% de la resistencia a la compresión de 298 kg/cm² igual a 283.10 kg/cm² con un peso unitario 2370.28 kg/m³ realizando un análisis más profundo se tiene que comparar al peso unitario para aligerar el peso; por lo que para la muestra se tiene un máximo de 10% del PET de preferencia de textura mixta; es decir el empleo del PET debe ser indiferente en la textura pero conteniendo dentro de su forma sea laminar y esféricas; recomendándose el tipo mixto T₃ con resistencia a la compresión igual a 285.43 kg/cm² y con un peso unitario de 2308.04 kg/m³ representando una disminución del concreto del peso de 5.38%.

Tabla N° 46. Resistencia a la Compresión – Peso Unitario.

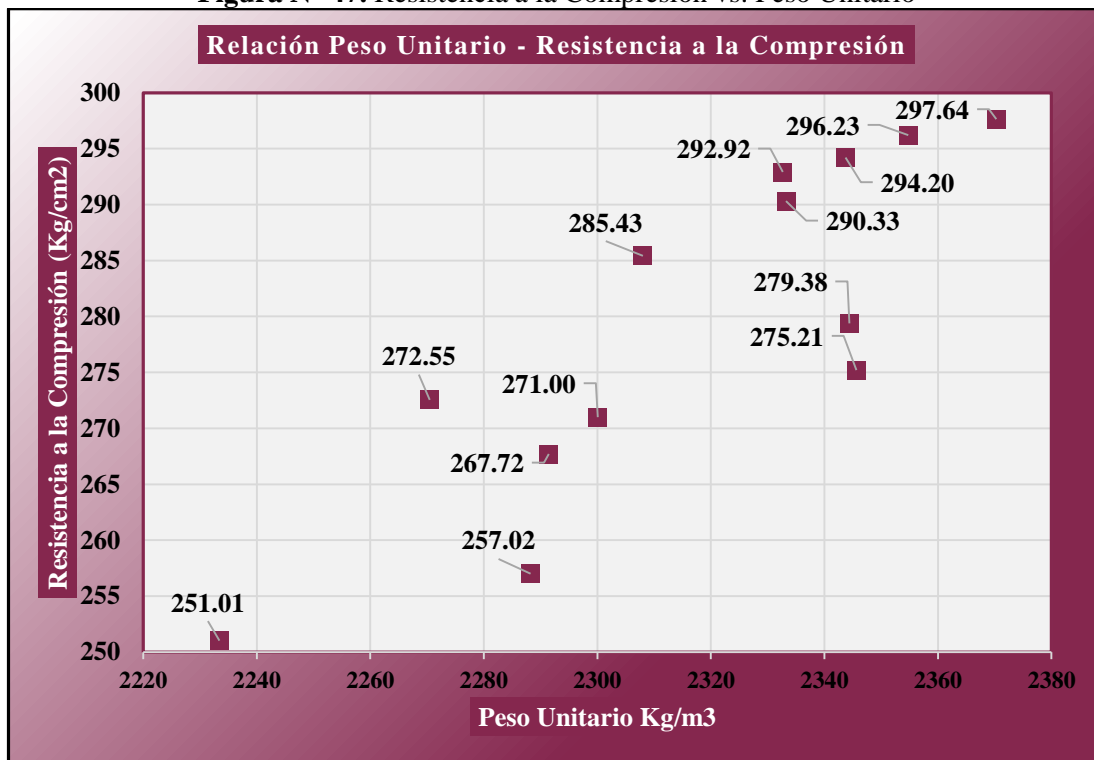
Tipo de Probeta	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Resistencia	Peso Unitario
T0	51.448	7.173	0.30%	297.64	2370.28
T1-5%	95.165	9.755	0.42%	292.92	2332.70
T1-7.5%	448.976	21.189	0.92%	267.72	2291.42
T1-10%	172.971	13.152	0.57%	257.02	2288.26
T1-15%	141.873	11.911	0.53%	251.01	2233.41
T2-5%	62.564	7.910	0.34%	296.23	2354.75
T2-7.5%	33.716	5.807	0.25%	279.38	2344.40
T2-10%	108.130	10.399	0.44%	275.21	2345.63
T2-15%	85.150	9.228	0.40%	271.00	2300.07
T3-5%	45.427	6.740	0.29%	294.20	2343.71
T3-7.5%	39.599	6.293	0.27%	290.33	2333.26
T3-10%	84.180	9.175	0.40%	285.43	2308.04
T3-15%	281.519	16.779	0.74%	272.55	2270.46

Fuente: Elaboración Propia.



En la tabla N° 46 se aprecia los resultados obtenidos de los ensayos a la resistencia a la compresión a los 28 días con su respectivo peso unitario, las cuales son comparados de acuerdo a la textura del PET.

Figura N° 47. Resistencia a la Compresión vs. Peso Unitario



Fuente: Elaboración Propia.



CONCLUSIONES

Se concluye que la textura mixta tiene una mejor resistencia a la compresión con respecto a las texturas individuales; y se recomienda el uso en un volumen no mayor al 10% del agregado pétreo.

Los tres tipos de textura T1: Esférica, T2: Laminar y T3: Mixta con porcentajes de sustitución del volumen del agregado pétreo en 5%, 7.5%, 10% y 15% por agregado PET; poseen con una variación de 14.73 kg/cm² de desviación estándar con media total de 277.50 kg/cm².

Se puede concluir que la textura del PET tiene influencia en la resistencia a la compresión a entres los tipos de textura T1, T2 y T3 con 5% del PET es 1.67 kg/cm², 7.5%. es 11.31 kg/cm², 10% de 14.39 kg/cm² y 15% es 12.01 kg/cm²; con diferencia en el peso unitario de las texturas T1, T2 y T3 igual a 35.29 kg/m³; por lo que el empleo de la textura del PET afecta a la resistencia.

La resistencia alcanzada del grupo experimental alcanzo una resistencia mínima promedio de 251.01 kg/cm² y un máximo de 296.23 kg/cm²; con una desviación estándar de 14.73 kg/cm²; con relación al peso unitario de las probetas se tiene un máximo de 2354.75 kg/m³ y un mínimo de 2233.41 kg/m³.

La relación de la resistencia del concreto con relación a la edad del concreto se dio de la siguiente manera, a los 7 días con 69.74%, a los 14 días con 81.99% y a la edad de 28 días de 93.20%.

La comparación entre la resistencia a la compresión vs el peso unitario del concreto, nos permitió designar como un adecuado empleo del tipo de textura mixta T3-10% con resistencia a la compresión 285.43 kg/cm² y peso unitario de 2308.04 kg/m³; que representa una disminución del concreto convencional y el concreto con agregado PET en un porcentaje de 5.38%.



RECOMENDACIONES

El empleo del PET como agregado en el concreto liviano es limitado, debido al poco uso de este material en la construcción; se recomienda analizar otras propiedades del concreto usado con este material y seguir sugiriendo su uso como material dentro del campo de la construcción para así poder disminuir el nivel de contaminación encontrada en nuestra sociedad.

El material PET como agregado para uso de concreto liviano estructural no es recomendado, debido a la disminución de la resistencia a la compresión alterando una propiedad fundamental del concreto mientras mayor sea el volumen del PET; se recomienda el empleo de este material para resistencias del concreto no estructurales. Se recomienda el empleo de una textura del PET en forma de tamaños menores en forma de polvillos debido a que se mejoraría la trabajabilidad del concreto y existiría una mejor combinación entre los materiales agregados; a su vez que se limite el PET sólo como agregado fino.

Durante el análisis de resultados se pudo apreciar la existencia de mucha dispersión entre los resultados, por lo que se sugiere tener una muestra mayor de probetas; con el empleo de una sola textura; con volúmenes de agregados pétreos sustituidos entre un 5% - 10% por material PET.

Por último, se recomienda la búsqueda continua de materiales que puedan usarse como agregados ligeros para aplicarlos en el concreto liviano, y que tengan una densidad menor al de los agregados pétreos; sin que alteren la resistencia a la compresión y otras propiedades principales del concreto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agresott Melendez, J. A. (2012) Diseño de Mezclas de Concreto Usando como Aditivos Residuos Plásticos Provenientes de Chatarra Electrónica (Colombia)

Aliplast. Recuperado de: http://www.aliplast.org/tipos_plastico/pet.html

Aliven. Recuperado de: <https://aliven.com.ve/>

Borja, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. (Perú)

Chacón, M., & Fabián, W. (2015). Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas.

Departamento de Estadística. Contrastes de Hipótesis. Recuperado de: <http://biplot.usal.es/problemas/libro/5%20Contrastes.pdf>

Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía Universidad Politécnica de Madrid. Materiales Aglomerantes.

Gutierrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción.

Guzmán, A., Cárcamo, H., & León, O. (2015). Elaboración y caracterización estructural de fibras de tereftalato de polietileno (PET) dopadas con nanocobre (0) utilizando proceso de extrusión. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17(2), 9-13.

Hernández, J. (2011). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas (Doctoral dissertation, Tesis de Ingeniería). Universidad de San Carlos, Guatemala).

Hernández, J. B., López, T., & Menchaca, C. (2015). *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. Barcelona, España: OmniaScience.



Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (1982). Concreto Estructural Ligero (Estados Unidos).

Jiménez Paneque, R. (1998). Metodología de la investigación: elementos básicos para la investigación clínica. La Habana: Ecimed.

Lic. Félix C. Rodríguez Vera. Tipos y Niveles de Investigación

Mendaña, A. R. (2014). Exploración con polietileno tereftalato (PET) proveniente de residuos sólidos urbanos, aplicación en el diseño de productos sustentables.

Méndez Silva, E. A. (2012). Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados pet, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $F^c = 150 \text{Kg/cm}^2$, usando para banquetas, guarniciones y firmes.

Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cualitativa y cuantitativa. Neiva: Universidad Surcolombiana.

Quesada-Viquez, N. M. (2014). Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) SA.

Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006) Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de “Tecnología del Hormigón” (Bolivia)

Rivera López, G. A. (1992). Concreto Simple. BSERRANO, Popayán, Universidad del Cauca, 292.

Torre, A. (2004). Curso Básico de tecnología del concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.

Unicon. Concreto Liviano Unicon



ANEXOS



NOTA BIOGRÁFICA



- Autor** : César Arturo Rodríguez Martínez.
- Lugar de Nacimiento** : Huánuco
- Fecha de Nacimiento** : 31 de mayo de 1989
- Educación Primaria** : I.E. San Juan Bosco – Huánuco
1995 – 2000
- Educación Secundaria** : I.E.I.P.M. “Pillko Marka” – Huánuco
2001 – 2005
- Educación Superior** : Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil
Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco
2007 – 2013
- Grado Académico** : Bachiller en Ingeniería Civil
Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco
2014

La presente tesis fue sustentada para optar el Título de Ingeniero Civil en la ciudad universitaria de Cayhuayna el día 12 de octubre de 2018.





ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los doce días del mes de octubre del 2018, siendo las dieciocho horas, se dio cumplimiento a la Resolución N° 406-2018-UNHEVAL-FICA-D y Resolución N° 574-2018-UNHEVAL-FICA-D y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de Tesis titulada "INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO USADO COMO AGREDADO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO" para optar el Título de Ingeniero Civil de César Arturo, RODRIGUEZ MARTINEZ.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Miembros del Jurado Declararon. Aprobado con la nota de : QUINCE (15)

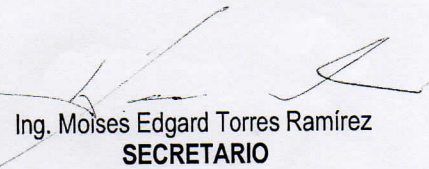
Con el calificativo de : BUENO

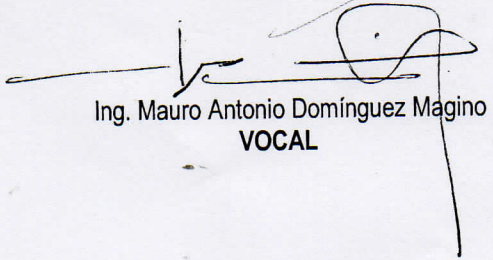
Dándose por concluido dicho acto a las: 18:30 p.m. del mismo día.....

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.


OBSERVACIONES:


 Mg. José Luis Villavicencio Guardia
PRESIDENTE


 Ing. Moisés Edgard Torres Ramírez
SECRETARIO


 Ing. Mauro Antonio Domínguez Magino
VOCAL

c.c
 Archivo.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: RODRIGUEZ MARTINEZ, CÉSAR ARTURO

DNI: 75762400 Correo electrónico: ic_carm_work@outlook.com

Teléfonos: Casa 062517444 Celular 993394797 Oficina 945762745

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____


2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Pregrado	
Facultad de:	<u>INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA CIVIL</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO CIVIL

Título de la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL TEREFTALATO DE
POLIETILENO USADO COMO ABREGADO, EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- 1 año
- 2 años
- 3 años
- 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 16 DE OCTUBRE DE 2018

Firma del autor y/o autores:

