

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



MEJORAMIENTO DE ADOQUINES CON FIBRAS DE PLÁSTICO (PET) RECICLADO APLICADO AL TRÁNSITO PESADO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.

TESIS

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

ELABORADO POR:

Bach. CONAN AURELIO PAUCAR CORONADO

ASESOR:

MSc. Ing. ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA

Ayacucho - Perú


2019

**“MEJORAMIENTO DE ADOQUINES CON FIBRAS DE PLÁSTICO (PET)
RECICLADO APLICADO AL TRÁNSITO PESADO EN LA CIUDAD DE
AYACUCHO.”**


RECOMENDADO : 18 DE DICIEMBRE DEL 2019

APROBADO : 27 DE DICIEMBRE DEL 2019


.....
Dr. Efraín Elías PORRAS FLORES
Decano


.....
Msc Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA
(Presidente)(e)


.....
Msc Ing. Moisés Nico BARBARÁN
ORIUNDO
Miembro

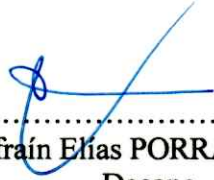

.....
Msc Ing. Saúl Walter RETAMOZO
FERNANDEZ
Miembro


.....
Arq. Armando FERNANDEZ ALAGON
Secretario Docente

Según el acuerdo constatado en el Acta, levantado el día viernes 27 de diciembre del año 2019, en sustentación de tesis profesional presentado por el Bachiller en ciencias de la Ingeniería Civil sr. Conan Aurelio PAUCAR CORONADO, con la tesis titulado **“MEJORAMIENTO DE ADOQUINES CON FIBRAS DE PLÁSTICO (PET) RECICLADO APLICADO AL TRÁNSITO PESADO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO”**, fue calificado con la nota de **DIECISIETE (17)** por lo que se da la respectiva **APROBACIÓN**.


RECOMENDADO : 18 DE DICIEMBRE DEL 2019

APROBADO : 27 DE DICIEMBRE DEL 2019


.....
Dr. Efraín Elías PORRAS FLORES
Decano


.....
Msc Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA
(Presidente)(e)


.....
Msc Ing. Moisés Nico BARBARÁN
ORIUNDO
Miembro


.....
Msc Ing. Saúl Walter RETAMOZO
FERNANDEZ
Miembro


.....
Arq. Armando FERNANDEZ ALAGON
Secretario Docente

Resumen

La investigación, que se presenta, tiene por objetivo principal obtener la dosificación de materiales con agregados de una de las canteras de Ayacucho para adoquines de tránsito pesado y evaluar el efecto que produce el uso óptimo de fibras PET reciclado que mejore propiedades físicas y mecánicas del adoquín respecto de un adoquín patrón variando los PET en tamaño controlados mediante tamices de ($\frac{1}{4}$ ", N°4, N°6, N°8, N°10, N°16,) y proporción (0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10%) de los PET.

Se han analizado las muestras de adoquines mediante ensayos experimentales de laboratorio en las que se determinaron las propiedades físicas (variación dimensional, absorción y densidad) y la propiedad mecánica (resistencia al esfuerzo a la compresión axial).

Los resultados muestran que es posible la elaboración de adoquines para tránsito pesado, además se ha demostrado que se puede emplear el PET en dimensión que sea pasante el tamiz N° 8 y a una proporción de 2.5% del peso del agregado, con estas características se pueden obtener adoquines más resistentes que llegan a 568.55kg/cm² en resistencia, con una densidad de 2.259g/cm³ y con absorción de 5.12% estando estas dentro de las exigencias de la NTP 399.611.

Palabras clave : Adoquín , Tereftalato de Polietileno (PET), resistencia, densidad, absorción, reciclado.

Abstract

The research, which is presented, has as main objective to obtain the dosage of materials with aggregates of one of the quarries of Ayacucho for heavy traffic pavers and to evaluate the effect produced by the optimal use of recycled PET fibers that improve physical and mechanical properties of the cobblestone with respect to a standard cobblestone by varying the PET in size controlled by sieves of ($\frac{1}{4}$ ”, N ° 4, N ° 6, N ° 8, N ° 10, N ° 16,) and proportion (0, 1, 2.5, 5 , 7.5, 10 %) of the PET.

Cobblestone samples have been analyzed by experimental laboratory tests in which physical properties (dimensional variation, absorption and density) and mechanical property (axial compressive stress resistance) were determined.

The results show that processing and pavers are possible for heavy traffic, it has also been shown that PET can be used in dimension that is through sieve No. 8 and at a proportion of 2.5 % of the weight of the aggregate, with these characteristics they can obtain more resistant pavers that reach 568.55kg / cm² in resistance, with a density of 2,259g / cm³ and with absorption of 5.12 % being these within the requirements of NTP 399.611.

keywords :paver, Polyethylene terephthalate (PET), strength, density, absorption, recycling.

Introducción

El PET es uno de los materiales más útiles en la vida cotidiana del hombre contemporáneo, pero este material es un contaminante al Medio Ambiente si no se le da el trato adecuado. Tal es el caso que en la ciudad de Ayacucho no existe una industria que realice el reúso de este material. Por esto se plantea el reúso del PET proveniente del consumo en Ayacucho en la elaboración de adoquines de tránsito pesado como material sustituyente del agregado, y como material reforzante en el comportamiento estructural del adoquín.

La investigación “Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho” estudia la dosificación adecuada de materiales en la elaboración de adoquines de tránsito pesado y ver la influencia de las fibras PET reciclado como una alternativa diferente a la tradicional en la elaboración de adoquines para uso de tránsito pesado. Para el desarrollo de la investigación se ha estructurado en 4 capítulos como se detalla:

En el capítulo I: Se desarrolla la descripción del problema y el planteamiento del problema.

En el capítulo II: se centra en la exposición en el marco teórico, con la cita de los antecedentes internacionales, nacionales y locales así como las bases teóricas y el marco conceptual.

En el capítulo III: el marco metodológico, donde se expone el tipo y diseño de la investigación, la definición de la población y muestra, la operacionalización de las variables, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento y análisis de los mismos.

En el capítulo IV: se analiza la discusión de resultados, y su comparación con los de otras investigaciones y la contrastación de hipótesis.

Finalmente se realizan las Conclusiones, Recomendaciones y se sugieren trabajos futuros en la línea de investigación.

Dedicatoria.

*A mis padres Aurelio y Margoth Luisa, A mi pareja Edda
y a mi hijo Edison Aurelio, quienes son mis fortalezas los
motivos que me impulsan a superarme día a día.*

Agradecimientos

Al MSC. MSc. Ing. ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA, asesor de la presente tesis, por las sugerencias, recomendaciones, apreciaciones y por el apoyo prestado en la gestión para la viabilidad de esta investigación así como en la formulación del presente trabajo de investigación.

A mis jurados el Ing. Moises Nico Barabarán Oriundo y MSC. Ing. Saúl W. Retamozo Fernandez, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo.

A mis todos mis hermanos en especial a Elmer y Herlinda, quienes se dieron el tiempo de apoyarme en los diferentes etapas de la investigación.

A la Señora Sahara Prado por haberme facilitado y apoyado en el uso de laboratorio para realizar mis experimentos necesarios.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por el apoyo que me brindaron en los experimentos y durante el proceso de elaboración del borrador.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Ayacucho, Diciembre de 2019

Bach. CONAN AURELIO PAUCAR CORONADO

Índice General

Resumen	ii
Introducción	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice General	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tablas	xvii
Glosarios	xxi
Lista de Acrónimos	xxii
Símbolos	xxiii

Capítulo I

Planteamiento del Problema	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Delimitación del problema.....	3
1.2.1. Espacial.....	3
1.2.2. Temporal.....	4
1.2.3. Temática y unidad de análisis.....	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.5. Limitaciones de la investigación.....	6
1.6. Objetivos	6
1.6.1. Objetivo general.....	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6

Capítulo II

Marco Teórico.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.1.1. Investigaciones internacionales	8
2.1.2. Investigaciones nacionales.....	9

2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Bases teóricas referenciales	11
2.2.2. Bases legales Normatividad vigente	12
2.2.2.1. CE-010 Pavimentos urbano	12
2.2.2.2. Norma Técnica Peruana NTP 399.611 Unidades de albañilería adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos	12
2.2.2.3. Norma Técnica Peruana NTP 399.604 Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	13
2.2.2.4. Norma Técnica Peruana NTP 400.010 Agregados: Extracción y preparación de las muestras..	13
2.2.2.5. Norma Técnica Peruana NTP 400.012 Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global.	13
2.2.2.6. Norma Técnica Peruana NTP 339.185 Agregados: Métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	13
2.2.2.7. Norma Técnica Peruana NTP 400.017 Agregados: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados.	14
2.2.2.8. Norma Técnica Peruana NTP 400.022 Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino	14
2.2.2.9. Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	14
2.3. Marco conceptual.....	15
2.3.1. Concreto.	15
2.3.1.1. Componentes del concreto y su participación.	15
2.3.1.2. Propiedades principales del concreto en estado fresco.....	15
2.3.1.3. Propiedades principales del concreto en estado endurecido.....	16
2.3.1.4. Aditivo	18
2.3.1.5. Tereftalato de polietileno (PET).	19
2.3.1.6. Tereftalato de polietileno (PET)-Propiedades	19
2.3.1.7. Reciclaje del plástico PET.....	20

2.3.2. Adoquines	21
2.3.2.1. Definición	21
2.3.2.2. Tipos.	22
2.3.2.3. Ventajas de Pavimentos con adoquines	22
2.3.2.4. Estructura de Pavimentos con adoquines.	24
Capítulo III	
Método de la Investigación	26
3.1. Enfoque	26
3.2. Alcance	26
3.3. Diseño de investigación.	27
3.4. Población y muestra	27
3.4.1. Población.	27
3.4.2. Muestra del estudio	28
3.5. Hipótesis	28
3.5.1. Hipótesis general	28
3.5.2. Hipótesis específicas	28
3.6. Operacionalización de variables	29
3.6.1. Variables.	29
3.6.1.1. Variables Independientes-factor X.	29
3.6.1.2. Variables Dependientes-factor Y.	29
3.6.2. Indicadores.	29
3.7. Técnicas e instrumentos	31
3.8. Técnicas de Recolección de datos	31
3.9. Instrumentos de Recolección de Datos	31
3.10. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	32
3.10.1. pruebas estadísticas paramétricas	32
3.10.2. Tipo de prueba de hipótesis	32
3.10.3. Nivel de significación	33
3.10.4. p- valor	33
3.10.5. T de Student para dos muestras relacionadas	33
3.10.5.1. Prueba de normalidad	34
3.10.5.2. Decisión estadística de la Prueba T	34

3.11. Desarrollo del trabajo de tesis	34
3.11.1. Recolección de agregados en cantera.	36
3.11.2. Estudio de los agregados en Laboratorio.	37
3.11.2.1. Determinación del Módulo de finura y coeficiente de uniformidad- ensayo granulométrico ASTM C 136-NTP 400.012	37
3.11.2.2. Determinación del Contenido de Humedad natural del agregado fino ASTM C 70 – NTP 339.185.	38
3.11.2.3. Determinación del Peso Volumétrico Suelto y Compactado del agregado fino ASTM C29 –NTP 400.017	39
3.11.2.4. Determinación del Peso Específico Aparente y Real, y la Absorción ASTM C 127 y C 128.	40
3.11.2.5. Resistencia a la Abrasión. Los Ángeles ACTM C 131	42
3.11.3. Proceso de selección de los PET	43
3.11.3.1. Recolección y lavado del PET	43
3.11.3.2. Triturado.	44
3.11.3.3. Tamizado	45
3.11.4. Diseño y elaboración de Adoquines patrón.	47
3.11.4.1. Diseño de Mezcla para adoquín patrón sin PET	47
3.11.4.2. Elaboración de adoquines	48
3.11.5. Dosificación y elaboración de Adoquines con PET variando los tamaños máximos del PET.	51
3.11.5.1. Dosificación con 3% PET y tamaño variado	51
3.11.5.2. Elaboración y curado de adoquines	52
3.11.6. Dosificación y elaboración de Adoquines con PET variando la cantidad.	52
3.11.6.1. Dosificación variando cantidad de PET respecto del agregado.	52
3.11.7. Determinación la trabajabilidad, segregación y exudación de las mezclas para adoquines.	54
3.11.8. Determinación de las propiedades físicas en adoquines	55
3.11.8.1. Tolerancia dimensional de los adoquines.	55
3.11.8.2. Humedad natural, absorción y densidad de adoquines.	56
3.11.9. Determinación de la propiedad mecánica, resistencia a la compresión de adoquines.	57

Capítulo IV

Resultados	58
4.1. Contratación de hipótesis.....	58
4.1.1. Contraste de hipótesis de propiedades físicas densidad del adoquín.....	58
4.1.1.1. Contraste de hipótesis de la densidad de adoquines con PET variando el tamaño de los PET.....	58
4.1.1.2. Contraste de hipótesis de la Densidad de adoquines con PET variando la cantidad de los PET.....	60
4.1.2. Contraste de hipótesis de propiedades físicas Absorción del adoquín.....	62
4.1.2.1. Contraste de hipótesis de la absorción de adoquines con PET variando el tamaño de los PET.....	62
4.1.2.2. Contraste de hipótesis de la Absorción de adoquines con PET variando la cantidad de los PET.....	64
4.1.3. Contraste de hipótesis de propiedades mecánicas resistencia a la compresión.....	66
4.1.3.1. Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión adoquines con PET variando el tamaño de los PET.....	66
4.1.3.2. Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión adoquines con PET variando la cantidad.....	68
4.2. Análisis e interpretación.....	71
4.2.1. Análisis de resultados del estudio de los agregados.....	71
4.2.1.1. Resultados del ensayo granulométrico Determinación de módulo de finura y coeficiente de uniformidad.....	71
4.2.1.2. Resultados de la Determinación del Contenido de Humedad natural del agregado.....	73
4.2.1.3. Resultados del Peso Volumétrico Suelto y Compactado del agregado.....	74
4.2.1.4. Resultados del Peso Específico Aparente y Real y la Absorción.....	75
4.2.1.5. Resultados del Ensayo de abrasión al agregado grueso.....	75
4.2.2. Resultados de los ensayos en estado fresco del concreto.....	76
4.2.2.1. Resultados de la trabajabilidad en estado fresco.....	76
4.2.2.2. Resultados de las observaciones de exudación y segregación.....	77
4.2.3. Resultados de los ensayos en estado endurecido del adoquín.....	78
4.2.3.1. Ensayo de densidad en adoquines.....	78

4.2.3.2. Ensayo de absorción en adoquines.	80
4.2.3.3. Ensayo a la compresión adoquín patrón	82
4.2.3.4. Ensayo a la compresión adoquín con sustitución PET al 3% variando tamaño máximo del PET	83
4.2.3.5. Ensayo a la compresión adoquín con inclusión de PET en diferentes cantidades	88
4.3. Evaluación de costo de producción de adoquines.	94
4.3.1. Evaluación de costo de producción de adoquines con aditivo sin PET.	94
4.3.2. Evaluación de costo de producción de adoquines con aditivo y PET	95
Conclusiones	96
Conclusiones	96
Recomendaciones	97
Trabajos futuros.	98
Referencias bibliográficas	99
Otros	99
Anexo A	
Evaluación de adoquines existentes producidos en la UNSCH.	102
Anexo B	
Evaluación de Costo de Producción de adoquines	104
Anexo C	
Instrumentos de medición-recolección de datos	107
Anexo D	
Hojas de Cálculo	112
D.1. Estudios básicos del agregado.	112
D.2. Ensayo de tolerancia dimensional	118
D.3. Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines	123
D.4. Resistencia a la compresión	131
Anexo E	
Fotografías	142
E.5. Elaboración de adoquines	142
E.6. Ensayo de rotura del adoquín	146

Índice de Figuras

Figura 1	Efecto de la relación Agua-Cemento	17
Figura 2	Sika ViscoCrete®-3330	18
Figura 3	Mantenimiento e intervención después de su periodo	23
Figura 4	Reutilización de adoquines en la Ciudad Universitaria Módulos UNSCH.	23
Figura 5	Estructura típica de un pavimento de adoquín.	24
Figura 6	Tipo de Prueba de Hipótesis bilateral	33
Figura 7	Diagrama del proceso de desarrollo de la investigación	35
Figura 8	Visita a cantera para extracción de Material	36
Figura 9	Ensayo de tamizado en laboratorio Civil-UNSCH	36
Figura 10	Ensayo de cuarteo en laboratorio Civil-UNSCH.	36
Figura 11	Proceso de tamizado de agregados	37
Figura 12	Proceso para determinar el contenido de agua del agregado.	38
Figura 13	Cuarteo, calibración, Pesaje de pesos sueltos y compacto.	39
Figura 14	Proceso de determinación del peso específico real y aparente mediante procedimiento picnométrico.	41
Figura 15	Proceso de determinación desgaste por abrasión del agregado grueso.	42
Figura 16	Acumulación de PET	43
Figura 17	Lavado del PET	43
Figura 18	Proceso de trituración del PET	44
Figura 19	Proceso de tamizado del PET	46
Figura 20	Máquina Bloquetera americana	48
Figura 21	Componentes principales del sistema hidráulico.	48
Figura 22	Proceso de elaboración del adoquín vibro- compactado	49
Figura 23	Adoquines de concreto en fase de endurecimiento	49
Figura 24	Codificación del adoquín	50
Figura 25	Curado del adoquín con sumergimiento total	50
Figura 26	Ensayo de slump a las mezclas en estado plástico	54
Figura 27	Esquema de enumeración de los lados para medición.	55
Figura 28	Ensayo de variación dimensional del adoquín.	55

Figura 29	Proceso de determinación de Humedad natural absorción y densidad de adoquines	56
Figura 30	Proceso de tamizado del PET	57
Figura 31	Curva granulométrica de la arena empleada en la elaboración de adoquines .	73
Figura 32	Asentamiento de la mezcla con sustitución de PET al 5% de diferentes tamaños	76
Figura 33	Asentamiento de la mezcla con sustitución de PET en diferentes cantidades del mismo tamaño.	76
Figura 34	Visualización de la no segregación en el concreto después del vibrado y compactado	77
Figura 35	Visualización de la no existencia de la exudación durante el transporte de la mezcla	77
Figura 36	Evolución de la Densidad del adoquín con PET de diferentes tamaños por edad	78
Figura 37	Variación de la Densidad del adoquín con PET de diferentes tamaños.	78
Figura 38	Densidad del adoquín con PET de diferentes cantidades	79
Figura 39	Variación de la Densidad del adoquín con PET en diferentes cantidades. . . .	79
Figura 40	Evolución de la absorción del adoquín por edad con PET en diferentes tamaños.	80
Figura 41	Variación de la absorción del adoquín respecto al tamaño de PET.	80
Figura 42	Evolución de la absorción del adoquín con PET en diferentes tamaños	81
Figura 43	Variación de la absorción del adoquín con PET en diferentes cantidades. . . .	81
Figura 44	Resistencia a la compresión de adoquines con agregados convencionales a los 28 días	82
Figura 45	Resistencia a la compresión promedio de adoquines con aditivo a los 28 días	82
Figura 46	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón muestra M-6. . . .	83
Figura 47	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-1	83
Figura 48	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-2	84
Figura 49	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-3	84
Figura 50	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-4	85

Figura 51	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-5	85
Figura 52	Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes tamaños de PET a los 28 días	86
Figura 53	Comparación de la resistencia de adoquines con 3% PET a los 28 días	87
Figura 54	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón sin PET	88
Figura 55	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 1% de PET	88
Figura 56	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 2.5% de PET	89
Figura 57	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 5% de PET	89
Figura 58	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 7.5% de PET	90
Figura 59	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 10% de PET	90
Figura 60	Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de % (cantidad) de PET	91
Figura 61	Comparación de la resistencia de adoquines con diferentes cantidades de PET a los 28 días	92
Figura 62	Tipo de falla de adoquín sin PET	93
Figura 63	Tipo de falla de adoquín con PET	93
Figura B.1	Evaluación de costo adoquines sin PET	104
Figura B.2	Evaluación de costo adoquines con PET	105
Figura B.3	Evaluación de costo triturado de PET	106
Figura E.4	Batido de materiales en la mezcladora,	142
Figura E.5	Transporte de la mezcla	143
Figura E.6	Vaciado de mezcla en la adoquinera	143
Figura E.7	Acabado superficial	144
Figura E.8	Acomodo de la compactadora	144
Figura E.9	Vibrado y compactado	145
Figura E.10	Desmoldado	145
Figura E.11	Rotura de adoquines.	146

Figura E.12 influencia del tamaño de PET en los adoquines. 146
Figura E.13 Influencia del tamaño de PET en adoquines 147
Figura E.14 Adherencia del PET en el adoquín. 147

Índice de Tablas

Tabla 1	Datos técnicos del Polietileno Tereftalato - propiedades mecánicas.	20
Tabla 2	Datos técnicos del Polietileno Tereftalato-propiedades térmicas	20
Tabla 3	Tolerancia dimensional	25
Tabla 4	Espesor nominal y resistencia a la compresión	25
Tabla 5	Absorción.	25
Tabla 6	Operacionalización de variables	30
Tabla 7	Datos obtenidos para peso específico, aparente, real y absorción.	41
Tabla 8	Datos obtenidos del ensayo a la abrasión	42
Tabla 9	Dosificación de materiales convencionales para obtener adoquín patrón (sin PET) 47	
Tabla 10	Dosificación de materiales convencionales y aditivo para obtener adoquín patrón (sin PET)	47
Tabla 11	Dosificación con 3% PET de diferentes tamaños para 6 adoquines	51
Tabla 12	Tamaños del PET que se usan en el experimento	52
Tabla 13	Dosificación con % PET Pasante la malla N° 8	53
Tabla 14	Tabla de Normalidad para densidad a los 28 días de adoquines con tamaño de PET	59
Tabla 15	Resumen de la prueba de normalidad densidad de adoquines con PET en tamaño 59	
Tabla 16	T de Student para densidad a los 28 días de adoquines con tamaño de PET. . .	59
Tabla 17	Conclusión de T de student sobre la densidad de adoquines con tamaño de PET 60	
Tabla 18	Normalidad para densidad a los 28 días de adoquines con cantidad de PET .	61
Tabla 19	Resumen de la prueba de normalidad de densidad con cantidad de PET	61
Tabla 20	T de Student para densidad a los 28 días de adoquines con cantidad de PET.	61
Tabla 21	Conclusión de T de student sobre la densidad de adoquines con cantidad de PET 62	
Tabla 22	Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con tamaño de PET	63

Tabla 23	Resumen de la prueba de normalidad de Absorción de adoquines con PET en tamaño.	63
Tabla 24	T de Student para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET	63
Tabla 25	Conclusión de T de student sobre la Absorción de adoquines con tamaño de PET	64
Tabla 26	Normalidad para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET	65
Tabla 27	Resumen de la prueba de normalidad absorción de adoquines con PET en cantidad.	65
Tabla 28	T de Student para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET	65
Tabla 29	Conclusión de T de student sobre la Absorción de adoquines con cantidad de PET	66
Tabla 30	Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con tamaño de PET	67
Tabla 31	Resumen de la prueba de normalidad resistencia de adoquines con PET en tamaño	67
Tabla 32	T de Student para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET	67
Tabla 33	Conclusión de T de student sobre la resistencia a la compresión de adoquines con tamaño de PET	68
Tabla 34	Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET.	69
Tabla 35	Resumen de la prueba de normalidad	69
Tabla 36	T de Student para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET	69
Tabla 37	Conclusión de T de student sobre la resistencia a la compresion de adoquines con cantidad de PET	70
Tabla 38	Granulometría de la arena gruesa empleada en la elaboración del adoquín . .	72
Tabla 39	Cálculo de contenido de humedad en el agregado.	73
Tabla 40	Peso unitario suelto del agregado	74
Tabla 41	Peso unitario compacto del agregado	74
Tabla 42	Cálculo de Peso Específico Aparente y Real y la Absorción	75
Tabla 43	Cálculo del ensayo de abrasión	75
Tabla 44	Variación de Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes tamaños de PET.	87
Tabla 45	Variación de Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes cantidades de PET.	92

Tabla 46	Análisis de costo unitario de producción de adoquines para tránsito pesado .	94
Tabla 47	Análisis de costo unitario de producción de adoquines para tránsito pesado con PET	95
Tabla A.1	Evaluación de adoquines	102
Tabla C.2	Instrumento de recolección de datos para variación dimensional.	108
Tabla C.3	Instrumento de recolección de datos para densidad y absorción.	109
Tabla C.4	Instrumento de recolección de datos para rotura(compresión axial).	110
Tabla D.5	Contenido e Humedad del agregado	112
Tabla D.6	Peso volumétrico suelto y compacto del agregado	113
Tabla D.7	Peso específico aparente, real y absorción.	114
Tabla D.8	Ensayo de abrasión los angeles del agregado	115
Tabla D.9	Cuadro de ensayo de granulometría.	116
Tabla D.10	Gráfica del ensayo de granulometría	117
Tabla D.11	Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con material convencional.	118
Tabla D.12	Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con material convencional.	119
Tabla D.13	Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con material convencional y aditivo 120	
Tabla D.14	Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con sustitucion de PET en tamaño 21	
Tabla D.15	Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con sustitución de variando cantidad de PET.	122
Tabla D.16	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 7 días con PET en diferentes tamaños	123
Tabla D.17	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 14 días con PET en diferentes tamaños	124
Tabla D.18	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 21 días con PET en diferentes tamaños	125
Tabla D.19	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 28 días con PET en diferentes tamaños	126
Tabla D.20	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 7 días	127
Tabla D.21	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 14 días	128
Tabla D.22	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 21 días	129
Tabla D.23	Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 28 días	130

Tabla D.24 Resistencia a compresión de adoquines con materiales convencionales a los 28 días	131
Tabla D.25 Resistencia a compresión de adoquines con materiales convencionales y aditivo a los 28 días	133
Tabla D.26 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 7 días	134
Tabla D.27 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 14 días	135
Tabla D.28 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 21 días	136
Tabla D.29 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 28 días	137
Tabla D.30 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 7 días	138
Tabla D.31 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 14 días	139
Tabla D.32 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 21 días	140
Tabla D.33 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 28 días	141

Glosarios

Adoquín es una unidad de concreto premezclado y vibro comprimido de forma prismática, permitiendo la colocación de las piezas de manera continua y simétrica para formar pavimentos para calles o parques.

Agregado Son materiales sujetos a tratamientos de disgregación, tamizado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento portland y agua para formar concreto hidráulico.

Concreto Mezcla dosificada, compuesta de agregados (fino y grueso), cemento, agua, aire y aditivos.

Fraguado Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla de concreto.

Plástico es un material compuesto por resina, proteínas y otras sustancias, fácil de modificar a partir de compresión y temperatura.

Reciclaje. Operación de separar, clasificar a los residuos sólidos para re utilizarlos. El término reciclaje se utiliza cuando los residuos sólidos clasificados sufren una transformación para luego volver a utilizarse.

Residuos Reciclable. Residuo sólido susceptible a ser aprovechado, transformado mediante procesos que devuelven a los materiales su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima para la fabricación de nuevos productos.

Reuso. Utilización de materiales usados como materia prima en un proceso de producción del producto del cual se derivan o de otros de la misma naturaleza

Tratamiento. procedimientos físicos, químicos biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos, se aprovecha su potencial y/o se reduce su volumen o peligrosidad.

Lista de Acrónimos

ACI	: American Concrete Institute.
ASTMC	: Standard Specification for Solid Soncrete.
ATA	: Asesores Técnicos Asociados
EPS	: Poliestireno expandido
ICCG	: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala
ICH	: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile
ITINTEC	: Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas.
NT	: Norma Técnica.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
PC	: Policarbonato
PEAD	: Polietileno de alta densidad
PET	: Tereftalato de polietileno.
PP	: Polipropileno
PVC	: Policloruro de vinilo.
SENCICO	: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la construcción.

Símbolos

<i>Cm</i>	Centímetro [cm]
<i>F'c</i>	Fuerza máxima de compresión en el concreto [F'c]
<i>°C</i>	Grados Celsius [°C]
<i>g</i>	Gramo [g]
<i>Kg</i>	Kilogramo [Kg]
<i>Kgf/cm2</i>	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado [Kgf/cm2]
<i>KN</i>	Kilo Newtons [KN]
<i>l</i>	Litro [l]
<i>±</i>	Mas menos [±]
<i>m</i>	Metro [m]
<i>mm</i>	Milímetro [mm]
<i>Mpa</i>	Mega pascales [Mpa]

Capítulo I

Planteamiento del Problema

En este capítulo se presentan las generalidades de este trabajo de tesis, describiendo los objetivos, la justificación, así como el planteamiento del problema, lo cual conduce a una hipótesis, todo englobado al ámbito de la construcción y Medio Ambiente, asociando dos problemáticas que son el reúso de materiales y la pavimentación.

1.1 Descripción del problema

Descripción mundial

Las necesidades vitales del hombre van de la mano con el avance de la tecnología y los trabajos a las que enfrenta, tal es el caso el uso del plástico, “por su versatilidad y facilidad de procesado, se ha convertido en un material omnipresente en a sociedad para el que en muchas aplicaciones no existe sustituto”(Eliás & Jurado, 2012) es así que, el simple hecho de salir a correr acarrea la necesidad de beber agua la cual viene en un recipiente de PET.

La generación de plásticos y productos PET para todo uso y su obsolescencia inmediata, así como la falta de concientización sobre el reciclaje ocasiona montañas de materiales no reciclables que se van acumulando en sitios que permanecen sin cambio por largos periodos de tiempo.

Por otra parte se tiene que ver la problemática que genera el uso de un cierto tipo de pavimentos y que ha dejado de lado el uso de un sistema de pavimentación mucho más antigua, que es la pavimentación con Adoquines en pavimentos articulados o semiflexibles.

Para observar la gravedad del problema sobre los adoquines. (ICH, 2013) afirma. “el uso de adoquines declinó sustantivamente con la invención y masificación de pavimentos asfálticos y de hormigón a principios de 1900”(p.13). Por eso el uso de adoquines ha dis-

minuido, y no se implementan en la pavimentación de pistas y veredas en las zonas urbanas.

En el mundo actual se están incursionando en el uso de materiales de construcción no convencionales, las cuales permiten innovar en todas las áreas de la ingeniería, permitiendo el uso de materiales desechados que ya no tienen otro uso, por otra parte reduce costos mediante el uso de materiales reutilizables permitiendo de esta manera reciclar y rehusar para dar otros fines que permitan dar un segundo uso y así evitar la contaminación del Medio Ambiente,

Asimismo existe una creciente tendencia a la combinación de materiales reciclados para la fabricación, que tiene una incidencia directa en la elección de esta tecnología dado los desafíos ambientales que enfrenta el planeta. (ICH, 2013,pág.16)

En Brasil como en otros países europeos se ha dado importancia de utilizar pavimentos con adoquines, puesto que se pueden utilizar en plazas, áreas recreativas, parques o estacionamientos, aeropuertos y puertos, por ello utilizan maquinas pavimentadoras de adoquines logrando de esta manera avanzar en la construcción de cualquier proyecto, otra de las causas que es utilizado en estos países es la estética porque pueden pintarse de cualquier color y la resistencia a la compresión, además estos son permeables para época de lluvias. Montiel, 2017.

Descripción Nacional

Las botellas de plástico PET son reciclables, lo cual hace posible su recuperación para la fabricación de más botellas, haciendo que se ahorre el consumo de petróleo, lo cual causa ahorro de emisión de gases de efecto invernadero. Pero, el suministro muchas veces es restringido haciendo que la tasa de reciclaje sea baja. La demanda de PET reciclado es alta y restringida por el suministro; más contenido sería utilizado en una variedad de usos finales, si el suministro estuviera disponible.(National Association for PET Container Resources, 2016).

En el Perú la elaboración y comercialización de los adoquines solo lo maneja el sector privado; siendo la Empresa Unicón, la empresa más grande productora de Adoquines de concreto. Dado que esta empresa es del ámbito privado, mantiene en secreto las dosificaciones y los tipos de aditivos que emplean. Por esto, el tema de los adoquines, no se ha desarrollado

para el sector público en general.

Descripción Regional

Aunque la tasa de consumo de los materiales PET no es notorio en la ciudad, estas tienen una evidencia alarmante de su uso por ser un material indispensable.

Se ha estimado que los residuos sólidos del agua embotellada en la ciudad de Ayacucho en el 2016 es de 445.77 toneladas el cual representa un 43.58% del plástico PET total generado; que el volumen de residuos sólidos del agua embotellada gestionado por las municipalidades de la ciudad de Ayacucho en el 2016 se estima en 281.22 toneladas; que el volumen de residuos sólidos del agua embotellada gestionado por los recicladores de la ciudad de Ayacucho en el 2016 es de 26.21 toneladas y que el volumen de residuos sólidos del agua embotellada que llega al medio ambiente de la ciudad de Ayacucho en el 2016 es de 281.22 toneladas. (Parado, 2018)

Por otra parte en el tema de pavimentación y elaboración de adoquines, si bien es cierto en la Ciudad de Ayacucho se han elaborado adoquines de concreto en el proyecto ejecutado por administración directa, específicamente en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, éstas no cumplen los requerimientos que la normativa exige, ya que al someter estas a ensayo a compresión como muestra el anexo C.4, la resistencia al esfuerzo a compresión solo alcanza hasta 211.49 Kg/cm² esto a falta de información en el tema de adoquines, puesto que no existen investigaciones relacionadas al tema de adoquines en la ciudad de Ayacucho.

1.2 Delimitación del problema.

1.2.1 Espacial.

La presente investigación, se desarrolla en la ciudad de Ayacucho. Toma como elemento de refuerzo las botellas de plástico PET que se desechan en Ayacucho, además, toma los materiales naturales como el agregado de las canteras abastecedoras aledañas a la ciudad como la cantera Chillico.

1.2.2 Temporal.

El proyecto de tesis se desarrolla, desde el año 2018 hasta el año 2019, identificando sus principales problemas referentes a la intervención respecto de los PET que se desechan provenientes del consumo de la población, tratando de darle un valor a estos desechos mediante la elaboración de adoquines de concreto para alto tránsito.

1.2.3 Temática y unidad de análisis.

La **temática**, de estudio, engloba las partes ambiental e ingeniería: En la parte, ambiental, se pretende hacer el uso del PET reciclado en el área de la construcción que en la actualidad no tiene uso en la región; por su parte en la ingeniería y tecnología de materiales se pretende elaborar adoquines de tránsito pesado y luego analizar el efecto de los PET como material alternativo en la elaboración de adoquines.

La **Unidad de análisis**, al que se aplicarán los instrumentos de medición son los, **adoquines de tránsito pesado**, hechos con materiales convencionales y hechos con sustitución de PET respecto del agregado elaborados de acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación.

1.3 Formulación del problema.

1.3.1 Problema general.

¿Cuál es la dosificación de materiales para adoquines de tránsito pesado y cómo influye el uso de las fibras PET reciclado en el mejoramiento de propiedades físicas y mecánicas del adoquín?

1.3.2 Problemas específicos.

- a) ¿Cuál es la dosificación de materiales para la elaboración de adoquines resistentes al tránsito pesado de acuerdo a la normativa?
- b) ¿Cuál es el tamaño óptimo de fibras PET reciclado que al sustituir el agregado puede

mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines respecto de un adoquín patrón?

- c) ¿Cuál es la cantidad de fibras PET que al sustituir el agregado pueda mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines respecto de un adoquín patrón para el uso en tránsito pesado?

1.4 Justificación e importancia.

Justificación

Este estudio se **justifica** por el tema ambiental y engloba a la tecnología de construcciones para dar uso al PET en la elaboración de Adoquines, además se efectúa dado que en el país como en la región no se encuentran datos precisos para la elaboración y producción de adoquines de alto tránsito, siendo estas solamente del conocimiento exclusivo de empresas privadas que lucran con la comercialización de los adoquines, por este motivo se pretende obtener las dosificaciones para la producción de adoquines que será de utilidad para los estudiantes así como para los productores del sector constructivo.

Importancia

La importancia se da de acuerdo a criterios que sustentan la presente investigación según: (Borja, 2017) “El investigador debe sustentar adecuadamente las razones por la cual su proyecto de investigación es importante para la ciencia y el conocimiento”.

La **conveniencia**, la presente investigación, **sirve**, para demostrar el uso de materiales de desecho como material de refuerzo a los materiales clásicos en la elaboración de adoquines de tránsito pesado; no obstante es, conveniente, porque permite reemplazar materias primas no renovables por material reciclado.

Si tiene **relevancia social**, con la viabilidad de este proyecto se generará la economía circular dentro de la región, ya que no será necesario llevar los PET a otras ciudades para su procesamiento o uso; además esto, beneficia, desde los recicladores hasta los productores de adoquines que necesitan de la información de dosificación de materiales para la elaboración de adoquines.

Si tiene **aplicaciones prácticas**, las fibras PET como refuerzo, permitirá mejorar las propiedades mecánicas de los adoquines; en la actualidad no se producen adoquines en la región de Ayacucho.

Su valor teórico, gracias a esta investigación surgirán nuevas ideas para futuras investigaciones en el tema de adoquines y el rehúso de materiales de desecho para el área de construcciones.

Si tiene, **valoración en el tema ambiental**, permite preservar el Medio Ambiente; contribuyendo en la reducción de la contaminación por parte de los desechos plásticos.

1.5 Limitaciones de la investigación.

La presente investigación se limita a la elaboración de adoquines para uso de tránsito pesado luego se evalúa los efectos con sustitución parcial de PET respecto del agregado para luego realizar las pruebas de ensayo en laboratorio a partir de los adoquines elaborados para demostrar la posibilidad del uso de los PET como material de reemplazo y como material de reforzamiento en adoquines de tránsito pesado.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general.

Obtener la dosificación de materiales con agregados de una de las canteras de Ayacucho para adoquines de tránsito pesado y evaluar el efecto que produce el uso óptimo de fibras PET reciclado en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín respecto de un adoquín patrón.

1.6.2 Objetivos específicos.

- a) Obtener la dosificación adecuada de materiales para la elaboración de adoquines de tránsito pesado y que cumplan la resistencia a la compresión de acuerdo a los requerimientos de la normativa.

- b) Determinar el tamaño óptimo de fibras PET reciclado que al sustituir el agregado mejore las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines, respecto del adoquín patrón.
- c) Determinar cantidad de fibras PET que al sustituir el agregado mejore las propiedades físicas y mecánicas del adoquín patrón para el uso en tránsito pesado.

Capítulo II

Marco Teórico.

Hay tantos residuos de plástico en el mundo que ya pareciera “el mundo de los plásticos”, es así que respecto al tema han surgido en los últimos años muchas investigaciones para combatir este material **no inofensivo**. =====

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Investigaciones internacionales

(Cañizarez & Moreno, 2011) en su tesis titulado “Agregado alternativo para la elaboración de Bloques y Adoquines a base de Polietilen Tereftalato”. Donde tuvo como principal objetivo, fabricar bloques y adoquines, utilizando material reciclable de botellas de plástico. Cuya muestra estuvo conformada por bloques huecos de 0, 25, 50 y 75% y adoquines con 0,9 13 25 y 38%. Donde se encontró que a los porcentajes estudiados la resistencia de las unidades bajan donde se recomienda que se deben hacer otros estudios.

(Bandodkar et al., 2011) en su tesis titulado “ Pulverised PET bottles as partial replacement for sand” donde tuvo como principal objetivo fue usar los plásticos no biodegradables, a saber. Los plásticos moldeados por inyección, las bolsas de polietileno y las botellas de PET las cuales se pulverizan y utilizan como reemplazo en concreto como reemplazo parcial de arena, cuya muestra estuvo conformada por el conjunto de adoquines tomado de un lote producidos con plásticos moldeados por inyección, PET y Bolsas plásticas de reemplazo con 1, 5 y 10% respectivamente., donde se encontró que el reemplazo de arena a la proporción del 10% puede no ser Adecuado para trabajos RCC debido a la reducción de la resistencia, Sin embargo, estos desechos plásticos se pueden usar para productos de hormigones y cementos lisos de hormigón.

(Ramadevi & Manju, 2012) en su tesis titulado “Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibres as fine aggregates ” donde tuvo como principal objetivo, la posibilidad de utilizar el residuos de botellas de PET como reemplazo parcial de agregado en Cemento Portland. La muestra estuvo conformada por el conjunto de adoquines tomado de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de este lote. Donde se encontró que la resistencia a la tracción y flexión aumentó reemplazo de hasta 2% de reemplazo del PET.

(Taaffe, O’Sullivan, Rahman & Pakrashi, 2014) en su tesis titulado “ Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks” donde tuvo como principal objetivo abordar la cuestión del reciclaje de residuos de plástico al considerar la viabilidad del uso de ladrillos ecológicos para fines de construcción, cuya muestra estuvo conformada por construcción de ladrillos ecológicos dando sus diferentes pautas caracterizadas, donde se presenta el primer intento de caracterizar estos ladrillos y los resultados fomentan su uso futuro en un grado significativamente más amplio y para diversos fines.

(Estrada, 2017) en su tesis titulado “Uso de material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado fino para mezclas de concreto, para la elaboración de adoquines”. Donde tuvo como principal objetivo Utilizar material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado en la fabricación de adoquines de concreto. Cuya muestra estuvo conformada por el conjunto de adoquines tomado de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de este lote. Donde se encontró que a las proporciones analizadas no es conveniente el PET, donde se recomienda: Usar una proporción con menos de 10% de material reciclado de PET para uso en adoquinado peatonal.

2.1.2 Investigaciones nacionales

(Reyna, 2016) en su tesis titulado “Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo” teniendo como principal objetivo. Objetivo general

determinar los resultados de la reutilización de los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo, cuya población está compuesta por todas las probetas. La muestra estuvo constituida por las probetas de concreto de forma cilíndrica de 6" x 12" (diámetro x alto) según las siguientes proporciones 0, 5, 10 y 20% de PET respecto al agregado en la cual se llegó al resultado de 459.26 kg/cm² para el concreto conteniendo plástico PET al 5% en peso como la resistencia más óptima y notándose que la resistencia disminuye en proporción al aumento del porcentaje de PET.

(Quispe, 2017) en su tesis titulado “ Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho - 2016” donde tuvo como principal objetivo Evaluar el esfuerzo admisible del adobe estabilizado con 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5% en peso de Tereftalato de Polietileno (PET) triturados, cuya muestra estuvo conformada por bloques de adobe sin PET y con reemplazo de los porcentajes de PET , donde se encontró que Los esfuerzos admisibles en el adobe estabilizado con PET triturado aumenta en relación a las proporciones porcentuales en peso siendo 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5% de PET, que corresponde a 12.06, 12.27, 12.54, 13.28 y 14.24 kg/cm² de la unidad de resistencia respectivamente.

(Fernandez, 2019) en su tesis titulado “ ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DEL ADOQUÍN CON POLIETILENO TEREFTALATO RECIKLADO Y ADOQUÍN CONVENCIONAL TIPO I” donde tuvo como principal objetivo Determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional., cuya muestra estuvo conformada por adoquines tipo I a 0.25, 0.50, y 0.75% , donde se encontró que la resistencia aumenta, así como disminuye mediante se va aumentando el porcentaje de PET.

(Pinedo, 2019) en su tesis titulado “ Estudio de resistencia a la compresión del concreto F' c= 210kg/cm², con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018” donde tuvo como principal objetivo Estudiar las propiedades física-mecánicas del concreto con la adición de material plástico reciclado PET, cuya muestra estuvo conformada por probetas de ensayo con adición de 5, 10, y 15% de PET , donde se encontró que al 5% de

adición de PET la resistencia a la compresión se redujo 13% con respecto al Concreto Patrón.

(Becerra, 2019) en su tesis titulado “Reciclado de residuos plásticos PET en dosificación de mezclas de concreto para mitigar su impacto ambiental en la Ciudad de Tacna.” donde tuvo como principal objetivo. Utilizar los residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, en una adecuada dosificación de mezclas para la fabricación de concretos, para mitigar su impacto ambiental en la ciudad de Tacna, cuya muestra estuvo conformada por el total de la población de las 69 probetas, siendo la muestra real para fines de pruebas estadísticas, un total de 15 muestras de probetas, en razón que, a los 28 días de curado, se logró la máxima resistencia por cada una, donde se encontró que dosificación utilizada para los tipos de muestras de concreto, con el uso del 8, 10 y 12% con residuo PET, cumplen con lo normado en el RNE, esto fue en relación a probetas y bloques de concreto, encontrando una relación inversa en cuanto a que a mayor porcentaje de PET en las mezclas, menor es la resistencia en el concreto medido a compresión.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Bases teóricas referenciales

(Ramadevi & Manju, 2012) en su tesis titulado “ Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibres as fine aggregates ” Donde se encontró que la resistencia a la tracción y flexión aumentó con reemplazo de hasta 2% de reemplazo del pet.

(Cañizarez & Moreno, 2011) en su tesis titulado “Agregado alternativo para la elaboración de Bloques y Adoquines a base de Polietilen Tereftalato”. Donde recomienda que los porcentajes en bloques huecos de 0, 25, 50 y 75% y adoquines con 0,9 13 25 y 38%. La resistencia de las unidades bajan donde se recomienda que se deben hacer otros estudios.

(Pinedo, 2019) en su tesis titulado “ Estudio de resistencia a la compresión del concreto $F' c = 210\text{kg/cm}^2$, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto,

2018” donde se encontró que al 5% de adición de PET la resistencia a la compresión se redujo 13% con respecto al Concreto Patrón.

(Reyna, 2016) en su tesis titulado “Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo” en la cual se llegó al resultado de 459.26 kg/cm² para el concreto conteniendo plástico PET al 5% en peso como la resistencia más óptima y notándose que la resistencia disminuye en proporción al aumento del porcentaje de PET.

2.2.2 Bases legales Normatividad vigente

2.2.2.1 CE-010 Pavimentos urbano

Esta Norma Técnica Peruana, que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones, habla sobre los diferentes tipos de pavimentos que existen, de acuerdo a su demanda, para así poder seleccionar los diferentes tipos de pavimentos que se van a usar de acuerdo al requerimiento y características de cada vía urbana con que se aplicará todos los ámbitos del territorio Peruano.

Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.(NT, 2013)

2.2.2.2 Norma Técnica Peruana NTP 399.611 Unidades de albañilería adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

En esta Norma Técnica Peruana se establecen los requerimientos que deben cumplir los adoquines de concreto fabricados para los diferentes tipos de pavimentos, las disposiciones que se muestran en esta norma van acorde con las demás Normas Técnicas Peruanas vigentes las cuales deben cumplirse en la elaboración y en el control de calidad de los adoquines.(NTP399.611, 2017)

En la norma se precisan los requerimientos que deben cumplir los adoquines elaborados en dimensión, absorción resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de adoquín.

2.2.2.3 Norma Técnica Peruana NTP 399.604 Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Esta norma técnica peruana se establecen los procedimientos para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad. (NTP399.604, 2002)

2.2.2.4 Norma Técnica Peruana NTP 400.010 Agregados: Extracción y preparación de las muestras.

La presente norma técnica peruana(NTP400.010, 2001), establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso y fino y global, para los propósitos siguientes :

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

2.2.2.5 Norma Técnica Peruana NTP 400.012 Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global.

La norma (NTP400.012, 2001),Esta Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

2.2.2.6 Norma Técnica Peruana NTP 339.185 Agregados: Métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

La Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.(NTP339.185, 2013)

2.2.2.7 Norma Técnica Peruana NTP 400.017 Agregados: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados.

La siguiente Norma Técnica Peruana determina el peso unitario suelto y compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño nominal de 150 mm(NTP400.017, 2011)

2.2.2.8 Norma Técnica Peruana NTP 400.022 Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

La presente norma tiene por objetivo establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino. (NTP400.022, 2013)

2.2.2.9 Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

El presente dispositivo normativo tiene como objeto reglamentar el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a fin de asegurar la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.(DecretoSupremo(1278), 2017)

El Plan Provincial de Gestión de Residuos Sólidos Municipales y el Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos Municipales son instrumentos de planificación en materia de residuos sólidos de gestión municipal. Estos instrumentos tienen por objetivo generar las condiciones necesarias para una adecuada, eficaz y eficiente gestión y manejo de los residuos sólidos, desde la generación hasta la disposición final. (DecretoSupremo(1278), 2017)

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Concreto.

Según (Abanto, 2018), "el concreto es una estructura compuesta por cemento portland, agregados agua y aire; en proporciones adecuadas, que permiten obtener un elemento que cumpla propiedades de durabilidad y la resistencia a la compresión, entre otras. En algunos casos se adiciona aditivos".

2.3.1.1 Componentes del concreto y su participación.

El principal componente del concreto es el **cemento Portland**, el cual ocupa el 7% al 15% del volumen de la mezcla y tiene propiedades de adherencia y de cohesión para proveer buena resistencia a la compresión.

El segundo componente son **los agregados**, que son materiales inertes de forma granular que se han dividido en agregados finos (arenas) y agregados gruesos (gravas). Los agregados ocupan entre el 60% al 75% del volumen de la mezcla, por lo cual la calidad de estos es incidente en la calidad del concreto.

El tercer componente es **el agua**, ocupa el 14% al 18% del volumen de la mezcla e hidrata al cemento portland por medio de reacciones químicas. La mezcla del cemento portland y el agua se denomina pasta de cemento y sirve como lubricante de la mezcla en el estado fresco. Asimismo, la pasta endurecida colabora en la resistencia mecánica y durabilidad del concreto.

El ultimo componente, el concreto contiene alguna cantidad de aire atrapado generalmente entre el 1% al 3% del volumen de la mezcla.

2.3.1.2 Propiedades principales del concreto en estado fresco.

- **Trabajabilidad:** es el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los procesos de mezclado, transporte, colocación y compactación. La forma

más común para medir la "trabajabilidad" es mediante "la prueba del slump". Los instrumentos que se necesitan son una plancha base, un cono y una varilla de metal. Esta prueba consiste en medir la altura de una masa de concreto luego de ser extraída de un molde en forma de cono. Cuanto mayor sea la altura, el concreto será más trabajable. De la misma manera, cuanto menor sea la altura, el concreto estará muy seco y será poco trabajable.

- **Segregación:** ocurre cuando los agregados gruesos, que son más pesados, como la piedra chancada se separan de los demás materiales del concreto. Es importante controlar el exceso de segregación para evitar mezclas de mala calidad. Esto se produce, por ejemplo, cuando se traslada el concreto en buggy por un camino accidentado y de largo recorrido, debido a eso la piedra se segrega, es decir, se asienta en el fondo del buggy, la cual no ocurre en las mezclas que se producen para la elaboración de adoquines, ya que la pasta para estas tiene una consistencia mejor.
- **Exudación:** se origina cuando una parte del agua sale a la superficie del concreto. Es importante controlar la exudación para evitar que la superficie se debilite por sobreconcentración de agua. Esto sucede, por ejemplo, cuando se excede el tiempo de vibrado haciendo que en la superficie se acumule una cantidad de agua mayor a la que normalmente debería exudar.
- **Contracción:** produce cambios de volumen en el concreto debido a la pérdida de agua por evaporación, causada por las variaciones de humedad y temperatura del Medio Ambiente. Es importante controlar la contracción porque puede producir problemas de fisuración. Una medida para reducir este problema es cumplir con el curado del concreto.

2.3.1.3 Propiedades principales del concreto en estado endurecido.

- **Elasticidad:** es la capacidad de comportarse elásticamente dentro de ciertos límites. Es decir, que una vez deformado puede regresar a su forma original.
- **Resistencia:** uno de los principales factores que afectan en la resistencia ($f'c$) del con-

creto es la relación de agua cemento.

La relación de agua-cemento (a/c) constituye un parámetro más importante en la composición del concreto, tiene influencia directa en la resistencia a la compresión del concreto, así como otras propiedades como la durabilidad e impermeabilidad; a menos a/c mayor será la resistencia a la compresión y durabilidad. La resistencia y la durabilidad están pues íntimamente correlacionadas. Una modificación de una de ellas implica también una modificación de la otra.(Abanto, 2018,p.35)

cuando la pasta tiene esta relación mínima de agua/cemento se asegurará la buena resistencia y durabilidad, por ello para la elaboración de los adoquines de alto tránsito se debe usar una dosificación que contenga menor relación de agua/cemento.

Para el mejor entendimiento de la relación de agua/cemento, citemos veamos la siguiente imagen, (Chavez, 2013) donde nos muestra una gráfica de la resistencia a compresión en función de la relación de agua cemento.

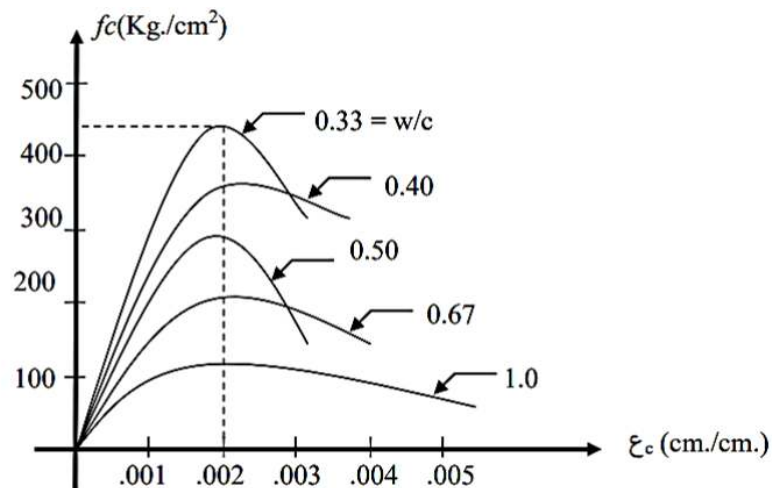


Figura 1 Efecto de la relación Agua-Cemento

Fuente: Obtenido de Chavez (2013)

Por otra parte se han estudiado también el efecto la razón agua/cemento y del tipo de agregados en las propiedades de adoquines de concreto es así que:

A medida que la razón agua/cemento aumenta, la resistencia disminuye y la absorción aumenta, así como la resistencia aumenta cuando se eleva el porcentaje de finos al otorgarle una mayor densidad al adoquín, ratificando el comportamiento ya conocido del concreto. (Poon and Lam, 2008, p.283)

2.3.1.4 Aditivo

Los aditivos son aquellos productos que una vez introducidos en el concreto estas permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada. Estos productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y concretos en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades. El aditivo que se usará en la presente investigación será el **Sika ViscoCrete®-3330**

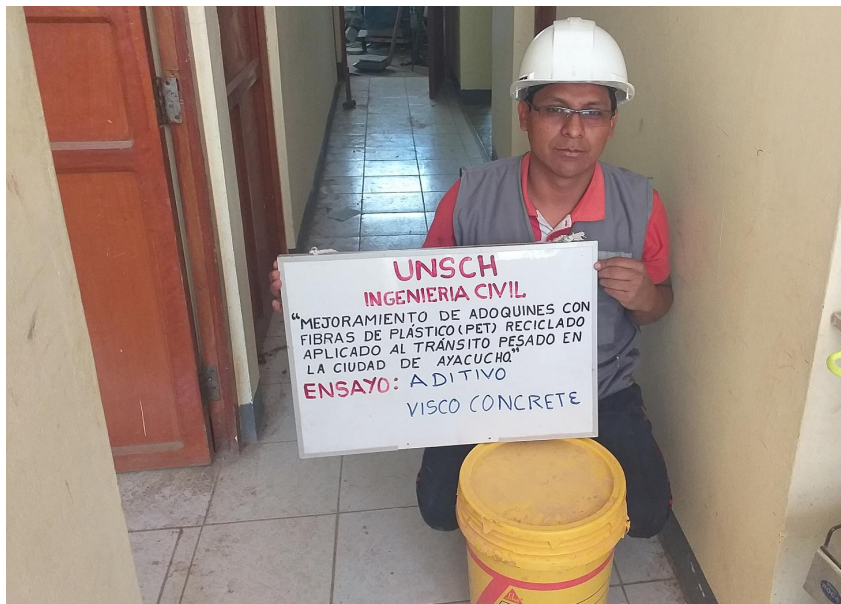


Figura 2 Sika ViscoCrete®-3330

Fuente: Elaboración propia

Ventajas, las ventajas del aditivo según catálogo son:

- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados).
- Alta impermeabilidad.
- Menor relación agua – cemento la impermeabilidad.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y segregación.

- Aumenta la cohesión del concreto.
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento.
- Reduce la carbonatación del concreto.

2.3.1.5 Tereftalato de polietileno (PET)

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales, como por ejemplo, el PVC, el cual presenta una demanda creciente en todo el mundo. El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios donde se depositan los residuos domiciliarios.

2.3.1.6 Tereftalato de polietileno (PET)-Propiedades

En general los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros. Específicamente según (Echevarría, 2017) el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes.
- Alta resistencia al desgaste.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Buenas propiedades térmicas.

Tabla 1 Datos técnicos del Polietileno Tereftalato - propiedades mecánicas.

PROPIEDADES MECÁNICAS		
Peso específico	134	<i>g/cm³</i>
Resistencia a la tracción	825	<i>kg/cm²</i>
Resistencia a la flexión	1450	<i>kg/cm²</i>
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	2850	<i>kg/cm²</i>
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Absorción de humedad	0.25	%

Fuente: Obtenido de Echevarría (2017).

Tabla 2 Datos técnicos del Polietileno Tereftalato-propiedades térmicas

PROPIEDADES TÉRMICAS		
Temperatura de fusión	255	<i>°C</i>
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	<i>°C</i>
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	<i>°C</i>
Coef. de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	<i>mmpo°C</i>

Fuente: Obtenido de Echevarría (2017).

2.3.1.7 Reciclaje del plástico PET.

La necesidad de encontrar propuestas de reutilización para algunos materiales, radica en la preocupación de preservar nuestro planeta, ya deteriorado y dañado por la inmensa contaminación. Reciclar y rehusar PET es reintegrar este polímero en un nuevo ciclo productivo reincorporando como prima.

(Argueta, 2006)), dice: El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos., el proceso en los siguientes pasos:

- Acopio: las botellas de PET para reciclado proviene de programas de recolección y de acopiadores ambulantes, éstos contribuyen, a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario. Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes del recojo de desechos y una vez separados llevarlos a centros de acopio, a falta de una recolección diferenciada, el papel de los recolectores es fundamental.

- Compactado: el material se compacta para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de estos bloques o pacas de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado.
- Molido: se realiza el molido (o picado) para facilitar la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. En la reducción de tamaño del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.
- Separación: la separación libera al PET de diferentes tipos de materiales, como otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. La macro separación se hace destapando y des etiquetando la materia prima completa (botellas desechadas) manualmente. La micro separación se hace por una propiedad física específica como el tamaño, peso o densidad. La separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución y luego separar los plásticos basados en temperatura.
- Limpieza: las hojuelas o flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado: los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, se obtienen hojuelas limpias.
- Secado: este proceso elimina el remanente de humedad del material. Pueden usarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material molido, eliminando la humedad.

2.3.2 Adoquines

2.3.2.1 Definición

Según (ICCG, 2019) “Es un elemento compacto de concreto, prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa.”

Los adoquines de concreto por ser un elemento prefabricado de alta resistencia son usados, en los pavimentos articulados, la cual es la,

capa de rodamiento conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual. (ICCG, 2019)

2.3.2.2 Tipos

Según la Norma Peruana (NTP399.611, 2017), existen tres tipos de adoquines, el Tipo I, Tipo II y el Tipo III.

- **Tipo I:** adoquines para pavimentos de uso Peatonal
- **Tipo II:** adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
- **Tipo III:** adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

2.3.2.3 Ventajas de Pavimentos con adoquines

Los pavimentos semirrígidos tienen innumerables ventajas respecto de los pavimentos rígido y flexible, las cuales se emplean de acuerdo al tipo de problema al que se quiera resolver. Las principales ventajas según ICH, 2013 son:

1. Diversidad: los adoquines proporcionan gran variedad de posibilidades para el diseño arquitectónico y paisajístico de los espacios públicos.
2. Calidad: dado que son elementos prefabricados, el control de calidad y certificación pueden desarrollarse en fábrica.
3. Rapidez de puesta en operación: independientemente del método constructivo, manual o mecánico los pavimentos de adoquines pueden utilizarse inmediatamente después de construido.
4. Mantenimiento: Se pueden reponer fácilmente, cualquier efecto inducido por aspectos funcionales o estructurales las cuales pueden ser reparadas en el área de intervención puntual o total.

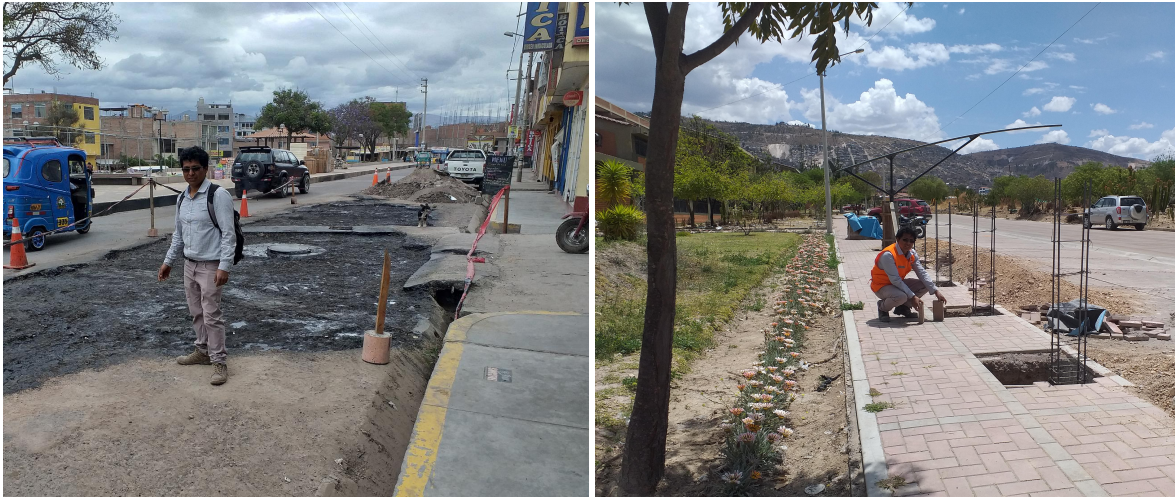


Figura 3 Mantenimiento e intervención después de su periodo
 En la primera imagen se puede apreciar la condición de la Av. “Pérez de Cuellar” y su intervención de mantenimiento, por otra parte, en la segunda imagen se aprecia la intervención de un pavimento semirrígido en la cual solo se retiran los adoquines, cuyos adoquines seguirán sirviendo después de la intervención Fuente: Elaboración propia

5. Condición de operación: debido a la regularidad superficial del pavimento producto de las juntas entre adoquines y de confinamiento, este tipo de pavimento es adecuada para velocidades menores a los 50km/h.
6. Reutilización: los adoquines, mientras se encuentren sanos, pueden utilizarse para pavimentar, lo cual es beneficioso si se trata de la parte ambiental, evitando generar desechos de construcción.



Figura 4 Reutilización de adoquines en la Ciudad Universitaria Módulos UNSCH.
 En un mismo proyecto se observa en la primera imagen que se está reutilizando el adoquín para su posterior rehúso, mientras que en la segunda imagen se muestra el pavimento rígido. Fuente: Elaboración propia

7. Durabilidad: las características de los adoquines, resistencia a la compresión, absorción, resistencia al congelamiento y abrasión, le otorgan alta durabilidad ante ambientes agresivos, la cual puede sobrepasar la vida de diseño del pavimento.

2.3.2.4 Estructura de Pavimentos con adoquines

Los adoquines de concreto varían de acuerdo al tipo de pavimento que se va aplicar, siendo estas generalmente las conformadas de la siguiente manera,

Los pavimentos de adoquines en general poseen 3 a 4 capas de material: los adoquines mismos, cuyo espesor varía entre 60 mm y 100 mm, una cama de arena de espesor nominal de 25 mm, una base con espesores mínimos entre 100 y 150 mm y eventualmente una subbase con espesores mínimos que varían entre 100 y 150 mm. (ICH, 2013)

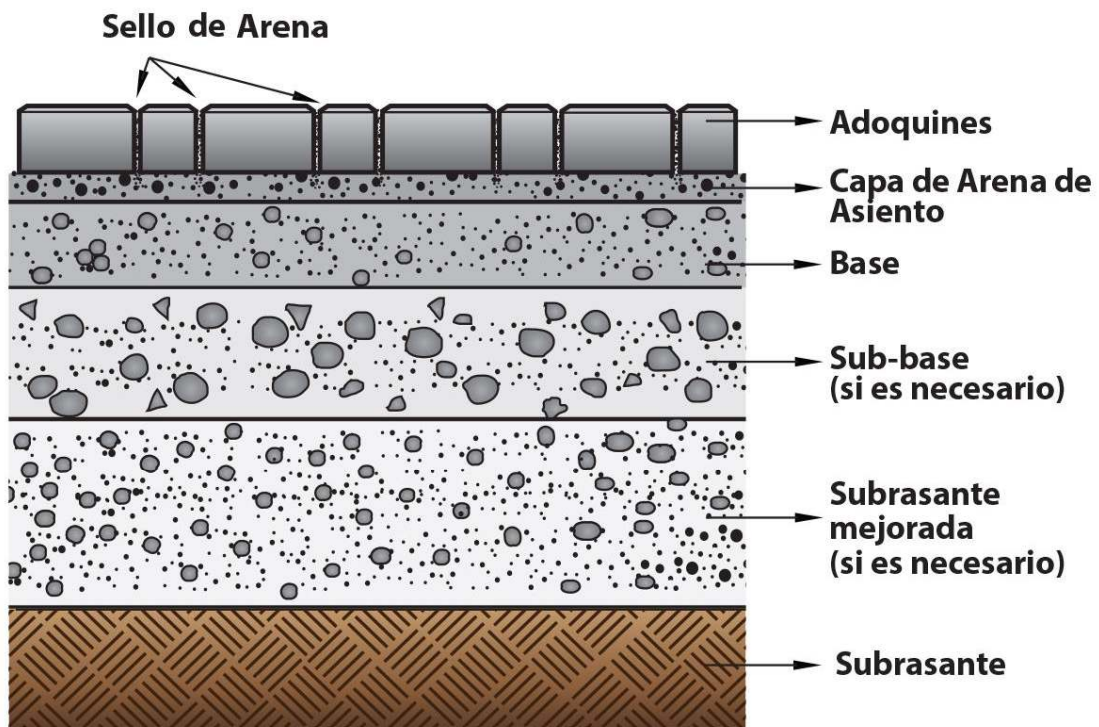


Figura 5 Estructura típica de un pavimento de adoquín

Fuente: Obtenido de ICCG (2019)

En la norma peruana, los espesores de los adoquines varían de acuerdo al tipo de servicio en la que se van a emplear siendo estas pavimentos peatonales, vehiculares y en patios industriales o el de contenedores, además estos adoquines deben cumplir los requerimientos de resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de adoquín siendo estas resistencias de acuerdo a la tabla que se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 3 Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Fuente: Obtenido de NTP399.611 (2017)

Tabla 4 Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal) Tipo B,C y D *Todos los tipos	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Fuente: Obtenido de NTP399.611 (2017)

Además los adoquines deben cumplir aparte de la resistencia y la variación dimensional las pruebas de absorción según (NTP399.611, 2017) “Los adoquines destinados a pavimentos que puedan estar sujetos a condiciones elevadas de durabilidad, como la agresión por sulfatos o ciclos de hielo y deshielo, deberán cumplir con los requisitos de la siguiente tabla. ”

Tabla 5 Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Fuente: Obtenido de NTP399.611 (2017)

Capítulo III

Método de la Investigación

El presente capítulo es la metodología de investigación, el camino para llegar a los objetivos planteados de manera lógica y secuencial

3.1 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es **Cuantitativo**, debido a que a las unidades elaboradas de acuerdo a los objetivos planteados se les realizarán ensayos de laboratorio las que se cuantificarán mediante números las características y propiedades de los adoquines, según (Kasengs, 2017) “La investigación Cuantitativa supone la obtención de datos apoyados en escalas numéricas, lo cual permite un tratamiento estadístico de diferentes niveles de cuantificación”(pág.102)

Además en una investigación cuantitativa debemos seguir pasos y procedimientos, una investigación cuantitativa según (Hernández, 2014), “cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos”

3.2 Alcance

El alcance de la presente investigación, por su naturaleza de manipulación intencional de las variables independientes para analizar sus efectos y consecuencias se caracteriza básicamente como **Explicativo**,

los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernández, 2014,pág.95)

Por otra parte la presente investigación engloba los diferentes alcances de la investigación como lo que define (Hernández, 2014,pág.96) de que una investigación puede incluir diferente alcances, así:

Algunas veces, una investigación puede caracterizarse como básicamente exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, pero no situarse únicamente como tal. Esto es, aunque un estudio sea en esencia exploratorio, contendrá elementos descriptivos; o bien, un estudio correlacional incluirá componentes descriptivos, y lo mismo ocurre con los demás alcances.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es **Experimental**, puesto que se pretende manipular las variables independientes que son la fibra de PET para ver el efecto que causa sobre las variables dependientes que son las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de tránsito pesado, “Es decir, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”(Hernández, 2014,pág.130).

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

La población de la presente investigación son todos los adoquines elaborados con el propósito demostrar las hipótesis de la investigación, la investigación está dividida en tres etapas y momentos diferentes del estudio, siendo:

- **En la primera etapa de la investigación:** la población de estudio está compuesta por un total de 120 adoquines elaborados con materiales convencionales, con y

sin aditivo.

- **En la segunda etapa de la investigación:** la población de estudio está compuesta por un total de 144 adoquines, hechos con la adición de PET, con PET en diferentes tamaños.
- **En la tercera etapa de la investigación:** la población de estudio está compuesta por 144 adoquines, hechos con la adición de PET, con PET en diferentes cantidades.

3.4.2 Muestra del estudio

La muestra de la presente investigación es del tipo probabilístico, puesto que se tomarán las unidades elaboradas mediante un muestreo aleatorio estratificado y dentro de cada estrato se elegirán las muestras (3 unidades) para cada 7, 14, 21 y 28 días para su ensayo mediante un muestreo aleatorio simple sin reposición a la población, en la que cada uno de los elementos del adoquín tendrán la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra las cuales serán representativos.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

Con una adecuada dosificación de materiales se obtiene adoquines de tránsito pesado y la influencia de las fibras PET es positiva que permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines.

3.5.2 Hipótesis específicas

- a) Con la dosificación adecuada de materiales se obtiene adoquines para tránsito pesado que cumpla la resistencia a la compresión según la norma.
- b) Si usamos fibras de PET reciclado de diferentes tamaños podemos obtener el tamaño óptimo, que mejor influye en las propiedades físicas y mecánicas en relación al adoquín patrón.
- c) Si usamos fibras PET en diferentes cantidades podemos obtener la cantidad óptima que mejor influye las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines patrón y así obtener adoquines para el uso de tránsito pesado.

3.6 Operacionalización de variables

3.6.1 Variables

3.6.1.1 Variables Independientes-factor X.

Aquellas que se consideran las causas. Se identifica siempre una variable cuya magnitud o característica se relaciona con otra a la cual afecta. Las variables independientes objeto de estudio en la tesis en su primera etapa es **La dosificación de materiales X1** y en una segunda etapa del proceso de investigación es la **Incorporación o sustitución de fibra de PET reciclado (X2)**.

3.6.1.2 Variables Dependientes-factor Y.

Son aquellas que dependen de la acción (intensidad o característica) de la variable independiente. Las variables dependientes para la presente investigación son **Propiedades Físicas y mecánicas del Adoquín. Propiedades Mecánicas del Adoquín Y2**.

3.6.2 Indicadores

Indicador asociada a las variables Independientes.

En la primera etapa de la investigación son: Peso (arena, cemento y aditivo) en (Kg ó g), Cantidad de agua(l) y el tiempo de vibrado($Minutos$) y en una segunda etapa son: Dimensión(mm) y Peso(Kg) del PET triturado

Indicador asociada a la variable Dependiente

En la primera etapa. Resistencia a la compresión (kg/cm^2)

En la segunda etapa del proceso.

propiedades físicas variación dimensional (mm), Densidad (g/cm^3) y Absorción(%).

propiedades mecánicas Resistencia a compresión ($Kg/cm2$).

Tabla 6 Operacionalización de variables

	HIPÓTESIS	VARIABLE (V.I./V.D.)	DEMISIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
SECUNDARIOS	1 Con la dosificación adecuada de materiales se obtiene adoquines para tránsito pesado que cumpla la resistencia a la compresión según la norma.	V.I. Dosificación de materiales	Agregado	Peso	Kg
			Cemento	Peso	Kg
			Agua	Volumen	l
			Aditivo	Peso	g
			Vibrado	Tiempo	s
		V.D. Resistencia a la compresión del adoquín.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²
	2 Si usamos fibras de PET reciclado de diferentes tamaños podemos obtener el tamaño óptimo, que mejor influye en las propiedades físicas y mecánicas en relación al adoquín patrón.	V.I. Incorporación Tamaño de PET	Tamaño de PET	Tamaño	mm
				Dimensión	mm
		V.D. propiedades físicas y mecánicas del adoquín	Propiedades físicas	Densidad	g/cm ³
				Absorción	%
				Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²
	3 Si usamos fibras PET en diferentes cantidades podemos obtener la cantidad óptima que mejor influye las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines patrón y así obtener adoquines para el uso de tránsito pesado.	V.I. Incorporación Cantidad de PET	Cantidad de PET	Peso	Kg
Dimensión				mm	
V.D. propiedades físicas y mecánicas del adoquín		Propiedades físicas	Densidad	g/cm ³	
			Absorción	%	
			Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	

Fuente: Elaboración propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.8 Técnicas de Recolección de datos

Las Muestras(adoquines hechos con material convencional y adoquines con sustitución del agregado con PET), se someten a ensayos en laboratorio de acuerdo a los requerimientos de la Norma Técnica NTP 399.611 "UNIDADES DE ALBAÑILERIA, ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS" y de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604, las cuales serán mediante la técnica de la **observación** en los laboratorios, para eso se utilizarán **dispositivos** que ayuden a registrar y no cometer errores de lectura las cuales son:

- **Objeto de observación:** Adoquines convencionales y adoquines con sustitución de fibras PET.
- **Observador:** El investigador es el interesado en recolectar todos los datos.

por otra parte se emplearán dispositivos y equipos para ello se utilizarán dispositivos que ayuden a registrar y no cometer errores de lectura las cuales son:

- **Cámaras fotográficas:** para el adecuado registro en imágenes de las ocurrencias y fenómenos observados en la experimentación.
- **Vernier:** para la medición de las variaciones dimensionales.
- **Balanza:** para medir los pesos de los adoquines elaborados.
- Equipo Universal:para la medición de ensayos de compresión axial.

3.9 Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos serán mediante formatos validados por especialistas que conocen el campo de la ingeniería Civil, así como formatos que serán validados por un laboratoristas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Los formatos de recolección de datos de las propiedades físicas y mecánicas del Adoquín serán de acuerdo a las normativas vigentes NTP399.611 y (\cite {NTP399.604}) para el control en variación dimensional, absorción y resistencia a compresión.

3.10 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

La técnica que se utilizará para el procesamiento de la información será el **análisis estadístico**, la cual es de importancia para la evaluación de los resultados obtenidos ya que nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

En la presente tesis se analiza los diferentes estadígrafos con datos agrupados, puesto que este nos permite obtener la distribución de frecuencias y hallar las diferentes medidas de mejor manera, observando cómo se distribuyen realmente los datos y obteniendo la gráfica real de la campana de Gauss.

3.10.1 pruebas estadísticas paramétricas

Las pruebas paramétricas tienen mayor capacidad para detectar una relación real o verdadera entre dos variables, si es que la misma existe. Por ello, exigen que los datos a los que se aplican, cumplan tres requisitos.

- **Variabilidad Numérica:** Que la variable en estudio (Dependiente) que esté medida en una escala que sea por lo menos de intervalo.
- **Normalidad:** Que los valores de la variable dependiente sigan una distribución normal, por lo menos a la población a la que pertenece la muestra.
- **Homocedasticidad:** Que las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan sean aproximadamente iguales (Homogeneidad de varianzas).

3.10.2 Tipo de prueba de hipótesis

El tipo de prueba de Hipótesis que se empleará en la presente investigación será **Bilateral o de dos colas**, donde el nivel de significancia se divide en dos y existen dos regiones de rechazo de la hipótesis nula H_0

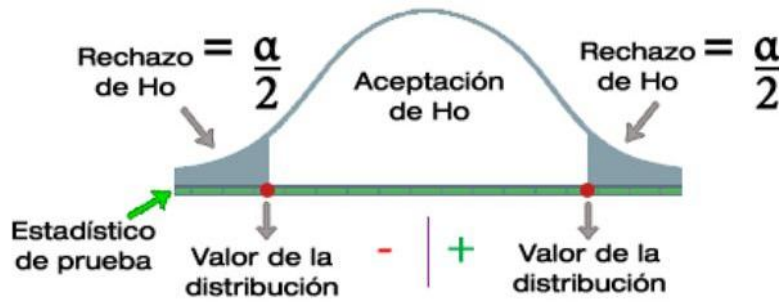


Figura 6 Tipo de Prueba de Hipótesis bilateral

Fuente: Google

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

3.10.3 Nivel de significación

En una prueba de hipótesis se llama nivel de significación al valor que el investigador le asigna a α . La cual se acostumbra expresarlo en porcentaje, por ello el nivel de significación de esta prueba será 5% entonces:

$$\alpha = 0.05 \quad (3.1)$$

3.10.4 p-valor

El **p-valor**, es una representación numérica del grado con el que el azar sólo podría explicar las diferencias observadas entre los grupos que se comparan.

- Cuando menor sea el p-valor, más fuerte es la prueba en contra de la Hipótesis nula (H_0), es decir, cualquier diferencia observada en el estudio tiene mayor probabilidad de ser real, y no deberse solo al azar.
- Cuando el p-valor $< \alpha$, el resultado es estadísticamente significativo
- En caso de tener α fiado en 0.05, un p-valor < 0.001 se considera una prueba muy fuerte estadísticamente significativo contra H_0 , mientras un p-valor > 0.1 representa una prueba débil contra H_0

3.10.5 T de Student para dos muestras relacionadas

Se usa cuando nos interesa comparar una característica en una población, cuando una muestra, pero en 2 circunstancias distintas. Lo que nos interesa comparar son las diferencias entre 2 variables numéricas (Antes-Después) a un mismo grupo, al cual se le aplica un factor que altera el comportamiento.

3.10.5.1 Prueba de normalidad

Debe explorarse la variable cuantitativa para comprobar que se cumple el requisito de normalidad. Para ello se obtiene la diferencia de variables.

H_0 : La diferencia de las variables sigue una distribución normal.

H_1 : La diferencia de las variables no sigue una distribución normal.

$P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Se rechaza la H_0

$P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ No se rechaza la H_0

3.10.5.2 Decisión estadística de la Prueba T

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ No se rechace H_0 , (se acepta H_0)

3.11 Desarrollo del trabajo de tesis

El desarrollo del trabajo de investigación se realizó respetando el esquema gráfico que se muestra, en todos los procesos de ensayo se recabaron los datos, siendo la primera parte de interés de la investigación la obtención de patrón, para luego adicionar o sustituir a este patrón las fibras PET variando estas en dimensión y proporción para ver el efecto que produce sobre el adoquín de tránsito pesado.

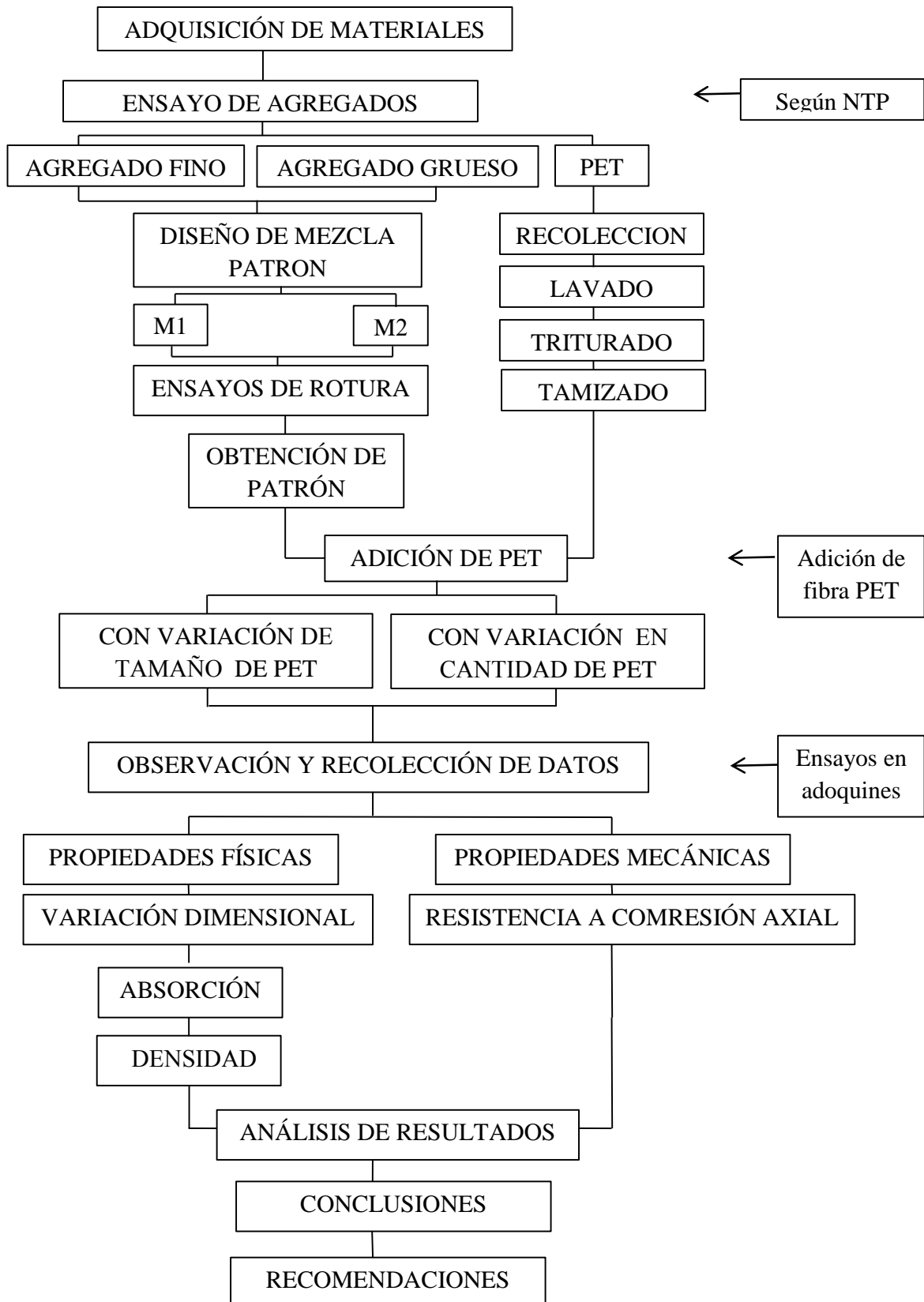


Figura 7 Diagrama del proceso de desarrollo de la investigación

Fuente: Elaboración propia 2019

3.11.1 Recolección de agregados en cantera

Se ha viajado hasta la zona de Chillico, y se compró material agregado fino de la cantera de la Empresa Janampa.



Figura 8 Visita a cantera para extracción de Material

Fuente: Elaboración propia

Del total del material se tomó una parte de acuerdo a la especificación de la norma (NTP400.010, 2001), para la cual se procedió a realizar los análisis en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.



Figura 9 Ensayo de tamizado en laboratorio Civil-UNSCH

Fuente: Elaboración propia



Figura 10 Ensayo de cuarteo en laboratorio Civil-UNSCH

Fuente: Elaboración propia

3.11.2 Estudio de los agregados en Laboratorio.

3.11.2.1 Determinación del Módulo de finura y coeficiente de uniformidad- ensayo granulométrico ASTM C 136-NTP 400.012

1. **objetivos.** El objetivo de esta prueba es realizar el ensayo granulométrico y mediante este proceso determinar el módulo de finura.
2. **Generalidades.** El ensayo de granulometría nos permite saber de cómo el material se encuentra distribuido por tamaño, para lo cual se tamiza y se pesa los materiales que se retienen en cada tamiz. Mientras que el módulo de uniformidad es la suma de todos los porcentajes retenidos divididos entre 100.
3. **Materiales y Equipos.** Para el procedimiento se necesitarán: Agregado (mínimo 300g despues de secado), horno(a $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$), balanza (con aproximación de 0.1g ó 0.1%), juego de tamices y dispositivos de registro.
4. **Cálculo.**El módulo de fineza se determinará mediante la ecuación:

$$MF = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100} \quad (3.2)$$



Figura 11 Proceso de tamizado de agregados

a) pesaje inicial de la muestra de agregado, b) tamizado mediante movimientos circulares, c) pesaje del retenido de material en cada tamiz, d) distribución de granulometría del material agregado.

Fuente: Elaboración propia

3.11.2.2 Determinación del Contenido de Humedad natural del agregado fino ASTM C 70 – NTP 339.185

1. **objetivos.** Determinar el contenido de humedad del agregado mediante el ensayo en laboratorio.
2. **Generalidades.** El contenido de humedad es la propiedad que tiene los materiales, que relaciona el peso del agua presente en una muestra y el peso seco de la misma. Su unidad se da en porcentaje.
3. **Materiales y Equipos.** Para el procedimiento se necesitarán: Agregado (mínimo 5000g), horno(a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), balanza (con aproximación de 0.1g ó 0.1%) dispositivos de registro.
4. **Cálculo.** El contenido de Humedad natural se determinará mediante la ecuación:

$$W\% = \frac{\text{Peso del Agua en Muestra}}{\text{Peso Seco}} \bullet 100 \quad (3.3)$$



Figura 12 Proceso para determinar el contenido de agua del agregado.

a) extracción de muestra por cuarteo, b) pesaje inicial, c) secado en horno 24 horas a una temperatura de 110°C , d) pesaje final.

Fuente: Elaboración propia

3.11.2.3 Determinación del Peso Volumétrico Suelto y Compactado del agregado fino ASTM C29 –NTP 400.017

1. **objetivos.** Determinar el peso seco volumétrico y compactado del agregado.
2. **Generalidades.** El Peso Volumétrico Suelto es el peso que ocupa un material en una unidad volumétrica, donde el material esta suelto. Por otro lado el Peso Volumétrico Compactado es el peso que ocupa un material en una unidad volumétrica, donde el material esta compactado.
3. **Materiales y Equipos.** Para el procedimiento se necesitarán: Agregado, Recipiente, Horno, balanza (con aproximación de 0.1g ó 0.1%), Varilla apisonadora, dispositivos de registro.
4. **Cálculo.** El peso volumétrico se calculará así:

$$P_{unitSuelto} = \frac{P_{suelto}}{V_{recipiente}}; P_{unitCompacto} = \frac{P_{compacto}}{V_{recipiente}} \quad (3.4)$$



Figura 13 Cuarteo, calibración, Pesaje de pesos sueltos y compacto.

- a) Extracción de muestra por cuarteo, b) pesaje peso suelto, c) pesaje peso compacto, d) calibración del instrumento.

Fuente: Elaboración propia

3.11.2.4 Determinación del Peso Específico Aparente y Real, y la Absorción ASTM C 127 y C 128

1. **objetivos.** Determinar el peso específico del agregado fino.
2. **Generalidades.** El Peso Específico, se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa igual al volumen de agua destilada. El peso específico aparente (P_{eap}), es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire. El peso específico de masa (P_{em}), viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable a la masa en el aire de un volumen igual de agua. Mientras que el Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente (P_{mss}): es similar que P.E.M., con la diferencia de que la masa incluye el agua en los poros permeables.
3. **Materiales y Equipos.** Para el procedimiento se necesitarán: Balanza, Cono y pisón, Fiola de 500 ml, Agregado (mínimo 5000g), horno (a $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$), dispositivos de registro.
4. **Cálculo.** Los cálculos se realizarán con las siguientes relaciones:

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \quad (3.5)$$

$$P_{mss} = \frac{B}{B - C} \quad (3.6)$$

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} \quad (3.7)$$

$$\%abs = \frac{B - A}{A} \quad (3.8)$$

dode: A = peso en el aire, de la muestra seca al horno (gr), B = peso en el aire, de la muestra (gr), C = peso en el agua de la muestra. (gr)



Figura 14 Proceso de determinación del peso específico real y aparente mediante procedimiento picnométrico.

- a) Decantación del exceso de agua, b) secado homogéneo al aire libre, c) ensayo para determinar la humedad superficial, d) pesaje de picnómetro con material y agua (procedimiento picnométrico).

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo los pasos que detalla la norma se toman los datos observados como se muestra en la tabla.

Tabla 7 Datos obtenidos para peso específico, aparente, real y absorción

Item	DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2
		peso(g)	peso(g)
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca	502.00	500.00
PR+A	Peso de Recipiente+ Agua	1215.00	1214.00
PR+A+M	Peso de Recipiente+ Agua+Material	1518.00	1521.00

Fuente: Elaboración propia

3.11.2.5 Resistencia a la Abrasión. Los Ángeles ACTM C 131

1. **Objetivos.** Determinar el porcentaje de desgaste del agregado grueso que se extrae de la arena.
2. **Generalidades.** Se pone una cantidad de material seleccionado
3. **Materiales y Equipos.** Para el procedimiento se necesitarán: Balanza, agregado 2500 gr pasante la malla 3/8 retenida en 1/4 y otros 2500gr. retenida en N°4 y pasante 1/4", máquina de los ángeles con 8 esferas como masas abrasivas, dispositivos de registro.
4. **Cálculo.** Los cálculos se realizarán con las siguientes relaciones:

$$\% \text{ de desgaste de los ángeles} = \frac{C - Y}{C} \cdot 100 \quad (3.9)$$

dode: C= Masa de la muestra inicial. g, Y= masa de la muestra final. g



Figura 15 Proceso de determinación desgaste por abrasión del agregado grueso.

a) selección y cuarteo del agregado grueso, b) pesaje de la masa inicial, c) ensayo de desgaste en la máquina de los ángeles, d) tamizado en seco del material en el tamiz N°12.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Datos obtenidos del ensayo a la abrasión

Item	Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2
C	Masa inicial (g)	5000	5000
Y	Masa final Retenida en malla N°12 (g)	4243	4221

Fuente: Elaboración propia

3.11.3 Proceso de selección de los PET

3.11.3.1 Recolección y lavado del PET

1. **Objetivos.** Recolectar, depositar acumular y lavar las botellas de plástico reciclados.
2. **Generalidades.** Las botellas de plástico reciclado son provenientes de la recolección en las diferentes zonas de la ciudad, las cuales se encuentran contaminados y en algunos casos contienen pigmentos, aceites y desperdicios las cuales deben ser eliminadas para sus posteriores procesamientos.
3. **Materiales y Equipos.** Agua, detergentes y Escobilla.



Figura 16 Acumulación de PET

Fuente: Elaboración propia



Figura 17 Lavado del PET

Fuente: Elaboración propia

3.11.3.2 Triturado

1. **Objetivos.** Triturar los PET a los tamaños que permitan agregar como parte del agregado en la elaboración de adoquines.
2. **Generalidades.** El triturado se ha realizado sin las tapas de las botellas no retornables recicladas, previamente se han lavado y secado, por otra parte se han acondicionado las cuchillas de una máquina cepilladora para el triturado de las botellas.
3. **Materiales y Equipos.** Máquina cepilladora con un motor de 2.0 HP.



Figura 18 Proceso de trituración del PET

- a) Triturado de PET en máquina cepilladora, b) PET triturado al tamaño máximo de 1/4",
 c) PET triturado al tamaño máximo $0.0\text{mm} < \text{ancho} < 2.36\text{mm}$, $2.36\text{mm} < \text{largo} < 5.75\text{mm}$

Fuente: Elaboración propia

3.11.3.3 Tamizado

1. **Objetivos.** Clasificar el material triturado de acuerdo a los tamaños que tienen los PET triturados.
2. **Generalidades.** El tamaño de los PET triturado tienen diferentes tamaños siendo estas no uniformes en tamaño, por esto es importante clarificarlos por el tamaño que tienen.
3. **Materiales y Equipos.** Se utilizarán tamices con las siguientes aberturas 1/4", N°4, N°6, N°8, N°10 y N°16 así como la tapa y fondo de tamices.



Figura 19 Proceso de tamizado del PET

a) tamizado y separación de PET por tamaño, b) PET triturado en común, c) Separación de PET triturado al tamaño máximo $0.0\text{mm} < \text{ancho} < 2.36\text{mm}$, $2.36\text{mm} < \text{largo} < 5.75\text{mm}$ para dosificación Fuente: Elaboración propia

3.11.4 Diseño y elaboración de Adoquines patrón.

3.11.4.1 Diseño de Mezcla para adoquín patrón sin PET

Tabla 9 Dosificación de materiales convencionales para obtener adoquín patrón (sin PET)

DOSIFICACIÓN CON AGREGADOS CONVENSIONALES				
CÓDIGO	CEMENTO (Kg)	ARENA (Kg)	AGUA L	T VIBRADO (s)
M1-1	4.41	19.5	2.35	86.0
M1-2	5.04	19.5	2.40	79.0
M1-3	5.67	19.5	2.50	88.0
M1-4	6.3	19.5	2.55	85.0
M1-5	6.93	19.5	2.60	84.0
M1-6	7.245	19.5	2.70	85.0
M1-7	7.56	19.5	2.85	75.0
M1-8	8.19	19.5	2.95	75.0
M1-9	8.82	19.5	3.05	89.0
M1-10	10.08	19.5	3.35	90.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Dosificación de materiales convencionales y aditivo para obtener adoquín patrón (sin PET)

DOSIFICACIÓN CON ADITIVO VISCOCONCRETE					
CÓDIGO	CEMENTO (Kg)	ARENA (Kg)	AGUA L	ADITIVO 1% (g)	T VIBRADO (s)
M2-1	4.41	19.53	1.85	44.10	34.00
M2-2	5.04	19.53	1.90	50.40	32.00
M2-3	5.67	19.53	2.00	56.70	35.00
M2-4	6.30	19.53	2.15	63.00	39.00
M2-5	6.93	19.53	2.20	69.30	40.00
M2-6	7.25	19.53	2.30	72.45	36.00
M2-7	7.56	19.53	2.25	75.60	40.00
M2-8	8.19	19.53	2.35	81.90	36.00
M2-9	8.82	19.53	2.40	88.20	31.00
M2-10	10.08	19.53	2.55	100.80	39.00

Fuente: Elaboración propia

3.11.4.2 Elaboración de adoquines

El proceso de elaboración del adoquín se realizará mediante la máquina adoquinera “BLOQUETERAS AMERICANAS” que tiene un sistema hidráulico para la elaboración de unidades vibro-compactadas.



Figura 20 Máquina Bloquetera americana

a) máquina bloquetera vibradora y compactadora hidráulica, b) manejo de máquina, c) adoquines en molde de la bloquetera

Fuente: Elaboración propia

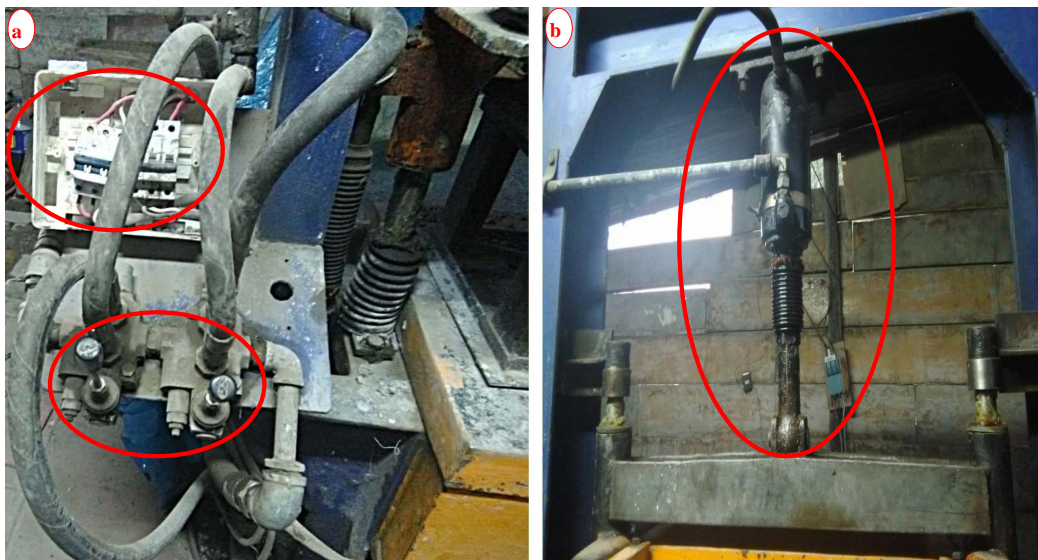


Figura 21 Componentes principales del sistema hidráulico

a) tablero de control y palancas de mando, b) Cilindro hidráulico para compactación

Fuente: Elaboración propia

Elaboración, se prosigue a la elaboración de adoquines de acuerdo a la tabla

de dosificación, en la que se calculan el tiempo de vibrado, la cantidad agua para la mejor trabajabilidad en campo. Se siguen los siguientes pasos en la elaboración:

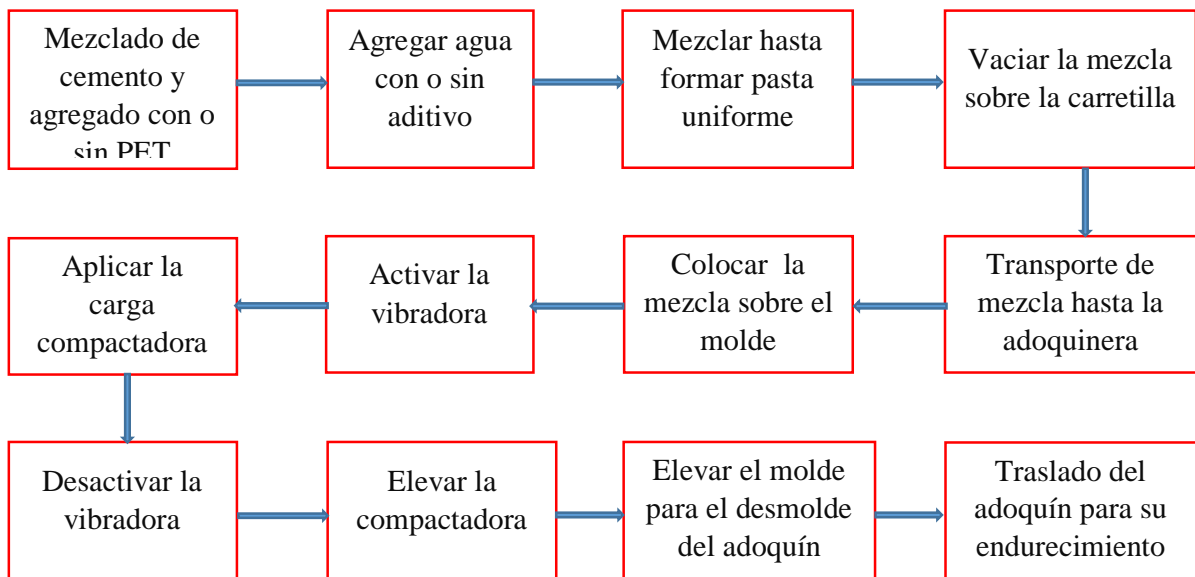


Figura 22 Proceso de elaboración del adoquín vibro-compactado

Fuente: Elaboración propia



Figura 23 Adoquines de concreto en fase de endurecimiento

Fuente: Elaboración propia

Curado, el curado se realiza sumergiendo en su totalidad las unidades elaboradas, previa a la curación, éstas se codificarán adecuadamente y finalmente serán

trasladados a la poza de curación.

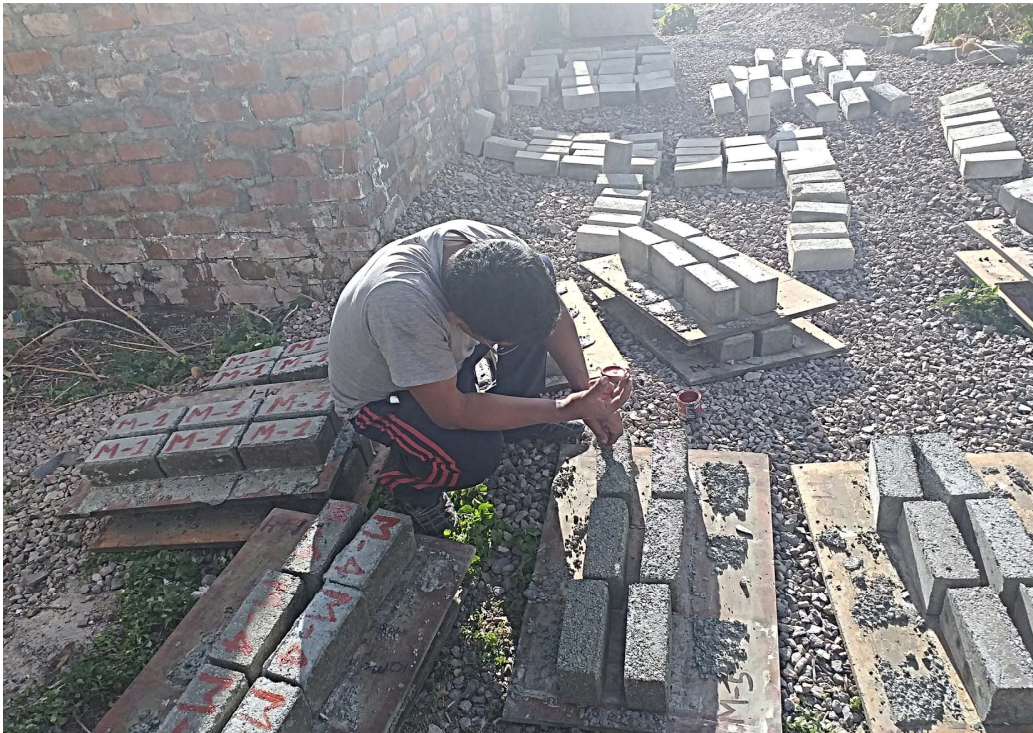


Figura 24 Codificación del adoquín

Fuente: Elaboración propia



Figura 25 Curado del adoquín con sumergimiento total

Fuente: Elaboración propia

3.11.5 Dosificación y elaboración de Adoquines con PET variando los tamaños máximos del PET.

3.11.5.1 Dosificación con 3% PET y tamaño variado

La dosificación se realiza de acuerdo a los resultados de los ensayos de rotura y obteniendo el adoquín patrón en la primera etapa que cumple con los requerimientos de la normativa, por ello se ha escogido como patrón del diseño la muestra “M2-3” ya que esta tiene una resistencia promedio de 511.76Kg/cm².

Tomando aleatoriamente una proporción de 3% de PET respecto del agregado y manteniendo constante los demás componentes del adoquín para analizar el efecto que causa la granulometría del PET en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín.

Tabla 11 Dosificación con 3% PET de diferentes tamaños para 6 adoquines

DOSIFICACIÓN CON PET							
	CÓDIGO	C (Kg)	A (Kg)	PET %	PET (Kg)	A (l)	Ad (g)
M1	PAS 1/4” RET N°4	5.67	18.94	3.00	0.586	1.95	63.00
M2	PAS N°4 RET N°6	5.67	18.94	3.00	0.586	1.95	63.00
M3	PAS N°6 RET N°8	5.67	18.94	3.00	0.586	1.95	63.00
M4	PAS N°8 RET N°10	5.67	18.94	3.00	0.586	1.95	63.00
M5	PAS N°10 RET N°16	5.67	18.94	3.00	0.586	1.95	63.00
M6	PATRÓN	5.67	19.530	0.00	0.0	1.95	63.00

Fuente: Elaboración propia

Cuyos tamaños que se muestran mediante la codificación de los Tamices en las dosificaciones se detallan en la siguiente **tabla 12**

Tabla 12 Tamaños del PET que se usan en el experimento

Límites en tamices	Ancho(mm)		Largo(mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
PAS 1/4" RET N°4	4.75	6.30	4.75	12.30
PAS N°4 RET N°6	3.35	4.75	3.35	7.36
PAS N°6 RET N°8	2.36	3.35	2.36	6.25
PAS N°8 RET N°10	2.00	2.36	2.00	5.75
PAS N°10 RET N°16	1.18	2.00	1.18	4.30

Fuente: Elaboración propia

3.11.5.2 Elaboración y curado de adoquines

Elaboración, la elaboración es igual que la primera etapa, la diferencia es que el agregado (arena gruesa) se reemplaza en un 3% por el PET triturado, teniendo estos PET diferente tamaño de acuerdo a la tabla anterior.

Curado, el curado se realiza igual que a los adoquines patrones sumergiendo en su totalidad previa codificación como muestra la imagen.

3.11.6 Dosificación y elaboración de Adoquines con PET variando la cantidad

Una vez que se obtiene la dimensión óptima, se prosigue a determinar la proporción, cantidad de PET que puede ser usado en la elaboración de adoquines.

La dimensión óptima según los resultados y pruebas realizadas fue del tamaño pasante la malla N°8, a partir de este tamaño se puede usar como agregado el PET, pero ahora veamos cual sería la cantidad más adecuada de PET.

3.11.6.1 Dosificación variando cantidad de PET respecto del agregado

Elaboración, Para el siguiente experimento se utilizarán proporciones de PET pasantes la malla N° 8 que en dimensión son aproximadamente ancho: 2.36mm y el

largo varía desde 2.36mm hasta 25mm. Las partículas más alargadas, Los porcentajes a utilizar y las dosificaciones para 6 unidades de adoquín se dan en la siguiente tala.

Tabla 13 Dosificación con % PET Pasante la malla N° 8

DOSIFICACIÓN CON PET							
CÓDIGO	C (Kg)	A (Kg)	PET %	PET (Kg)	Ag (l)	Ad (g)	T (s)
M1- 0% PET	6.3	19.530	0.00	0.000	2.10	63.00	40.0
M2- 1% PET	6.3	19.33	1.00	0.195	2.10	63.00	40.0
M3- 2.5% PET	6.3	19.04	2.50	0.488	2.10	63.00	41.0
M4- 5% PET	6.3	18.55	5.00	0.977	2.10	63.00	42.0
M5- 7.5% PET	6.3	18.07	7.50	1.465	2.10	63.00	42.0
M6- 10% PET	6.3	19.530	10.00	1.953	2.10	63.00	43.0

Fuente: Elaboración propia

Curado, el curado es igual que la primera etapa con sumergimiento total.

3.11.7 Determinación la trabajabilidad, segregación y exudación de las mezclas para adoquines

Trabajabilidad, se han observado las características principales de la Mezcla en su estado fresco, viendo el grado de esfuerzo que estas generan a la hora de mezclado transporte y compactado (Consistencia).

A su vez se ha observado si las partículas de la mezcla ascienden durante el transporte, colocado y vibrado de la mezcla en la adoquinera (Segregación) y si el agua existente en la mezcla asciende en la superficie (Exudación).



Figura 26 Ensayo de slump a los mezclas en estado plástico
Fuente: Elaboración propia

3.11.8 Determinación de las propiedades físicas en adoquines

3.11.8.1 Tolerancia dimensional de los adoquines

1. **Objetivos.** Determinar las dimensiones como ancho altura y dimensión de los adoquines elaborados.
2. **Generalidades.** Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho(A), Longitud de apoyo (L), la longitud en la altura(A), de acuerdo a las especificaciones de la norma NTP 399.604.
3. **Materiales y Aparatos.** Se utilizarán un vernier (Pie de rey).

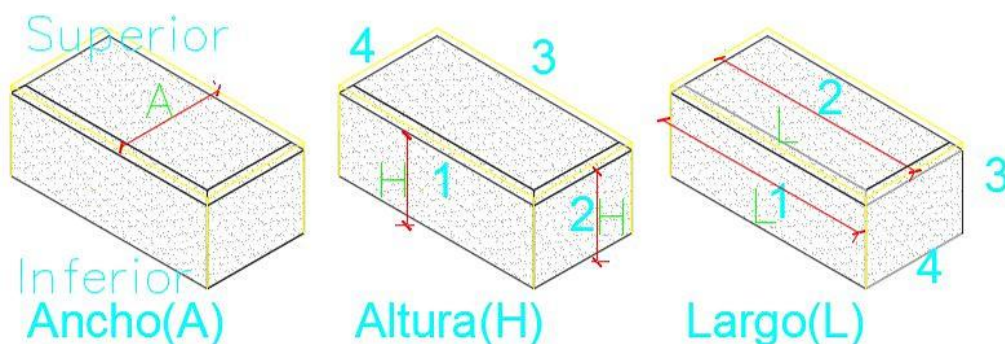


Figura 27 Esquema de enumeración de los lados para medición las líneas rojas indican las mediciones según Ancho(A), Altura(H), y Largo(L) del adoquín y los números (1,2,3 y 4) las caras en la que se toman las medidas Fuente: Elaboración propia



Figura 28 Ensayo de variación dimensional del adoquín

Fuente: Elaboración propia

3.11.8.2 Humedad natural, absorción y densidad de adoquines.

1. **Objetivos.** determinar las propiedades como Humedad Natural, Absorción y la densidad de los adoquines de concreto.
2. **Generalidades.** se utilizarán las unidades enteras y tres de cada tipo en cada ensayo de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604
3. **Aparatos y equipos.** Utilizarán balanza electrónica y horno para el sacado.
4. **Cálculo.** Los cálculos se realizarán con las siguientes relaciones:

$$\text{Absorción}\% = \frac{W_d - W_s}{W_d} \cdot 100 \quad (3.10)$$

$$\text{Cont.Hum.} = \frac{W_r - W_d}{W_s - W_d} \cdot 100 \quad (3.11)$$

$$\text{Densidad.} = \frac{W_d}{W_s - W_i} \cdot 1000 \quad (3.12)$$

donde: W_r = peso recibido del adoquín. g, W_s = peso saturado del adoquín. g, W_d = peso seco al horno del adoquín. g, W_i = peso sumergido del adoquín. g



Figura 29 Proceso de determinación de Humedad natural, absorción y densidad de adoquines a) saturado del adoquín, b) secado superficial c) determinación del peso sumergido d) secado al horno antes y después de los ensayos. Fuente: Elaboración propia

3.11.9 Determinación de la propiedad mecánica, resistencia a la compresión de adoquines

1. **Objetivos.** determinar el esfuerzo a la compresión que resisten los adoquines de concreto elaborados.
2. **Generalidades.** se han realizado ensayo de compresión de adoquines para su posterior esfuerzo a compresión de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604
3. **Aparatos y equipos.** Máquina universal de compresión.



Figura 30 Proceso de tamizado del PET

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

Resultados

En esta capítulo se muestra los resultados obtenidos de los ensayos realizados de los agregados, así como, los resultados de los ensayos de los adoquines con material convencional y adoquines con Tereftalato de polietileno. (PET). Determinando sus propiedades físicas y mecánicas.

4.1 Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se realizará mediante el empleo del Programa SPSS.

4.1.1 Contraste de hipótesis de propiedades físicas densidad del adoquín

4.1.1.1 Contraste de hipótesis de la densidad de adoquines con PET variando el tamaño de los PET.

1. Redacción de la Hipótesis:

- H_0 = **No hay diferencia** significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.
- H_1 = **Hay diferencia** significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5\%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- $P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución Normal.

Tabla 14 Tabla de Normalidad para densidad a los 28 días de adoquines con tamaño de PET

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON	,385	3	.	,750	3	,235
M1	,262	3	.	,956	3	,596
M2	,234	3	.	,978	3	,719
M3	,265	3	.	,954	3	,585
M4	,190	3	.	,997	3	,904
M5	,331	3	.	,865	3	,283

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Resumen de la prueba de normalidad densidad de adoquines con PET en tamaño

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.235	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.596	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.719	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.585	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.904	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.283	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal

Fuente: Elaboración propia

Por tanto de la **tabla 15** se puede concluir que todos los datos provienen de una distribución normal.

5. Decisión estadística con T de student para la densidad de adoquines con Tamaño de PET

- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 16 T de Student para densidad a los 28 días de adoquines con tamaño de PET

	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia				
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior				
Par 1 PATRON - M1	,17733	,04563	,02635	,06398	,29069	6,731	2	,021	
Par 2 PATRON - M2	,08300	,01931	,01115	,03502	,13098	7,444	2	,018	
Par 3 PATRON - M3	,07667	,03612	,02085	-,01305	,16638	3,677	2	,067	
Par 4 PATRON - M4	,01000	,05151	,02974	-,11795	,13795	,336	2	,769	
Par 5 PATRON - M5	,00533	,04347	,02510	-,10264	,11331	,213	2	,851	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Conclusión de T de student sobre la densidad de adoquines con tamaño de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
PATRON- M1:PET	0.021	<	0.05	Se rechaza H0
PATRON- M2:PET	0.018	<	0.05	Se rechaza H0
PATRON- M3:PET	0.067	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M4:PET	0.769	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M5:PET	0.851	>	0.05	Se acepta H0

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 17** se puede concluir que las densidades de los adoquines con tamaño de PET significativamente son:

- No hay diferencia significativa en las medias de la medias de adoquines con PET con muestras M3 , M4 y M5 con tamaño de PET, porque son las muestras con menores tamaños de PET
- Hay diferencia significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET de las muestras M1 y M2 con tamaño de PET. Esto muestra al efecto de los PET con mayores tamaños.

4.1.1.2 Contraste de hipótesis de la Densidad de adoquines con PET variando la cantidad de los PET

1. Redacción de la Hipótesis:

- $H_0 =$ **No hay diferencia** significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.
- $H_1 =$ **Hay diferencia** significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5\%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar $H_0 =$ Los datos provienen de una distribución normal.
- $P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Aceptar $H_1 =$ Los datos no provienen de una distribución

Normal.

Tabla 18 Normalidad para densidad a los 28 días de adoquines con cantidad de PET
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0% PET	,367	3	.	,794	3	,100
1% PET	,294	3	.	,921	3	,454
2.5% PET	,310	3	.	,899	3	,382
5% PET	,196	3	.	,996	3	,878
7.5% PET	,338	3	.	,853	3	,249
10% PET	,244	3	.	,972	3	,676

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Resumen de la prueba de normalidad de densidad con cantidad de PET

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.1	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.454	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.382	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.878	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.249	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal
0.676	>	0.05	Los datos de densidad prov. de una dist. Normal

Fuente: Elaboración propia

Por tanto se puede concluir que todos los datos provienen de una distribución normal.

5. Decisión estadística con T de student)

- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 20 T de Student para densidad a los 28 días de adoquines con cantidad de PET
Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 0% PET - 1% PET	,03333	,07073	,04083	-,14236	,20903	,816	2	,500
Par 2 0% PET - 2.5% PET	,03367	,09288	,05362	-,19706	,26439	,628	2	,594
Par 3 0% PET - 5% PET	,07700	,06785	,03917	-,09154	,24554	1,966	2	,188
Par 4 0% PET - 7.5% PET	,11600	,11274	,06509	-,16407	,39607	1,782	2	,217
Par 5 0% PET - 10% PET	,12567	,12876	,07434	-,19420	,44554	1,690	2	,233

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Conclusión de T de student sobre la densidad de adoquines con cantidad de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0% PET- 1%PET	0.5	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 2.5%PET	0.594	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 5%PET	0.188	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 7.5%PET	0.217	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 10%PET	0.233	>	0.05	Se acepta H0

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 21** se puede concluir que las densidades de los adoquines con PET significativamente son:

- No hay diferencia significativa en las medias de la densidad de adoquines con PET al 1% 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de cantidad de PET.

4.1.2 Contraste de hipótesis de propiedades físicas Absorción del adoquín

4.1.2.1 Contraste de hipótesis de la absorción de adoquines con PET variando el tamaño de los PET

1. Redacción de la Hipótesis:

- H_0 = **No hay diferencia** significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.
- H_1 = **Hay diferencia** significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.

- P valor $< \alpha \rightarrow$ Aceptar $H_1 =$ Los datos no provienen de una distribución Normal.

Tabla 22 Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con tamaño de PET

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON	,296	3	.	,919	3	,448
M1	,374	3	.	,776	3	,059
M2	,348	3	.	,833	3	,196
M3	,354	3	.	,821	3	,167
M4	,242	3	.	,973	3	,686
M5	,368	3	.	,790	3	,091

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Resumen de la prueba de normalidad de Absorción de adoquines con PET en tamaño

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.448	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.059	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.196	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.167	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.686	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.091	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal

Fuente: Elaboración propia

Por tanto de la **tabla 23** se puede concluir que todos los datos provienen de una distribución normal.

5. Decisión estadística con T de student para Absorción de adoquines con Tamaño de PET

- si la probabilidad obtenida P valor $\leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida P valor $> \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 24 T de Student para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PATRON - M1	-2,08667	1,47385	,85093	-5,74791	1,57458	-2,452	2	,134
Par 2	PATRON - M2	-1,35000	1,26408	,72982	-4,49015	1,79015	-1,850	2	,206
Par 3	PATRON - M3	-,97667	1,10799	,63970	-3,72906	1,77572	-1,527	2	,266
Par 4	PATRON - M4	,07000	,99654	,57535	-2,40555	2,54555	,122	2	,914
Par 5	PATRON - M5	,08000	,73000	,42147	-1,73342	1,89342	,190	2	,867

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Conclusión de T de student sobre la Absorción de adoquines con tamaño de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
PATRON- M1	0.134	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M2	0.206	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M3	0.266	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M4	0.914	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M5	0.867	>	0.05	Se acepta H0

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 25** se puede concluir que las Absorción de los adoquines con tamaño de PET significativamente son:

- No hay diferencia significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET).

4.1.2.2 Contraste de hipótesis de la Absorción de adoquines con PET variando la cantidad de los PET

1. Redacción de la Hipótesis:

- H_0 = **No hay diferencia** significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.
- H_1 = **Hay diferencia** significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- $P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución Normal.

Tabla 26 Normalidad para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0% PET	,275	3	.	,943	3	,541
1% PET	,385	3	.	,750	3	,468
2.5% PET	,254	3	.	,963	3	,632
5% PET	,289	3	.	,927	3	,479
7.5% PET	,196	3	.	,996	3	,878
10% PET	,229	3	.	,981	3	,739

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Resumen de la prueba de normalidad absorción de adoquines con PET en cantidad.

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.541	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.468	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.632	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.479	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.878	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal
0.739	>	0.05	Los datos de Absorción prov. de una dist. Normal

De la **tabla27** se observa que todos se distribuyen normalmente.**5. Decisión estadística con T de student)**

- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 28 T de Student para Absorción a los 28 días de adoquines con cantidad de PET**Prueba de muestras emparejadas**

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 0% PET - 1% PET	,06000	,63024	,36387	-1,50560	1,62560	,165	2	,884
Par 2 0% PET - 2.5% PET	,04667	,95845	,55336	-2,33426	2,42760	,084	2	,940
Par 3 0% PET - 5% PET	-,79333	,74869	,43226	-2,65318	1,06651	-1,835	2	,208
Par 4 0% PET - 7.5% PET	-2,07333	1,50869	,87104	-5,82112	1,67445	-2,380	2	,140
Par 5 0% PET - 10% PET	-2,85667	,87945	,50775	-5,04134	-,67199	-5,626	2	,030

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 29** se puede concluir que las Absorción de los adoquines con PET significativamente son:

Tabla 29 Conclusión de T de student sobre la Absorción de adoquines con cantidad de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0% PET- 1%PET	0.884	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 2.5%PET	0.94	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 5%PET	0.208	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 7.5%PET	0.14	>	0.05	Se acepta H0
0% PET- 10%PET	0.03	<	0.05	Se rechaza H0

Fuente: Elaboración propia

- No hay diferencia significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET al 1%, 2.5%, 5% y 7.5% de cantidad de PET.
- Hay diferencia significativa en las medias de la Absorción de adoquines con PET al 10% de cantidad de PET.

4.1.3 Contraste de hipótesis de propiedades mecánicas resistencia a la compresión.

4.1.3.1 Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión adoquines con PET variando el tamaño de los PET.

1. Redacción de la Hipótesis:

- H_0 = **No hay diferencia** significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.
- H_1 = **Hay diferencia** significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET (con PET en diferentes tamaños al 3% de PET) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- $P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución

Normal.

Tabla 30 Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con tamaño de PET

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON	,325	3	.	,875	3	,310
M1: PAS1/4, RET. N°4	,237	3	.	,976	3	,705
M2: PASN°4, RET. N°6	,294	3	.	,920	3	,454
M3: PASN°6, RET. N°8	,350	3	.	,830	3	,187
M4: PASN°8, RET. N°10	,311	3	.	,897	3	,376
M5: PASN°10, RET. N°16	,200	3	.	,995	3	,863

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Resumen de la prueba de normalidad resistencia de adoquines con PET en tamaño

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.31	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.705	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.454	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.187	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.386	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.863	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal

Fuente: Elaboración propia

Por tanto de la **tabla 31** se puede concluir que todos los datos provienen de una distribución normal.

5. Decisión estadística con T de student para resistencia de adoquines con Tamaño de PET

- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 32 T de Student para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET

	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia				
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior				
Par 1 PATRON - M1:	126,36667	24,67616	14,24679	65,06768	187,66565	8,870	2	,012	
Par 2 PATRON - M2:	98,84333	56,49231	32,61585	-41,49133	239,17800	3,031	2	,094	
Par 3 PATRON - M3:	25,26333	10,85409	6,26661	-1,69972	52,22638	4,031	2	,056	
Par 4 PATRON - M4:	-23,01333	4,39496	2,53743	-33,93101	-12,09566	-9,070	2	,012	
Par 5 PATRON - M5:	-18,29000	12,79277	7,38591	-50,06900	13,48900	-2,476	2	,132	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Conclusión de T de student sobre la resistencia a la compresión de adoquines con tamaño de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
PATRON- M1:PET	0.012	<	0.05	Se rechaza H0
PATRON- M2:PET	0.094	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M3:PET	0.056	>	0.05	Se acepta H0
PATRON- M4:PET	0.012	<	0.05	Se acepta H0
PATRON- M5:PET	0.132	>	0.05	Se rechaza H0

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 33** se puede concluir que las resistencias de los adoquines con tamaño de PET significativamente son:

- No hay diferencia significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET con muestras M2 y M3 y M5 con tamaño de PET.
- Hay diferencia significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET de las muestras M1 y M4 con tamaño de PET, en la que el M1 disminuye la resistencia del concreto y M4 aumenta la resistencia del adoquín.

4.1.3.2 Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión adoquines con PET variando la cantidad

1. Redacción de la Hipótesis:

- $H_0 =$ **No hay diferencia** significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.
- $H_1 =$ **Hay diferencia** significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET (con PET en diferentes cantidades) y sin PET.

2. Definir α , $\alpha=5\%=0.05$

3. Elección de la Prueba, como las pruebas son paramétricas y de tipo longitudinal y se tienen dos medias a comparar la prueba será **T de student(para muestras relacionadas)**.

4. Calcular P-valor (Prueba de Normalidad), como las muestras son pequeñas < 30 individuos se evaluará mediante el método de **Shapiro Wilk** con el siguiente criterio.

- $P \text{ valor} \geq \alpha \rightarrow$ Aceptar $H_0 =$ Los datos provienen de una distribución normal.
- $P \text{ valor} < \alpha \rightarrow$ Aceptar $H_1 =$ Los datos no provienen de una distribución Normal.

Tabla 34 Tabla de Normalidad para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0%PET	,194	3	.	,997	3	,888
1%PET	,284	3	.	,933	3	,501
2.5%PET	,251	3	.	,966	3	,644
5%PET	,320	3	.	,883	3	,333
7.5%PET	,367	3	.	,792	3	,097
10%PET	,296	3	.	,918	3	,444

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Resumen de la prueba de normalidad

P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0.888	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.501	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.644	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.332	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.097	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal
0.444	>	0.05	Los datos de resistencia prov. de una dist. Normal

Fuente: Elaboración propia

Por tanto se puede concluir que todos los datos provienen de una distribución normal.

5. Decisión estadística con T de student)

- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} \leq \alpha \rightarrow$ Rechace H_0
- si la probabilidad obtenida $P \text{ valor} > \alpha \rightarrow$ Acepte H_0

Tabla 36 T de Student para resistencia a los 28 días de adoquines con cantidad de PET

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	0%PET - 1%PET	-18,83000	28,82751	16,64357	-90,44150	52,78150	-1,131	2	,375
Par 2	0%PET - 2.5%PET	-26,12000	10,48495	6,05349	-52,16605	-,07395	-4,315	2	,050
Par 3	0%PET - 5%PET	17,63667	11,90001	6,87047	-11,92459	47,19792	2,567	2	,124
Par 4	0%PET - 7.5%PET	105,89000	37,40438	21,59543	12,97236	198,80764	4,903	2	,039
Par 5	0%PET - 10%PET	153,74667	19,66602	11,35418	104,89356	202,59977	13,541	2	,005

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Conclusión de T de student sobre la resistencia a la compresión de adoquines con cantidad de PET

	P-valor	Desig.	Signific.	Conclusión
0%PET- 1%PET	0.375	>	0.05	Se acepta H0
0%PET- 2.5%PET	0.05	≤	0.05	Se rechaza H0
0%PET- 5%PET	0.124	>	0.05	Se acepta H0
0%PET- 7.5%PET	0.039	<	0.05	Se rechaza H0
0%PET- 10%PET	0.005	<	0.05	Se rechaza H0

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla 37** se puede concluir que las resistencias de los adoquines con PET significativamente son:

- No hay diferencia significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET al 1% y 5% de cantidad de PET.
- Hay diferencia significativa en las medias de la resistencia de adoquines con PET al 2.5%, 7.5% y 10% de cantidad de PET.

4.2 Análisis e interpretación

4.2.1 Análisis de resultados del estudio de los agregados

4.2.1.1 Resultados del ensayo granulométrico Determinación de módulo de finura y coeficiente de uniformidad

De la tabla de ensayo de granulometría se puede observar que:

1. La arena que se empleará en la elaboración de adoquines es una ARENA GRUESA
Dado que el módulo de finura es 2.917, las arenas gruesas se encuentran en el rango de 2.5 a 3.5 en módulo de finura.
2. El agregado que se va a utilizar tiene mediana graduación ya que el $C_u=3.677$ y según (Whitlow, 1994) " Si $c_u < 3$ indica una graduación uniforme y $c_u > 5$ una muy buena graduación"
3. El agregado que se va a utilizar tiene buena graduación ya que el $C_c=0.989$ y según (Whitlow, 1994) " los materiales de buena graduación se encuentran con un C_c entre 0.5 y 2"

Tabla 38 Granulometría de la arena gruesa empleada en la elaboración del adoquín

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO(g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM C-136	
1/2"	12.5	-	-	-	-	-	-
3/8"	9.525	15	1.01	1.01	98.985	100	100
1/4"	6.35	28	1.89	2.91	97.091		
N° 4	4.76	36	2.44	5.35	94.655	95	100
N° 8	2.38	155	10.49	15.83	84.168	80	100
N° 10	2	50	3.38	19.22	80.785		
N° 16	1.19	219	14.82	34.03	65.968	50	85
N° 20	0.84	233	15.76	49.80	50.203		
N° 30	0.59	243	16.44	66.24	33.762	25	60
N° 40	0.426	208	14.07	80.31	19.689		
N° 50	0.297	137	9.27	89.58	10.419	10	30
N° 60	0.25	40	2.71	92.29	7.713		
N° 80	0.177	48	3.25	95.53	4.465		
N° 100	0.149	25	1.69	97.23	2.774	2	10
N° 200	0.075	31	2.10	99.32	0.677		
Lavado		8	0.54	99.86	0.135		
Fondo		2	0.14	100.00	0.000		
TOTAL		1478					
	MF=	2.917	Cu =	3.677	Cc =	0.989	

Fuente: Elaboración propia

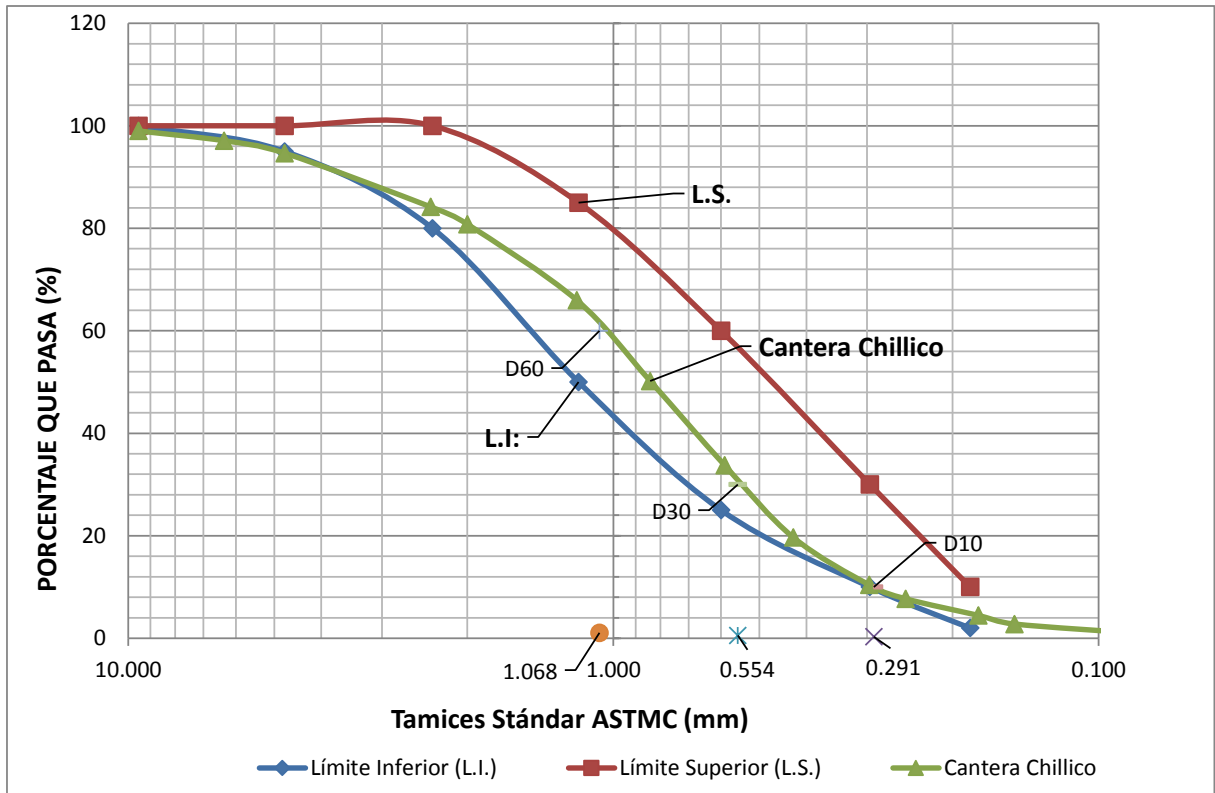


Figura 31 Curva granulométrica de la arena empleada en la elaboración de adoquines
Fuente: elaboración propia

4.2.1.2 Resultados de la Determinación del Contenido de Humedad natural del agregado.

Tabla 39 Cálculo de contenido de humedad en el agregado

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Ensayo 3 peso(g)	Promedio peso(g)
Peso agregado natural	570.36	555.36	572.36	566.02667
Peso agregado Seco (A)	565.62	551.17	568.07	561.62
P.Natural-P.Seco (B)	4.74	4.19	4.29	4.4066667
B/A	0.0084	0.0076	0.0076	0.0078
% Humedad				0.78%

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de Humedad de la muestra es de 0.78% esto quiere decir que la humedad de los agregados es relativamente baja, esto nos quiere decir que en los poros del agregado estaban parcialmente secos; aquí podemos deducir que el agregado nos aportará una mínima cantidad de agua a la mezcla.

4.2.1.3 Resultados del Peso Volumétrico Suelto y Compactado del agregado

Tabla 40 Peso unitario suelto del agregado

Item	DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
		peso(g)	peso(g)	peso(g)
M	Peso de Molde+Placa	2344.00	2344.00	2344.00
W	Peso de molde + Agua+Placa	5056.00	5056.00	5056.00
	Peso de agregado Suelto +Molde	6918.00	6906.00	6928.00
	ø Interno de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Altura interna de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
D	Densidad del agua interpolando	998.50	998.50	998.50
F	Factor para el recipiente $F=D/(W-M)$	0.37	0.37	0.37
M1	Densidad de masa (Kg/m3) $F*(W-M)$	1684.047	1679.629	1687.729
	Promedio M1 (Kg/m3)		1683.802	
V	Volumen del recipiente $PI*\delta^2/4*h$	0.00272188	0.00272188	0.00272188
M2	Densidad de masa (Kg/m3) $(W-M)/V$	1680.4587	1676.04998	1684.13264
	Promedio M2 (Kg/m3)		1680.214	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Peso unitario compacto del agregado

Item	DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
		peso(g)	peso(g)	peso(g)
M	Peso de Molde+Placa	2344.00	2344.00	2344.00
W	Peso de molde + Agua+Placa	5056.00	5056.00	5056.00
	Peso de agregado Compacto +Molde	7172.00	7164.00	7173.00
	ø Interno de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Altura interna de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
D	Densidad del agua interpolando	998.50	998.50	998.50
F	Factor para el recipiente $F=D/(W-M)$	0.37	0.37	0.37
M1	Densidad de masa (Kg/m3) $F*(W-M)$	1777.564	1774.619	1777.933
	Promedio M1 (Kg/m3)		1776.705	
V	Volumen del recipiente $PI*\delta^2/4*h$	0.00272188	0.00272188	0.00272188
M2	Densidad de masa (Kg/m3) $(W-M)/V$	1773.7767	1770.83755	1774.14409
	Promedio M2 (Kg/m3)		1772.919	

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4 Resultados del Peso Específico Aparente y Real y la Absorción

Tabla 42 Cálculo de Peso Específico Aparente y Real y la Absorción

Item	DESCRIPCIÓN	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Promedio peso(g)
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca	502.00	500.00	501.00
PR+A	Peso de Recipiente+ Agua	1215.00	1214.00	1214.50
PR+A+M	Peso de Recipiente+ Agua+Material	1518.00	1521.00	1519.50
C	$M=(PR+A+M)-(PR+A)$	303.00	307.00	305.00
A	Peso Mat Seco al Horno	488.00	484.00	486.00
Pem	$A/(B-C)$	2.45	2.51	2.48
Pmsss	$B/(B-C)$	2.52	2.59	2.56
Pea	$A/(A-C)$	2.64	2.73	2.69
%abs	$(B-A)/A$	0.029	0.033	0.031

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.5 Resultados del Ensayo de abrasión al agregado grueso

Tabla 43 Cálculo del ensayo de abrasión

Item	Descripción	Ensayo 1	Ensayo2
C	Masa inicial (g)	5000	5000
Y	Masa final Retenida en malla N°200	4243	4221
C-Y	Diferencia	757	779
%D	Porcentaje de desgaste de los angeles	15.14	15.58
%D	Porcentaje de desgaste promedio	15.36	

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de desgaste es de 15.36% de gradación C, la cual sirve para la elaboración de Adoquines de concreto para tránsito pesado. Según los resultados obtenidos en laboratorio de los agregados gruesos que tiene la arena se puede concluir que el agregado es de alta resistencia al desgaste. Se concluye que el agregado de la cantera de Chillico es apto para el diseño de la mezcla de concreto ya que el desgaste es menor al 50% según lo establecido por la norma ASTM C 131, por ello el concreto obtenido utilizando estos agregados serán concretos de alta resistencia a la abrasión.

4.2.2 Resultados de los ensayos en estado fresco del concreto.

4.2.2.1 Resultados de la trabajabilidad en estado fresco.

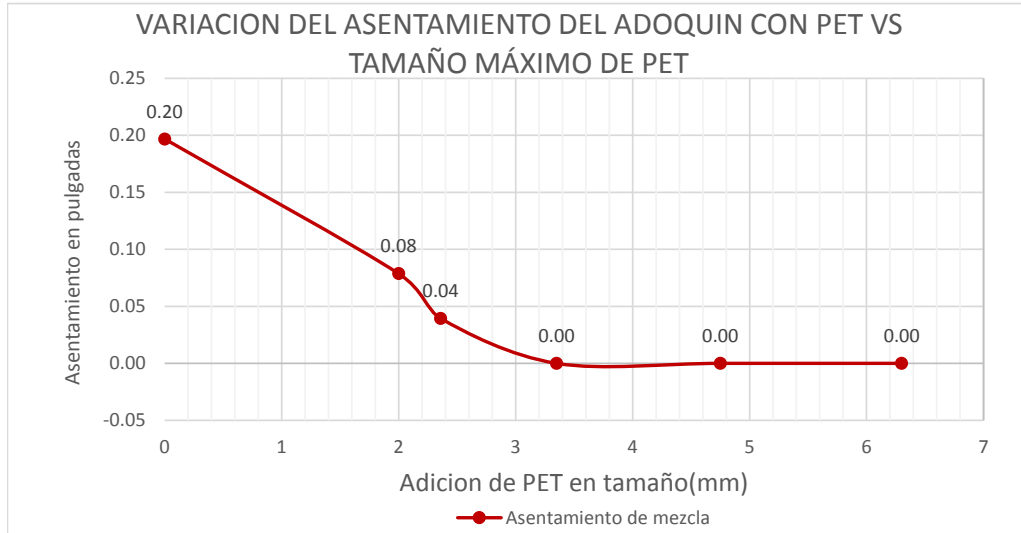


Figura 32 Asentamiento de la mezcla con sustitución de PET al 5% de diferentes tamaños
Fuente: elaboración propia

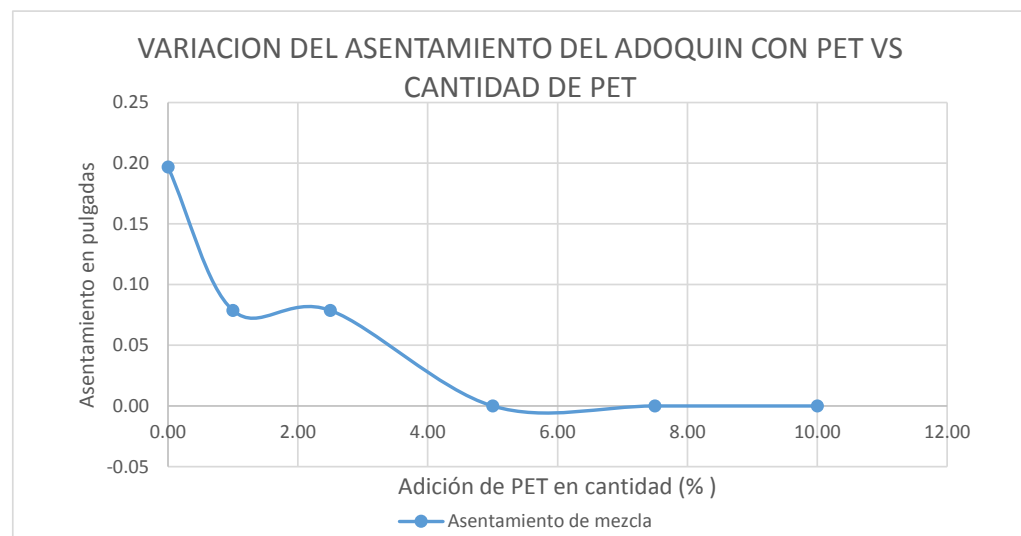


Figura 33 Asentamiento de la mezcla con sustitución de PET en diferentes cantidades del mismo tamaño
Fuente: elaboración propia

De la **figura 32** se puede observar que el asentamiento de los patrones es mínimo siendo esta de 0.5cm equivalente a 0.2 pulgadas la cual mediante se van agregando PET al 3% en diferentes tamaños de acuerdo a la tabla ??, mientras el tamaño del PET aumenta el asentamiento se hace cero, además se hace menos trabajable y áspero al tacto

Lo mismo ocurre según la **figura 33** se puede observar que el asentamiento de los patrones es mínimo siendo esta de 0.5cm equivalente a 0.2 pulgadas la cual mediante

se van agregando PET pasantes la malla N°8 pero variando estas en cantidad y de acuerdo a la dosificación según la tabla 13, cuando el PET aumenta el asentamiento se hace cero a partir del 2.5% para adelante.

4.2.2.2 Resultados de las observaciones de exudación y segregación



Figura 34 Visualización de la no segregación en el concreto después del vibrado y compactado

Fuente: Elaboración propia

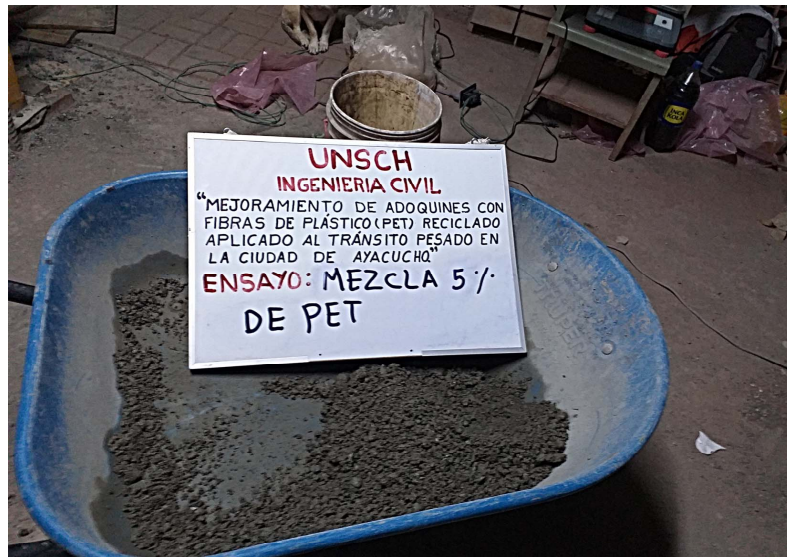


Figura 35 Visualización de la no existencia de la exudación durante el transporte de la mezcla

Fuente: Elaboración propia

En la **figura34** se puede observar que no existe exudación ni segregación después de aplicarle vibrado y compactado en la máquina adoquinera, lo mismo se puede observar en la **figura35** que no existe segregación ni exudación durante el transporte de mezcla desde la mezcladora hasta la adoquinera.

4.2.3 Resultados de los ensayos en estado endurecido del adoquín

4.2.3.1 Ensayo de densidad en adoquines

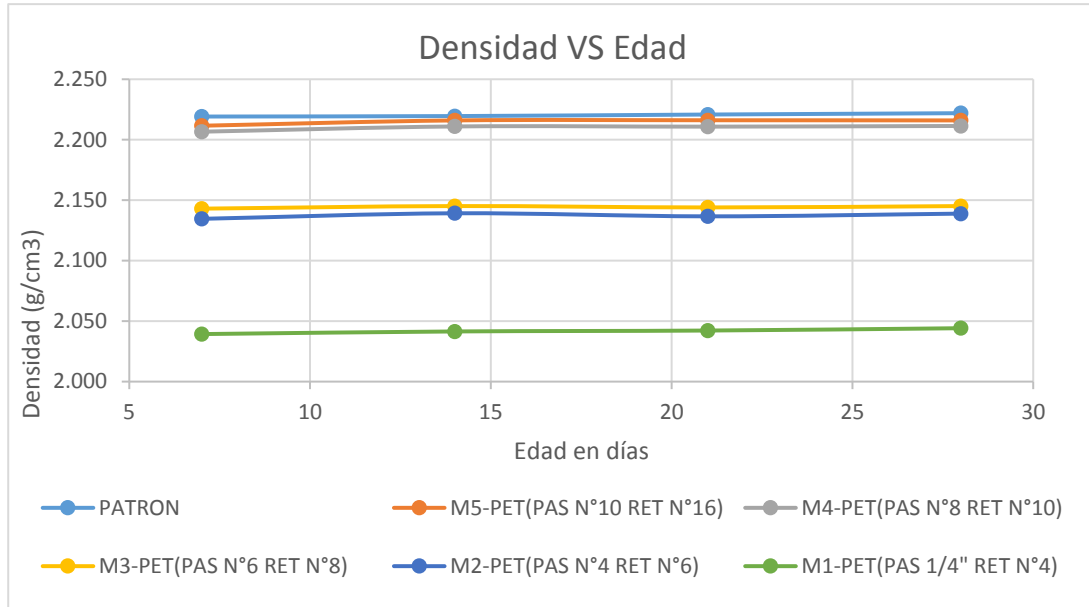


Figura 36 Evolución de la Densidad del adoquín con PET de diferentes tamaños por edad. Se nota que la variación de la densidad en el tiempo varía muy poco, pero, la variación es notoria respecto de los tamaños de PET que se utilizan en cada muestra.

Fuente: Elaboración propia

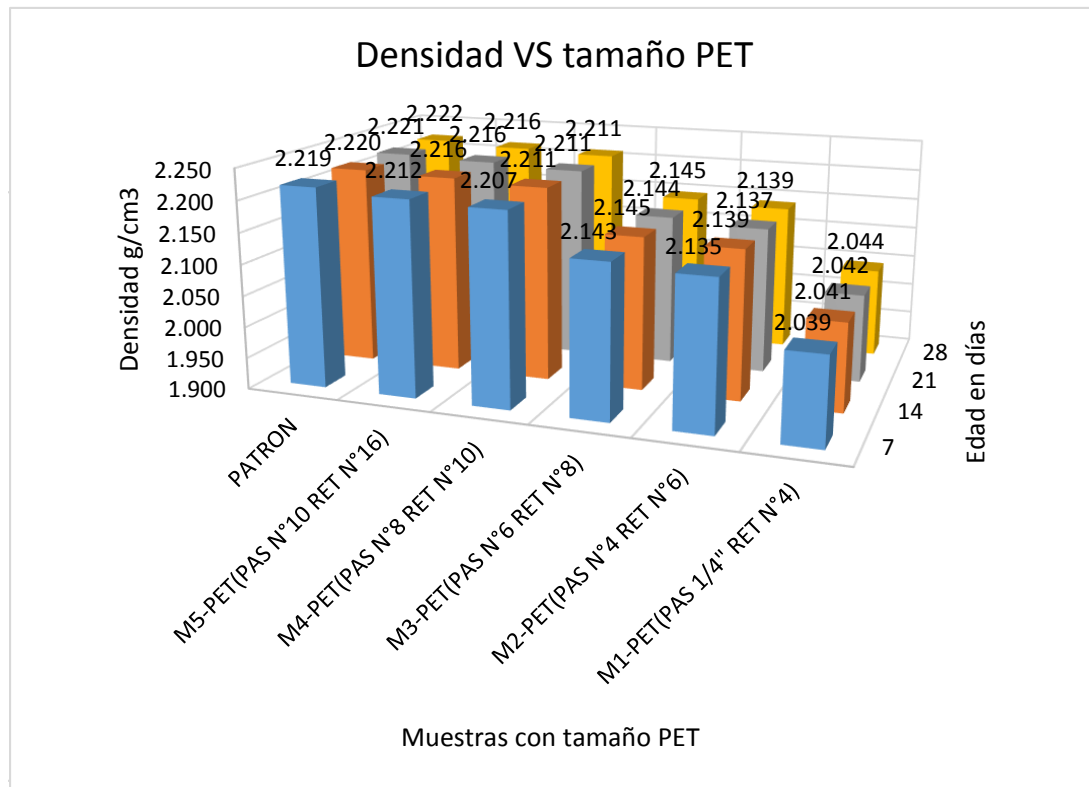


Figura 37 Variación de la Densidad del adoquín con PET de diferentes tamaños. Se observa que a mayor tamaño de PET la densidad disminuye.

Fuente: Elaboración propia

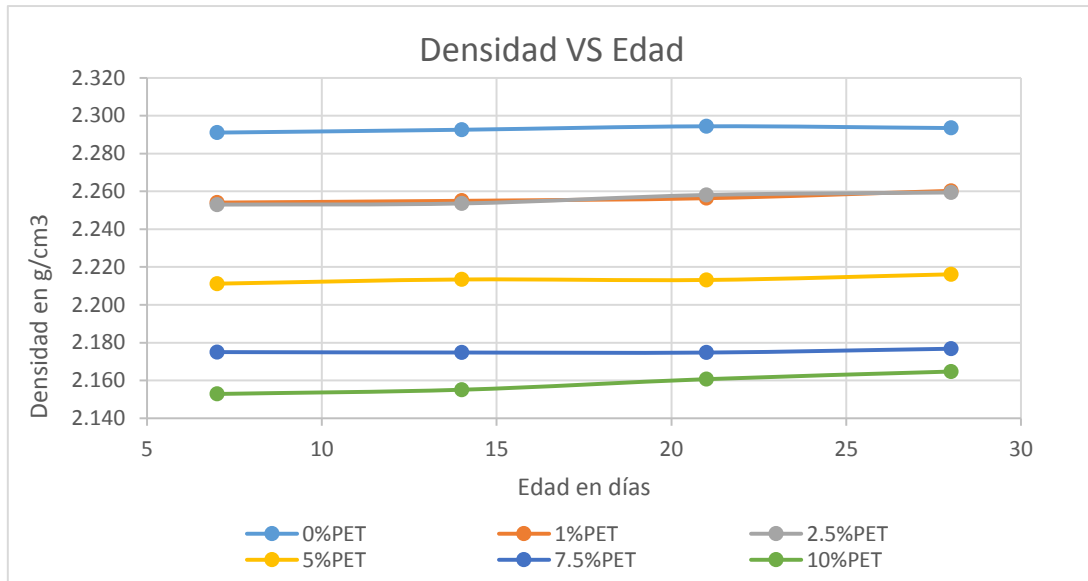


Figura 38 Densidad del adoquín con PET de diferentes cantidades

Se nota que la variación de la densidad en el tiempo varía muy poco para adoquines del mismo grupo, pero, la variación es notoria respecto al incremento de la cantidad de PET de muestra a muestra

Fuente: Elaboración propia

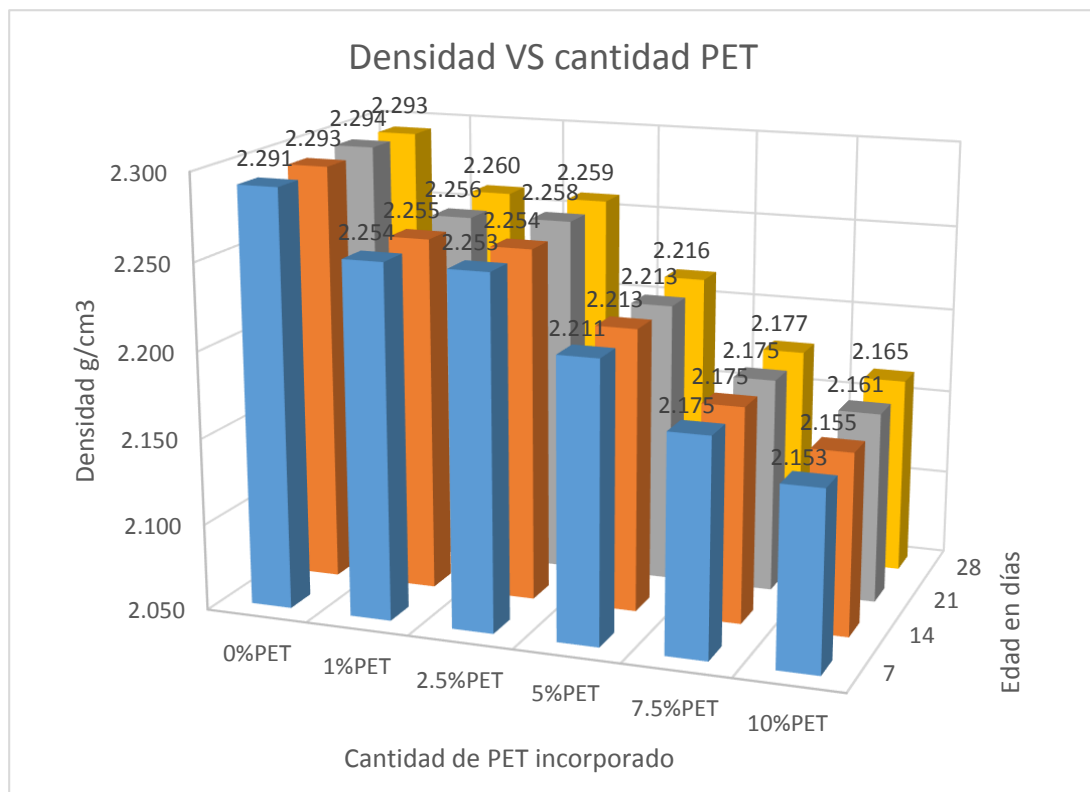


Figura 39 Variación de la Densidad del adoquín con PET en diferentes cantidades.

Se observa que a mayor cantidad de PET utilizado en la elaboración del adoquín la densidad disminuye.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Ensayo de absorción en adoquines

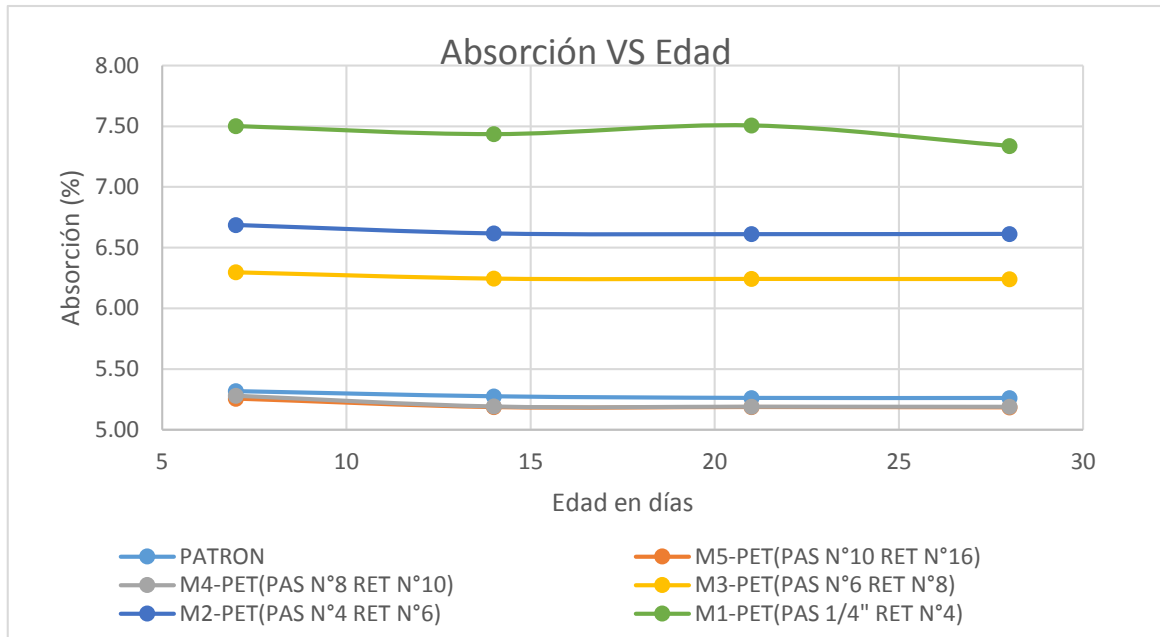


Figura 40 Evolución de la absorción del adoquín por edad con PET en diferentes tamaños. La variación de la Absorción del adoquín en el tiempo para una sola muestras es casi nula, pero si es notoria de muestra a muestra
Fuente: Elaboración propia

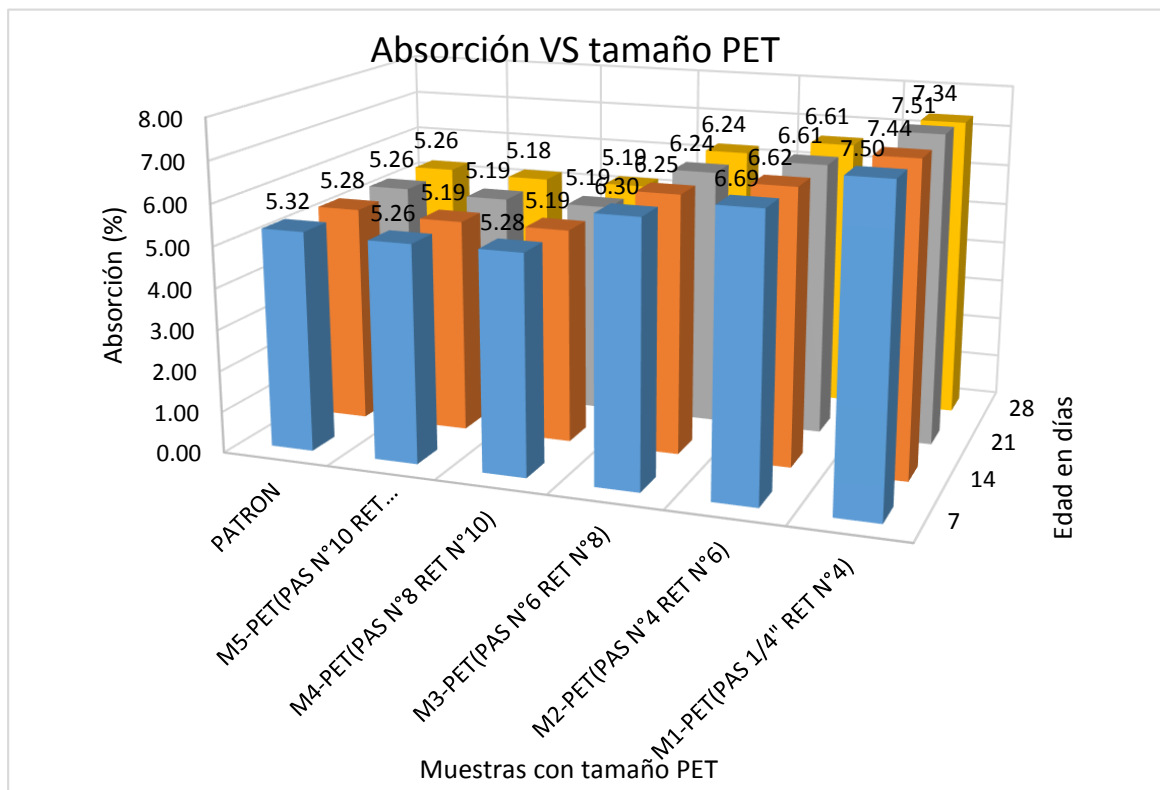


Figura 41 Variación de la absorción del adoquín respecto al tamaño de PET. la variación de la absorción de muestra en muestra es notoria, siendo las de mayor absorción los adoquines hechos con mayor tamaño de PET.
Fuente: Elaboración propia

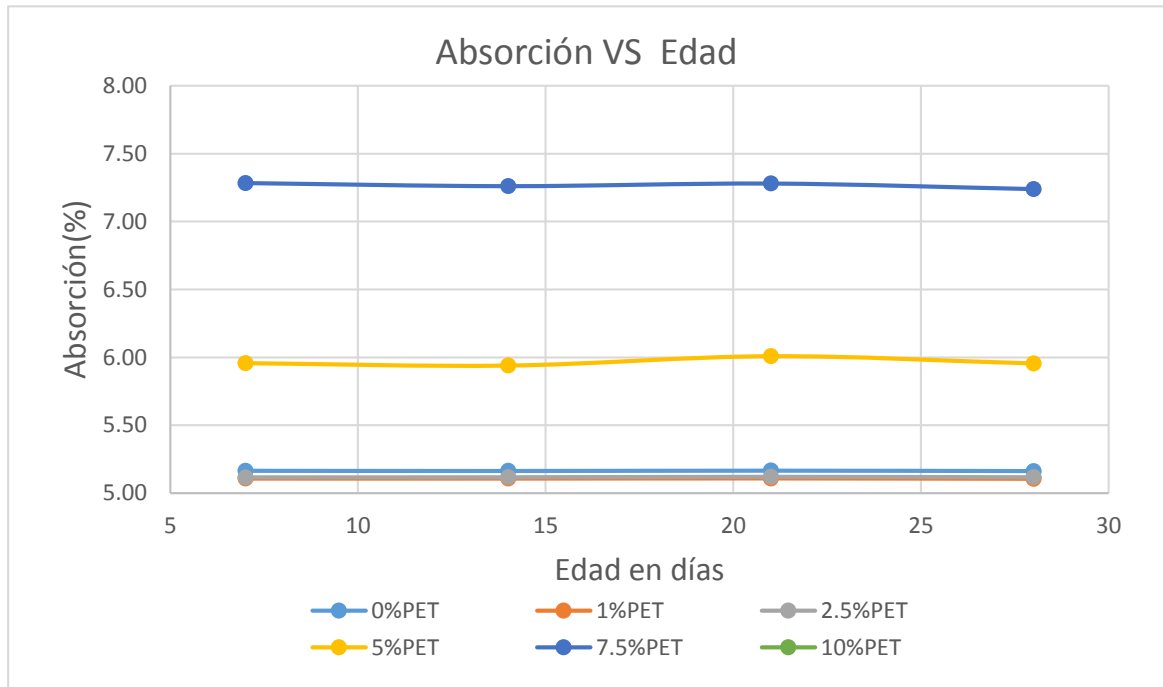


Figura 42 Evolución de la absorción del adoquín con PET en diferentes tamaños. La variación de la Absorción del adoquín en el tiempo para una sola muestras es casi nula, pero si es notoria de muestra a muestra. Fuente: Elaboración propia

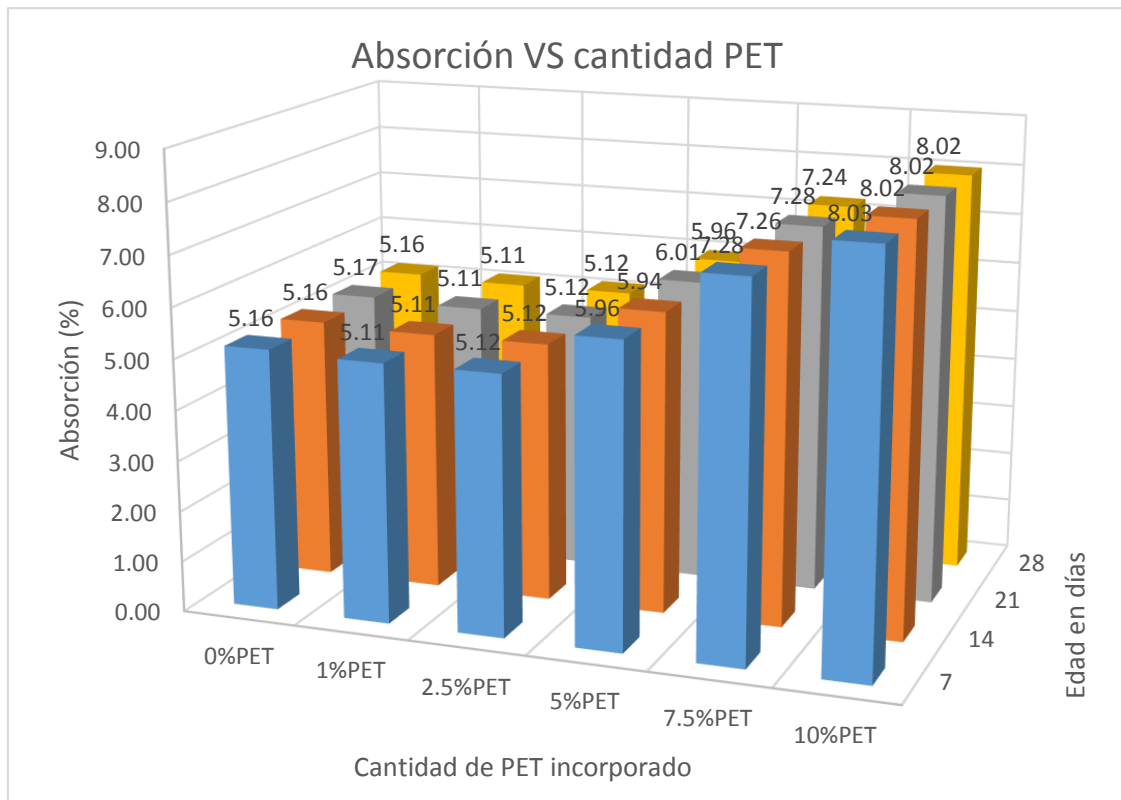


Figura 43 Variación de la absorción del adoquín con PET en diferentes cantidades. La variación de la absorción de muestra en muestra es notoria, siendo las de mayor absorción los adoquines hechos con mayor cantidad de PET. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3 Ensayo a la compresión adoquín patrón

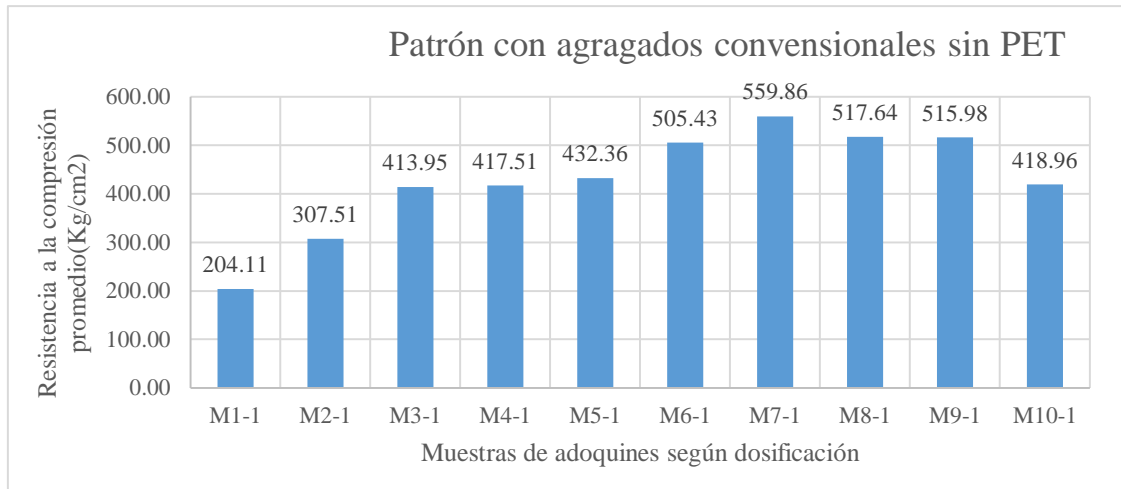


Figura 44 Resistencia a la compresión de adoquines con agregados convencionales a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Mediante la dosificación que se muestra en la **tabla9** y los resultados que se adjuntan en el **AnexoD.24** se ha llegado a obtener patrones que se visualizan en la **figura 44**. Donde se visualiza que para altos contenidos de cemento recién se llega a resistencias 559.86kg/cm², por otra parte, a partir de este punto la resistencia comienza a disminuir para altos contenidos de cemento en la mezcla.

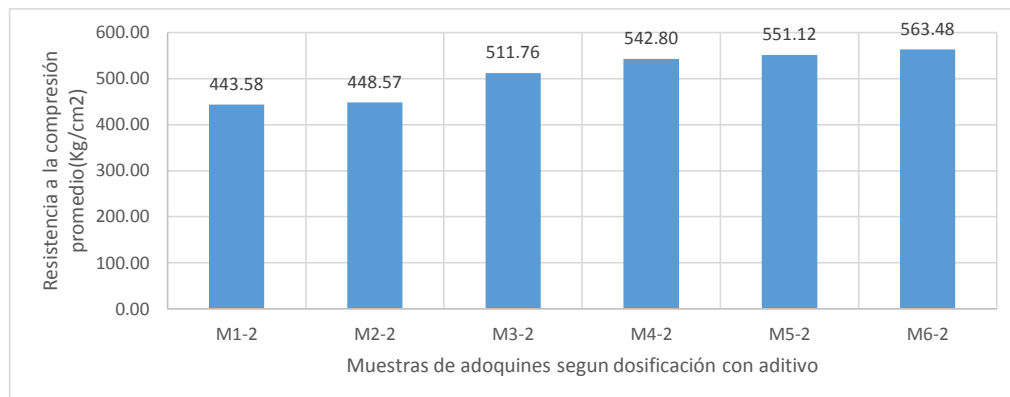


Figura 45 Resistencia a la compresión promedio de adoquines con aditivo a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte mediante la dosificación que se muestra en la **tabla10** y los resultados que se adjuntan en el **AnexoD.25** se ha llegado a obtener adoquines que se visualizan en la **figura 45**.

De lo resultados de resistencias de los adoquines analizados y por la facilidad en cuanto a trabajabilidad y el acabado final que se observaron, se tomarán dosificación para patrón las proporciones que contienen aditivo visco concrete, además las muestras “M2-

i”, son muestras que tienen menor relación de agua/cemento y estas favorecen en la resistencia y durabilidad del concreto, las cuales serán usadas en los posteriores experimentos junto con las fibras PET.

4.2.3.4 Ensayo a la compresión adoquín con sustitución PET al 3% variando tamaño máximo del PET

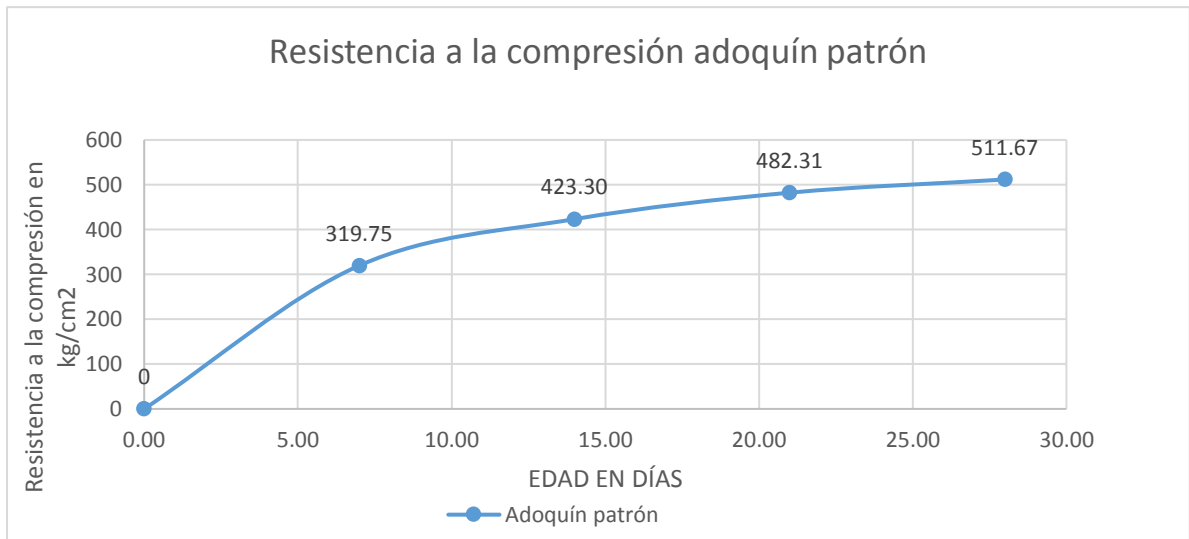


Figura 46 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón muestra M-6.

Fuente: Elaboración propia

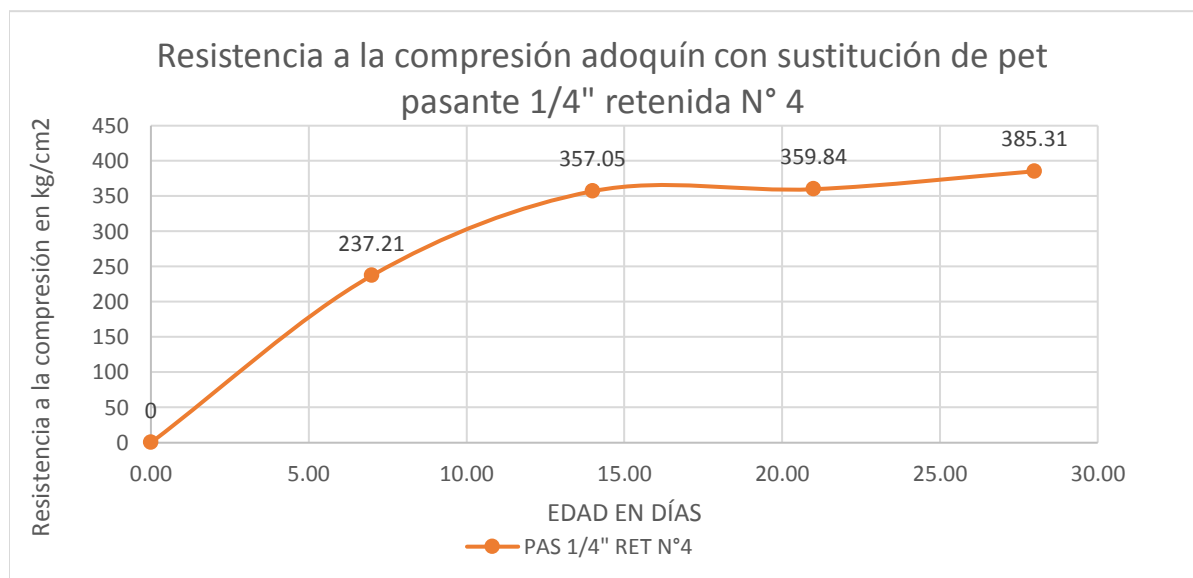


Figura 47 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-1

Fuente: Elaboración propia

En la figura **figura 47** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 3% de PET respecto del agregado, con tamaño promedio de PET 4.75mm<ancho<6.3mm y 4.75mm<largo<12.3mm.

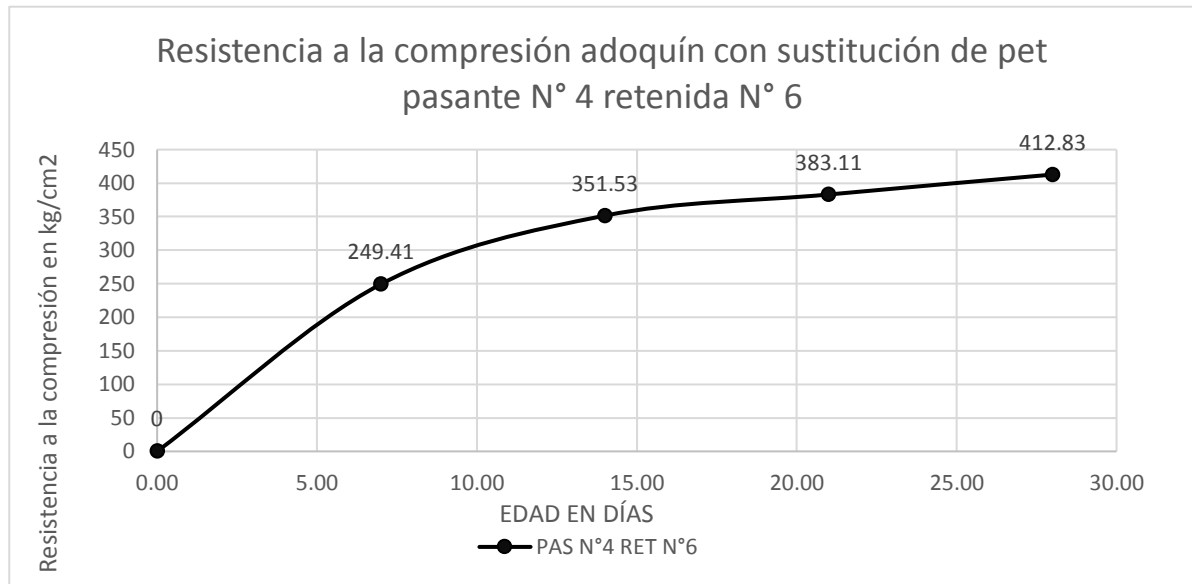


Figura 48 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-2
Fuente: Elaboración propia

En la figura **figura 48** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 3% de PET respecto del agregado, con tamaño promedio de PET 3.35mm<ancho<4.75mm y 3.35mm<largo<7.36mm.

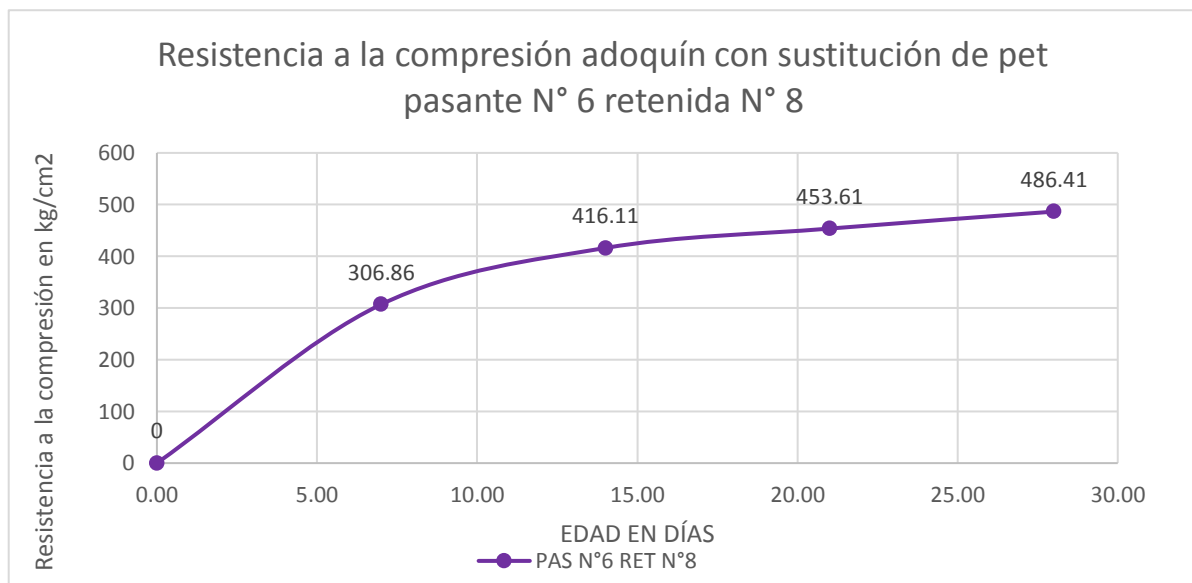


Figura 49 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-3
Fuente: Elaboración propia

En la figura **figura 49** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 3% de PET respecto del agregado, con tamaño promedio de PET 2.36mm<ancho<3.35mm y 2.36mm<largo<6.25mm.

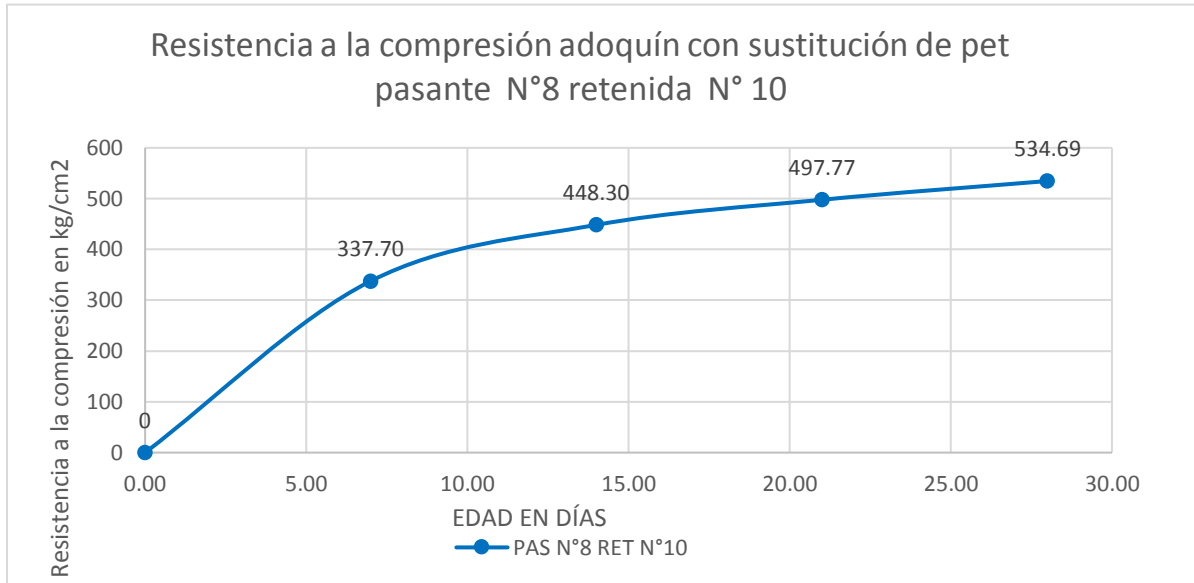


Figura 50 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-4
Fuente: Elaboración propia

En la figura **figura 50** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 3% de PET respecto del agregado, con tamaño promedio de PET 2.00mm<ancho<2.36mm y 2.00mm<largo<5.75mm.

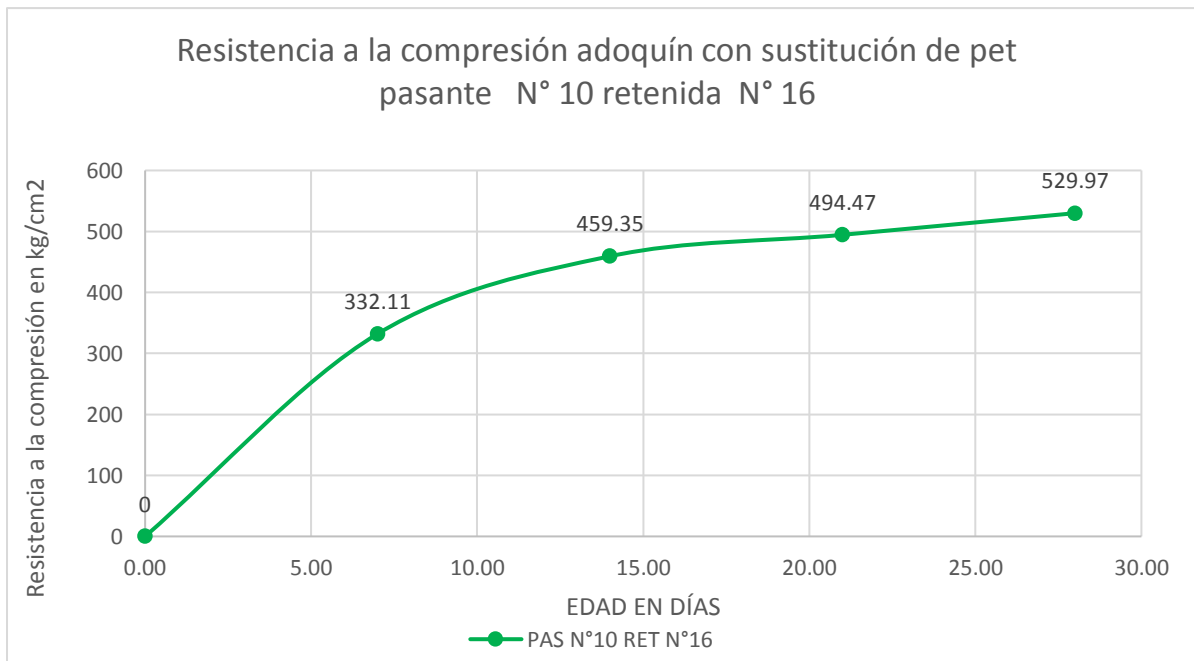


Figura 51 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón con 3% de PET muestra M-5
Fuente: Elaboración propia

En la **figura 51** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 3% de PET respecto del agregado, con tamaño promedio de PET 1.18mm<ancho<2.00mm y 1.18mm<largo<4.3mm.

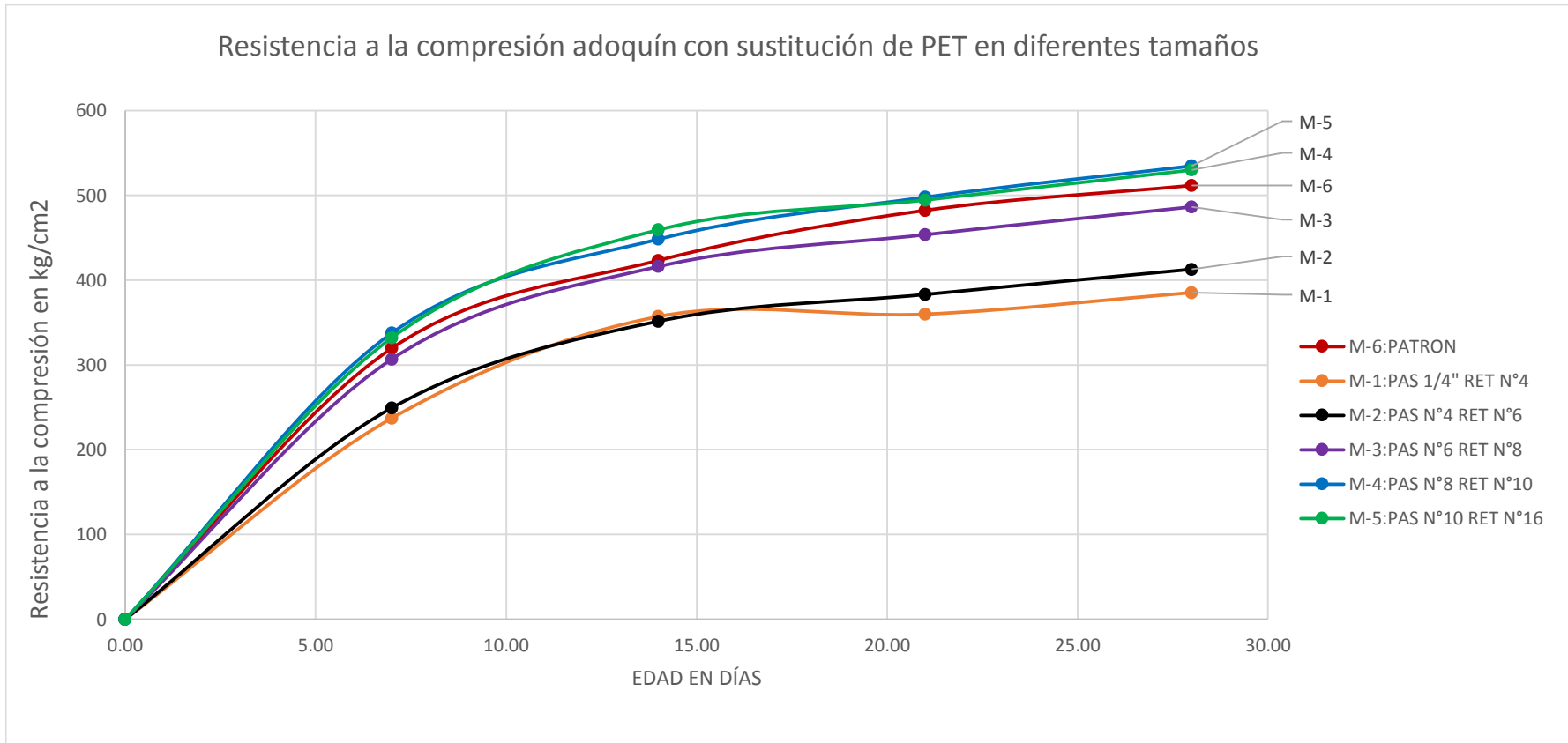


Figura 52 Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes tamaños de PET a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

En la figura figura 52 se puede observar la influencia de la granulometría del PET en el comportamiento del adoquín, mientras más grandes sean los tamaños del PET la resistencia será menor y mientras más pequeña sea el PET el adoquín tendrá una mayor resistencia, ya que a menores tamaños estas llegan a comportarse como un agregado más. Por tanto los PET que mejorarán la resistencia del adoquín serán las pasantes la malla N°8

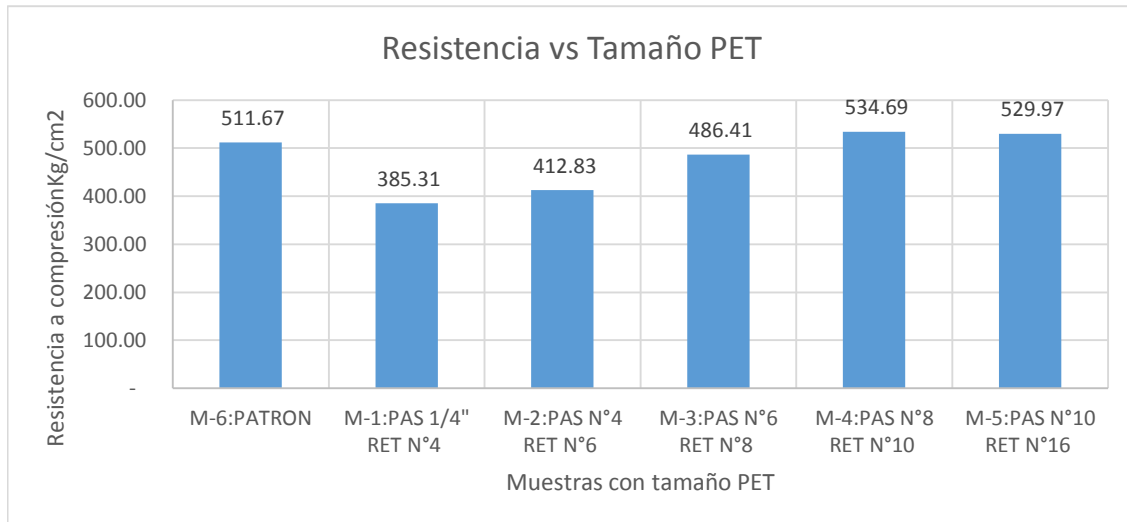


Figura 53 Comparación de la resistencia de adoquines con 3% PET a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44 Variación de Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes tamaños de PET

Muestra	Edad días	Resistencia promedio (Kg/cm ²)	Variación (Kg/cm ²)	Criterio
M-1: PAS 1/4'' RET N°4	28	385.31	126.36	Disminuye
M-2: PAS N°4 RET N°6	28	412.83	98.84	Disminuye
M-3: PAS N°6 RET N°8	28	486.41	25.26	Disminuye
M-4: PAS N°8 RET N°10	28	534.69	23.02	Aumenta
M-5: PAS N°10 RET N°16	28	529.97	18.3	Aumenta
M-6: Patron	28	511.67	-	-

Fuente: Elaboración propia

Viendo la **tabla 44** se puede apreciar que:

- A mayor tamaño de PET las resistencias al esfuerzo a la compresión aumentan, tal es así que, para las muestras M-1, M-2 y M-3 las resistencias disminuyen respecto a la resistencia del adoquín patrón (M-6).
- Para los tamaños de PET que son menores a los 2 mm de ancho la resistencia aumenta, como se aprecia de las muestras M-4 y M-5, se ve un aumento en relación a la muestra patrón, a la vez se ve mejor distribución de la carga en el momento de su rotura.

4.2.3.5 Ensayo a la compresión adoquín con inclusión de PET en diferentes cantidades

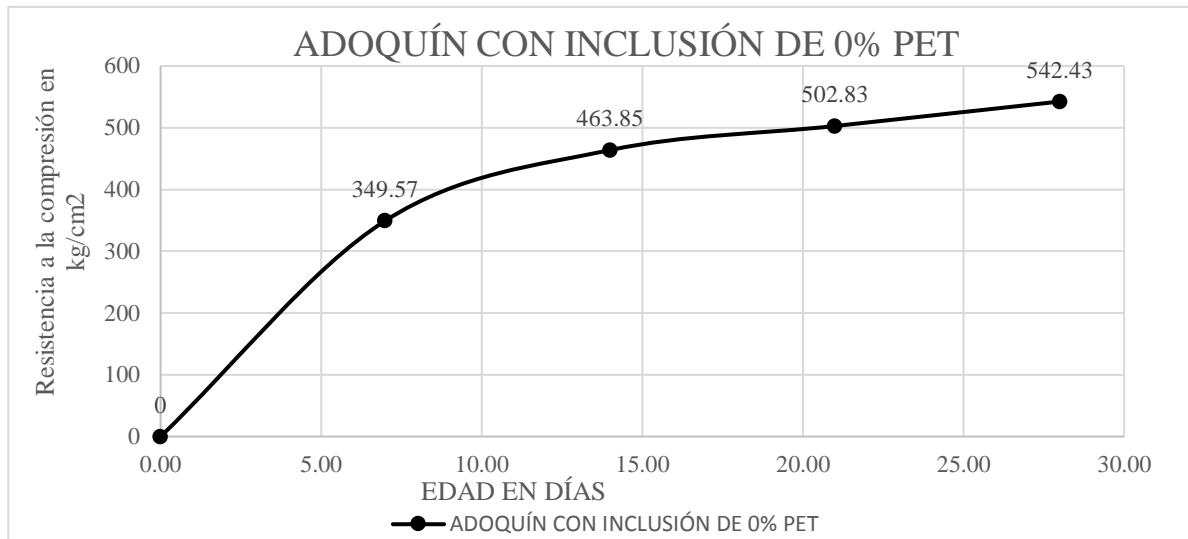


Figura 54 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín patrón sin PET

Fuente: Elaboración propia

En la **figura 54** se observa la evolución de la resistencia en el tiempo del adoquín hecho con la dosificación obtenida en la **tabla 13**

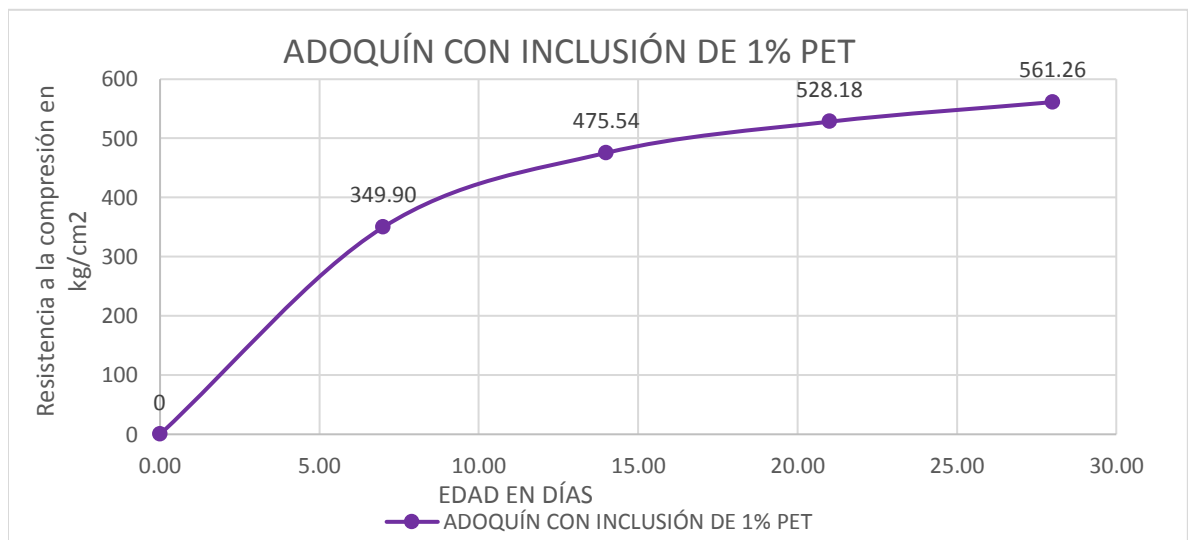


Figura 55 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 1% de PET

Fuente: Elaboración propia

En la **figura 55** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 1% de PET respecto del patrón en la que se ve que la resistencia aumenta respecto en el tiempo.

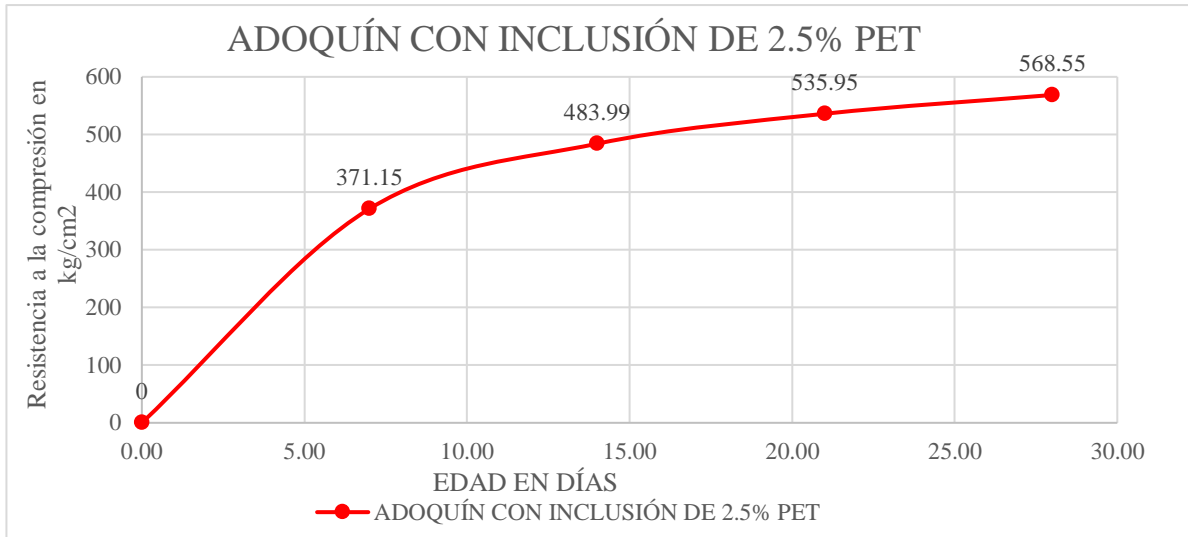


Figura 56 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 2.5% de PET

Fuente: Elaboración propia

En la **figura 56** se observa la evolución en el tiempo de la resistencia a compresión del adoquín hecho con la sustitución de 2.5% de PET respecto del patrón, donde se puede apreciar que la resistencia aumenta en el tiempo y en 11.32 Kg/cm² respecto del patrón a los 28 días.

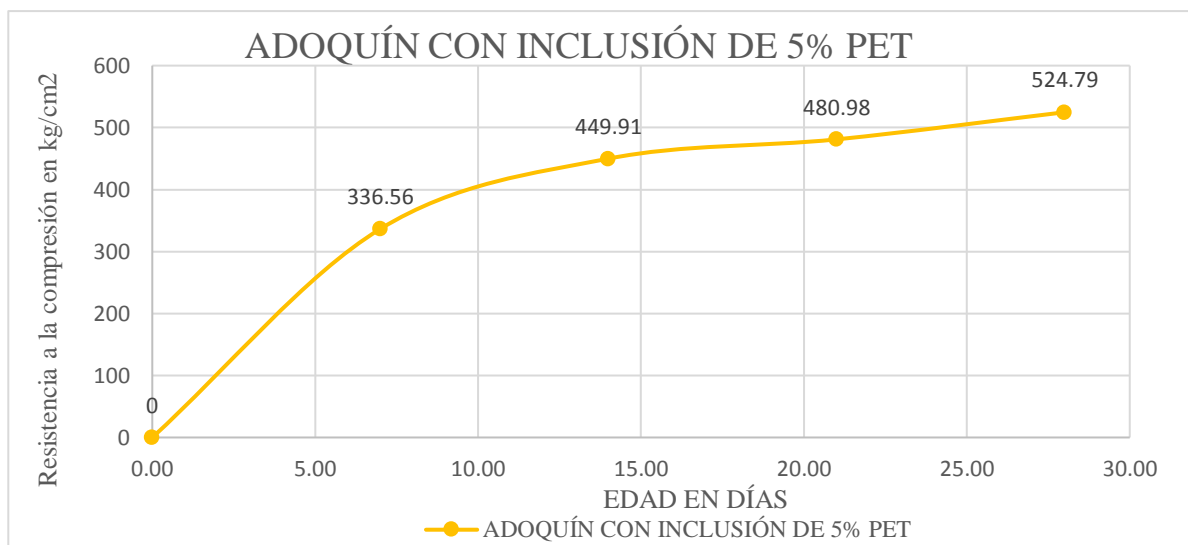


Figura 57 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 5% de PET

Fuente: Elaboración propia

En la **figura 57** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 5% de PET respecto del patrón en la cual se aprecia que la resistencia aumenta en el tiempo pero desciende de manera drástica en 35.87Kg/cm² a los 28 días respecto del patrón.

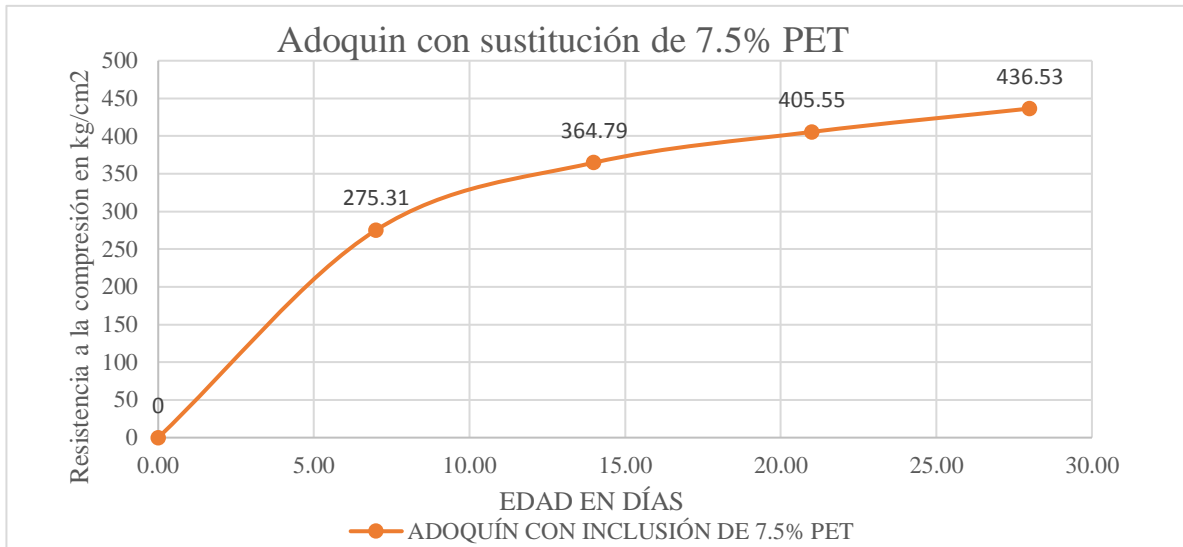


Figura 58 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 7.5% de PET
Fuente: Elaboración propia

En la **figura 58** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 7.5% de PET respecto del patrón en cual la resistencia aumenta en el tiempo, pero, la resistencia baja respecto del patrón.

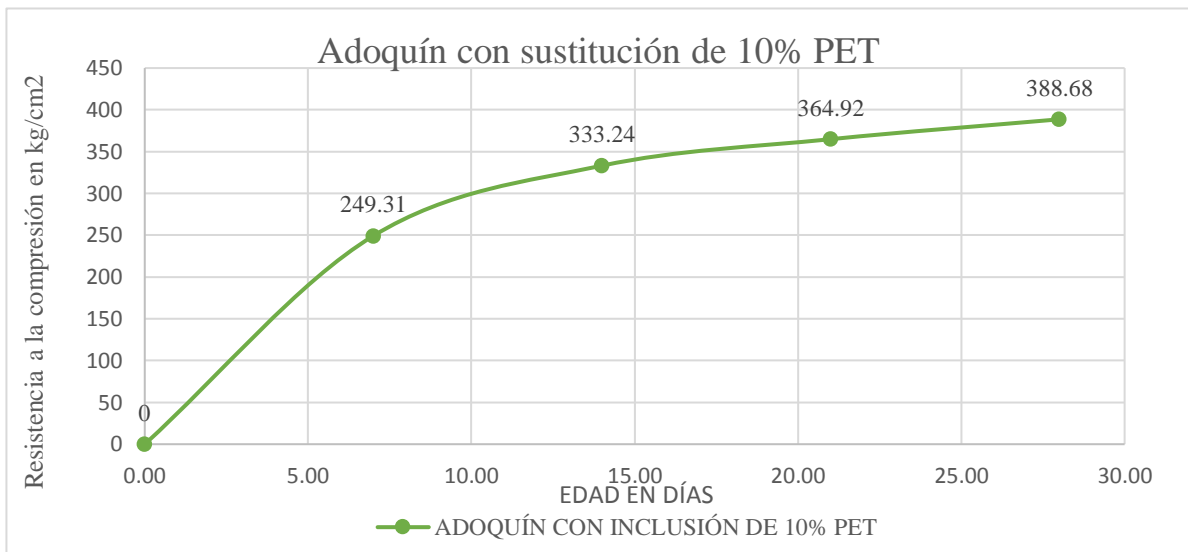


Figura 59 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de 10% de PET
Fuente: Elaboración propia

En la **figura 59** se observa la evolución en el tiempo del adoquín hecho con la sustitución de 10% de PET respecto del patrón en la cual la resistencia aumenta con el tiempo pero disminuye respecto del patrón.

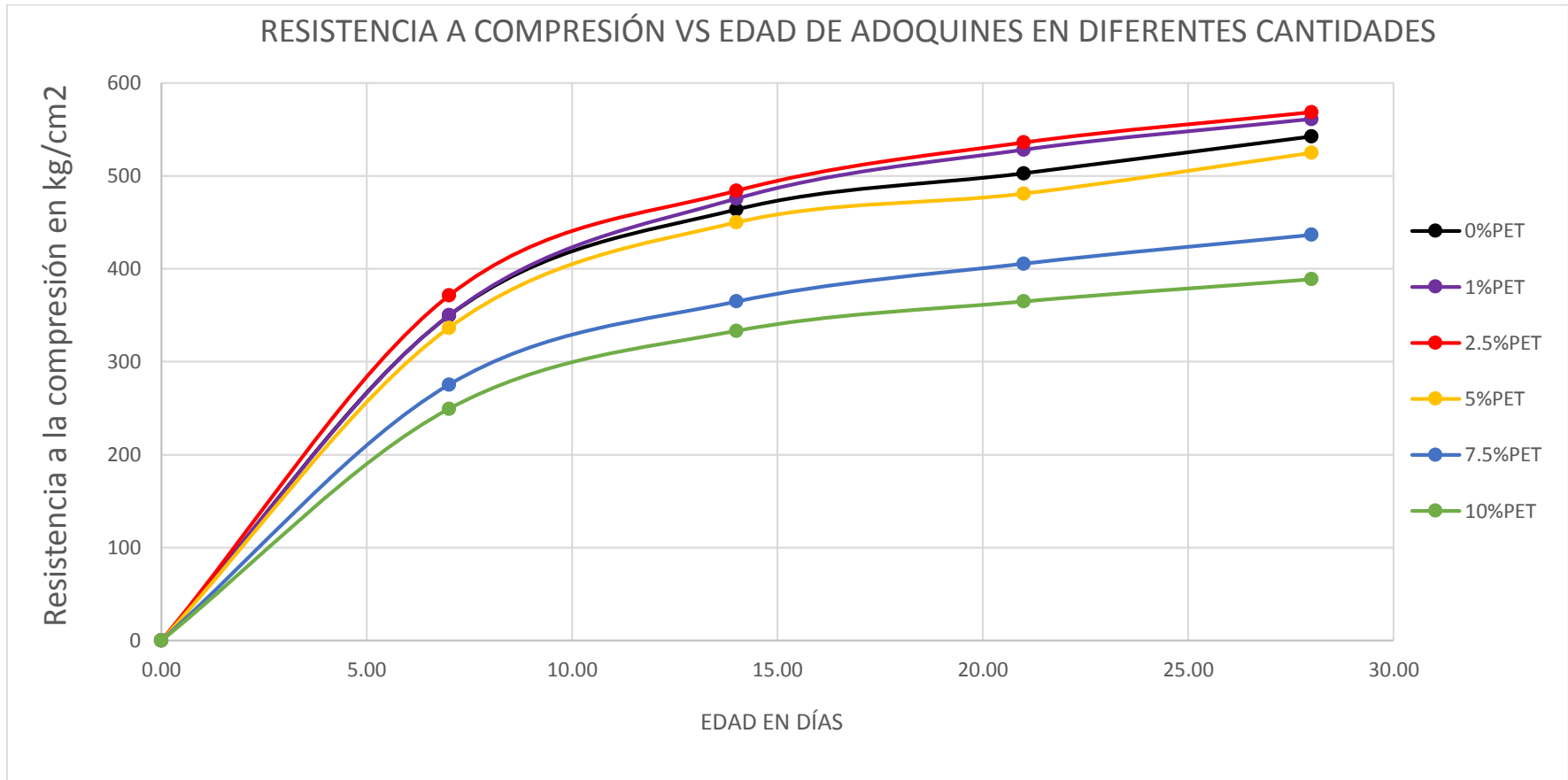


Figura 60 Evolución de la resistencia a compresión de adoquín con sustitución de % (cantidad) de PET

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar la influencia de la granulometría del PET en el comportamiento del adoquín, hasta el 1 y 2.5% de PET la resistencia aumenta, pero mientras se va aumentando la cantidad de 5,7.5 y 10% la resistencia disminuye drásticamente respecto del patrón.

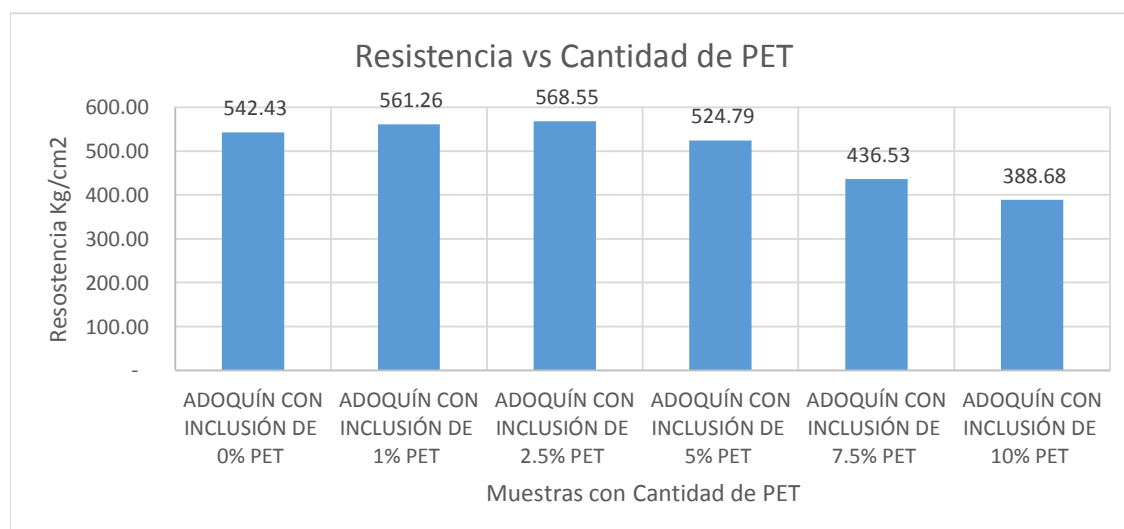


Figura 61 Comparación de la resistencia de adoquines con diferentes cantidades de PET a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Tabla 45 Variación de Resistencia a la compresión de adoquines con diferentes cantidades de PET

Muestra	Edad días	Resistencia promedio (Kgf/cm ²)	Variación (Kgf/cm ²)	Criterio
M-1: 0% PET	28	542.43	-	-
M-2:1% PET	28	561.26	18.83	Aumenta
M-3:2.5% PET	28	568.55	26.12	Aumenta
M-4:5% PET	28	524.79	17.64	Disminuye
M-5:7.5% PET	28	436.53	105.9	Disminuye
M-6:10% PET	28	388.68	153.75	Disminuye

Fuente: Elaboración propia

Viendo la **tabla 45** se puede apreciar que:

- A mayor cantidad de PET las resistencias al esfuerzo a la compresión disminuyen, tal es así que, para las muestras: M-4, M-5 y M-6 las resistencias disminuyen respecto a la resistencia del adoquín patrón (M-1).
- Para los cantidades de PET que son menores a los 2.5%, como se aprecia en las muestras M-2 y M-3, se ve un aumento de la resistencia en relación a la muestra patrón (M-1).



Figura 62 Tipo de falla de adoquín sin PET

Los adoquines sin PET muestran una rotura puntual, en la que las grietas se manifiestan generalmente en una sección del adoquín y a partir de ahí se genera la falla. Fuente: Elaboración propia



Figura 63 Tipo de falla de adoquín con PET

Los adoquines con PET muestran una rotura mucho más distribuida en la que las fallas se manifiestan en todo el contorno del adoquín. Fuente: Elaboración propia

4.3 Evaluación de costo de producción de adoquines

Con la finalidad de saber la conveniencia económica del uso del PET, en la elaboración de adoquines para tránsito pesado, se analiza el costo de producción, teniendo en conocimiento que ya se tienen equipos para la producción de adoquines y todas las estructuras para su respectivo tratamiento. Para la evaluación del costo de producción se considerará los costos de alquiler de las maquinarias y equipos.

4.3.1 Evaluación de costo de producción de adoquines con aditivo sin PET

Tabla 46 Análisis de costo unitario de producción de adoquines para tránsito pesado

Jornada:	8 Hora/día	Rendimiento	1500 Und/día		
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Operador de equipo bloquetera	hh	1	0.0053	16.78	0.089
Peón	hh	5	0.0267	12.08	0.322
Materiales					
Cemento Portland tipo 1 (42.5)	bls		0.0284	26.00	0.739
Arena gruesa (puesto en obra)	m3		0.0019	50.00	0.097
Aditivo Viscoconcrete	gl		0.0030	40.00	0.118
Agua	m3		0.0004	4.50	0.002
Equipos y Herramientas					
Herramientas manuales	%MO		5.0000	0.41	0.021
Máquina mezcladora	hm	1	0.0053	20.00	0.001
Máquina bloquetera americana	hm	1	0.0053	50.00	0.003
Energía eléctrica para equipos(15HP)	kwh		0.0597	76.76	0.046

Costo por cada Adoquín sería: 1.438

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia de la tabla que el costo de producción por cada unidad de adoquín para tránsito pesado es de s/ 1.438 soles, siendo este análisis en las condiciones actuales de la adoquinera y el sistema de producción, si estas se pondrían en una producción en serie, el costos de producción disminuiría aumentando la producción por día.

4.3.2 Evaluación de costo de producción de adoquines con aditivo y PET

Tabla 47 Análisis de costo unitario de producción de adoquines para tránsito pesado con PET

Jornada:	8 Hora/día	Rendimiento	1500 Und/día		
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Operador de equipo bloquetera	hh	1	0.0053	16.78	0.089
Peón	hh	5	0.0267	12.08	0.322
Materiales					
Cemento Portland tipo 1 (42.5)	bls		0.0247	26.00	0.642
Arena gruesa (puesto en obra)	m3		0.0019	40.00	0.076
Fibra de PET tamaño máximo 2mm	Kg		0.0813	0.73	0.060
Aditivo Viscoconcrete	gl		0.0026	40.00	0.103
Agua	m3		0.0004	3.86	0.001
Equipos y Herramientas					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	0.41	0.012
Máquina mezcladora	hm	1	0.0053	20.00	0.001
Máquina bloquetera americana	hm	1	0.0053	50.00	0.003
Energía eléctrica para equipos(15HP)	kwh		0.0597	76.76	0.046
Costo por cada Adoquín sería:					1.355

Fuente: Elaboración propia

De la tabla que antecede se puede observar que el costo de producción de adoquines par tránsito pesado es de s/ 1.355 soles, siendo este análisis en las condiciones actuales de la adoquinera y el sistema de producción, en la cual se agrega el PET como un material ya procesado.

De los dos análisis de costo unitario, se puede observar que:

- Es mucho más factible económicamente la producción de adoquines de tránsito pesado generando puestos de trabajo dentro de la región de Ayacucho, ya que por cada unidad de adoquín se estaría economizando s/ 0.083, en una producción de 1500 la cual es la producción de un día se estarían ahorrando s/ 124.50soles.
- Desde el punto de vista ambiental se puede observar que es muy beneficioso el uso de Fibras PET como reemplazo del Agregado, así, se puede evitar la contaminación del Medio Ambiente mediante la producción de Adoquines de tránsito pesado que a la vez son reutilizables.

Conclusiones

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos con respecto a la elaboración de adoquines para tránsito pesado con materiales convencionales y haber evaluado mediante los ensayos en laboratorio los efectos que produce el PET variando estas en tamaño y cantidad en la elaboración de adoquines. Se ve la influencia que tiene en las propiedades físicas y propiedades mecánicas con respecto a la resistencia, absorción, densidad surgen las siguientes conclusiones.

1. Es posible llegar a una resistencia a la compresión de 559.86kg/cm², la cual se aproxima a las exigencias de la normativa, cuyo valor fue mediante el uso de material convencional cemento y Arena Gruesa con una dosificación de (1:2.58) con una relación de agua/cemento de (a/c=0.38).
2. Mediante el uso de aditivos se logró el objetivo planteado llegando a una resistencia de 563.48Kg/cm², con una dosificación de cemento y arena de (1:2.70), con una relación de agua Cemento a/c=0.32 y 1% de Aditivo Visco concrete R3330. Durante su elaboración no se mostraron segregación, pero sí, una mejor consistencia y en su estado endurecido presentan una mejor apariencia que los adoquines hechos con material convencional.
3. Se pudo demostrar que el PET puede ser usada como material de reemplazo y reforzante con el tamaño adecuado en largo y ancho, siendo estas de tamaño variado pero con límites entre $0 < \text{ancho} < 2.36\text{mm}$ y $0 < \text{largo} < 5.75\text{mm}$ las cuales son pasantes la malla del Tamiz N° 08 y generan adoquines mucho más resistentes de hasta 23Kg/cm² respecto del adoquín patrón.
4. Se ha demostrado que la cantidad más óptima y adecuada es al 2.5% de PET, obteniendo con este tamaño de PET como reemplazo un adoquín mucho más trabajable en su estado fresco y mucho más resistente en el estado endurecido de hasta 26.12 kg/cm² superior al adoquín patrón con densidad y absorción semejante al del patrón.

5. Desde el punto de vista técnico, económico y ambiental se puede concluir que es muy beneficioso el uso de fibras PET en la elaboración de Adoquines para tránsito pesado, pues de esta manera se permitirá generar puestos de trabajo en la Región de Ayacucho.

Recomendaciones

1. Se recomienda el uso de agregados que sean pasantes la malla N°8 para el proceso de elaboración de adoquines y que sean bien gradadas, ya que estas, facilitan en: amasado, colocado, vibrado en el estado fresco y presentan buena apariencia en el estado endurecido del adoquín.
2. Se recomienda utilizar el aditivo conjuntamente con el agua, dosificando estas desde un principio, ya que si se van agregando de a poco el agua y aditivo en la mezcla, estos presentan diferentes comportamientos durante el mezclado la cual influye en la resistencia del adoquín.
3. Se recomienda usar los PET solamente en tamaños menores pasantes la malla N° 8 ya que para tamaños mayores, se han observado resultados adversos. Para mayores tamaños de PET la textura y la apariencia del adoquín no son buenas, además, evidencia que se generan mayores vacíos en el adoquín.
4. Se recomienda usar los PET en cantidades menores al 5% ya que a mayores cantidades en el estado fresco son poco trabajables y en su estado endurecido presentan mayor rugosidad y mayor porosidad, la cual influye en la resistencia a la compresión del adoquín.
5. Se recomienda realizar un estudio exhaustivo desde el punto de vista ambiental el uso de las fibras PET aplicado al área de construcción o en otras áreas de la industria dentro de la región de Ayacucho.

Trabajos futuros

1. Analizar la posibilidad de uso de escombros, como materia prima, en la elaboración de Adoquines de tránsito peatonal y ligero.
2. Realizar el uso de cenizas proveniente de la quema de teja y ladrillos artesanales, provenientes de las localidades de Acos Vinchos y compañía, en la elaboración de adoquines.
3. Realizar un estudio del uso del RCD en la elaboración de adoquines de tránsito vehicular ligero, ya que el RCD es un material aprovechable que no se implementa aún en Ayacucho.
4. Uso de la Puzolana Natural en la elaboración de adoquines peatonales.
5. Uso del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de elaboración de adoquines y el efecto que produce en la resistencia del adoquín.
6. Análisis comparativo entre adoquines vaciados y adoquines vibro-compactados.
7. Análisis comparativo de resistencia de adoquines monocapa y adoquines bicapa.

Referencias bibliográficas

Otros

- Abanto, F. A. (2018). *Tecnología del Concreto* (3ra ed.). Lima-Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Bandodkar, L., Gaonkar, A., Gaonkar, N., Gauns, Y., Aldonkar, S. & Savoikar, P. (2011). Pulverised PET bottles as partial replacement for sand. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 1009, 1009–1012.
- Becerra, G. (2019). *Reciclado de residuos plásticos PET en dosificación de mezclas de concreto para mitigar su impacto ambiental en la Ciudad de Tacna*. (masters thesis). Tacna-Perú.
- Borja, M. (2017). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo-Perú.
- Cañizarez, F. F. & Moreno, R. A. (2011). *Agregado alternativo para la elaboración de Bloques y Adoquines a base de Polietilen Tereftalato* (B.S. thesis). QUITO/EPN/2011.
- Chavez, S. (2013). *Concreto Armado* (Facultad de ingeniería civil). Tarapoto-Perú: Editorial ICG.
- DecretoSupremo(1278). (2017). Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Oficina de Comunicaciones del MINAM*.
- Echevarría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. *Universidad Nacional de Cajamarca, Perú*.
- Elías, X. & Jurado, L. (2012). Reciclaje de residuos industriales. *Los plásticos residuales y sus posibilidades de valoración*.
- Estrada, F. (2017). *Uso de material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado fino para mezclas de concreto, para la elaboración de adoquines* (Doctoral dissertation). Universidad de San Carlos de Guatemala.


- Fernandez, M. (2019). ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DEL ADOQUÍN CON POLIETILENO TEREFTALATO RECICLADO Y ADOQUÍN CONVENCIONAL TIPO I.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). Mexico: Mc Graw Hill Education.
- ICCG. (2019). *Guía de Instalación de Adoquines de Concreto*. Guatemala: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala.
- ICH. (2013). *Manual de Diseño de Pavimentos de Adoquines de Hormigón* (Gráfica LOM). Chile: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile.
- Kasengs, F. (2017). *Guía Práctica Para elaborar plan de tesis y tesis de post grado (Maestrías y Doctorados)* (2th ed.). Lima-Perú.
- Montiel, J. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se pueden utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales* (tesis de maestría). A, México.
- NT, C. (2013). Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos. *Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO*.
- NTP339.185. (2013). Agregados: Métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.
- NTP399.604. (2002). Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.
- NTP399.611. (2017). Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. *Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias-INDECOPI*.
- NTP400.010. (2001). AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.
- NTP400.012. (2001). AGREGADOS. Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.
- NTP400.017. (2011). Agregados: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario) y los vacíos en los agregados. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.

- NTP400.022. (2013). Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*.
- Parado, H. (2018). Los residuos sólidos del agua embotellada y su impacto económico en la ciudad de Ayacucho 2016. *Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Perú*.
- Pinedo, J. R. (2019). Estudio de resistencia a la compresión del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018.
- Poon, C. & Lam, C. (2008). The effect of aggregate-to-cement ratio and types of aggregates on the properties of pre-cast concrete blocks. *Cement Concrete Composites - CEMENT CONCRETE COMPOSITES*, 30, 283–289.
- Quispe, N. (2017). Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho-2016.
- Ramadevi, K. & Manju, R. (2012). Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibres as fine aggregates. *International journal of emerging technology and advanced engineering*, 2(6), 42–46.
- Reyna, C. (2016). *Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo* (masters thesis). Trujillo-Perú.
- Taaffe, J., O'Sullivan, S., Rahman, M. E. & Pakrashi, V. (2014). Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks. *Materials & Design*, 60, 50–56.
- Whitlow, R. (1994). *Fundamentos de Mecánica de Suelos* (1ra ed.). México: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A.

Anexo A

Evaluación de adoquines existentes producidos en la UNSCH.

Tabla A.1 Evaluación de adoquines

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES									
ROTURA DE ADOQUINES DE CONCRETO									
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.							
MUESTRA		Las muestras analizadas son los adoquines elaborados en la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga para el proyecto de pavimentacion de los interiores de módulos.							
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado			DATOS DEL ADOQUÍN PROMEDIO		LARGO(L)		20cm
							ANCHO(A)		10cm
FACTOR		1KN	equivale	101.97Kgf			ALTO(H)		8cm
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUI N N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	LECTURA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO
	1				398.85	40670.59	200.00	203.35	
Adoquin	2	ND	ND	>28	429.13	43758.39	200.00	218.79	211.49
	3				416.45	42465.41	200.00	212.33	

Observaciones:

- 1) Los adoquines se analizan, de acuerdo a las especificaciones de la NTP399.604
- 2) Según el uso en la que se desempeñan y las dimensiones obtenidas los adoquines pertenecen a la clasificación de ADOQUINES TIPO II (Adoquines para tránsito vehicular liviano)
- 2) Para los adoquines de tránsito vehicular liviano, las cual según las especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP399.611 deberían estar en el rango de 380Kg/cm² en resistencia al esfuerzo a la compresión.

Conclusiones: Los adoquines analizados llegan a un promedio de 211.49kg/cm², la cual evidencia que el concreto y la dosificación utilizada no fueron adecuados.


Comentario: Los adoquines analizados no cumplen con los requerimientos de la NTP 399.611, ya que la resistencia no llega a lo esperado según el uso.

Fuente: Elaboración propia

Anexo B


Evaluación de Costo de Producción de ad- quines

Figura B.1 Evaluación de costo adoquines sin PET

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
ACU DE PRODUCCIÓN DE ADOQUINES PARA TRÁNSITO PESADO																	
Tema:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.															
Elaborado por:		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado															
1) Elaboración de adoquines para tránsito pesado con material convencional y aditivo																	
Jornada:		8 Hora/día	Rendimiento	1500 Und/día													
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial												
Mano de Obra																	
Operador de equipo bloquetera	hh	1	0.0053	16.78	0.089												
Peón	hh	5	0.0267	12.08	0.322												
Materiales																	
Cemento Portland tipo 1 (42.5)	bls		0.0284	26.00	0.739												
Arena gruesa (puesto en obra)	m3		0.0019	50.00	0.097												
Aditivo Viscoconcrete	gl		0.0030	40.00	0.118												
Agua	m3		0.0004	4.50	0.002												
Equipos y Herramientas																	
Herramientas manuales	%MO		5.0000	0.41	0.021												
Máquina mezcladora	hm	1	0.0053	20.00	0.001												
Máquina bloquetera americana	hm	1	0.0053	50.00	0.003												
Energía eléctrica para equipos(15HP)	kwh		0.0597	76.76	0.046												
Costo por cada Adoquín sería:					1.438												
Cálculos y datos																	
Cálculos previos:		Dosificación utilizada															
$Cantidad = \frac{Cuadrilla * Jornada}{Rendimiento}$		Muestra M2-4															
$Cemento_{bolsa} = \frac{\left(\frac{PCemento_{tanda}}{PCemento_{bolsa}} \right)}{6}$		Unidades de adoquín por tanda 6															
$Arena_{m3} = \frac{\left(\frac{PArena_{tanda}}{Pvolumetrico_{suelto}} \right)}{6}$		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Cemento</th> <th>Arena</th> <th>Aditivo</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>g</td> <td>l</td> </tr> <tr> <td>7.25</td> <td>19.53</td> <td>72.45</td> <td>2.3</td> </tr> </tbody> </table>				Cemento	Arena	Aditivo	Agua	Kg	Kg	g	l	7.25	19.53	72.45	2.3
Cemento	Arena	Aditivo	Agua														
Kg	Kg	g	l														
7.25	19.53	72.45	2.3														
$Aditivo_{galon} = \frac{\left(\frac{PAditivo_{tanda} \cdot 0.001}{Pspecifico_{aditivo}} \right)}{6}$		Datos utilizados Peso cemento bolsa 42.5 Kg 1Litro 0.001 m3 Peso volumetrico Arena 1680.2 kg/m3 Peso especifico Aditivo 1.08 Kg/l 1galon 3.7854 litros															
$Agua_{m3} = \frac{Vol.agua.usada_{litros} \cdot 0.001}{6}$																	


Fuente: Elaboración propia

Figura B.2 Evaluación de costo adoquines con PET

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil				
ACU DE PRODUCCIÓN DE ADOQUINES PARA TRÁNSITO PESADO CON PET						
Tema:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.				
Elaborado por:		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				
2) Elaboración de adoquines para tránsito pesado con material PET reciclado						
Jornada:		8 Hora/día	Rendimiento	1500 Und/día		
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						
Operador de equipo bloquetera	hh	1	0.0053	16.78	0.089	
Peón	hh	5	0.0267	12.08	0.322	
Materiales						
Cemento Portland tipo 1 (42.5)	bls		0.0247	26.00	0.642	
Arena gruesa (puesto en obra)	m3		0.0019	40.00	0.076	
Fibra de PET tamaño máximo 2mm	Kg		0.0813	0.73	0.060	
Aditivo Viscoconcrete	gl		0.0026	40.00	0.103	
Agua	m3		0.0004	3.86	0.001	
Equipos y Herramientas						
Herramientas manuales	%MO		3.0000	0.41	0.012	
Máquina mezcladora	hm	1	0.0053	20.00	0.001	
Máquina bloquetera americana	hm	1	0.0053	50.00	0.003	
Energía eléctrica para equipos(15HP)	kwh		0.0597	76.76	0.046	
Costo por cada Adoquín sería:					1.355	
Cálculos y datos						
Cálculos previos:		Dosificación utilizada				
$Cantidad = \frac{Cuadrilla * Jornada}{Rendimiento}$		Muestra M-3:2.5%PET				
		Unidades de adoquín por tanda 6				
$Cemento_{bolsa} = \frac{\left(\frac{PCemento_{tanda}}{Pcemento_{bolsa}} \right)}{6}$		Cemento	Arena	PET	Aditivo	Agua
		Kg	Kg	Kg	g	l
		6.3	19.04	0.488	63	2.1
$Arena_{m3} = \frac{\left(\frac{PArena_{tanda}}{Pvolumetrico_{suelto}} \right)}{6}$		Datos utilizados				
		Peso cemento bolsa 42.5 Kg				
		1Litro 0.001 m3				
		Peso volumetrico Arena 1680.2 kg/m3				
		Peso especifico Aditivo 1.08 Kg/l				
		1galon 3.7854 litros				
$Aditivo_{galon} = \frac{\left(\frac{PAditivo_{tanda} \cdot 0.001}{Pespecifico_{aditivo}} \right)}{6}$						
$Agua_{m3} = \frac{Vol.agua.usada_{litros} \cdot 0.001}{6}$						

Fuente: Elaboración propia

Figura B.3 Evaluación de costo triturado de PET

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil					
ACU DE TRITURADO DE PET RECICLADO					
Tema: Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.					
Elaborado por: Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					
3) Triturado de fibra PET reciclado					
Jornada:		8 Hora/día	Rendimiento	600 Kg/día	
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Operador de equipo trituradora	hh	1	0.0133	16.78	0.224
Peón	hh	1	0.0133	12.08	0.161
Materiales					
Compra de PET reciclado	Kg		1.0000	0.30	0.300
Agua para lavado de PET	m3		0.0040	3.86	0.015
Equipos y Herramientas					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	0.38	0.012
Energía eléctrica para trituradora (2HP)	kwh		0.0199	76.76	0.015
Máquina trituradora	hm	1	0.0133	40.00	0.005
Costo por cada kilogramo de PET procesado sería:					0.732
Cálculos					
$Cantidad = \frac{Cuadrilla * Jornada}{Rendimiento}$					


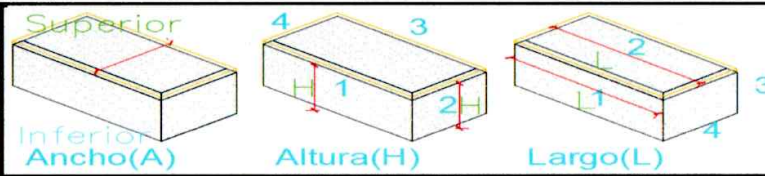
Fuente: Elaboración propia

tritpetcosto

Anexo C

Instrumentos de medición-recolección de datos

Tabla C.2 Instrumento de recolección de datos para variación dimensional.


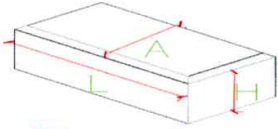
		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil											
		INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE TOLERANCIA DIMENSIONAL EN ADOQUINES											
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado											
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604											
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo											
FECHA DE VACIADO :				FECHA DE ENSAYO				EDAD EN DÍAS					
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	Ancho(A) mm		Altura(H) mm				Largo(L) mm				Observaciones por muestra	
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4		

107

Fuente: Elaboración propia


 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH

Tabla C.4 Instrumento de recolección de datos para rotura (compresión axial).

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES											
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE ROTURA EN ADOQUINES													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.						 <p style="text-align: center; color: blue;">Dimensiones</p>					
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS DEL ADOQUÍN						LARGO(L)	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604				PROMEDIO						ANCHO(A)	
FACTOR		1KN		equivale		101.97Kgf						ALTO(H)	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm) A H L			LECTURA (KN)	AREA (cm ²)	Observaciones por muestra			

Fuente: Elaboración propia



 GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C.
 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE TÉCNICO - CIP: 64442

Anexo D

Hojas de Cálculo

D.1 Estudios básicos del agregado


Tabla D.5 Contenido e Humedad del agregado

	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniera Civil			
	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS			
Tema:	Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.			
Elaborado por:	Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado			
Cantera	Chillico			
Norma	Contenido de Humedad ASTM C 70-NTP 339.185			
Aparatos	Balanza Fuente de calor (Horno) Recipiente para las muestras Revolvedor(cuchara de metal)			
Cálculos	$P = \frac{W - D}{D} \cdot 100$			
Fecha:	15/082019			

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Ensayo 3 peso(g)	Promedio peso(g)
Peso agregado natural(W)	570.36	555.36	572.36	566.03
Peso agregado Seco (D)	565.62	551.17	568.07	561.62
P.Natural-P.Seco (B)	4.74	4.19	4.29	4.41
B/D	0.0084	0.0076	0.0076	0.01
% Humedad				0.78


Observaciones:

Tabla D.6 Peso volumétrico suelto y compacto del agregado

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil		
PESO VOLUMETRICO SUELTO Y COMPACTO DE AGREGADO				
Tema:	Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.			
Elaborado	Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado			
Cantera	Chillico			
Norma	ASTM C 29-NTP 400.017			
Aparatos	Balanza, barra compactadora, recipiente medidora, pala demano			
Ecuaciones:	$F = \frac{D}{W - M} \quad M_1 = F \cdot (W - M) \quad M_2 = \frac{(W - M)}{V}$			
Temperatura del agua	18.5 °C			
Fecha:	19/082019			
Item	DESCRIPCION	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Ensayo 3 peso(g)
M	Peso de Molde+Placa	2344.00	2344.00	2344.00
W	Peso de molde + Agua+Placa	5056.00	5056.00	5056.00
	Peso de agregado Suelto +Molde	6918.00	6906.00	6928.00
	∅ Interno de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Altura interna de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Temperatura	18.5°C	18.5°C	18.5°C
D	Densidad del agua interpolando de la tabla	998.50	998.50	998.50
F	Factor para el recipiente F=D/(W-M)	0.37	0.37	0.37
M1	Densidad de masa (Kg/m3) F*(W-M)	1684.05	1679.63	1687.73
	Promedio M1 (Kg/m3)		1683.802	
V	Volumen del recipiente PI*∅ ² /4*h	0.0027	0.0027	0.0027
M2	Densidad de masa (Kg/m3) (W-M)/V	1680.46	1676.05	1684.13
	Promedio M2 (Kg/m3)		1680.214	
Item	DESCRIPCION	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Ensayo 3 peso(g)
M	Peso de Molde+Placa	2344.00	2344.00	2344.00
W	Peso de molde + Agua+Placa	5056.00	5056.00	5056.00
	Peso de agregado Compacto +Molde	7172.00	7164.00	7173.00
	∅ Interno de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Altura interna de Molde(cm)	0.15	0.15	0.15
	Temperatura	18.5°C	18.5°C	18.5°C
D	Densidad del agua interpolando de la tabla	998.50	998.50	998.50
F	Factor para el recipiente F=D/(W-M)	0.37	0.37	0.37
M1	Densidad de masa (Kg/m3) F*(W-M)	1777.56	1774.62	1777.93
	Promedio M1 (Kg/m3)		1776.705	
V	Volumen del recipiente PI*∅ ² /4*h	0.0027	0.0027	0.0027
M2	Densidad de masa (Kg/m3) (W-M)/V	1773.78	1770.84	1774.14
	Promedio M2 (Kg/m3)		1772.919	

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.7 Peso específico aparente, real y absorción

	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil
	PESO ESPECÍFICO APARENTE Y REAL, Y LA ABSORCIÓN

Tema:

Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.

Elaborado por: Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado

Cantera Chillico

Norma ASTM C 127 y C 128

Aparatos
 Balanza
 Fuente de calor (Horno)
 Recipiente para las muestras
 Revolvedor(cuchara de metal)

Cálculos

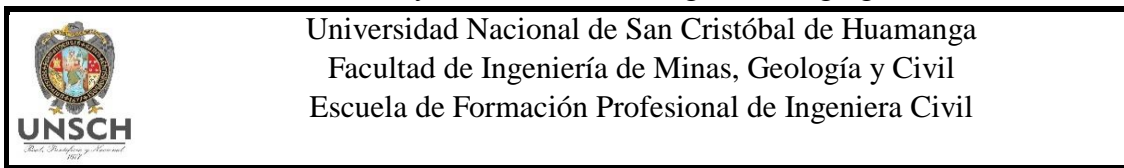
$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \quad P_{msss} = \frac{B}{B - C} \quad P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

$$P_{ea} = \frac{B - A}{A}$$

Fecha: 19/08/2019

Ítem	DESCRIPCIÓN	Ensayo 1 peso(g)	Ensayo 2 peso(g)	Promedio peso(g)
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca	502.00	500.00	501.00
PR+A	Peso de Recipiente+ Agua	1215.00	1214.00	1214.50
PR+A+M	Peso de Recip.+ Agua+Mat.	1518.00	1521.00	1519.50
C	M=(PR+A+M)-(PR+A)	303.00	307.00	305.00
A	Peso Mat Seco al Horno	488.00	484.00	486.00
Pem	A/(B-C)	2.45	2.51	2.48
Pmsss	B/(B-C)	2.52	2.59	2.56
Pea	A/(A-C)	2.64	2.73	2.69
%abs	(B-A)/A	0.029	0.033	0.031

Observaciones:

Tabla D.8 Ensayo de abrasión los angeles del agregado

ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES


Tema: Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.

Elaborado por : Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado
 Cantera : Chillico
 Tamaño Nominal Máximo : El tamaño Máximo Nominal es de 3/8"
 No Esferas : 8
 Masa de la carga abrasiva : la masa de la carga abrasiva es de 2500g
 Gradación de la Muestra : Pasante 1/2" y retenida N°4,C
 Aparatos : Máquina de los ángeles, balanza.cucharon.
 Cálculos : $\% D = \frac{C - Y}{C}$
 Fecha : 20/08/2019

Ítem	Descripción	Ensayo 1	Ensayo2
C	Masa inicial (g)	5000	5000
Y	Masa final Retenida en malla N°12	4243	4221
C-Y	Diferencia	757	779
%D	Porcentaje de desgaste de los angeles	15.14	15.58
%D	Porcentaje de desgaste promedio	15.36	

Observaciones:

Tabla D.9 Cuadro de ensayo de granulometría

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil							
		ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO							
Tema:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.							
Laboratorio		Laboratorio de mecánica de suelos de Ingeniería civil-UNSCH							
Elaborado :		Conan Aurelio Páucar coronado							
Cantera		Chillico							
Fecha		13/08/2019							
MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO(g.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM C-136	Cálculos		
1/2"	12.5	-	-	-	-	-	% Grava	5.345	
3/8"	9.525	15	1.01	1.01	98.985	100	% Arena	93.978	
1/4"	6.35	28	1.89	2.91	97.091		% de Finos	0.677	
N° 4	4.76	36	2.44	5.35	94.655	95			
N° 8	2.38	155	10.49	15.83	84.168	80			
N° 10	2	50	3.38	19.22	80.785		D ₁₀ = D _{e(mm)} =	0.291	
N° 16	1.19	219	14.82	34.03	65.968	50	D ₃₀ =	0.554	
N° 20	0.84	233	15.76	49.80	50.203		D _{60(mm)} =	1.068	
N° 30	0.59	243	16.44	66.24	33.762	25	Cu =	3.677	
N° 40	0.426	208	14.07	80.31	19.689		Cc =	0.989	
N° 50	0.297	137	9.27	89.58	10.419	10			
N° 60	0.25	40	2.71	92.29	7.713				
N° 80	0.177	48	3.25	95.53	4.465				
N° 100	0.149	25	1.69	97.23	2.774	2			
N° 200	0.075	31	2.10	99.32	0.677				
Lavado		8	0.54	99.86	0.135				
Fondo		2	0.14	100.00	0.000				
TOTAL		1478							
MF=		2.917		Cu =		3.677		Cc = 0.989	

Fuente: Elaboración propia

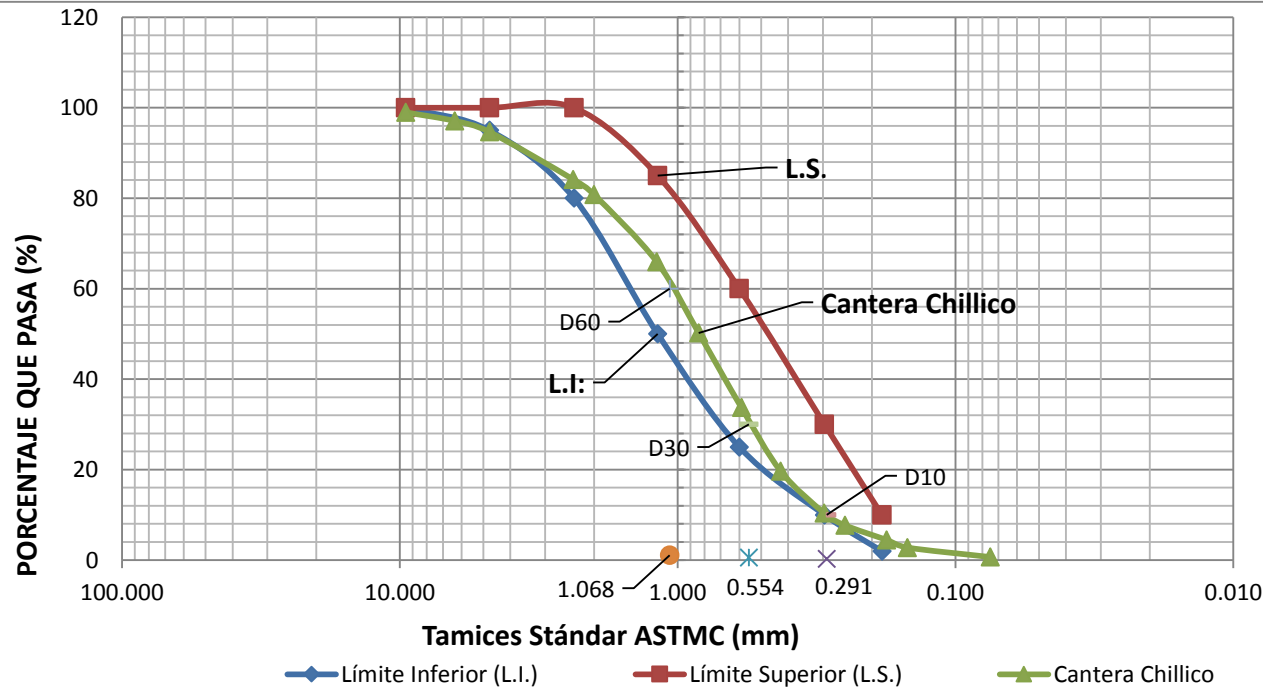
Tabla D.10 Gráfica del ensayo de granulometría



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO

Tema: Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.
 Laboratorio: Laboratorio de mecánica de suelos de Ingeniería civil-UNSCH
 Elaborado : Bach. Conan Aurelio Páucar coronado
 Cantera: Chillico
 Fecha: 13/08/2019



% Grava	5.345
% Arena	93.978
% de Finos	0.677
	0.000
$D_{10} = D_{e(mm)} =$	0.291
$D_{30} =$	0.554
$D_{60(mm)} =$	1.068
$C_u =$	3.677
$C_c =$	0.989

Fuente: Elaboración propia


D.2 Ensayo de tolerancia dimensional

Tabla D.11 Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con material convencional

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENSIONAL-ADOQUIN CON MATERIALES CONVENSIONALES(PATRÓN) SIN PET																	
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.															
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				TOLERANCIA DIMENSIONAL MÁXIMA		LARGO(L) 200.0+/-1.6 mm		ANCHO(A) 100.0+/-1.6 mm		ALTO(H) 80.0+/-3.2 mm		CRITERIO DE DECISION ¿CUMPLE LA TOLERANCIA?			
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604												SI NO			
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo															
FECHA DE VACIADO :		28/08/2019				FECHA DE ENSAYO		25/09/2019		EDAD EN DÍAS		28					
Código	ADOQUIN N°	Ancho(A)		Altura(H)				Largo(L)				Promedio			CUMPLE TOLERANCIA		
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4	A	H	L	A	H	L
M1-1	1	100.0	100.2	83.0	83.7	83.8	80.7	201.5	200.5	201.1	200.2	100.1	82.8	200.9	SI	SI	SI
	2	101.4	101.3	83.4	83.3	84.0	83.8	200.4	201.3	201.4	201.6	101.4	83.6	201.1	SI	NO	SI
	3	101.4	101.2	83.8	83.1	83.7	83.1	201.3	200.6	201.1	201.6	101.3	83.4	201.2	SI	NO	SI
M2-1	1	100.9	101.2	82.7	82.0	82.2	81.2	200.1	201.6	200.1	200.4	101.0	82.0	200.6	SI	SI	SI
	2	101.6	100.8	82.0	81.1	82.4	80.7	200.3	200.1	200.7	200.7	101.2	81.5	200.5	SI	SI	SI
	3	100.8	100.3	81.6	82.9	82.6	81.6	200.9	200.5	200.2	201.0	100.6	82.2	200.6	SI	SI	SI
M3-1	1	100.2	100.6	81.7	81.5	81.8	81.4	201.5	200.7	201.0	200.2	100.4	81.6	200.8	SI	SI	SI
	2	100.3	100.1	82.7	82.0	82.3	83.0	201.1	201.6	200.6	200.5	100.2	82.5	200.9	SI	SI	SI
	3	100.1	101.4	81.7	81.0	81.8	82.4	201.1	201.5	200.5	201.0	100.7	81.7	201.0	SI	SI	SI
M4-1	1	100.8	100.9	81.4	82.9	81.6	81.2	203.3	203.3	203.5	203.3	100.9	81.8	203.3	SI	SI	NO
	2	101.7	101.6	81.2	81.4	81.9	81.3	201.4	201.3	201.3	201.2	101.7	81.4	201.3	NO	SI	SI
	3	101.7	101.6	82.0	82.0	82.3	82.3	200.1	200.3	201.4	201.5	101.7	82.2	200.8	NO	SI	SI
M5-1	1	101.3	101.5	80.4	82.2	81.8	81.2	200.3	201.2	200.4	201.1	101.4	81.4	200.7	SI	SI	SI
	2	102.1	101.4	82.5	82.2	81.4	81.1	203.9	203.5	203.1	203.3	101.7	81.8	203.4	NO	SI	NO
	3	101.8	100.4	81.2	80.3	80.6	82.3	200.2	200.1	201.1	200.2	101.1	81.1	200.4	SI	SI	SI


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.12 Ensayo de tolerancia dimensional adoquin con material convencional

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
		ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENSIONAL-ADOQUIN CON MATERIALES CONVENSIONALES(PATRÓN) SIN PET															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.															
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				TOLERANCIA		LARGO(L) 200.0+-1.6 mm			CRITERIO DE DECISION						
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604				DIMENSIONAL		ANCHO(A)		100.0+-1.6 mm			¿CUMPLE LA		SI		
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo				MÁXIMA		ALTO(H)		80.0+-3.2 mm			TOLERANCIA?		NO		
FECHA DE VACIADO :		28/08/2019			FECHA DE ENSAYO			25/09/2019			EDAD EN DÍAS			28			
Código	ADOQUIN N°	Ancho(A)		Altura(H)				Largo(L)				Promedio			CUMPLE TOLERANCIA		
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4	A	H	L	A	H	L
M6-1	1	100.4	101.1	80.8	82.0	82.7	81.6	200.5	200.9	200.5	200.7	100.7	81.8	200.7	SI	SI	SI
	2	101.3	100.3	81.3	80.9	83.0	81.1	200.0	200.2	200.3	200.2	100.8	81.6	200.2	SI	SI	SI
	3	101.4	100.4	82.6	82.7	82.7	80.5	200.1	200.8	200.9	200.0	100.9	82.1	200.4	SI	SI	SI
M7-1	1	100.8	100.7	83.2	83.2	83.5	83.9	200.6	200.9	201.2	201.4	100.7	83.4	201.0	SI	NO	SI
	2	101.2	100.5	82.6	82.4	80.4	80.2	201.6	200.2	200.7	200.4	100.9	81.4	200.7	SI	SI	SI
	3	100.8	100.7	83.1	83.1	83.5	83.6	201.2	200.8	200.4	200.3	100.7	83.3	200.7	SI	NO	SI
M8-1	1	101.5	101.6	82.3	82.7	82.7	81.0	200.9	200.5	200.9	200.3	101.5	82.2	200.7	SI	SI	SI
	2	100.9	101.0	82.3	80.5	81.6	80.7	200.1	200.7	201.5	201.6	100.9	81.3	201.0	SI	SI	SI
	3	101.2	101.5	80.7	80.8	81.1	82.5	200.9	200.7	201.4	201.4	101.3	81.3	201.1	SI	SI	SI
M9-1	1	100.7	101.0	81.9	80.4	80.3	81.4	200.7	200.6	200.7	201.2	100.9	81.0	200.8	SI	SI	SI
	2	101.1	100.4	80.2	80.5	82.8	82.5	200.9	200.8	200.8	200.2	100.8	81.5	200.7	SI	SI	SI
	3	101.6	101.0	81.4	81.8	83.6	80.4	200.7	200.8	200.4	200.6	101.3	81.8	200.6	SI	SI	SI
M10-1	1	101.4	100.4	83.2	83.5	83.2	82.2	200.8	201.2	201.2	201.1	100.9	83.0	201.1	SI	SI	SI
	2	101.7	101.6	83.6	83.8	83.4	84.0	201.6	200.6	200.1	200.1	101.7	83.7	200.6	NO	NO	SI
	3	101.8	101.6	83.3	83.6	83.0	83.3	201.5	200.2	201.6	201.0	101.7	83.3	201.1	NO	NO	SI


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.13 Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con material convencional y aditivo

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
		ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENSIONAL-ADOQUIN CON MATERIAL CONVENCIONAL Y ADITIVO (PATRÓN) SIN PET															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.															
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				TOLERANCIA		LARGO(L) 200.0+-1.6 mm			CRITERIO DE DECISION						
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604				DIMENSIONAL		ANCHO(A) 100.0+-1.6 mm		¿CUMPLE LA		SI					
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo				MÁXIMA		ALTO(H) 80.0+-3.2 mm		TOLERANCIA?		NO					
FECHA DE VACIADO :		28/08/2019				FECHA DE ENSAYO		25/09/2019			EDAD EN DÍAS			28			
Código	ADOQUIN N°	Ancho(A)		Altura(H)				Largo(L)				Promedio			CUMPLE TOLERANCIA		
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4	A	H	L	A	H	L
M1-2	1	100.0	100.2	83.0	83.7	83.8	80.7	201.5	200.5	201.1	200.2	100.1	82.8	200.9	SI	SI	SI
	2	101.4	101.3	83.4	83.3	84.0	83.8	200.4	201.3	201.4	201.6	101.4	83.6	201.1	SI	NO	SI
	3	101.4	101.2	83.8	83.1	83.7	83.1	201.3	200.6	201.1	201.6	101.3	83.4	201.2	SI	NO	SI
M2-2	1	100.9	101.2	82.7	82.0	82.2	81.2	200.1	201.6	200.1	200.4	101.0	82.0	200.6	SI	SI	SI
	2	101.6	100.8	82.0	81.1	82.4	80.7	200.3	200.1	200.7	200.7	101.2	81.5	200.5	SI	SI	SI
	3	100.8	100.3	81.6	82.9	82.6	81.6	200.9	200.5	200.2	201.0	100.6	82.2	200.6	SI	SI	SI
M3-2	1	101.2	101.6	81.7	81.5	81.8	81.4	201.5	200.7	201.0	200.2	101.4	81.6	200.8	SI	SI	SI
	2	100.3	100.1	82.7	82.0	82.3	83.0	201.1	201.6	200.6	200.5	100.2	82.5	200.9	SI	SI	SI
	3	100.1	101.4	81.7	81.0	81.8	82.4	201.1	201.5	200.5	201.0	100.7	81.7	201.0	SI	SI	SI
M4-2	1	101.0	100.6	81.4	82.9	81.6	81.2	200.3	200.3	201.5	200.3	100.8	81.8	200.6	SI	SI	SI
	2	101.3	100.1	81.2	81.4	81.9	81.3	201.4	201.3	201.3	201.2	100.7	81.4	201.3	SI	SI	SI
	3	100.2	100.3	82.0	82.0	82.3	82.3	200.1	200.3	201.4	201.5	100.2	82.2	200.8	SI	SI	SI
M5-2	1	101.3	101.2	80.4	82.2	81.8	81.2	200.3	201.2	200.4	201.1	101.2	81.4	200.7	SI	SI	SI
	2	100.8	100.5	82.5	82.2	81.4	81.1	200.9	201.5	200.1	201.3	100.7	81.8	200.9	SI	SI	SI
	3	100.7	101.0	81.2	80.3	80.6	82.3	200.2	200.1	201.1	200.2	100.9	81.1	200.4	SI	SI	SI


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.14 Ensayo de tolerancia dimensional adoquin con sustitucion de PET en tamaño

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniera Civil															
		ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENSIONAL EN ADOQUINES CON PET (PET CON DIFERENTES TAMAÑOS)															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de															
REALIZADO POR :		Bach.Conan Aurelio Páucar Coronado				TOLERANCIA DIMENSIONAL MÁXIMA		Avacucho.LARGO(L) 200.0+1.6 mm		CRITERIO DE DECISION ¿CUMPLE LA TOLERANCIA? SI NO							
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						ANCHO(A) 100.0+-1.6 mm									
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo						ALTO(H) 80.0+-3.2 mm									
FECHA DE VACIADO :		27/09/2019				FECHA DE ENSAYO 25/10/2019				EDAD EN DÍAS			28				
Código	ADOQUIN N°	Ancho(A)		Altura(H)				Largo(L)				Promedio			CUMPLE TOLERANCIA		
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4	A	H	L	A	H	L
M1-PET	1	101.4	100.4	82.2	80.3	82.6	81.6	200.6	201.1	200.6	200.6	100.9	81.7	200.7	SI	SI	SI
	2	100.2	100.3	82.4	81.3	80.0	81.8	201.2	200.4	200.4	201.1	100.3	81.4	200.8	SI	SI	SI
	3	101.0	100.6	82.2	82.8	82.5	83.2	201.3	201.0	200.6	200.2	100.8	82.7	200.8	SI	SI	SI
M2-PET	1	100.2	100.6	81.0	82.9	81.7	80.4	200.0	200.4	200.8	200.3	100.4	81.5	200.4	SI	SI	SI
	2	101.1	101.0	80.6	81.8	81.8	81.4	200.2	200.7	200.5	200.8	101.0	81.4	200.5	SI	SI	SI
	3	101.0	101.0	82.3	82.9	80.5	82.1	201.0	200.3	200.7	200.5	101.0	81.9	200.6	SI	SI	SI
M3-PET	1	100.1	101.1	81.0	82.3	80.7	82.8	201.2	201.5	201.4	200.5	100.6	81.7	201.1	SI	SI	SI
	2	100.5	100.2	81.2	81.9	81.8	82.2	200.1	200.9	201.0	201.1	100.3	81.8	200.8	SI	SI	SI
	3	100.4	101.2	83.0	80.4	82.7	82.2	200.7	201.1	200.7	201.2	100.8	82.1	200.9	SI	SI	SI
M4-PET	1	100.2	101.4	82.2	80.2	80.5	82.6	201.2	200.7	200.3	200.8	100.8	81.4	200.7	SI	SI	SI
	2	100.2	101.0	81.0	80.1	82.3	80.8	201.2	200.5	200.2	200.2	100.6	81.0	200.5	SI	SI	SI
	3	100.7	100.5	81.9	81.7	81.4	82.2	200.1	200.5	201.1	200.9	100.6	81.8	200.7	SI	SI	SI
M5-PET	1	100.5	100.7	80.2	82.6	80.5	81.9	200.2	201.0	201.4	201.3	100.6	81.3	201.0	SI	SI	SI
	2	100.9	101.3	80.2	81.1	82.0	83.2	201.3	201.2	201.0	200.2	101.1	81.6	200.9	SI	SI	SI
	3	100.2	100.7	80.1	81.3	80.6	80.2	200.7	200.2	201.0	200.1	100.4	80.6	200.5	SI	SI	SI
PATRON	1	100.1	100.7	80.5	80.3	80.8	81.5	200.8	200.1	201.0	201.1	100.4	80.8	200.7	SI	SI	SI
	2	100.4	101.3	80.8	82.3	82.0	80.1	200.8	200.2	200.7	200.1	100.9	81.3	200.4	SI	SI	SI
	3	101.3	100.4	80.3	80.1	82.9	81.0	201.4	200.3	200.3	201.1	100.8	81.1	200.8	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia


Tabla D.15 Ensayo de tolerancia dimensional adoquín con sustitución de variando cantidad de PET

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
		ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENSIONAL ADOQUINES CON PET (PETEN EN DIFERENTES CANTIDADES)															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de															
REALIZADO POR :		Bach.Conan Aurelio Páucar Coronado				TOLERANCIA DIMENSIONAL MÁXIMA		Ayacucho. LARGO(L) 200.0+1.6 mm		CRITERIO DE DECISION ¿CUMPLE LA TOLERANCIA?			SI NO				
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						ANCHO(A) 100.0+-1.6 mm									
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Vernier(pie de rey)-mitutoyo						ALTO(H) 80.0+-3.2 mm									
FECHA DE VACIADO :		28/10/2019				FECHA DE ENSAYO 25/11/2019				EDAD EN DÍAS			28				
Código	ADOQUIN N°	Ancho(A)		Altura(H)				Largo(L)				Promedio			CUMPLE TOLERANCIA		
		Sup.	Inf.	1	2	3	4	1	2	3	4	A	H	L	A	H	L
M1- 0% PET	1	101.3	101.0	81.7	80.2	81.6	81.9	200.2	200.6	200.9	200.4	101.2	81.3	200.5	SI	SI	SI
	2	101.4	101.3	83.1	81.7	82.7	81.9	201.4	201.0	200.1	200.3	101.4	82.3	200.7	SI	SI	SI
	3	101.4	101.3	82.8	82.6	81.1	80.9	200.5	201.4	200.2	200.9	101.4	81.8	200.8	SI	SI	SI
M2- 1% PET	1	101.3	100.1	82.0	82.0	81.1	82.8	200.6	200.1	200.6	200.8	100.7	82.0	200.5	SI	SI	SI
	2	100.9	100.6	81.8	80.9	81.5	81.5	200.3	200.2	201.4	200.8	100.7	81.4	200.7	SI	SI	SI
	3	100.4	100.9	81.0	80.0	82.1	80.5	200.9	200.5	201.0	201.1	100.7	80.9	200.9	SI	SI	SI
M3- 2.5% PET	1	101.4	101.5	82.6	80.2	80.3	81.1	201.3	200.3	201.4	200.8	101.5	81.0	200.9	SI	SI	SI
	2	100.7	100.5	81.8	80.5	82.8	81.0	201.2	200.4	200.8	200.2	100.6	81.5	200.6	SI	SI	SI
	3	100.2	101.4	83.0	80.7	81.8	81.7	201.2	200.6	200.0	200.5	100.8	81.8	200.6	SI	SI	SI
M4-5% PET	1	100.8	100.9	82.9	80.5	80.4	82.8	201.3	200.9	201.4	200.5	100.8	81.6	201.0	SI	SI	SI
	2	100.3	101.4	81.5	82.6	82.6	81.7	200.9	200.6	201.5	200.2	100.8	82.1	200.8	SI	SI	SI
	3	100.1	100.0	81.0	81.2	81.7	81.5	201.3	201.0	201.3	200.1	100.0	81.4	200.9	SI	SI	SI
M5- 7.5% PET	1	100.6	101.5	80.5	80.1	82.7	81.8	201.0	201.1	200.2	200.6	101.0	81.3	200.7	SI	SI	SI
	2	100.9	101.2	82.4	82.2	81.3	82.9	200.6	201.0	201.7	200.3	101.1	82.2	200.9	SI	SI	SI
	3	101.1	100.6	82.4	82.0	80.0	82.3	200.1	200.3	201.2	200.2	100.8	81.7	200.4	SI	SI	SI
M6- 10% PET	1	100.3	101.2	80.6	80.5	82.4	80.4	200.3	200.4	200.5	200.5	100.7	81.0	200.4	SI	SI	SI
	2	100.6	100.5	81.3	82.5	80.6	80.8	201.3	200.3	201.3	200.4	100.6	81.3	200.8	SI	SI	SI
	3	100.7	101.2	82.7	82.2	80.7	81.4	200.2	201.4	201.6	200.8	100.9	81.7	201.0	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia


D.3 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines

Tabla D.16 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 7 días con PET en diferentes tamaños

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET (PET EN TAMAÑO)															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.													
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr				peso recibido de la unidad	
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd				peso seco al horno de la unidad	
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws				peso saturado del espécimen	
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con variación de tamaño de PET								Wi				peso sumergido del espécimen	
FECHA DE VACIADO :		28/10/2019				FECHA DE ENSAYO				04/11/2019		EDAD EN DÍAS		7	
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Abosorción (Kg/m3)	Abosorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)		
						Wr	Wd	Ws	Wi						
M1-PET	PAS 1/4"	1	3293.7	3275.7	3551.0	1910.4	3.3284	3.3130	3.5615	1.9369	153.0	7.50	6.2	2039.3	
	RET N°4	2	3384.7	3370.5	3573.0	1961.8									
	3	3306.9	3292.7	3560.5	1938.6										
M2-PET	PAS N°4	1	3410.8	3393.1	3599.0	1996.2	3.4485	3.4326	3.6622	2.0541	142.7	6.69	6.9	2134.6	
	RET N°6	2	3485.4	3471.9	3688.0	2075.1									
	3	3449.4	3432.9	3699.5	2090.9										
M3-PET	PAS N°4	1	3463.7	3451.5	3651.0	2009.9	3.4725	3.4615	3.6795	2.0642	134.9	6.30	5.0	2143.0	
	RET N°6	2	3499.8	3485.2	3688.0	2085.7									
	3	3453.9	3447.9	3699.5	2097.1										
M4-PET	PAS N°8	1	3751.3	3740.9	3911.0	2256.3	3.7467	3.7340	3.9312	2.2390	116.5	5.28	6.4	2206.6	
	RET N°10	2	3755.0	3739.0	3932.0	2235.7									
	3	3733.8	3722.1	3950.5	2225.0										
M5-PET	PAS N°8	1	3748.3	3736.1	3901.0	2249.5	3.7531	3.7380	3.9345	2.2443	116.3	5.26	7.7	2211.6	
	RET N°16	2	3757.5	3743.3	3952.0	2245.7									
	3	3753.5	3734.6	3950.5	2237.7										
PATRON		1	3753.9	3744.4	3941.0	2252.4	3.7500	3.7387	3.9375	2.2528	118.0	5.32	5.7	2219.2	
		2	3736.2	3722.1	3935.0	2256.0									
		3	3759.8	3749.5	3936.5	2250.0									


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.17 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 14 días con PET en diferentes tamaños

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil													
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN TAMAÑO)													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr peso recibido de la unidad			
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd peso seco al horno de la unidad			
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws peso saturado del espécimen			
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con variación de tamaño de PET								Wi peso sumergido del espécimen			
FECHA DE VACIADO :		28/10/2019			FECHA DE ENSAYO			11/11/2019		EDAD EN DÍAS		14	
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)
						Wr	Wd	Ws	Wi				
M1-PET PAS 1/4" RET N°4	1	3295.6	3279.9	3550.9	1911.4	3.3303	3.3153	3.5618	1.9378	151.8	7.44	6.1	2041.5
	2	3384.3	3370.4	3573.9	1962.9								
	3	3310.9	3295.5	3560.5	1939.1								
M2-PET PAS N°4 RET N°6	1	3411.5	3395.0	3596.0	1997.9	3.4493	3.4330	3.6601	2.0553	141.6	6.62	7.2	2139.2
	2	3490.3	3472.6	3685.6	2076.8								
	3	3446.1	3431.3	3698.8	2091.3								
M3-PET PAS N°4 RET N°6	1	3468.1	3453.3	3649.3	2009.9	3.4739	3.4613	3.6775	2.0639	134.0	6.25	5.8	2145.1
	2	3497.3	3482.3	3685.3	2085.6								
	3	3456.4	3448.4	3697.9	2096.3								
M4-PET PAS N°8 RET N°10	1	3754.8	3740.7	3908.0	2256.0	3.7482	3.7354	3.9293	2.2398	114.8	5.19	6.6	2211.0
	2	3757.5	3740.9	3929.4	2236.5								
	3	3732.2	3724.5	3950.5	2227.0								
M5-PET PAS N°8 RET N°16	1	3744.4	3737.4	3899.7	2251.3	3.7512	3.7389	3.9328	2.2456	114.9	5.19	6.4	2216.0
	2	3755.1	3740.9	3949.4	2247.2								
	3	3754.2	3738.3	3949.3	2238.2								
PATRON	1	3757.0	3749.3	3942.3	2253.5	3.7502	3.7403	3.9376	2.2525	117.1	5.28	5.1	2219.6
	2	3732.2	3723.5	3935.5	2255.1								
	3	3761.5	3748.0	3935.0	2248.8								


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.18 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 21 días con PET en diferentes tamaños

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil														
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN TAMAÑO)														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr peso recibido de la unidad				
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd peso seco al horno de la unidad				
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws peso saturado del espécimen				
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con variación de tamaño de PET								Wi peso sumergido del espécimen				
FECHA DE VACIADO :		28/10/2019			FECHA DE ENSAYO			18/11/2019			EDAD EN DÍAS		21	
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)	
						Wr	Wd	Ws	Wi					
M1-PET	PAS 1/4"	1	3303.8	3282.3	3548.3	1911.3	3.3329	3.3102	3.5587	1.9378	153.3	7.51	9.2	2042.2
	RET N°4	2	3384.2	3365.1	3569.6	1963.0								
	3	3310.8	3283.1	3558.1	1939.1									
M2-PET	PAS N°4	1	3411.7	3399.1	3600.1	1998.2	3.4503	3.4360	3.6632	2.0551	141.3	6.61	6.3	2136.7
	RET N°6	2	3490.7	3476.2	3689.2	2075.5								
	3	3448.5	3432.8	3700.3	2091.5									
M3-PET	PAS N°4	1	3467.5	3454.0	3650.0	2009.1	3.4741	3.4629	3.6790	2.0639	133.8	6.24	5.2	2144.0
	RET N°6	2	3496.3	3484.0	3687.0	2085.4								
	3	3458.4	3450.6	3700.1	2097.2									
M4-PET	PAS N°8	1	3751.9	3744.4	3911.7	2257.5	3.7469	3.7367	3.9306	2.2404	114.7	5.19	5.3	2210.8
	RET N°10	2	3757.7	3742.3	3930.8	2236.8								
	3	3731.1	3723.3	3949.3	2227.0									
M5-PET	PAS N°8	1	3744.0	3735.1	3897.4	2251.3	3.7506	3.7385	3.9324	2.2455	115.0	5.19	6.2	2216.1
	RET N°16	2	3754.3	3742.5	3951.0	2248.0								
	3	3753.4	3737.9	3948.9	2237.1									
PATRON		1	3758.2	3748.6	3941.6	2254.8	3.7505	3.7403	3.9372	2.2530	116.9	5.26	5.2	2220.8
		2	3732.5	3723.4	3933.9	2255.6								
		3	3760.9	3749.0	3936.0	2248.5								


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.19 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 28 días con PET en diferentes tamaños

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil													
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN TAMAÑO)													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR :		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr peso recibido de la unidad			
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd peso seco al horno de la unidad			
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws peso saturado del espécimen			
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con variación de tamaño de PET								Wi peso sumergido del espécimen			
FECHA DE VACIADO :		28/10/2019		FECHA DE ENSAYO		25/11/2019		EDAD EN DÍAS		28			
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Absorción (Kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m ³)
						Wr	Wd	Ws	Wi				
M1-PET PAS 1/4" RET N°4	1	3302.5	3289.0	3551.0	1912.0	3.3317	3.3180	3.5615	1.9383	150.0	7.34	5.6	2044.2
	2	3383.0	3369.5	3573.0	1963.0								
	3	3309.5	3295.5	3560.5	1940.0								
M2-PET PAS N°4 RET N°6	1	3409.5	3398.0	3599.0	1998.7	3.4480	3.4350	3.6622	2.0562	141.5	6.61	5.7	2138.9
	2	3488.5	3475.0	3688.0	2077.4								
	3	3446.0	3432.0	3699.5	2092.5								
M3-PET PAS N°4 RET N°6	1	3465.5	3455.0	3651.0	2011.0	3.4720	3.4633	3.6795	2.0650	133.9	6.24	4.0	2145.1
	2	3494.5	3485.0	3688.0	2086.0								
	3	3456.0	3450.0	3699.5	2098.0								
M4-PET PAS N°8 RET N°10	1	3751.8	3743.7	3911.0	2258.0	3.7460	3.7372	3.9312	2.2412	114.8	5.19	4.5	2211.4
	2	3755.2	3743.5	3932.0	2237.5								
	3	3731.0	3724.5	3950.5	2228.0								
M5-PET PAS N°8 RET N°16	1	3743.9	3738.7	3901.0	2252.0	3.7496	3.7406	3.9345	2.2465	114.9	5.18	4.6	2216.0
	2	3752.8	3743.5	3952.0	2248.5								
	3	3752.0	3739.5	3950.5	2239.0								
PATRON	1	3756.0	3748.0	3941.0	2255.0	3.7490	3.7407	3.9375	2.2540	116.9	5.26	4.2	2222.0
	2	3732.0	3724.5	3935.0	2257.0								
	3	3759.0	3749.5	3936.5	2250.0								


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.20 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 7 días

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniera Civil											
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN CANTIDAD)													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR :		Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR		Wr peso recibido de la unidad					
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						Wd peso seco al horno de la unidad					
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica						Ws peso saturado del espécimen					
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con diferentes cantidades de PET						Wi peso sumergido del espécimen					
FECHA DE VACIADO :		27/08/2019			FECHA DE ENSAYO			04/09/2019		EDAD EN DÍAS		7	
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Aborción (Kg/m3)	Aborción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)
						Wr	Wd	Ws	Wi				
M1 0%PET	1	3846.1	3829.5	4016.5	2383.6	3.8275	3.8113	4.0081	2.3446	118.3	5.16	8.2	2291.1
	2	3815.2	3800.4	4010.9	2330.3								
	3	3821.3	3804.0	3997.0	2319.9								
M2 1%PET	1	3820.6	3806.5	4014.5	2302.4	3.8247	3.8103	4.0049	2.3145	115.1	5.11	7.4	2254.1
	2	3828.1	3813.6	4022.1	2324.4								
	3	3825.4	3810.8	3978.1	2316.7								
M3 2.5%PET	1	3815.9	3802.3	4028.3	2300.7	3.8174	3.8036	3.9982	2.3100	115.3	5.12	7.1	2253.0
	2	3824.3	3811.9	4000.4	2298.7								
	3	3812.0	3796.6	3965.9	2330.5								
M4 5%PET	1	3708.2	3690.5	3920.0	2256.1	3.7202	3.7015	3.9220	2.2480	131.7	5.96	8.5	2211.2
	2	3721.6	3703.5	3949.5	2228.3								
	3	3730.9	3710.4	3896.4	2259.6								
M5 7.5%PET	1	3663.8	3647.2	3964.7	2229.3	3.6858	3.6683	3.9355	2.2489	158.4	7.28	6.6	2175.0
	2	3737.1	3719.1	3992.1	2303.7								
	3	3656.6	3638.6	3849.6	2213.7								
M6 10%PET	1	3619.9	3608.5	3894.5	2178.3	3.6204	3.6067	3.8962	2.2209	172.8	8.03	4.7	2152.9
	2	3618.0	3603.8	3872.3	2237.5								
	3	3623.2	3607.8	3921.8	2246.9								


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.21 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 14 días

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN CANTIDAD)															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.													
REALIZADO POR		Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr				peso recibido de la unidad	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd				peso seco al horno de la unidad	
EQUIPO DE MEDICIÓN		Balanza electrónica								Ws				peso saturado del espécimen	
UNIDAD ANALIZADA		Adoquines con diferentes cantidades de PET								Wi				peso sumergido del espécimen	
FECHA DE VACIADO		27/08/2019			FECHA DE ENSAYO			11/09/2019			EDAD EN DÍAS		14		
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)		
						Wr	Wd	Ws	Wi						
M1	0%PET	1	3843.9	3828.4	4015.4	2385.5	3.8234	3.8123	4.0091	2.3462	118.4	5.16	5.7	2292.6	
	2	3809.1	3799.7	4010.2	2331.2										
	3	3817.3	3808.7	4001.7	2322.0										
M2	1%PET	1	3817.6	3805.9	4013.9	2305.2	3.8224	3.8103	4.0049	2.3152	115.2	5.11	6.2	2255.0	
	2	3824.8	3814.3	4022.8	2323.6										
	3	3824.8	3810.7	3978.0	2316.8										
M3	2.5%PET	1	3814.7	3799.1	4025.1	2302.0	3.8154	3.8032	3.9978	2.3102	115.3	5.12	6.3	2253.6	
	2	3824.9	3813.2	4001.7	2298.3										
	3	3806.6	3797.3	3966.6	2330.3										
M4	5%PET	1	3706.8	3687.0	3914.5	2256.8	3.7153	3.7013	3.9212	2.2489	131.5	5.94	6.4	2213.4	
	2	3714.7	3706.0	3952.0	2228.5										
	3	3724.4	3711.0	3897.0	2261.5										
M5	7.5%PET	1	3662.9	3650.8	3966.3	2228.4	3.6815	3.6705	3.9370	2.2493	157.9	7.26	4.1	2174.8	
	2	3728.6	3720.2	3993.2	2304.8										
	3	3653.0	3640.6	3851.6	2214.6										
M6	10%PET	1	3625.3	3609.5	3895.5	2172.9	3.6224	3.6081	3.8976	2.2234	172.9	8.02	5.0	2155.1	
	2	3618.1	3605.7	3874.2	2220.6										
	3	3623.8	3609.0	3923.0	2276.6										


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.22 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 21 días

 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil															
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN CANTIDAD)															
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.													
REALIZADO POR :		Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr				peso recibido de la unidad	
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd				peso seco al horno de la unidad	
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws				peso saturado del espécimen	
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con diferentes cantidades de PET								Wi				peso sumergido del espécimen	
FECHA DE VACIADO :		27/08/2019			FECHA DE ENSAYO			18/09/2019			EDAD EN DÍAS		21		
Código	ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Contenido de Hum.	Densidad (Kg/m3)		
						Wr	Wd	Ws	Wi						
M1	0%PET	1	3840.7	3827.3	4014.3	2385.7	3.8240	3.8105	4.0073	2.3466	118.5	5.17	6.9	2294.4	
	2	3813.0	3798.0	4008.5	2331.3										
	3	3818.4	3806.2	3999.2	2322.7										
M2	1%PET	1	3818.0	3804.8	4012.8	2308.1	3.8234	3.8094	4.0040	2.3157	115.3	5.11	7.2	2256.4	
	2	3829.7	3815.9	4024.4	2324.0										
	3	3822.6	3807.4	3974.7	2315.0										
M3	2.5%PET	1	3812.6	3799.0	4025.0	2302.2	3.8146	3.8007	3.9953	2.3122	115.6	5.12	7.2	2258.1	
	2	3822.9	3809.4	3997.9	2298.5										
	3	3808.4	3793.7	3963.0	2335.8										
M4	5%PET	1	3706.6	3691.4	3926.5	2259.7	3.7176	3.7033	3.9258	2.2525	133.0	6.01	6.5	2213.2	
	2	3721.7	3705.2	3951.6	2229.7										
	3	3724.6	3713.2	3899.2	2268.0										
M5	7.5%PET	1	3662.6	3648.8	3963.3	2229.1	3.6815	3.6701	3.9372	2.2497	158.3	7.28	4.3	2174.8	
	2	3727.0	3718.5	3994.5	2303.8										
	3	3654.8	3642.9	3853.9	2216.1										
M6	10%PET	1	3626.5	3608.5	3894.5	2170.9	3.6208	3.6077	3.8972	2.2275	173.4	8.02	4.5	2160.7	
	2	3616.3	3606.1	3874.6	2260.3										
	3	3619.7	3608.5	3922.5	2251.3										

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.23 Humedad natural, Absorción y densidad de adoquines a los 28 días

		Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil													
		ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE ADOQUINES CON PET(PET EN CANTIDAD)													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.													
REALIZADO POR :		Conan Aurelio Páucar Coronado				DATOS A MEDIR				Wr peso recibido de la unidad					
NORMA :		Norma Técnica Peruana NTP 399.604								Wd peso seco al horno de la unidad					
EQUIPO DE MEDICIÓN :		Balanza electrónica								Ws peso saturado del espécimen					
UNIDAD ANALIZADA :		Adoquines con diferentes cantidades de PET								Wi peso sumergido del espécimen					
FECHA DE VACIADO :		27/08/2019			FECHA DE ENSAYO			25/09/2019			EDAD EN DÍAS		28		
Código		ADOQUIN N°	Wr (g)	Wd (g)	Ws (g)	Wi (g)	PROMEDIO				Abosorción (Kg/m3)	Abosorción (%)	Contenido de Hum. de Hum.	Densidad (Kg/m3)	
							Wr	Wd	Ws	Wi					
M1		0%PET	1	3840.4	3829.4	4016.4	2386.1	3.8217	3.8127	4.0095	2.3471	118.4	5.16	4.6	2293.5
			2	3809.4	3800.4	4010.9	2332.4								
			3	3815.3	3808.3	4001.3	2322.9								
M2		1%PET	1	3815.2	3807.2	4015.2	2313.2	3.8215	3.8115	4.0061	2.3198	115.4	5.11	5.1	2260.3
			2	3826.0	3816.0	4024.5	2329.2								
			3	3823.2	3811.2	3978.5	2317.0								
M3		2.5%PET	1	3809.8	3801.8	4027.8	2313.7	3.8125	3.8031	3.9977	2.3145	115.6	5.12	4.8	2259.4
			2	3821.4	3811.4	3999.9	2298.7								
			3	3806.2	3796.2	3965.5	2331.1								
M4		5%PET	1	3704.6	3690.0	3919.5	2257.8	3.7133	3.7027	3.9232	2.2524	132.0	5.96	4.8	2216.1
			2	3716.0	3707.0	3953.0	2237.7								
			3	3719.2	3711.2	3897.2	2261.8								
M5		7.5%PET	1	3665.2	3654.2	3967.7	2230.1	3.6832	3.6722	3.9381	2.2511	157.6	7.24	4.1	2176.8
			2	3731.2	3719.2	3992.2	2307.0								
			3	3653.3	3643.3	3854.3	2216.1								
M6		10%PET	1	3619.0	3611.0	3897.0	2215.4	3.6200	3.6100	3.8995	2.2319	173.6	8.02	3.5	2164.7
			2	3620.1	3608.1	3876.6	2298.9								
			3	3621.0	3611.0	3925.0	2181.3								

Fuente: Elaboración propia

D.4 Resistencia a la compresión

Tabla D.24 Resistencia a compresión de adoquines con materiales convencionales a los 28 días

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN- PATRÓN-CON AGREGADOS CONVENSIONALES													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm		
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm		
FACTOR :		1KN	equivale	101.97Kgf							ALTO(H)		8cm
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2	
M1-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.01	8.28	20.09	407.68	41571.13	201.05	206.77	204.11	
	2				10.14	8.36	20.11	384.3	39187.07	203.85	192.23		
	3				10.13	8.34	20.12	426.34	43473.89	203.79	213.33		
M2-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.10	8.20	20.06	650.37	66318.23	202.64	327.27	307.51	
	2				10.12	8.15	20.05	570.13	58136.16	202.87	286.56		
	3				10.06	8.22	20.06	610.79	62282.26	201.76	308.70		
M3-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.04	8.16	20.08	814.65	83069.86	201.66	411.93	413.95	
	2				10.02	8.25	20.09	790.41	80598.11	201.35	400.29		
	3				10.07	8.17	20.10	853.28	87008.96	202.53	429.61		
M4-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.09	8.18	20.33	746.22	76092.05	205.09	371.02	417.51	
	2				10.17	8.14	20.13	895.7	91334.53	204.65	446.29		
	3				10.17	8.22	20.08	871.55	88871.95	204.20	435.22		
M5-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.14	8.14	20.07	850.91	86767.29	203.49	426.40	432.36	
	2				10.17	8.18	20.34	854.37	87120.11	206.97	420.94		
	3				10.11	8.11	20.04	893.35	91094.90	202.55	449.74		

Fuente: Elaboración propia




ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN- PATRÓN-CON AGREGADOS CONVENSIONALES

PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm			
FACTOR :		1KN	equivale	101.97Kgf							ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2		
M6-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.07	8.18	20.07	951.5	97024.46	202.14	479.98	505.43		
	2				10.08	8.16	20.02	1050.6	107129.68	201.73	531.05			
	3				10.09	8.21	20.04	1001.9	102166.80	202.20	505.27			
M7-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.07	8.34	20.10	1210	123383.70	202.50	609.30	559.86		
	2				10.09	8.14	20.07	1111.5	113339.66	202.39	560.01			
	3				10.07	8.33	20.07	1011.3	103120.22	202.09	510.27			
M8-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.15	8.22	20.07	1038.3	105875.45	203.75	519.63	517.64		
	2				10.09	8.13	20.10	1011.2	103112.06	202.81	508.41			
	3				10.13	8.13	20.11	1048.8	106945.12	203.76	524.87			
M9-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.09	8.10	20.08	1179.9	120314.40	202.50	594.14	515.98		
	2				10.08	8.15	20.07	870.3	88744.49	202.21	438.88			
	3				10.13	8.18	20.06	1026	104622.24	203.18	514.93			
M10-1	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.09	8.30	20.11	825.23	84148.70	202.88	414.77	418.96		
	2				10.17	8.37	20.06	848.68	86539.90	203.92	424.38			
	3				10.17	8.33	20.11	837.69	85419.25	204.49	417.72			


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.25 Resistencia a compresión de adoquines con materiales convencionales y aditivo a los 28 días

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN- PATRÓN-CON AGREGADOS CONVENSIONALES Y ADITIVO													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado						DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm	
FACTOR		1KN		equivale		101.97Kgf				ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	AREA (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2	
M1-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.01	8.28	20.09	866.25	88331.51	201.05	439.36	443.58	
	2				10.14	8.36	20.11	898.55	91625.14	203.85	449.47		
	3				10.13	8.34	20.12	883.18	90057.86	203.79	441.92		
M2-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.10	8.20	20.06	899.81	91753.63	202.64	452.79	448.57	
	2				10.12	8.15	20.05	880.57	89791.72	202.87	442.60		
	3				10.06	8.22	20.06	890.98	90853.23	201.76	450.31		
M3-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.14	8.16	20.08	1058.7	107955.64	203.67	530.06	511.76	
	2				10.02	8.25	20.09	980.35	99966.29	201.35	496.49		
	3				10.07	8.17	20.10	1010.41	103031.51	202.53	508.72		
M4-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.08	8.18	20.06	1160.3	118315.79	202.20	585.13	542.80	
	2				10.07	8.14	20.13	976.58	99581.86	202.67	491.35		
	3				10.02	8.22	20.08	1089.38	111084.08	201.27	551.92		
M5-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.12	8.14	20.07	1145.9	116847.42	203.21	575.02	551.12	
	2				10.07	8.18	20.09	1045.25	106584.14	202.24	527.01		
	3				10.09	8.11	20.04	1092.71	111423.64	202.10	551.33		
M6-2	1	28/08/2019	25/09/2019	28	10.12	8.14	20.07	1137.4	115980.68	203.21	570.75	563.48	
	2				10.07	8.18	20.09	1121.25	114333.86	202.24	565.33		
	3				10.09	8.11	20.04	1098.71	112035.46	202.10	554.35		


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.26 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 7 días

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOQUINES CON PET-PET CON DIFERENTES TAMANOS													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado						DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm	
FACTOR		1KN		equivale		101.97Kgf				ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²	
PATRON	1	27/09/2019	04/10/2019	7	10.09	8.17	20.07	643.12	65578.46	202.48	323.87	319.75	
	2				10.03	8.14	20.08	614.26	62635.74	201.29	311.17		
	3				10.08	8.27	20.08	643.16	65583.20	202.29	324.21		
PAS 1/4" RET N°4	1	27/09/2019	04/10/2019	7	10.04	8.15	20.04	453.82	46275.54	201.13	230.08	237.21	
	2				10.10	8.14	20.05	475.52	48488.97	202.58	239.36		
	3				10.10	8.19	20.06	481.29	49077.42	202.65	242.17		
PAS N°4 RET N°6	1	27/09/2019	04/10/2019	7	10.06	8.17	20.11	421.51	42981.51	202.29	212.47	249.41	
	2				10.03	8.18	20.08	511.41	52148.12	201.48	258.82		
	3				10.08	8.21	20.09	550.00	56083.70	202.52	276.93		
PAS N°6 RET N°8	1	27/09/2019	11/10/2019	7	10.08	8.14	20.07	606.99	61895.04	202.33	305.91	306.86	
	2				10.06	8.10	20.05	609.72	62173.00	201.67	308.30		
	3				10.06	8.18	20.07	606.40	61834.28	201.83	306.37		
PAS N°8 RET N°10	1	27/09/2019	11/10/2019	7	10.06	8.13	20.10	653.72	66659.99	202.22	329.64	337.70	
	2				10.11	8.16	20.09	694.95	70863.80	203.07	348.95		
	3				10.04	8.06	20.05	660.36	67337.03	201.30	334.50		
PAS N°10 RET N°16	1	27/09/2019	11/10/2019	7	10.04	8.08	20.07	676.88	69021.33	201.52	342.50	332.11	
	2				10.09	8.13	20.04	647.94	66070.44	202.22	326.73		
	3				10.08	8.11	20.08	649.29	66207.89	202.40	327.11		


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.27 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 14 días

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET CON DIFERENTES TAMAÑOS														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm			
FACTOR		1KN	equivale	101.97Kgf								ALTO(H)		8cm
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2		
					A	H	L							
PATRON	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.05	8.08	20.07	832.63	84903.00	201.68	420.98	423.30		
	2				10.03	8.07	20.02	833.56	84998.25	200.78	423.34			
	3				10.00	8.19	20.08	837.55	85404.87	200.68	425.57			
PAS 1/4" RET N°4	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.01	8.08	20.01	722.69	73692.66	200.24	368.02	357.05		
	2				10.03	8.07	20.13	689.74	70332.61	201.94	348.28			
	3				10.10	8.16	20.01	703.37	71722.33	202.12	354.85			
PAS N°4 RET N°6	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.00	8.16	20.11	603.86	61575.84	201.08	306.22	351.53		
	2				10.01	8.11	19.98	715.97	73007.37	199.99	365.06			
	3				10.04	8.18	20.04	756.36	77126.53	201.21	383.31			
PAS N°6 RET N°8	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.03	8.06	20.07	841.67	85825.09	201.29	426.37	416.11		
	2				10.04	8.01	20.08	810.12	82608.15	201.56	409.84			
	3				10.02	8.13	20.02	810.41	82637.44	200.52	412.11			
PAS N°8 RET N°10	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.01	8.05	20.09	882.74	90012.92	201.12	447.56	448.30		
	2				10.07	8.08	20.04	907.71	92559.02	201.77	458.74			
	3				10.01	8.01	20.02	861.97	87894.75	200.40	438.59			
PAS N°10 RET N°16	1	27/09/2019	11/10/2019	14	10.02	8.05	20.04	925.21	94343.40	200.82	469.79	459.35		
	2				10.06	8.03	20.06	941.67	96022.38	201.77	475.89			
	3				10.04	8.01	20.05	853.52	87033.84	201.30	432.36			


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.28 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 21 días

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET CON DIFERENTES TAMAÑOS														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm			
FACTOR		1KN	equivale	101.97Kgf							ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2		
					A	H	L							
PATRON	1	27/09/2019	18/10/2019	21	10.07	8.13	20.03	947.86	96652.88	201.68	479.25	482.31		
	2				10.00	8.04	20.02	958.44	97732.45	200.09	488.45			
	3				10.02	8.24	20.01	942.31	96087.02	200.50	479.24			
PAS 1/4" RET N°4	1	27/09/2019	18/10/2019	21	10.07	8.11	20.02	674.61	68789.94	201.59	341.24	359.84		
	2				10.10	8.11	20.08	717.52	73165.69	202.85	360.69			
	3				10.01	8.19	20.04	742.88	75751.68	200.63	377.57			
PAS N°4 RET N°6	1	27/09/2019	18/10/2019	21	10.12	8.15	20.05	671.19	68441.44	202.95	337.23	383.11		
	2				10.11	8.16	20.07	761.49	77648.93	202.90	382.70			
	3				10.03	8.11	20.01	845.19	86184.09	200.71	429.40			
PAS N°6 RET N°8	1	27/09/2019	18/10/2019	21	10.25	8.13	20.04	927.82	94609.54	205.41	460.59	453.61		
	2				10.03	8.03	20.02	876.29	89355.61	200.80	444.99			
	3				10.11	8.18	20.00	902.54	92032.41	202.15	455.26			
PAS N°8 RET N°10	1	27/09/2019	11/10/2019	21	10.01	8.11	20.04	1013.91	103388.77	200.62	515.35	497.77		
	2				10.20	8.13	20.06	993.24	101280.72	204.63	494.95			
	3				10.01	8.01	20.02	949.40	96810.09	200.43	483.01			
PAS N°10 RET N°16	1	27/09/2019	11/10/2019	21	10.07	8.07	20.02	987.03	100647.20	201.64	499.15	494.47		
	2				10.09	8.12	20.03	994.59	101418.13	202.07	501.89			
	3				10.00	8.07	20.04	948.02	96669.73	200.40	482.39			


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.29 Resistencia a compresión de adoquines con PET con diferentes tamaños a los 28 días

 ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES												
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET CON DIFERENTES TAMAÑOS												
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.										
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm	
FACTOR		1KN	equivale	101.97Kgf					ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm2)	ESFUERZO Kgf/cm2	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm2
A	H	L										
PATRON	1	27/09/2019	25/10/2019	28	10.05	8.11	20.01	1019.2	103927.82	201.04	516.95	511.67
	2				10.03	8.10	20.06	1015.3	103530.14	201.18	514.62	
	3				10.10	8.19	20.00	997.15	101679.39	201.96	503.46	
PAS 1/4" RET N°4	1	27/09/2019	25/10/2019	28	10.01	8.07	20.03	719.2	73336.82	200.50	365.77	385.31
	2				10.10	8.14	20.02	770.7	78588.28	202.27	388.53	
	3				10.00	8.12	20.06	790.3	80586.89	200.65	401.63	
PAS N°4 RET N°6	1	27/09/2019	25/10/2019	28	10.03	8.16	20.02	701.35	71516.66	200.85	356.08	412.83
	2				10.01	8.13	20.05	845.3	86195.24	200.78	429.30	
	3				10.07	8.16	20.05	897.23	91490.54	201.91	453.12	
PAS N°6 RET N°8	1	27/09/2019	25/10/2019	28	10.02	8.13	20.02	990.2	100970.69	200.63	503.27	486.41
	2				10.05	8.08	20.01	945.3	96392.24	201.06	479.42	
	3				10.06	8.11	20.00	940.15	95867.10	201.17	476.55	
PAS N°8 RET N°10	1	27/09/2019	11/10/2019	28	10.06	8.05	20.05	1075.2	109638.14	201.72	543.52	534.69
	2				10.07	8.06	20.09	1069.2	109021.23	202.27	538.99	
	3				10.05	7.97	20.01	1028.6	104886.34	201.10	521.56	
PAS N°10 RET N°16	1	27/09/2019	11/10/2019	28	10.08	7.99	20.05	1047.8	106844.17	202.14	528.56	529.97
	2				10.00	8.08	20.11	1079.9	110117.40	201.07	547.66	
	3				10.06	8.08	20.05	1016.1	103611.72	201.70	513.68	


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.30 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 7 días

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES												
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET EN DIFERENTES CANTIDADES														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm			
FACTOR CONVERSION		1KN	equivale	101.97Kgf								ALTO(H)		8cm
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²		
0.0%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.14	8.36	20.11	677.98	69133.52	203.85	339.14	349.57		
	2				10.13	8.34	20.12	695.60	70930.15	203.79	354.65			
	3				10.10	8.20	20.06	696.12	70983.54	202.64	354.92			
1.0%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.12	8.15	20.05	690.49	70408.91	202.87	352.04	349.90		
	2				10.06	8.22	20.06	687.84	70138.64	201.76	350.69			
	3				10.04	8.16	20.08	680.51	69391.31	201.66	346.96			
2.5%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.02	8.25	20.09	737.14	75166.24	201.35	375.83	371.15		
	2				10.07	8.17	20.10	717.16	73128.64	202.53	365.64			
	3				10.09	8.18	20.33	729.56	74393.18	205.09	371.97			
5.0%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.17	8.14	20.13	639.72	65232.74	204.65	326.16	336.56		
	2				10.17	8.22	20.08	690.61	70421.04	204.20	352.11			
	3				10.14	8.14	20.07	650.02	66283.01	203.49	331.42			
7.5%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.17	8.18	20.34	601.32	61316.68	206.97	306.58	275.31		
	2				10.11	8.11	20.04	517.98	52818.51	202.55	264.09			
	3				10.07	8.18	20.07	500.64	51050.34	202.14	255.25			
10.0%PET	1	28/10/2019	04/11/2019	7	10.08	8.16	20.02	468.69	47792.77	201.73	238.96	249.31		
	2				10.09	8.21	20.04	522.82	53312.09	202.20	266.56			
	3				10.07	8.34	20.10	475.44	48480.37	202.50	242.40			


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.31 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 14 días

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES												
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET EN DIFERENTES CANTIDADES														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado					DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604					PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm			
FACTOR CONVERSION		1KN	equivale a	101.97Kgf								ALTO(H)		8cm
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²		
0.0%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.14	8.36	20.11	919.89	93800.88	203.85	460.15	463.85		
	2				10.13	8.34	20.12	905.67	92351.27	203.79	453.17			
	3				10.10	8.20	20.06	950.35	96907.00	202.64	478.22			
1.0%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.12	8.15	20.05	924.89	94310.77	202.87	464.88	475.54		
	2				10.06	8.22	20.06	970.86	98998.96	201.76	490.69			
	3				10.04	8.16	20.08	931.56	94990.93	201.66	471.05			
2.5%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.02	8.25	20.09	942.72	96129.39	201.35	477.43	483.99		
	2				10.07	8.17	20.10	986.54	100597.24	202.53	496.70			
	3				10.09	8.18	20.33	961.08	98000.84	205.09	477.85			
5.0%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.17	8.14	20.13	920.63	93876.60	204.65	458.71	449.91		
	2				10.17	8.22	20.08	920.10	93822.50	204.20	459.47			
	3				10.14	8.14	20.07	861.21	87817.11	203.49	431.56			
7.5%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.17	8.18	20.34	770.59	78576.89	206.97	379.66	364.79		
	2				10.11	8.11	20.04	696.74	71046.41	202.55	350.76			
	3				10.07	8.18	20.07	721.49	73570.05	202.14	363.95			
10.0%PET	1	28/10/2019	11/11/2019	14	10.08	8.16	20.02	678.43	69179.84	201.73	342.93	333.24		
	2				10.09	8.21	20.04	679.59	69297.47	202.20	342.72			
	3				10.07	8.34	20.10	623.73	63601.99	202.50	314.08			


Fuente: Elaboración propia

Tabla D.32 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 21 días

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET EN DIFERENTES CANTIDADES													
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.											
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado						DATOS DEL ADOQUÍN		LARGO(L)		20cm	
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						PROMEDIO		ANCHO(A)		10cm	
FACTOR CONVERSION		1KN		equivale		101.97Kgf				ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²	
0.0%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.14	8.36	20.11	987.79	100725.05	203.85	494.11	502.83	
	2				10.13	8.34	20.12	990.34	100985.30	203.79	495.54		
	3				10.10	8.20	20.06	1031.09	105140.20	202.64	518.85		
1.0%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.12	8.15	20.05	1088.80	111024.96	202.87	547.26	528.18	
	2				10.06	8.22	20.06	1049.80	107047.66	201.76	530.58		
	3				10.04	8.16	20.08	1002.07	102180.61	201.66	506.70		
2.5%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.02	8.25	20.09	1089.24	111069.99	201.35	551.63	535.95	
	2				10.07	8.17	20.10	1052.35	107308.33	202.53	529.84		
	3				10.09	8.18	20.33	1058.71	107956.62	205.09	526.39		
5.0%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.17	8.14	20.13	917.57	93565.06	204.65	457.19	480.98	
	2				10.17	8.22	20.08	1012.53	103248.08	204.20	505.63		
	3				10.14	8.14	20.07	958.14	97701.91	203.49	480.14		
7.5%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.17	8.18	20.34	873.46	89066.52	206.97	430.34	405.55	
	2				10.11	8.11	20.04	784.87	80033.19	202.55	395.12		
	3				10.07	8.18	20.07	775.45	79072.99	202.14	391.17		
10.0%PET	1	28/10/2019	18/11/2019	21	10.08	8.16	20.02	705.69	71959.39	201.73	356.71	364.92	
	2				10.09	8.21	20.04	744.23	75889.38	202.20	375.32		
	3				10.07	8.34	20.10	720.35	73454.09	202.50	362.74		

Fuente: Elaboración propia

Tabla D.33 Resistencia a compresión de adoquines con PET en diferentes proporciones a los 28 días

		ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL, EJECUCIÓN SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES Y PERITAJES												
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON PET-PET EN DIFERENTES CANTIDADES														
PROYECTO:		Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho.												
REALIZADO POR		Bach. Conan Aurelio Páucar Coronado						DATOS DEL ADOQUÍN	LARGO(L)		20cm			
NORMA		Norma Técnica Peruana NTP 399.604						PROMEDIO	ANCHO(A)		10cm			
FACTOR CONVERSION		1KN	equivale	101.97Kgf							ALTO(H)		8cm	
CÓDIGO MUESTRA	ADOQUIN N°	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	DIMENSIONES (cm)			CARGA EN KN	CARGA Kgf	Area (cm ²)	ESFUERZO Kgf/cm ²	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²		
0.0%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.09	8.17	20.07	1061	108190.17	202.48	534.32	542.43		
	2				10.03	8.14	20.08	1071.8	109291.45	201.29	542.96			
	3				10.08	8.27	20.08	1091.1	111259.47	202.29	550.00			
1.0%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.04	8.15	20.04	1141.3	116378.36	201.13	578.63	561.26		
	2				10.10	8.14	20.05	1127.6	114981.37	202.58	567.60			
	3				10.10	8.19	20.06	1068.3	108934.55	202.65	537.54			
2.5%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.06	8.17	20.11	1135.81	115818.55	202.29	572.53	568.55		
	2				10.03	8.18	20.08	1113.6	113553.79	201.48	563.59			
	3				10.08	8.21	20.09	1131.1	115338.27	202.52	569.52			
5.0%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.08	8.14	20.07	1025.2	104539.64	202.33	516.67	524.79		
	2				10.06	8.10	20.05	1062.47	108340.07	201.67	537.23			
	3				10.06	8.18	20.07	1030.15	105044.40	201.83	520.47			
7.5%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.06	8.13	20.10	935.18	95360.30	202.22	471.56	436.53		
	2				10.11	8.16	20.09	831.43	84780.92	203.07	417.49			
	3				10.04	8.06	20.05	830.25	84660.59	201.30	420.56			
10.0%PET	1	28/10/2019	25/11/2019	28	10.04	8.08	20.07	757.18	77209.64	201.52	383.14	388.68		
	2				10.09	8.13	20.04	808.07	82398.90	202.22	407.47			
	3				10.08	8.11	20.08	745.2	75988.04	202.40	375.43			

Fuente: Elaboración propia

Anexo E

Fotografías

E.5 Elaboración de adoquines



Figura E.4 Batido de materiales en la mezcladora, el batido de los agregados en la mezcladora se realiza aproximadamente por 10 minutos, echando a la mezcladora primero los agregados junto con el cemento y dejar batir por 1 minuto, luego se agrega el agua con el aditivo de manera paulatina y se deja batir por un promedio de 10 minutos hasta que forme una pasta uniforme sin grumos.

Fuente: Elaboración propia



Figura E.5 Transporte de la mezcla

La mezcla se transporta en una carretilla, la cual debe estar libre de impurezas y cercana a la adoquinera para su posterior procesado.

Fuente: Elaboración propia



Figura E.6 Vaciado de mezcla en la adoquinera

El vaciado de la mezcla se realiza de manera manual mediante herramientas como la pala y se distribuye uniformemente sobre los moldes.

Fuente: Elaboración propia



Figura E.7 Acabado superficial

Se realiza un acabado superficial para que el adoquín quede uniforme en la parte de rodadura del adoquín mediante un fortacho cuadrado.

Fuente: Elaboración propia



Figura E.8 Acomodo de la compactadora

Manualmente se Acomoda la compactadora en su posición sobre el molde y la mezcla y luego se aplica el compactado mediante las palancas de mando hidráulico

Fuente: Elaboración propia



Figura E.9 Vibrado y compactado

Mediante las palancas de mando se activa la vibradora y se compacta, luego de 50 segundos aproximadamente se apaga la vibradora y luego se desmolda el adoquín

Fuente: Elaboración propia



Figura E.10 Desmoldado

Mediante las palancas de mando se sube el compactador y suavemente el molde para que finalmente el adoquín quede sobre la placa de madera como producto terminado

Fuente: Elaboración propia

E.6 Ensayo de rotura del adoquín



Figura E.11 Rotura de adoquines

Para el proceso de rotura se ponen 2 placas metálicas de 1" de espesor cada uno en ambas caras de apoyo del adoquín.

Fuente: Elaboración propia



Figura E.12 influencia del tamaño de PET en los adoquines.

Se puede apreciar que a mayor tamaño de PET se generan vacíos en los adoquines, la cual lo hace muy poroso

Fuente: Elaboración propia



Figura E.13 Influencia del tamaño de PET en adoquines

Se puede apreciar que a menor tamaño, pero en la misma cantidad de PET, el PET no se aprecia tanto como con PET de gran tamaño

Fuente: Elaboración propia



Figura E.14 Adherencia del PET en el adoquín

Los PET a tamaños pasantes la malla N° 8 y a una proporción de 2% tienen mejor adherencia y comportamiento en los adoquines.

Fuente: Elaboración propia