



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Uso de material pet en la elaboración de adoquines de  
concreto para pavimentos de transito medio. Piura. 2020”**

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

**AUTORES:**

Fernández Cubas, Diana Ghaireth (ORCID: 0000-0001-8230-3600)

Rojas Carlos, Karen Mireli (ORCID: 0000-0002-5048-4192)

**ASESORA:**

Mg. Saldarriaga Castillo, María Del Rosario (ORCID: 0000-0002-0566-6827)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A Dios y mis abuelos porque nunca me dejan sola y siempre estar presentes en cada momento de mi vida. A mis padres y hermana por su amor, paciencia y sacrificio infinito para poder lograr cada una de mis metas, por inculcar en mí buenos valores y ser mi ejemplo a seguir. A cada uno de mis familiares, tíos, tías, primos y primas por su apoyo incondicional y desinteresado; y a cada una de las personas que me rodean y rodearon en el transcurso de mi formación tanto personal como profesional, aportando de manera positiva en mi vida; y a mi amiga y compañera de tesis con la cual he compartido muchas anécdotas y emprendido muchas de las aventuras siempre con miras a futuro, siendo uno de ellos la culminación de nuestro proyecto de investigación.

Por Fernández Cubas Diana Ghaireth

A Dios, porque guía nuestro camino y por permitirme seguir siempre adelante a pesar de las circunstancias de la vida. A mis padres por su amor incondicional, por estar instruyendo buenos valores en mi persona y por el apoyo que me brindan para poder culminar una de mis metas. A mis hermanos pues son mi inspiración y motivación para salir adelante, ellos son lo más valioso que Dios me ha dado, a cada uno de mis docentes que nos enseñaron en el transcurso de la carrera profesional, y a mi amiga y compañera de tesis, ella es una de mis mejores amigas, compartiendo momentos de felicidad, tristeza, pero siempre apoyándonos moralmente con metas hacía el futuro y para nuestra de ello es este proyecto de investigación.

Por Rojas Carlos Karen Mireli

## **Agradecimiento**

A Dios por permitirnos seguir con vida y cuidarnos a cada uno de nosotros, a nuestros abuelos por todas las cosas que me enseñaron. A nuestros padres y hermanos(as) por ser ellos el gran pilar de nuestras vidas, por su apoyo incondicional y el gran sacrificio que hacen para que podamos cumplir nuestras metas, a ellos infinitas gracias. A cada uno de nuestros familiares y amigos por sus buenos consejos, su compañía, y su gratitud, así como también por el apoyo desinteresado. A cada uno de los docentes, que con su formación profesional y experiencia aportaron mucho en nuestra formación académico profesional. De manera especial a la asesora Mg. Saldarriaga Castillo María del Rosario, por el tiempo dedicado en la orientación desde el inicio de nuestro proyecto de investigación hasta su culminación. A todos ellos miles de gracias por siempre estar a nuestro lado aportando de buena manera en nuestras vidas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| Carátula.....  | i    |
| Dedicatoria .....  | ii   |
| Agradecimiento .....                                     | iii  |
| Índice de contenidos .....                               | iv   |
| Índice de tablas .....                                   | v    |
| Índice de figuras .....                                  | vii  |
| Resumen .....  | viii |
| Abstract .....   | ix   |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                     | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                   | 7    |
| III. METODOLOGÍA.....                                    | 18   |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación. ....                 | 18   |
| 3.2 Variables y operacionalización.....                  | 18   |
| 3.3 Población, muestra y muestreo.....                   | 19   |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 20   |
| 3.5 Procedimientos .....                                 | 21   |
| 3.6 Métodos de análisis de datos.....                    | 23   |
| 3.7 Aspectos éticos.....                                 | 23   |
| IV. RESULTADOS .....                                     | 24   |
| V. DISCUSIÓN.....  | 45   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                    | 49   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                               | 50   |
| REFERENCIAS.....   | 51   |
| ANEXOS.....  | 53   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>TABLA 01:</b> Análisis granulométrico del agregado fino .....  | 24 |
| <b>TABLA 02:</b> Resultados de ensayos realizados al agregado fino .....  | 25 |
| <b>TABLA 03:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso .....  | 26 |
| <b>TABLA 04:</b> Resultados de ensayos realizados al agregado grueso .....  | 27 |
| <b>TABLA 05:</b> Determinación del asentamiento .....   | 28 |
| <b>TABLA 06:</b> Determinación del volumen unitario del agua .....  | 29 |
| <b>TABLA 07:</b> Determinación de contenido de aire .....   | 29 |
| <b>TABLA 08:</b> Relación a/c por resistencia .....   | 30 |
| <b>TABLA 09:</b> Peso del agregado grueso por unidad de volumen concreto .....                                      | 31 |
| <b>TABLA 10:</b> Presentación de diseño en estado seco .....  | 33 |
| <b>TABLA 11:</b> Pesos corregidos por humedad .....   | 35 |
| <b>TABLA 12:</b> Dosificación para un diseño de mezcla de $f'c = 320\text{kg/cm}^2$ .....                           | 36 |
| <b>TABLA 13:</b> Dosificación de mezcla para un adoquín de concreto convencional .....                              | 36 |
| <b>TABLA 14:</b> Dosificación para un diseño de mezcla de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$ .....                           | 37 |
| <b>TABLA 15:</b> Dosificación de mezcla para un adoquín de concreto convencional .....                              | 37 |
| <b>TABLA 16:</b> Resultados de ensayos realizados al agregado fino .....  | 38 |
| <b>TABLA 17:</b> Resultados de ensayos realizados al agregado grueso .....  | 38 |
| <b>TABLA 18:</b> Proporciones para un diseño de mezcla de $f'c = 320\text{kg/cm}^2$ con material pet a un 10% ..... | 40 |
| <b>TABLA 19:</b> Proporciones de mezcla por adoquín con material pet .....  | 40 |
| <b>TABLA 20:</b> Proporciones para un diseño de mezcla de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$ con material pet a un 10% ..... | 41 |
| <b>TABLA 21:</b> Proporciones de mezcla por adoquín con material pet .....  | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <b>TABLA 22:</b> Cuadro comparativo entre adoquines de concreto.....                         | 42 |
| <b>TABLA 23:</b> Precio de los materiales para la producción de adoquín, en Piura..<br>..... | 43 |
| <b>TABLA 24:</b> Análisis de costo unitario de un adoquín II convencional .....              | 43 |
| <b>TABLA 25:</b> Análisis de costo unitario de un adoquín II con material pet .....          | 43 |
| <b>TABLA 26:</b> Matriz de operacionalización de variables.. .....                           | 53 |
| <b>TABLA 27:</b> Técnicas e Instrumentos de recolección de daots.. .....                     | 54 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 01.</b> Datos técnicas del material pet.....               | 14 |
| <b>Figura 02.</b> Clasificación de los tipos de adoquines.....       | 15 |
| <b>Figura 03.</b> Curva granulometrica del agregado fino.....        | 25 |
| <b>Figura 04.</b> Curva granulometrica del agregado gueso.....       | 26 |
| <b>Figura 05.</b> Propiedades del material pet.....                  | 39 |
| <b>Figura 06.</b> Dimensiones del adoquín tipo II .....              | 42 |
| <b>Figura 07:</b> Cantidad mínima de muestra de agregado grueso..... | 63 |

## RESUMEN

El presente trabajo que se ha realizado tuvo como objetivo general demostrar el uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020, para ello el proyecto de investigación tendrá un diseño aplicativo, de tipo cuasi experimental, tanteando la existencia de una relación causal entre dos o más variables, para este caso el uso de material PET en la elaboración de adoquines de concreto; para poder demostrar el uso del material pet se tuvo que elaborar adoquines de concreto convencional y con material pet, teniendo como población todos los adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio que fueron elaborados en el laboratorio, tomando como muestra los adoquines en prueba que logren alcanzar la resistencia para pavimentos de tránsito medio, los cuales serán adoquines de concreto convencional y adoquines de concreto con material pet. Para esta investigación se emplearon dos tipos de sistemas de estudio, la técnica de análisis documental y la técnica de ensayo de laboratorio; cuyos instrumentos de recolección de datos fueron las fichas técnicas de observación y fichas de registros de ensayos de las cantidades de los tipos de materiales. Para la obtención de los diseños de mezclas se realizaron los procedimientos de, reciclaje y procesamiento del material pet, para el desarrollo de los diseños de mezclas se utilizó la metodología ACI, teniendo en cuenta los parámetros del manual de ensayo de materiales y la NTP 399.611 (2017), de esta manera se demostró el uso del material pet en la elaboración de adoquines de concreto obteniendo resultados satisfactorios en el aspecto de costo – beneficio. Como conclusión general se demostró el uso del material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio, obteniendo un producto innovador cuyo material es de reciclaje y sin costo alguno, siendo este una alternativa nueva para la industria de la construcción.

**Palabras claves:** Adoquines de concreto, material pet, resistencia, reciclaje, tránsito medio.



## ABSTRACT

This paper had the general objective of demonstrating the use of PET material in the elaboration of concrete paving blocks for medium traffic pavements in the city of Piura 2020, for this project will have an applied research, quasi-experimental design, testing the existence of a causal relationship between two or more variables, for this case the use of PET material in the manufacture of concrete paving blocks; in order to demonstrate the use of PET material, we make conventional concrete pavers and blocks with pet material, having as a population all the concrete pavers for medium traffic pavements that were made in the laboratory, taking as a sample the test paving stones that they achieve reach resistance for medium traffic pavements, which will be conventional concrete pavers and concrete pavers with PET material.

Two types of study systems were used for this research, the documentary analysis technique and the laboratory test technique; whose data collection instruments were the observation technical sheets and test record sheets of the quantities of the types of materials. To obtain the mix designs, the procedures for recycling, recycling and processing the pet material were carried out. For the development of the mix designs, the ACI methodology was used, taking into account the parameters of the materials test manual and NTP 399.611. (2017), in this way the use of PET material in the manufacture of concrete paving blocks was demonstrated, obtaining satisfactory results in the cost-benefit aspect. As a general conclusion, the use of PET material in the manufacture of concrete paving blocks for medium traffic pavements was demonstrated, obtaining an innovative product whose material is recycled and at no cost, this being a new alternative for the construction industry.

**Keywords:** Paving blocks, PET material, resistance, recycling, medium traffic.

## I. INTRODUCCIÓN

En la manufactura de la edificación el crecimiento de una nación se debe a la infraestructura de transporte, existiendo normas fundamentales que respaldan las condiciones para la construcción de cada tipo de pavimento. Debido al proceso constructivo, económico y su mejor comportamiento ante las lluvias, existen proyectos que optan por adoquín de concreto que es el tanteo del agregado de piedra, arena, cemento y agua, de tal manera que se obtienen elementos macizos de espesor uniformes y en forma de prisma para la construcción de un pavimento.

La técnica que se usa en los pavimentos con adoquines de hormigón comenzó en Europa a comienzos de los años 50, llega a Colombia en 1974, gracias a la determinación de un grupo de expertos y al apoyo del instituto colombiano de creadores de cemento(ICPC), mediante este aporte, ha servido como estimulador, no solo en Colombia también estimulo en varios países de Latinoamérica. Como en la reparación de la pavimentación del Terminal Aéreo Simón Bolívar – TASBSA en Bogotá, Colombia, este producto está trazada y levantada por los ingenieros colombianos, es uno de los segmentos técnicos más usados en los adoquines de concreto, esto es una prueba fidedigna de que todo se puede hacer en este mundo, como se han hecho ya en otros lugares en su momento. MIRANDA, R y CALLE, R. (2012).

En el Perú sin tener conocimiento de la existencia del viejo mundo, con el esplendor del gran imperio Inca, se desarrolló la mejor técnica vía sur americana, que unió los cuatro suyos formando lo que se llamó el gran Tahuantinsuyo, con pavimentos adoquinados, realmente como su origen lítico, actualmente se conoce este legado histórico como, los caminos del Inca, así mismo los adoquines de concreto de las calles de Arequipa tienen un color uniforme, gris oscuro, y una rugosidad apropiada para brindar más seguridad a los vehículos y peatones, y evitar patinadas o traspies, estos adoquines de Arequipa son un valioso aporte del siglo XX a la cuatricentenaria ciudad, y ya han cumplido setenta años de existencia en las calles del centro histórico. No obstante, hoy en día existen calles, pistas y veredas que utilizan adoquines tales como las veredas de la Universidad Cesar Vallejo en Trujillo, hotel Decamerón en Punta Sal de

Tumbes, que ayudan a dar bienestar y mejorar la transitabilidad de las personas y vehículos. (MORA, S. 2016)

En referencia al departamento de Piura se observa que la ciudad se vio afectada tras el fenómeno ocurrido en el año 2017, debido a la crecida del caudal del río Piura, dicho desbordamiento afectó a la población y comunidades del bajo Piura como por ejemplo Castilla, Catacaos, La Unión, entre otros, provocando cuantiosas pérdidas materiales, ya que por falta de un buen drenaje pluvial generó malestar en los pobladores, y una ciudad con calles, pasajes totalmente deteriorados ante las inundaciones, es por ello que posteriormente para su reconstrucción de algunas vías se optó por el pavimento articulado tal es el caso de la av. Sánchez Cerro, la cual cuenta con pistas de adoquín de concreto diseñadas y construida para el transporte pesado, así mismo existe construcciones de pavimentos articulados como por ejemplo el centro de esparcimiento del Colegio de Ingenieros en Piura, veredas en la urbanización Santa Margarita, entre otros, del mismo modo cabe resaltar que aún existen calles que pese al problema ocurrido no cuentan con una estructura vial adecuada, pongamos por caso la Avenida Los Algarrobos entre el muro los Claveles y muro las Dalias en el distrito de Veintiséis de Octubre, cuya avenida es una de las más transitadas por vehículos de tránsito medio y liviano, el cual se encuentra en total deterioro y abandono, perjudicando a transeúntes, moradores y vehículos.

Es propicio mencionar que solo existen las construcciones de pavimentos con adoquines de concreto convencionales, los cuales a pesar de sus buenas características estos no cumplen con el requerimiento y comportamiento ante las inundaciones, ya que posteriormente a sus construcciones se han visto afectadas por charcos de agua provocados por lluvias, en el cual se observa que los flujos de agua no evacuan correctamente, tal es el caso de la Av. Sánchez Cerro, Urb. Lagunas del Chipe, entre otros.

Por tal motivo la investigación tuvo como propósito desarrollar una nueva alternativa de construcción de adoquines de concreto ecológicos con material pet, pretendiendo de esta manera contribuir en algo a la reducción del deterioro

del medio ambiente e incentivar el reciclaje de material pet como una nueva alternativa de materia para construcción.

A partir del problema suscitado el propósito de la investigación, fue la elaboración de adoquines de concreto agregando un porcentaje de material PET, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y de esta manera reutilizarlo para algo beneficioso, se optó por añadir este material durante la elaboración de dicho adoquín para su posterior construcción de pavimento articulado para tránsito medio teniendo en cuenta los diseños y parámetros ya establecidos, con la funcionalidad del producto, se quiso dar una nueva alternativa de construcción de pavimentos con adoquines ecológicos, ya que estos contenían material reciclado, esperando que este se mantenga en un buen estado, cumpla con su vida útil y los estándares de calidad.

La investigación con toda la información recopilada a cerca del material pet a manera de reciclaje con el cual se elaboró adoquines ecológicos de concreto, teniendo en cuenta sus características de este material y lo beneficioso de su reutilización, busca establecer la innovadora alternativa de dar soluciones a los obstáculos en la industria de la construcción y de este modo desarrollar proyectos viables que permitan soluciones frente a los dilemas medio ambientales. Basándose del concepto de reciclaje, la investigación buscó facilitar una nueva alternativa de solución para la minimización del deterioro medio ambiental

Respecto a la problemática encontrada es por ello que se plantea el problema general de esta investigación, referido a ¿Cuál es el uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimento de tránsito medio, Piura – 2020?, así mismo, este problema general fue producto del desarrollo de los problemas específicos tales como: ¿cuál será el diseño de mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura?; ¿cuál será el diseño de mezcla de un adoquín de concreto para tránsito medio utilizando material pet en la ciudad de Piura? y ¿cuál será el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura?

Por tanto, el proyecto de investigación se justifica por que a nivel local y nacional se desconoce el beneficio del reciclaje del material pet, y lo contaminante que puede llegar a ser la abundante producción de envases pet, es por ello que esta investigación busca la utilización de instrucciones y nociones esenciales en su elaboración de adoquines de concreto con un porcentaje de material reciclado pet para un pavimento de transito medio, el desconocer el beneficio de dicho material trae consigo el desperdicio de este, ya que puede ser reutilizada para la fabricación de diversos productos y materiales para la elaboración de construcciones, de esta manera se aporta con un granito de arena para la disminución de la contaminación ambiental. Con relación a lo mencionado anteriormente, cabe resaltar que el Perú produce a diario 23 mil toneladas de desechos, de las cuales solo se reciclan el 15%, por ello se puede decir que el Perú es uno de los países que menos aprovechan los residuos que se botan, puesto que los métodos de juntar desechos son totalmente imperfectos, la gran parte de basura que se genera son de las municipalidades que mayores dilemas enfrenta.

Así mismo la ciudad de Piura no es ajena al problema anteriormente mencionado ya que esta genera al menos 300 toneladas de basura al día, siendo una incidencia directa en la vida diaria de los moradores; al cual se le suma la congestión del tránsito urbano, ya que si una vía se encuentra en un mal o regular estado estos traen como consecuencia efectos negativos para la sociedad, es por ello que se produce el acrecentamiento de accidentes, contaminación ambiental y el daño en la condición de vida de los moradores, esto tiene un impacto dañino para la sanidad no solo física sino también mental de cada uno de los moradores.

Por otra parte Piura no cuenta con un debido drenaje pluvial, por esta razón es que se vienen optando por la construcción de pavimentos articulados, ya que estos evacuan las aguas con mejor facilidad debido a que este pavimento tiene un mejor comportamiento ante las lluvias e inundaciones, teniendo en cuenta las cantidades de construcciones viales que se vienen realizando con adoquines de concreto, surgen opciones de satisfacción para su mejora o sostenimiento de las pistas, como la elaboración del adoquín utilizando material pet como parte de uno de los insumos, dando una salida factible ante los dilemas

antes mencionados, por ello se optó por una idea innovadora, la cual consta en agregar un porcentaje del material reciclado pet, como parte de uno de los insumos de una determinada dosificación, para obtener una resistencia apta para pavimento de tránsito medio con el propósito de aumentar su resistencia y durabilidad en su diseño.

En caso de que el proyecto propuesto resulte viable beneficiara no solo a los moradores aledaños en donde se construirán dicho pavimento, sino también que se dejaría como un antecedente y propuesta innovadora para las posteriores construcciones viales, ya que como es de conocimiento el pavimento articulado es uno de los pavimentos que mejor comportamiento tiene ante las lluvias e inundaciones, ya que los adoquines son piezas que posibilita la absorción del agua dejando que esta tenga contacto directo con el terreno, a disconformidad con los pavimentos comunes de asfalto bloquean la fluidez del agua hacia el terreno, con respecto a su elaboración los adoquines – pet por su misma composición contribuye a la utilización del material pet generando estos una mínima disminución en el impacto ambiental, con respecto a su colocación los adoquines de concreto tanto convencionales como pet no contaminan, a diferencia de la mezcla asfáltica ya sea en caliente o fría estos son contaminantes. Garantizando el buen funcionamiento de la vía para tránsito medio.

Así mismo, se plantean las siguientes hipótesis: hipótesis general H1: Si es posible el uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020 e  $H_0$ : No es posible el uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020. Igualmente se tienen las siguientes hipótesis específicas: H1: Si es posible el diseño de mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020;  $H_0$ : No es posible el diseño de mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020; H1: Si es posible diseñar la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020;  $H_0$ : No es posible diseñar la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de

Piura. Piura. 2020; y por último H1: Si es posible establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020; H<sub>0</sub>: No es posible establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020.

Para poder encaminar el desarrollo de la presente investigación y poder probar las hipótesis y resolver el problema de este estudio, se establecieron los siguientes objetivos. Objetivo general: Demostrar el uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020, del mismo modo se propusieron como objetivos específicos: diseñar la mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020; diseñar la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020 y finalmente, establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

Se mencionaron los siguientes antecedentes como muestra de estudios realizados con relación y/o similitud al tema de investigación: MONTIEL, J. (2017) en su tesis titulada "*Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se pueden utilizar en la pavimentación de calles avenidas y pasos peatonales*", el argumento para optar el rango de instructor en ingeniería, en la Universidad Nacional Autónoma de México, tener como el fin propio: resolver la eficacia, mediante ensayos, que poseen los adoquines hechos con agregados reciclados para ser usados en la pavimentación, manifestando como conclusiones: es válido usar conglomerado reutilizar en la elaboración de adoquines para la circulación vehicular y peatonal sin que esto simbolice dificultad alguno, igualmente se puede elaborar adoquines para circulación mediano, pero bajo algunas deliberaciones, se llegó a un resistencia 400Kg/cm<sup>2</sup> la norma México pide una dureza exiguo de 405 Kg/cm<sup>2</sup>.

MORALES, J; SUASTE, D y AVILA, A. (2017) en su argumento denominada "*Diseño de una mezcla con materiales reciclados para produccion de adoquines*", el argumento para optar el rango de instructor de ingeniero mecanico, en la universidad autonoma de Mexico, su finalidad común: fijar la aleacion perfecta con las materias recuperables para la productividad de adoquines hacerle ensayos de aplastamiento de acuerdo al reglamento y elaborar de un artefacton para la elavoracion tanto de probetas como del adoquines, cuya metodologia es: un modelo de diseño en la experiencia ya que considera que esta es una habilidad y práctica derivada de la observacion directa y participacion en eventos que proporcione el conocimiento necesario para ser usado cuando un ingeniero se enfrenta a algun proyecto de diseño, manifestando en sus conclusiones: según cunto agregas la dosis de llantas y haces el mortero su dureza reduce, se ve que es limitada la compatibilidad de la mixtura de cemento con la llanta, encima de que ésta, por su condicion, es más ductil y altera el proceso del componente agregado. Pero, con relacion al fragmento rojo en su consencuencia en los ensayos de comprencion son muy anormales con respecto al fraccion blanco, ya que la mixtion R-5 es más fuerte que la mezcla R-2 y levemente más fuerte que la mixtion R, esto se debe que el fragmeto rojo contiene diferentes componetes. Independientemente del tipo de mezcla



utilizada, los resultados dejaron a la vista que ninguna de las mezclas propuestas alcanzó los valores mínimos requeridos por la norma NMX-C-314.

DI MARCO, R. (2015) como docente de la universidad de Colombia, cuya investigación *Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcciones de nucleo rurales*, publicada en la revista Esaica, manifiesta que a partir de la hipótesis de la empleabilidad de basura solida de material pet como reemplazo de áridos, componentes de morteros, en la producción de materiales constructivos y en particular de adoquines. Cuyo artículo muestra las conclusiones obtenidas del análisis de las características físico – químicas de los diferentes morteros, cuyo volumen de árido se sustituyó por pequeñas partículas de material pet en diferentes proporciones. En consecuencia, se expone el cotejo y estimación de las características físico – mecánicas de los morteros en estudio con los tradicionales, por medio de pruebas de absorción, granulometría y resistencia a la flexión. De esta manera se posibilito decretar que las partículas de material pet en adoquines permitirá su utilización como probable reemplazo de áridos, debido a que se logró fabricar adoquines con el 35% de sustituto de la arena, dichos adoquines mostraron semejante filtración(aceptables) y resistencia sobre las requeridas por la norma NTC 2017.

SANTIAGO, A; SANTAMARIA, M; CONTRERAS, G y otros (2015), en su investigación *Diseño y elaboración de adoquines de pet reciclado*, tuvieron como objetivo diseño y elaboración de adoquines pet reciclado utilizando una propuesta de solución para manejo adecuado de desechos plásticos, además la minimización de la contaminación, además el ahorro del consumo energético y la reducción de emisión de los gases de los efectos de invernadero al medio ambiente, en sus conclusiones se presenta los resultados siguiente obtenidos al ejecutar las pruebas mecánicas que demuestran que el adoquín pet soporta una carga promedio a 50 000N, su rigidez a temperaturas en intervalos comunes en el área geográfica de México esto accederá establecer las variabilidades y la factibilidad del uso. La resistencia a temperaturas en las áreas geográficas en México permite acceder la factibilidad y la viabilidad del uso en casa, cuartos, patios y sitios públicos, entre otros; Al saber que un adoquinado es ligero y sencillamente instalarlo, además teniendo en cuenta que al reciclar plástico trae

consigo mismo factor beneficio de mejor la calidad ecológica y además con la empresa industrial que puedan acceder en eliminación del problema de la contaminación. El proyecto propone una opción viable y accesible para reciclar los materiales plásticos convirtiéndolos en un producto funcional.

GARZON, J y MONTAÑO, A. (2014) en su tesis titulado *“Propuesta de un material para la construcción a partir de cemento y el reciclaje PET”*, para graduarse como ingeniero civil, el cual tiene como objetivo general: plantear un bloque para la ejecución de la construcción de muros elaborado con residuos de plástico pet con hormigón, además como método utilizado fue el analítico ya que todo comenzó desde que se planteó una solución para que la corteza terrestre no se viera tan afectada en el campo de la ingeniera civil a nivel de construcción, se empezó con una investigación; descomponiendo todas las partes que afecta a nivel de construcción el planeta, y por otro lado el daño que le estaba realizando el plástico. Se analizó y se planteó una posible solución que posiblemente pueda arreglar este problema, la cual es reutilizar el plástico PET y con este y su debido tratamiento mezclarlo con cemento y agua para así formar un nuevo material de construcción, y a partir de esto llegar a la elaboración de bloques de plástico y cemento. manifiesta en sus conclusiones, con el apoyo de los análisis de las propiedades físicas, como también químicas y mecánicas del hormigón y del plástico pet, se estableció que se podrá complementar y de esa manera lograr una mezcla homogénea para la elaboración de un material que implique una facilidad y obtenga una mejor resistencia, además tenga una aceptable apariencia y que sea favorable con el ambiente.

FLORES, E. (2018) en su tesis titulada *“Elaboración de elementos prefabricados de concreto con la adición de plástico reciclado PET”* con la finalidad de lograr el grado de ingeniero civil, la cual tiene como propósito: especificar y establecer la estimación cuantificable de las variaciones de las características en los elementos de hormigón prefabricado, reemplazando en su totalidad al compuesto grueso por plástico pet reciclado a partir de las botellas descartables, tiene como método de diseño del agregado global y se tendrá de referencia al diseño unas tablas proporcionadas por el ACI, manifestando los siguientes resultado: de tal modo para el componente prefabricado del hormigón, la estimación numérica de la solidez a la compresión la cual menorá el porcentaje

de plástico pet, la cual reemplazara al compuesto grueso, asimismo la alteración de la solidez se lograra originar un espécimen demasiado ligero, cotejado con el diseño modelo. Los porcentajes de filtración de aquellos especímenes se irán incrementado de una forma equitativa al aumento del porcentaje de pet incorporada en la mezcla. De la misma manera el costo beneficio del espécimen se verán incrementadas de forma equitativa al aumento del porcentaje de pet. El decrecimiento del peso de los componentes prefabricados de hormigón implicara una economía indirecta en el refuerzo de los componentes estructurales. De tal modo, se dará inicio a una política para la protección del medio ambiente por medio del uso de elementos que poseen una fase larga de degradación.

CABEZAS, J y MORILLO, A (2018) en su tesis titulada “*Diseño de adoquines de concreto para pavimentos tipo II con incorporacion de cenizas de cascarilla de arroz, Lima - 2018*”, con la finalidad de alcanzar el título profesional de ingeniero civil, tuvo como objetivo general: determinar la mejora que produce la incorporacion de cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de un adoquin de concreto, Lima 2018. Mencionando en sus conclusiones que: El agregado fino utilizado de la cantera Yerbabuena – Unicón, ubicada en el distrito de Carabayllo, es adecuado para nuestro concreto debido a que se encuentra dentro del límite del huso del ASTM (límite superior e inferior). De acuerdo a nuestros resultados en el diseño de mezcla, se puede concluir que para método ACI 211 (método utilizado cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientemente), que este método es conveniente a utilizar cuando se va a realizar adoquines de concreto, tanto con agregado fino como con grueso. En consecuencia, la resistencia requerida de acuerdo al diseño de mezcla no fue correcta, debido al método empleado; pero de acuerdo a la tabla espesor nominal y resistencia a la compresión entre el adoquín de concreto tipo I y II para el espesor de 60 mm, existe una diferencia en la resistencia promedio 3 unidades de 100 (kg/cm<sup>2</sup>), por la cual asumiendo la resistencia del adoquín patrón (0% de incorporación de cenizas de cascarilla de arroz), se estaría aceptando los adoquines de concreto con 5 % y 10 % de incorporación de cenizas de cascarilla de arroz, obteniendo una mayor resistencia el adoquín en la incorporación de la CCA de 5%.

MEZA, Y. (2018) en su tesis titulada "*Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial Tambo Plaza, Lurín - 2017*", con la finalidad de alcanzar el grado de Ingeniero civil, tuvo como meta global: diagnosticar la conducta de los bloques fabricados con plástico reciclado con relación a sus características físico – mecánicas para el pavimento de transeúntes en el centro comercial, teniendo como método de investigación cuantitativa, en el cual por medio del estudio de cifras accederemos a determinar los aprendizajes realizados en el laboratorio, puesto que se tendrán que interpretar y se llegara a una determinación definitiva, haciendo mención de Moran y Alvarado, los cuales señalan recoger datos mediante cuestionarios, entrevistas, observaciones, entre otros medios, los productos conseguidos serán observados de manera meticulosa de tal manera se observaran si estas responden a las interrogantes de la investigación y verificar si la hipótesis es precisa o imprecisa. Para el estudio de cifras es indispensable utilizar dos factores: la primera que es saber qué hacer con las cifras obtenidas y la segunda es la propuesta de la incógnita. En la indagación necesitaremos el funcionamiento del laboratorio, para desarrollar las pruebas necesarias hasta conseguir las características físico - mecánicas de las bloquetas con la adición de plástico reciclado, manifestando en sus conclusiones: que la adición del plástico reciclado ayuda al mejoramiento de sus características físicas y mecánicas alcanzando un 9.465% de mejoras en los adoquines.

LIÑAN, J y ALVAREZ, L (2018) cuyo titulo "*diseño de adoquines de concreto con incorporacion del PET para vias vehiculares de transito ligero en el distrito de El Agustino – 2018*", con la finalidad de alcanzar el grado de ingeniero civil, el cual tiene como objetivo general: determinar la influencia de la incorporacion del PET en el diseño de adoquines de concreto para vias vehiculares de transito ligero en el distrito de El agustino. Además su diseño de investigacion es experimental, cuya conclusión fue: que la incorporación del PET influye significativamente en el diseño de adoquines de concreto debido que disminuye la resistencia a la compresión, aumenta el porcentaje de absorción y disminuye la resistencia a la abrasión según se agrega la cantidad a reemplazar en el diseño de mezcla. Sin embargo, el adoquín que se le incorpora el 5 % de

PET cumple con todas las especificaciones técnicas brindadas en la NTP 399.611 para uso en vías vehiculares de tránsito ligero y el adoquín de 10 % podría ser utilizado para vías de tránsito peatonal.

RAMOS, J. (2018) en su tesis titulada *“Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de lince, lima 2018”*, tesis para conseguir el título de Ingeniero Civil, la cual tiene como objetivo general: establece que la dosificación del hormigón reciclado accede utilizar unidades de pavimento de bajo tránsito, tiene como método de investigación el análisis descriptivo porque al procesar los datos alcanzados de las muestras de adoquines de concreto en el laboratorio, y se conseguirá los siguientes resultados a través de tablas, figuras y cuadros que se ejecutara en el programa Excel para después debatir y comparar los diferentes resultados de adoquines reciclados, además se empleó la norma técnica peruana, manifestando en sus conclusión: De los ensayos ejecutados, decidieron que la dosificación del hormigón reciclado se utilizara para los adoquines de bajo tránsito que con un diez por ciento de agregados reciclados serían las siguiente proporciones: para un hormigón se tendrá uno agregado fino, 1.46 de agregado grueso, 1.57 de agregado fino reciclado, 0.16 de agregado grueso reciclado: 0.18 y agua 19.42, el uso sería factible porque utilizaron la norma técnica peruana con la que cumplirá los requisitos necesarios.

ECHEVARRIA, E (2017) cuyo título *“ladrillos de concreto con plástico pet reciclado”*, con la finalidad de alcanzar el grado de ingeniero civil, teniendo como propósito: precisa las características físicas y mecánicas de ladrillo de hormigón con plástico pet reciclados consideradas en la norma técnica E070 - albañilería, tiene como método de estudio: el método científico ya que el estudio se basa en el cálculo de los análisis las cuales estarán sujetadas a los fundamentos específicos de exámenes de argumentación, manifestando en sus conclusiones : sus características físicas del ladrillo de concreto las cuales tienen tres tipos – pet (3%, 6%, 9% PET) referente a la absorción y succión aumentando a medida se pueda incluir el pet de la pasta, esta conducta esta atribuida a la geometría de amplitudes de pet, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de pet recuperados, asimismo esto no permitirán un excelente arreglo de los átomos de concreto, acomodo de las partículas del concreto,

desarrollando mayores poros en estos; cuya durabilidad a la compresión del ladrillo – hormigón-pet de los tres tipos son:  $f'b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'b = 118.80$  y  $f'b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$ , para porcentajes de 3%, 6% y 9%, las cual manifiesta un descenso superior a la durabilidad a la compresión de  $51.5 \text{ kg/cm}^2$  o 31.8%, relación del ladrillo patrón (0% PET)  $f'b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ . Por tanto, las propiedades del ladrillo los clasifica como una cierta unidad de albañería clase 4 a los ladrillos de concreto - pet (3%, 6%, 9% PET) como unidad de albañería clase III.

Seguidamente se exponen las teorías que respaldan o argumentan las variables de este trabajo de investigación, es así como se inicia con la conceptualización de la primera variable material PET, no sin antes entender lo que significa material de reciclaje. Entiéndase éste, como algo importante que existe para cuidar el medio ambiente, de modo que existen empresas que realizan trabajos de reciclaje generando empleo y fomentado entre sus trabajadores de una u otra manera a reciclar, ya que estos se encargaran de recoger los distintos materiales plásticos y clasificarlos, para su posterior reutilización. En caso de los adoquines para pavimentos se consideran que deben ser elementos resistentes, durables y estéticos, cuidando así el medio ambiente y su impactado que pueda originar, tal es así que se conoce existen experimentos de elaboración de adoquines ecológicos a base de material PET para pavimentos que pueden ser utilizados en pistas, veredas y parques dando un mejor ornato a la ciudad y a los ciudadanos, cuya combinación es perfecta por que no utiliza cemento para su colocación y ayuda a minimizar los daños al medio ambiente.

Volviendo la mirada hacia las variables del presente tema, como es el caso de la variable material PET, de acuerdo a ANGUMBA (2016) citado en la tesis “Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado” menciona que en lo genérico los plásticos son caracterizados por su alta dureza con lo que respecta a su compacidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, entereza a los ácidos, disolventes, álcalis, entre otros, tal es así que el tereftalato de polietileno muestra las posteriores particularidades más notables: ante los esfuerzos constantes, se sabe tiene una buena conducta, alta potencia al deterioro, bondadoso coeficiente de deslizamiento, buen aguante químico y bondadosas

propiedades térmicas, con estas referencias se determina que el pet por sus características ya mencionadas puede utilizarse como insumo alternativo en la mezcla del concreto.

Por otra parte, para RAMIREZ, D. (2011) citado en la tesis “Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado” las probables alternativas de reutilización de plásticos de material pet son de distintas calidades, ya que comprenden a partir del reciclado directo, cremación con o sin restitución energética, hasta su modificación en producciones más generosas y de gran importancia para el reciclaje químico. Para la clasificación del proceso el reciclado se necesita reconocer su estructura, legislación medioambiental, valor de los insumos vírgenes y su táctica de reciclaje.

**Figura 01:** Datos técnicos del material pet.

| <b>DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO – TEREFTALATO (PET)</b> |                             |                    |
|---|-----------------------------|--------------------|
| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>                              |                             |                    |
| Peso específico   | 134                         | g/cm <sup>3</sup>  |
| Resistencia a la tracción                                 | 825                         | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Resistencia a la flexión                                  | 1450                        | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Alargamiento a la rotura                                  | 15                          | %                  |
| Módulo de elasticidad ( tracción)                         | 28550                       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Resistencia al desgaste por roce                          | MUY BUENA                   |                    |
| Absorción de humedad                                      | 0.25                        | %                  |
| <b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>                               |                             |                    |
| Temperatura de fusión                                     | 225                         | %                  |
| Conductividad térmica                                     | BAJA                        |                    |
| Temperatura de deformabilidad por calor                   | 170                         | °C                 |
| Temperatura de ablandamiento de vicat                     | 175                         | °C                 |
| Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C           | 0.0008                      | Mm por °C          |
| <b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>                               |                             |                    |
| Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente      | Buena                       |                    |
| Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente       | Buena                       |                    |
| Comportamiento a la combustión                            | Arde con mediana dificultad |                    |
| Propagación de llama                                      | Mantienen la llama          |                    |
| Comportamiento al quemado                                 | gotea                       |                    |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras basándose en ECHEVARRIA, 2017.

En referencia a los adoquines de concreto, estos son piezas de concreto simple de forma nominal prefabricada, que están en el compromiso de satisfacer las condiciones físicas concertadas en la normativa del país (norma técnica peruana 399.611:2017, norma CE.010: pavimentos urbanos, y el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos), para constatar si serán apropiados para la utilización para el cual se estará proyectando; según NORMA TÉCNICA PERUANA, 399.611 (2017) se clasifican en:

**Figura 02:** Clasificación de los tipos de adoquines.

| CLASIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN   | DIMENSIONES |             |              | RESIUSTENCIA<br>A LA<br>COMPRESIÓN |
|---------------|---|-------------|-------------|--------------|------------------------------------|
|               |   | LARGO<br>cm | ANCHO<br>cm | ALTURA<br>cm |                                    |
| TIPO I        | Adoquines para pavimentos de uso peatonal.  | 20          | 10          | 4            | 290 kg/cm <sup>2</sup>             |
| TIPO II       | Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.                                     | 20          | 10          | 6            | 380 kg/cm <sup>2</sup>             |
| TIPO III      | Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores. | 20          | 10          | 8            | 510 kg/cm <sup>2</sup>             |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras basándose en la NTP 399.611:2017.

Para lograr la elaboración de adoquines de concreto estos están en el compromiso de respetar la normativa técnica establecidas.

- Cemento: NTP 334.009; NTP 334.082 y NTP 334.090
- Agua de mezcla: NTP 339.088
- Agregados: NTP 400.037

Por lo concerniente al deterioro del medio ambiente producido por el material pet, esto a simple vista hace pensar que no contamina el medio ambiente, el problema es que desde la invención de este en los años 70, fácilmente se podría decir que el 90% de las cosas que nos rodea están fabricadas con este material, esto ha hecho que se excedan nuestras capacidades de reciclaje y que por más que lo reutilicemos este material ya está



presente en medidas desbordantes en el planeta, lo que ha traído como consecuencia basuras acumuladas y flotando en los mares o ríos. Su vida útil de este material es demasiado corta entonces por lo que se refiere que su procedimiento de elaboración del material pet es mucho más tardado que el tiempo que es utilizado.

Según TREVIÑO, J. (2018) en México ser “verde” ha dejado de ser un uso a volverse “en un estilo de vida”, 15 años atrás, solo se rescataban el 2% del recipiente de PET, en el 2007 esa cifra logro el 58%. “esto nos ubica como la región de américa latina que más rescatan este plástico para regenerar”. Esto genera que de las 768,000 toneladas de uso del país aparente de PET para recipientes se reciclados 445,000; en el 2002 el deposito era poco más de 80 000 toneladas, con estas cifras México se coloca por sobre Brasil y Canadá que vacilan entre el 40% y 42% y Estados Unidos que reciclar el 30% “estamos al ras de las regiones europeos”.

Según RUIZ, A. (2016) de la ONG ciudad saludable, en nuestro país Perú se genera 3500 millones de recipientes de plástico cada año de las cuales menos del 50% son recuperados, para Jacobo Escrivá jefe de la unidad de la recuperación de San Miguel industrias, el Perú está compuesta por un 90% de regenerar informales, estas se encargan de separar la basura en la noche y madrugada afuera de las casa o depósitos municipales.

Según los resultados la recuperación plástica en Piura, realizado por los universitarios de Piura, esta ciudad no es ajeno al reciclaje ya que dicha acción se ejecuta primeramente en el botadero municipal en el km 8 de la vía Piura – Chulucanas, los volúmenes de reciclado se estima en material PET 10 t/mes, PVC 7 t/mes y BOLSAS 10 t/mes. Dichos reciclajes han sido vendidos a mayoristas que los trasladan a las localidades de Lima y Trujillo donde son después vendidos a las empresas regeneradoras.

El uso del adoquín en la industria de la construcción es un material cuyo uso es bastante dinámico, ya que no solo se puede emplear en vías de transito ligero sino también en las de transito mediano y pesado, tomando en cuenta lo anteriormente descrito es que a lo largo de los últimos años se ha buscado innovar, no solo mejorando el diseño de los diversos productos que se emplean

en el sector construcción sino también en la materia prima que se emplea para producirlos, por ejemplo algunos adoquines fueron fabricados con restos de neumáticos y plásticos reciclados, teniendo bastante resistencia para tránsito vehicular de bajo magnitud. De esta manera se busca incluir material PET reciclable de bajo costo ayudando de alguna manera a mitigar los residuos sólidos y reduciendo la contaminación ambiental que estos generan.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación.**

##### **Tipo de investigación:**

La investigación actual es de tipo aplicada, ya que se desarrolló tanto en campo como en laboratorio, es decir, la toma de sus datos y aplicación de los instrumentos se hizo en el campo donde se desarrollan los hechos investigativos, los cuales se sometieron a ensayos en el laboratorio.

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad, está basada fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto. (LOZADA, 2014)

##### **Diseño de investigación:**

La investigación tuvo un diseño cuasi experimental ya que tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: tanteando la existencia de una relación causal entre dos o más variables, para este caso el uso de material PET en la elaboración de adoquines de concreto.

De acuerdo a lo anterior se conoce que, cuando la asignación aleatoria de las variables es imposible, los cuasi-experimentos (semejantes a los experimentos) permiten estimar los impactos del tratamiento o programa, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada. (HEDRICK, T. 1993)

#### **3.2 Variables y operacionalización.**

##### **Variables**

Variable independiente: material pet.

Variable dependiente: adoquines de concreto para pavimento de transito medio.

### **3.3 Población, muestra y muestreo.**

#### **Población**

Para PINEDA (1994) citado en poblacion muestra y muestreo, (2004) la poblacion es el grupo de individuos o elementos de los que se quiere averiguar algo en una indagacion. "El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros".

De tal manera que en el presente proyecto de investigación la población serán todos los adoquines de concreto para pavimentos de transito medio que van a ser utilizados en el laboratorio.

#### **Muestra**

Es un subgrupo de la población con la cual se desarrollará el proyecto de investigación. La muestra es una parte especifica de la población, para alcanzar la parte de los elementos de la muestra existen lógicas, formulas. (HERNÁNDEZ, R; FERNANDEZ, C. Y BAPTISTA, P. 2014).

Al ser ésta una investigacion de tipo cuasi experimental, se realizaran ensayos para poder determinar el uso de la variable (material PET) en la elaboracion de adoquines de concreto y posteriormente explicar los resultados de cada ensayo calculando las cantidades y volumenes de los materiales hasta llegar a las proporciones requeridas para obtener la resistencia necesaria para pavimentos de transito medio.

Siendo así, la muestra estará constituida por todos los adoquines en prueba que logren la resistencia para pavimentos de transito medio, los cuales serán adoquines de concreto convencional y adoquines de concreto con material pet.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **Técnicas**

Para Hernández, Fernández Y Baptista, (2014) citado por CONTRERAS, Y. (2015), los métodos de recopilación de información abarcan técnicas y acciones a continuar, ya que forma la armadura por lo cual el recurso se dirige al estudio.

Según GONZÁLEZ (S/F), el método tiene como finalidad: arreglar las fases del estudio; proporciona aparatos para usar la investigación; se guía mediante una vigilancia de antecedentes y presidir el logro del intelecto.

En esta investigación se emplearon dos tipos de sistemas de estudio:

- a) La técnica de análisis documental, que autoriza la compilación de la investigación para formular la serie que apoya la investigación de las manifestaciones y causas tales como: norma técnica, manual de carreteras, entre otros.
- b) La técnica de ensayo de laboratorio, que autoriza la investigación en relación directa con el propósito de la nota, en este caso llegarán a ser los materiales para la elaboración de adoquines de concreto tanto convencional como de material pet, las cuales se elaborarán en el laboratorio adecuado. Los testimonios y datos obtenidos durante los ensayos nos permitirán comparar la parte teórica con la parte práctica.

#### **Instrumentos de recolección de datos.**

Son los aparatos o herramientas, comprendidos como los medios tangibles que se emplean para recolectar y acumular los datos tales como cedulas, formas de cuestionarios, reglas para las entrevistas, lista de comparativa, serie de posturas y juicios, entre otras. (SABINO, 2000 p. 127).

En esta investigación el aparato de recoger información para el desarrollo del proyecto de estudio será:

- a) Fichas técnicas de observación, sirvió para recolección de información, donde se intentó anotar la mayor descripción posible de algún objeto o sujeto, observándolo, de esta manera se evitarán olvidar datos o situaciones.

- b) Ficha de registros de ensayo de las cantidades de los tipos de materiales, son los instrumentos de la investigación documental donde se registran datos relevantes obtenidos durante la elaboración de los ensayos y de fuentes consultadas.

De esta manera los instrumentos antes mencionados nos facilitasen la recolección de datos obtenidos durante el proceso de elaboración de adoquines de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio.

### **Validez y confiabilidad**

Toda herramienta de recaudación o cálculos debe satisfacer tres condiciones importantes: validez, confiabilidad y objetividad. Conforme con HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA (1998) citado por DIAZ, A. (2008), “la validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”, la confiabilidad de una herramienta se explica por el nivel de proceso en el que se obtendrán los resultados firmes y lógicos. La objetividad es el nivel en el que la herramienta es permeable a la influencia de los rumbos e inclinación de los indagadores que lo dirigen.

### **3.5 Procedimientos**

- a) Para el reciclaje y procesamiento del material pet.

Para ZHI, G; HONGYA, Y y RENJUAN, S. (2015), citado por GALINDO, G. (2018) existe en la actualidad tres maneras principales para reciclar y triturar el material pet, de las cuales la presente investigación utilizara el primer método el cual consiste en: La molienda del material pet en partículas pequeñas y usarlos como interino del agregado para fabricar el adoquín de concreto con material pet. Ya que el concreto con pet tiene baja filtración de agua y es ligero, esta táctica es la manera más ecológica de reutilizar el material pet, la desventaja es que al incrementar el porcentaje de dicho material este disminuye las características del concreto endurecido como la compresión y la flexión.

- b) Para el diseño de mezclas tanto para el adoquín de concreto convencional como el adoquín de concreto con porcentaje de adición de material pet.

En la investigación se desarrollaron los diseños de mezcla utilizando la metodología ACI, el cual nos pide las características de los agregados a utilizarse, para ello los materiales fueron llevados al laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos, cuyos datos obtenidos durante el proceso de los ensayos fueron registrados en los formatos brindados por el mismo laboratorio, se les realizaron los siguientes ensayos a los materiales:

- Peso unitario y vacíos de los agregados. (NTP 400.017:2011 y MTC E 203)
- Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos. (NTP 400.012:2013 y MTC E 204)
- Gravedad específica y absorción de los agregados finos. (NTP 400.022:2013 y MTC E 205)
- Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos. (NTP 400.021:2013 y MTC E 206)
- Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado. (NTP 339.185:2013 y MTC E 215).

Al diseño de mezcla se le dio un slump de 2" – 4", de tal manera que, con todos los datos obtenidos durante los ensayos para obtener las características de los materiales, se obtuvo el diseño de mezcla que se deseaba tanto para el adoquín convencional como para el adoquín de concreto con adición del material pet, mediante una hoja de cálculo Excel.

De manera que, una vez obtenidos los adoquines de concreto tanto convencional como ecológico con los diseños adecuados para un pavimento de tránsito medio, se le realizaron la prueba de resistencia a la compresión, de esta manera se pueden verificar que estos cumplan con las resistencias indicadas según la NTP 399.611:2017.

La realización del costo – beneficio del adoquín de concreto convencional, en comparación con el adoquín de concreto con material pet se emplearon los costos unitarios invertido durante la elaboración de cada uno de los adoquines, para ello se utilizaron hojas de cálculo Excel, determinando de esta manera el precio y características de cada adoquín.

### **3.6 Métodos de análisis de datos.**

Para la obtención de datos necesarios para el logro del primer y segundo objetivo de la presente investigación referidos a los diferentes diseños de mezclas para un adoquín de concreto convencional y un adoquín de concreto con material pet, ambos para pavimentos de tránsito medio utilizando la metodología ACI, previamente se obtuvieron los datos en laboratorio los cuales para el análisis de información se pasaron al programa Excel, el cual muestra los resultados mediante tablas, gráficos y cuadros.

Por último, para dar respuesta al tercer objetivo de la investigación que es determinar el costo – beneficio del adoquín de concreto convencional en comparación con el adoquín de concreto con material pet ambos para pavimentos de tránsito medio, se fueron registrando cada uno de los gastos empleados durante la producción de cada uno de los adoquines, estos datos fueron llevado y comparados en una hoja de cálculo Excel, determinando así el costo unitario de cada adoquín, cumpliendo de esta manera con la respuesta al tercer y último objetivo.

### **3.7 Aspectos éticos.**

Nosotras como autoras originales de la presente investigación asumimos con claridad y responsabilidad, respetando la autenticidad del contenido, de tal manera que las informaciones obtenidas provienen de fuentes sumamente confiables, del mismo modo con respecto a la técnica e instrumentos que se emplearán para la ejecución de la presente indagación, estas serán las adecuadas para poder explicar de manera clara y concreta los resultados obtenidos en el laboratorio. Para citas y referencias bibliográficas se desarrolló mediante la norma ISO 690 y 690 – 2 la cual está establecida para la facultad de ingeniería.



#### IV. RESULTADOS

Es preciso indicar que los materiales utilizados durante el proceso de los ensayos para determinar de estos sus características, fueron extraídos de la cantera Santa Cruz la cual se encuentra ubicada en Querecotillo – Piura.

De acuerdo al primer objetivo diseñar la mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura. Piura. 2020, se realizaron diferentes ensayos a los materiales, los cuales fueron descritos y mencionados en los anexos de la presente investigación, con el fin de obtener de estos los datos necesarios para poder realizar el diseño de mezcla de un adoquín tipo II de concreto convencional a una resistencia de:  $320\text{kg}/\text{cm}^2$  y  $380\text{kg}/\text{cm}^2$ .

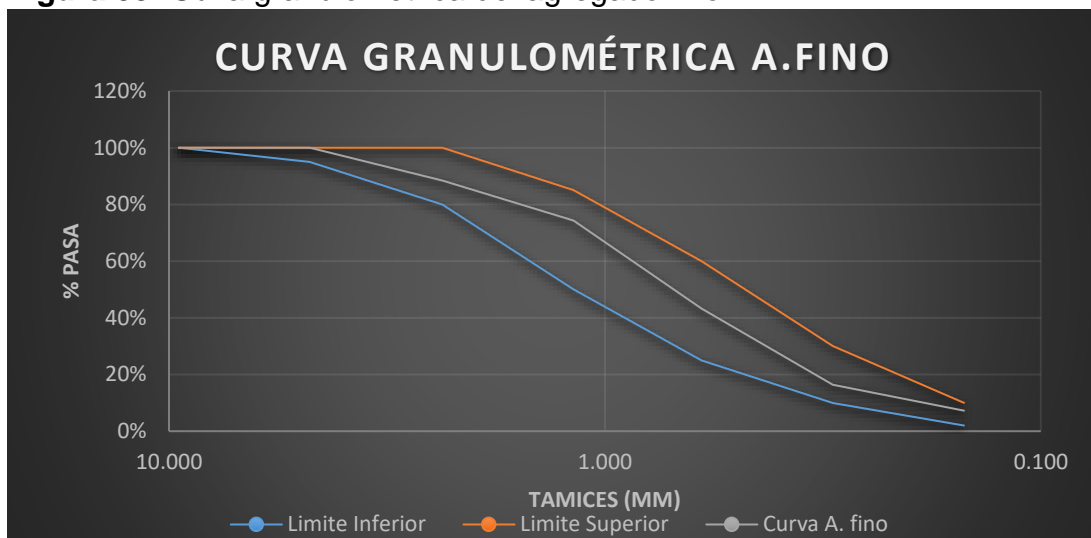
##### Ensayo del agregado fino.

Tabla N°1: Analisis granulometrico.

| CANTERA "SANTA CRUZ - QUERECOTILLO"    |       |                    |                   |                        |                       |
|--|-------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 708.40 gr |       |                    |                   |                        |                       |
| TAMIZ                                  |       | Peso Retenido (Kg) | Peso Retenido (%) | Retenido Acumulado (%) | Pasante Acumulado (%) |
| Pulg.                                  | mm    |                    |                   |                        |                       |
| 3/8"                                   | 9.500 | 0.00               | 0.00              | 0.00                   | 100.00                |
| N° 04                                  | 4.750 | 0.00               | 0.00              | 0.00                   | 100.00                |
| N° 08                                  | 2.360 | 82.10              | 11.59             | 11.59                  | 88.41                 |
| N° 16                                  | 1.180 | 99.80              | 14.09             | 25.68                  | 74.32                 |
| N° 30                                  | 0.600 | 220.30             | 31.10             | 56.78                  | 43.22                 |
| N° 50                                  | 0.300 | 190.50             | 26.89             | 83.67                  | 16.33                 |
| N° 100                                 | 0.150 | 64.40              | 9.09              | 92.76                  | 7.24                  |
| N° 200                                 | 0.075 | 20.50              | 2.89              | 95.65                  | 4.35                  |
| <b>FONDO</b>                           |       | 30.80              | 4.35              | 100.00                 | 0.00                  |
| <b>TOTAL</b>                           |       | 708.40             | 100.00            | -                      | -                     |

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras basándose en datos recogidos en laboratorio.

**Figura 03:** Cuva granulometrica del agregado fino.



**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras basándose en datos de Tabla N°3.

En la tabla N°1 y figura N°1 nos determina que la gradación del material cumple con lo especificado en la NTP 400.037:2014, la cual muestra una tabla para poder graficar el porcentaje que pasa en cada tamiz. Como se aprecia en la figura N°1 la línea ploma que representa la curva granulométrica del agregado fino, está dentro del límite inferior que está representada por la línea de color azul y límite superior representada por la línea de color anaranjada. Esto nos indica que nuestro material es el adecuado para realizar el diseño de mezcla que se requiere.

**Tabla N°2:** Resultados de ensayos realizados al agregado fino.

| Ensayo                                   | Resultado |
|--|-----------|
| • Peso unitario suelto. ( $kg/m^3$ )     | 1431      |
| • Peso unitario compactado. ( $kg/m^3$ ) | 1567      |
| • Peso específico. ( $kg/m^3$ )          | 2652      |
| • Módulo de fineza.                      | 2.70      |
| • Tamaño máximo nominal.                 | ----      |
| • % Absorción.                           | 1.83      |
| • % Humedad.                             | 0.9       |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla N°2 se muestran los resultados finales obtenidos de cada ensayo realizado al agregado fino previo al diseño de mezcla de un adoquín de concreto. Cabe resaltar que sin estos datos no se puede realizar el diseño de una mezcla requerida.

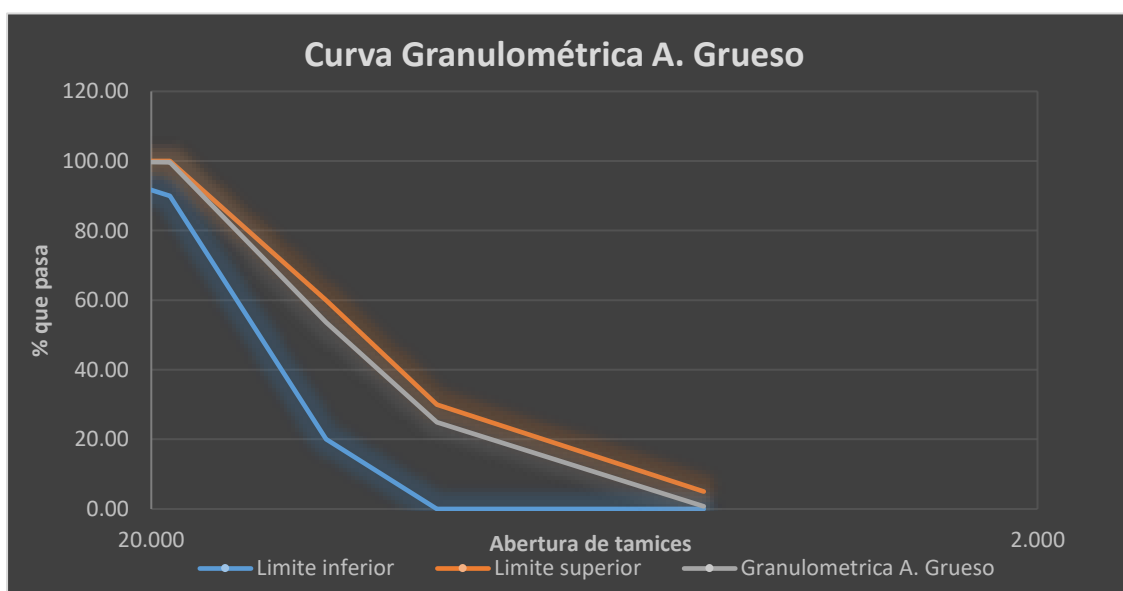
## Ensayo del agregado grueso.

**Tabla N°3:** Analisis granulometrico.

| CANTERA " SANTA CRUZ "               |        |                    |                   |                        |                       |
|--------------------------------------|--------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 3210 Kg |        |                    |                   |                        |                       |
| TAMIZ                                |        | Peso Retenido (gr) | Peso Retenido (%) | Retenido Acumulado (%) | Pasante Acumulado (%) |
| Pulg.                                | mm     |                    |                   |                        |                       |
| 1"                                   | 25.400 | 0.00               | 0.00              | 0.00                   | 100.00                |
| 3/4"                                 | 19.050 | 11.00              | 0.34              | 0.34                   | 99.66                 |
| 1/2"                                 | 12.700 | 1476.00            | 46.04             | 46.38                  | 53.62                 |
| 3/8"                                 | 9.525  | 921.00             | 28.73             | 75.11                  | 24.89                 |
| N° 4                                 | 4.760  | 774.00             | 24.14             | 99.25                  | 0.75                  |
| N° 8                                 | 2.360  | 12.00              | 0.37              | 100                    | 0.37                  |
| <b>FONDO</b>                         |        | 12.00              | 0.37              | 100.00                 | 0.00                  |
| <b>TOTAL</b>                         |        | 3206.00            | 100.00            | -                      | -                     |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras basándose en datos recogidos en laboratorio.

**Figura 04:** Cuva granulométrica del agregado grueso.



*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras basándose en datos de Tabla N°5.

En la tabla N°3 y figura N°2 nos determina que la gradación del material cumple con lo especificado en la NTP 400.037, la cual muestra una tabla con los requisitos granulométricos del agregado grueso para graficar el porcentaje que pasa en cada tamiz, como se muestra en la figura N°2 la línea ploma que representa la curva granulométrica, está dentro del límite inferior que está representada por la línea de color azul y límite superior representada por la línea de color anaranjada. Esto nos indica que nuestro material es el adecuado para realizar el diseño de mezcla que se requiere.

**Tabla N°4:** Resultados de ensayos realizados al agregado grueso.

| Ensayo                                   | Resultado |
|--|-----------|
| • Peso unitario suelto. ( $kg/m^3$ )     | 1479      |
| • Peso unitario compactado. ( $kg/m^3$ ) | 1556      |
| • Peso específico. ( $kg/m^3$ )          | 2622      |
| • Módulo de fineza.                      | 6.75      |
| • Tamaño máximo nominal.                 | 3/4"      |
| • % Absorción.                           | 1.35      |
| • % Humedad.                             | 0.4       |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla N°4 se muestran los resultados finales de cada ensayo realizado al agregado grueso previo al diseño de mezcla de un adoquín de concreto. Cabe resaltar que sin estos datos no se puede realizar el diseño de una mezcla requerida.

### **Diseño de mezclas.**

Con las características y datos obtenidos de los ensayos aplicados a los agregados, se determinara el diseño de mezcla de un adoquín tipo II de concreto convencional para una resistencia de  $320 kg/cm^2$  y  $380kg/cm^2$ .

Las condiciones en las que se elaboró los diseños de mezclas son:

- Temperatura del ambiente: 29 °C
- Temperatura del concreto: 23 °C

La dosificación de  $f'c = 320 kg/cm^2$  para un adoquín de concreto convencional se obtuvo de la siguiente manera:

#### **◆ Determinación de la resistencia promedio:**

se requiere la resistencia deseada para diseñar, con un factor que aumentara un porcentaje de acuerdo a la resistencia deseada. En este caso se aumentó un 20% de la resistencia indicada.

$$\text{Resistencia requerida } (f'c) = 320 kg/cm^2$$

$$\text{Resistencia promedio } (f'cr) = f'c + [20\% * f'c]$$

$$f'cr = 320 \frac{kg}{cm^2} + [20\% * 320 \frac{kg}{cm^2}]$$

$$\Rightarrow f'cr = 384 \frac{kg}{cm^2}$$

◆ **Tamaño máximo nominal (TMN):**

El tamaño máximo nominal es de  $\frac{3}{4}$ ", es la medida adecuada ya que será para un adoquín de concreto convencional de tipo II.

$$TMN = \frac{3}{4}"$$

◆ **Determinación del asentamiento (slump):**

Se eligió un asentamiento de acuerdo al tipo de estructura donde se usará el concreto.

**Tabla N°5:** Determinación del asentamiento

| Tipo de construcción                                      | Asentamiento máximo. | Asentamiento mínimo. |
|---|----------------------|----------------------|
| Zapatas y muros de cimentación armados.                   | 3"                   | 1"                   |
| Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros. | 3"                   | 1"                   |
| Vigas y muros armados.                                    | 4"                   | 1"                   |
| Columnas de edificios.                                    | 4"                   | 1"                   |
| Losas y pavimentos  | 3"                   | 1"                   |
| Concreto ciclópeo.  | 2"                   | 1"                   |

*Fuente:* Riva López, diseño de mezclas (1992).

Como se observa en la tabla N°5, el tipo de uso del concreto será para pavimentos, por lo tanto, el asentamiento se encuentra entre el rango de 3" a 4", en el presente proyecto el ***Slump = 3"***

◆ **Determinación del volumen unitario del agua:**

Para poder determinar el volumen de agua es necesario tener en cuenta el slump y el TMN, con estos datos y teniendo en cuenta la tabla N°6 se determinará el volumen de agua.

En este caso el:

- TMN =  $\frac{3}{4}$ "
- Slump = 3"

⇒ **volumen del agua = 205 Lt/m<sup>3</sup>**

Dato obtenido según tabla mostrada a continuación.

**Tabla N°6:** Determinación del volumen unitario del agua

| Asentamiento                   | Agua en $Lt/m^3$ , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicada. |      |      |     |        |     |     |     |
|--------------------------------|--|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
|                                | 3/8"   | 1/2" | 3/4" | 1"  | 1 1/2" | 2"  | 3"  | 6"  |
| Concreto sin aire incorporado. |  |      |      |     |        |     |     |     |
| 1" a 2"                        | 207  | 199  | 190  | 179 | 166    | 154 | 130 | 133 |
| 3" a 4"                        | 228  | 216  | 205  | 193 | 181    | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7"                        | 243  | 228  | 216  | 202 | 190    | 178 | 160 | ... |
| Concreto con aire incorporado. |  |      |      |     |        |     |     |     |
| 1" a 2"                        | 181  | 175  | 168  | 160 | 150    | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4"                        | 202  | 193  | 184  | 175 | 165    | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7"                        | 216  | 205  | 197  | 184 | 174    | 166 | 154 | ... |

*Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (1992)*

◆ **Determinación del contenido de aire:**

Para seleccionar el contenido de aire se consideró el TMN y se tuvo en cuenta la siguiente tabla.

**Tabla N°7:** determinación del contenido de aire

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

*Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (1992)*

Para el presente informe considerando el TMN = 3/4"

⇒ **Aire atrapado = 2.00%**

◆ **Determinación de la relación agua/cemento (a/c) por resistencia:**

Se determinó teniendo en cuenta la  $f'_{cr} = 384 \frac{kg}{cm^2}$  en la siguiente tabla:

**Tabla N°8:** relación a/c por resistencia.

| f'cr (28 días) | Relación agua – cemento de diseño en peso |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
|                | Concretos sin aire incorporado            | Concretos con aire incorporado |
| 150            | 0.8                                       | 0.71                           |
| 200            | 0.7                                       | 0.61                           |
| 250            | 0.62                                      | 0.53                           |
| 300            | 0.55                                      | 0.46                           |
| 350            | 0.48                                      | 0.4                            |
| 400            | 0.43                                      | ....                           |
| 450            | 0.38                                      | ....                           |

**Fuente:** Rivva López, *Diseño de mezclas (1992)*

Para el presente informe la relación a/c para una  $f'_{cr} = 384 \frac{kg}{cm^2}$  no se encuentra entre las resistencias promedio de la tabla, pero si se encuentra entre los valores resaltados, por ende se tiene que interpolar para encontrar la relación a/c para la resistencia promedio indicada.

$$\begin{array}{r}
 350 \text{ ----- } 0.48 \\
 384 \text{ ----- } x \\
 400 \text{ ----- } 0.43
 \end{array}
 \Rightarrow
 \frac{400-384}{0.43-x} = \frac{400-350}{0.43-0.48}$$

Interpolando se despejó "x" y se obtuvo que:

$$X = 0.446 = 0.45$$

$$\Rightarrow \mathbf{a/c = 0.45}$$

◆ **Determinación del factor cemento:**

Primero se calcula el contenido de cemento en kg, reemplazando el valor del volumen unitario del agua en la relación a/c, y de esta manera se despeja el cemento (c) y así es como se obtiene el contenido del cemento, con ese dato se determinará el factor cemento.

$$\text{Volumen del agua (a) = } \mathbf{205 \text{ Lt/m}^3}$$

⇒ Reemplazamos el valor de “a” en :  $\frac{a}{c} = 0.45$ ; se obtuvo:

$$\frac{205 \text{ Lt/m}^3}{c} = 0.45 \quad \Longrightarrow \quad \mathbf{C = 455.6 \text{ kg}} \text{ (peso total del cemento)}$$

Ahora con el peso total del cemento (c), y sabiendo que 1 bolsa de cemento contiene 42.5 kg. se obtuvo el FC reemplazando valores en la siguiente formula.

$$\text{factor cemento (FC)} = \frac{\text{peso total del cemento en kg.}}{\text{peso en kg. de 1 bolsa de cemento}}$$

$$\text{factor cemento (FC)} = \frac{455.6 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{FC = 10.7 \text{ bolsas}}$$

#### ◆ Selección del peso del agregado grueso:

Para la obtención del peso del agregado grueso se utilizó el TMN, el módulo de fineza del agregado fino obtenido en el ensayo de la granulometría del mismo y teniendo en cuenta el siguiente cuadro.

**Tabla N°9:** Peso del agregado grueso por unidad de volumen concreto.

| Tamaño máximo del agregado grueso (TMN) | Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura de fino ( $b/b_0$ ) |      |      |      |
|---|---|------|------|------|
|   | 2.40  | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8"                                    | 0.5   | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2"                                    | 0.59  | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4"                                    | 0.66  | 0.64 | 0.62 | 0.6  |
| 1"                                      | 0.71  | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2"                                  | 0.75  | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2"                                      | 0.78  | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3"                                      | 0.82  | 0.8  | 0.78 | 0.76 |
| 6"                                      | 0.87  | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

**Fuente:** Rivva López, *Diseño de mezclas* (1992)

Como se sabe el TMN = 3/4" y el módulo de fineza (MF) = 2.7; entonces como se aprecia en la tabla N°9 el MF para 3/4" se encuentra entre los valores de 2.60 y 2.80, por lo que se tuvo que interpolar y de esta manera poder determinar  $b/b_0$ .



$$\begin{array}{r}
 2.60 \text{ ----- } 0.64 \\
 2.70 \text{ ----- } x \\
 2.80 \text{ ----- } 0.62
 \end{array}
 \quad \Rightarrow \quad
 \frac{2.80-2.70}{0.62-x} = \frac{2.80-2.60}{0.62-0.64}$$

Interpolando se despejo "x", y se obtuvo que:

$$X = 0.63$$

$$\Rightarrow \frac{b}{b_0} = \mathbf{0.63}$$

Entonces para hallar el peso del agregado grueso se reemplazan los valores en la siguiente formula:

$$\text{Peso del Ag. Grueso} = \frac{b}{b_0} * \text{peso unitario compactado del AG}$$

$$\text{Peso del AG} = 0.63 * 1556 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del AG} = \mathbf{980.28 \text{ kg/m}^3}$$

#### ◆ **Calculo de los volúmenes absolutos de los materiales:**

Con los datos obtenidos que son los pesos del cemento, agua, aire y agregado grueso, se procedió a calcular el volumen absoluto de cada uno de ellos.

##### - **Volumen del cemento (VC)**

$$VC = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso especifico del cemento}}$$

$$VC = \frac{455.6 \text{ kg}}{2960 \text{ kg/m}^3}$$

$$VC = \mathbf{0.1539 \text{ m}^3}$$

##### - **Volumen del agua (Va)**

$$Va = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso especifico del agua}}$$

$$Va = \frac{205 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$Va = \mathbf{0.2050 \text{ m}^3}$$

- **Volumen del aire ( $V_{aire}$ )**

$$V_{aire} = 2.0\%$$

$$V_{aire} = 2.0/100$$

$$V_{aire} = \mathbf{0.0200\ m^3}$$

- **Volumen del agregado grueso ( $V_{AG}$ )**

$$V_{AG} = \frac{\text{Peso seco del agregado grueso}}{\text{Peso especifico del agregado grueso}}$$

$$V_{AG} = \frac{980.28\ \text{kg}}{2622\ \text{kg/m}^3}$$

$$V_{AG} = \mathbf{0.3727\ m^3}$$

- **Volumen del agregado fino ( $V_{AF}$ )**

$$V_{AF} = 1 - (V_C + V_a + V_{aire} + V_{AG})$$

$$V_{AF} = 1 - (0.1539\text{m}^3 + 0.2050\text{m}^3 + 0.0200\text{m}^3 + 0.3727\text{m}^3)$$

$$V_{AF} = \mathbf{0.2484\ m^3}$$

◆ **Calculo del peso del agregado fino ( $P_{AF}$ )**

$$P_{AF} = V_{AF} * \text{Peso especifico del AF}$$

$$P_{AF} = 0.2484\text{m}^3 * 2652\ \text{kg/m}^3$$

$$P_{AF} = \mathbf{658.9\ \text{kg}}$$

◆ **Presentación de diseño en estado seco:**

Estos valores son las cantidades en kg. de cada uno de los materiales a utilizarse en el diseño, pero en estado seco.

**Tabla N°10:** Presentación de diseño en estado seco.

| MATERIAL        | CANTIDAD (kg)         |
|-----------------|-----------------------|
| Cemento         | 455.6                 |
| Agua            | 205 Lt/m <sup>3</sup> |
| Agregado Fino   | 658.9                 |
| Agregado grueso | 980.28                |

*Fuente: Elaboración propia de las investigadoras*

◆ **Corrección de valores de diseño por humedad:**

Posteriormente a la presentación del diseño en estado seco que integran la unidad cubica del concreto, se realiza la corrección de los agregados de acuerdo a sus condiciones de humedad y absorción, así mismo se realizó con los pesos corregidos de cada agregado, su aporte de agua a la mezcla.

$\%W_{AF}$  = Contenido de humedad del agregado fino.

$\%Abs_{AF}$  = Porcentaje de absorción del agregado fino.

$\%W_{AG}$  = Contenido de humedad del agregado grueso.

$\%Abs_{AG}$  = Porcentaje de absorción del agregado grueso.

- **Corrección del agregado fino ( $Cor_{AF}$ )**

$$Cor_{AF} = Peso\ seco_{AF} * \left(\frac{\%W}{100} + 1\right)$$

$$Cor_{AF} = 658.9\ kg * \left(\frac{0.90}{100} + 1\right)$$

$$Cor_{AF} = 664.8\ kg$$

- **Corrección del agregado grueso ( $Cor_{AG}$ )**

$$Cor_{AG} = Peso\ seco_{AG} * \left(\frac{\%W}{100} + 1\right)$$

$$Cor_{AG} = 980.28\ kg * \left(\frac{0.40}{100} + 1\right)$$

$$Cor_{AG} = 981.0\ kg$$

- **Aporte de agua a la mezcla del agregado fino:**

$$Aporte\ de\ agua\ del\ AF = \frac{(\%W_{AF} - \%Abs_{AF}) * Peso\ Cor_{AF}}{100}$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ AF = \frac{(0.90 - 1.83) * 664.8}{100}$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ AF = -6.183\ Lt$$

- **Aporte de agua a la mezcla del agregado grueso:**

$$\text{Aporte de agua del AG} = \frac{(\%W_{AG} - \%Abs_{AG}) * \text{Peso Cor}_{AG}}{100}$$

$$\text{Aporte de agua del AG} = \frac{(0.40 - 1.35) * 981.0}{100}$$

$$\text{Aporte de agua del AG} = -9.320 \text{ Lt}$$

✓ **Agua efectiva**

Al conocer los aportes de agua de cada agregado, estos se le restaran al agua de diseño, dando como resultado el agua efectiva.

$$\text{Aporte total de agua de agregados} = \text{aporte del AF} + \text{aporte del AG}$$

$$\text{Aporte total de agua de agregados} = (-6.183\text{Lt}) + (-9.320\text{Lt})$$

$$\text{Aporte total de agua de agregados} = -15.503\text{Lt}$$

$$\Rightarrow \text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - \text{aporte total de agua de agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205\text{Lt} - (-15.503\text{Lt})$$

$$\text{Agua efectiva} = 220.4 \text{ Lt}$$

◆ **Pesos corregidos por humedad:**

Después de haber calculado el contenido de humedad de los agregados y determinar el agua efectiva, se presentan en la tabla N°11 los pesos corregidos por humedad.

**Tabla N°11:** Pesos corregidos por humedad.

| MATERIAL        | CANTIDAD (kg)           |
|-----------------|-------------------------|
| Cemento         | 455.6                   |
| Agua            | 220.4 Lt/m <sup>3</sup> |
| Agregado Fino   | 664.8                   |
| Agregado grueso | 981.00                  |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras

◆ **Proporciones del diseño:**

El proporcionamiento del diseño se realizó al dividir cada uno de los materiales (cemento, agregado fino y agregado grueso) por el peso del cemento, y al agua a este se le divide entre el factor cemento.

$$\frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso del cemento}} : \frac{\text{Peso del AF}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{Peso del AG}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Factor cemento.}}$$

$$\frac{455.6}{455.6} : \frac{664.8}{455.6} : \frac{981.00}{455.6} : \frac{220.4}{10.7}$$

$$1 : 1.5 : 2.2 : 20.6$$

Cabe resaltar que dicho proporcionamiento es para  $1 \text{ m}^3$

**Tabla N°12:** Dosificación para un diseño de mezcla de  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$

| MATERIAL                   | Dosificación | PESO (kg) | % DE MEZCLA |
|----------------------------|--------------|-----------|-------------|
| CEMENTO                    | 1            | 455.6     | 19.62       |
| PESO DEL AGREGADO FINO     | 1.5          | 664.8     | 28.63       |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO   | 2.2          | 981.0     | 42.25       |
| AGUA                       | 20.6         | 220.4     | 9.50        |
| TOTAL PARA $1 \text{ m}^3$ |              | 2322      | 100.00      |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras

**Tabla N°13:** Dosificación de mezcla para un adoquín de concreto convencional.

| MATERIAL               | PESO POR ADOQUÍN (kg) |
|------------------------|-----------------------|
| CEMENTO                | 0.55                  |
| AGREGADO GRUESO        | 0.80                  |
| AGREGADO FINO          | 1.18                  |
| AGUA                   | 0.26                  |
| PESO TOTAL POR ADOQUIN | 2.80                  |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

De la misma manera, aplicando las mismas formulas y el mismo procedimiento se obtuvo el diseño de mezcla de un adoquín de concreto convencional tipo II para una  $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ . Los datos obtenidos se registraron en la tabla N°14 y la tabla N°15.

**Tabla N°14:** Dosificación para un diseño de mezcla de  $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$

| MATERIAL                   | Dosificación | PESO (kg) | % DE MEZCLA |
|----------------------------|--------------|-----------|-------------|
| CEMENTO                    | 1            | 512.5     | 22.02       |
| PESO DEL AGREGADO FINO     | 1.3          | 644.2     | 27.68       |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO   | 1.9          | 950.6     | 40.85       |
| AGUA                       | 18.2         | 219.9     | 9.45        |
| TOTAL PARA $1 \text{ m}^3$ |              | 2327      | 100.00      |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°15:** Dosificación de mezcla para un adoquín de concreto convencional.

| MATERIAL               | PESO POR ADOQUÍN (kg) |
|------------------------|-----------------------|
| CEMENTO                | 0.62                  |
| AGREGADO GRUESO        | 0.80                  |
| AGREGADO FINO          | 1.14                  |
| AGUA                   | 0.26                  |
| PESO TOTAL POR ADOQUÍN | 2.80                  |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

### Interpretación general.

El resultado del diseño de los adoquines elaborados con concreto convencional, para los tipos de resistencia de entre  $320 \text{ kg/cm}^2$  y  $380 \text{ kg/cm}^2$ , para un adoquín tipo II, responden a las siguientes características (tal como se muestran en la tabla N° 13 y la tabla N° 15). Para la primera resistencia que fue de  $320 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizaron materiales y dosificaciones siguientes: cemento 0.55 Kg, agregados gruesos 0.80 kg, agregado fino 1.18 kg, agua 0.26 lt. Para el adoquín tipo II, la resistencia conseguida fue de  $380 \text{ kg/cm}^2$  (que es la requerida para pavimentos de transito medio) para ello se utilizaron materiales y dosificaciones como: cemento 0.62 Kg, agregados gruesos 0.80 kg, agregado fino 1.14 kg, agua 0.26 Lt. Lo que significa que, en la elaboración de adoquines con materiales a base de agregados convencionales, se consigue tener resistencias de entre  $320 \text{ kg/cm}^2$  y  $380 \text{ kg/cm}^2$  con reducciones en las dosificaciones de los materiales.

En cuanto al segundo objetivo que fue diseñar la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020, se consideraron los resultados de los ensayos aplicados a los materiales tanto al agregado fino como el agregado grueso, es decir los resultados de los ensayos que se exponen a continuación en las tablas N°16 y N°17.

**Tabla N°16:** Resultados de ensayos realizados al agregado fino.

| Ensayo                                   | Resultado |
|--|-----------|
| • Peso unitario suelto. ( $kg/m^3$ )     | 1431      |
| • Peso unitario compactado. ( $kg/m^3$ ) | 1567      |
| • Peso específico. ( $kg/m^3$ )          | 2652      |
| • Módulo de fineza.                      | 2.70      |
| • Tamaño máximo nominal.                 | ----      |
| • % Absorción.                           | 1.83      |
| • % Humedad.                             | 0.9       |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°17:** Resultados de ensayos realizados al agregado grueso.

| Ensayo                                   | Resultado |
|--|-----------|
| • Peso unitario suelto. ( $kg/m^3$ )     | 1479      |
| • Peso unitario compactado. ( $kg/m^3$ ) | 1556      |
| • Peso específico. ( $kg/m^3$ )          | 2622      |
| • Módulo de fineza.                      | 6.75      |
| • Tamaño máximo nominal.                 | 3/4"      |
| • % Absorción.                           | 1.35      |
| • % Humedad.                             | 0.4       |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

Además, se tuvo en cuenta las propiedades del material pet, recogidas con el instrumento ficha documental descritas líneas abajo en el cuadro N°2.

**Figura 05:** Propiedades del material pet.

| AUTOR   | PROPIEDADES  |
|---|--|
| (ECHEVERRÍA, 2017).<br>Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes</li> <li>• Alta resistencia al desgaste - Buen coeficiente de deslizamiento</li> <li>• Buena resistencia química - Buenas propiedades térmicas</li> </ul>  |
| (ZUÑIGA, 2015).<br>Evaluación del tereftalato de polietileno (pet) como agregado en la elaboración de mortero para ladrillos de concreto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.</li> <li>• Alta resistencia al desgaste y corrosión.</li> <li>• Buen coeficiente de deslizamiento.</li> <li>• Buena resistencia química y térmica.</li> <li>• Buena barrera al CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad.</li> <li>• Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.</li> <li>• Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.</li> <li>• Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.</li> </ul> |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras basado en los autores antes mencionados.

Con la data obtenida en las tablas N°16, N°17 y en el cuadro N°3; y habiendo recogido los resultados de trabajos previos (ver capítulo II. Trabajos previos p. 18 – 21) en donde se realizaron estudios experimentales en base al material, obteniendo el hallazgo que, la dosificación más prevalente en el uso del material pet fue del 10% de parte de los agregados finos o gruesos, diseñando a partir de estos datos un adoquín ecológico en base a unas mezclas para una  $f'c = 320kg/cm^2$  y  $380kg/cm^2$  con el 10% de material pet; para lo cual se realizaron en total 18 adoquines de concreto con adición de material pet durante 3 días. Por día se realizaron 3 adoquines de concreto con material pet por cada resistencia requerida, es decir 2 tandas de 3 adoquines con material pet.

Siguiendo los mismos procedimientos para elaborar un adoquín de concreto convencional, aplicando las mismas formulas y teniendo en cuenta las mismas tablas, se obtuvieron los siguientes resultados:



**Tabla N°18:** Proporciones para un diseño de mezcla de  $f'c = 320kg/cm^2$  con material pet a un 10%.

| MATERIAL                    | PROPORCIONAMIENTO | PESO (kg) | % DE MEZCLA |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| CEMENTO                     | 1                 | 455.6     | 19.38       |
| PESO DEL AGREGADO FINO      | 2.3               | 997.2     | 42.43       |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO    | 1.5               | 654.0     | 27.82       |
| AGUA                        | 20.6              | 220.4     | 9.37        |
| MATERIAL PET EN 10%         |                   | 23.27     | 1.00        |
| TOTAL PARA 1 m <sup>3</sup> |                   | 2350.5    | 100.00      |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°19:** Proporciones de mezcla por adoquín con material pet.

| MATERIAL               | PESO POR ADOQUÍN (kg) |
|------------------------|-----------------------|
| CEMENTO                | 0.55                  |
| AGREGADO GRUESO        | 1.20                  |
| AGREGADO FINO          | 0.78                  |
| AGUA                   | 0.26                  |
| MATERIAL PET           | 0.03                  |
| PESO TOTAL POR ADOQUIN | 2.80                  |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

Como se puede apreciar en la tabla N°18, se muestra la dosificación del concreto con adición del material pet a un 10% para una  $f'c = 320kg/cm^2$ , cabe resaltar que dicha dosificación es para 1m<sup>3</sup> de concreto, por lo que concierne para un solo adoquín de concreto con material pet tipo II el cual tiene 0.0012m<sup>3</sup> de volumen, se le multiplico el peso ya establecido de la tabla N°18 por el volumen del adoquín ya mencionado anteriormente, entonces el peso de cada material por adoquín es el mostrado en la tabla N°19.

De la misma manera, aplicando la mismas formulas y el mismo procedimiento se obtuvo el diseño de mezcla de un adoquín de concreto con material pet tipo II para una  $f'c = 380 kg/cm^2$ . Los datos obtenidos se registran en la tabla N°20 y tabla N°21.

**Tabla N°20:** Proporciones para un diseño de mezcla de  $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$  con material pet a un 10%

| MATERIAL                   | PROPORCIONAMIENTO | PESO (kg) | % DE MEZCLA |
|----------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| CEMENTO                    | 1                 | 537.5     | 22.96       |
| PESO DEL AGREGADO FINO     | 1.8               | 936.7     | 40.00       |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO   | 1.2               | 614.3     | 26.24       |
| AGUA                       | 18.1              | 229.4     | 9.80        |
| MATERIAL PET EN 10%        |                   | 23.18     | 1.00        |
| TOTAL PARA $1 \text{ m}^3$ |                   | 2341      | 100.00      |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°21:** Proporciones de mezcla por adoquín con material pet.

| MATERIAL               | PESO POR ADOQUIN (kg) |
|------------------------|-----------------------|
| CEMENTO                | 0.65                  |
| AGREGADO GRUESO        | 1.12                  |
| AGREGADO FINO          | 0.74                  |
| AGUA                   | 0.28                  |
| MATERIAL PET           | 0.03                  |
| PESO TOTAL POR ADOQUIN | 2.80                  |

**Fuente:** Elaboración propia de las investigadoras.

### Interpretación general.

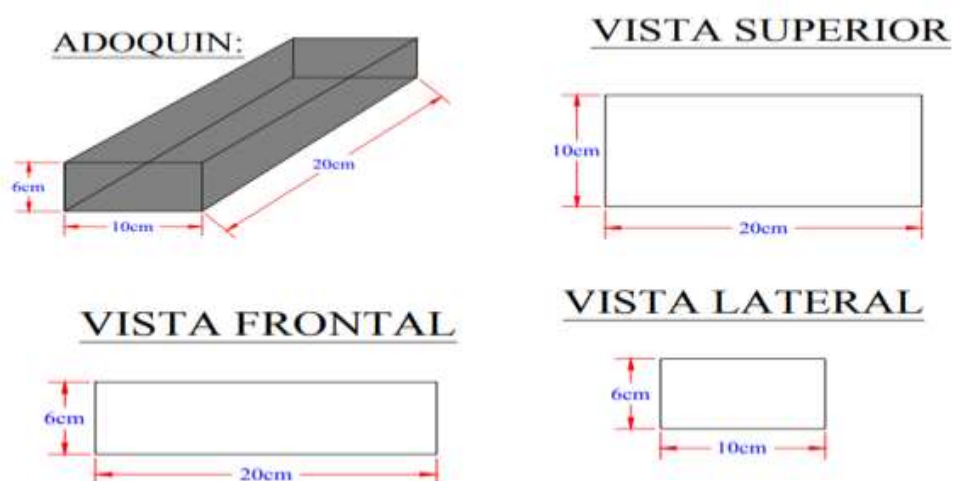
El diseño de la mezcla de un adoquín de concreto y material pet al 10% obtuvo una resistencia de  $395 \text{ kg/cm}^2$  (tal como se muestra en el anexo N°03.13) Para ello se utilizaron materiales y dosificaciones siguientes tales como: cemento 0.65 Kg, agregados gruesos 1.12 kg, agregado fino 0.74 kg, agua 0.28 lt y de material pet 0.03 kg, esto demuestra que se puede elaborar adoquines de tipo ecológico con una resistencia de  $395 \text{ kg/cm}^2$  superior a la de  $380 \text{ kg/cm}^2$  (que es la conseguida con mezcla de concreto convencional), para un pavimento de tránsito ligero.

Para el tercer objetivo que fue establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020, se realizó una evaluación económica de cada uno de los adoquines tanto convencional como para el adoquín con material pet, este informe económico no

incluye costo de transporte de material ya que el material puesto en laboratorio incluía el costo de transporte.

Cabe mencionar que el adoquín que fue elaborado manualmente es para un pavimento de tránsito medio, es decir un adoquín de tipo II, el cual está normado para que transiten vehículos ligeros, siendo sus dimensiones: 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 6 cm de altura tal y como se muestra en la figura N°3.

**Figura 06:** Dimensiones del adoquín tipo II.



*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°22:** Cuadro comparativo entre adoquines de concreto

| ADOQUÍN DE CONCRETO CONVENCIONAL.  | ADOQUÍN DE CONCRETO CON MATERIAL PET.   |
|--|---|
| Medida: 20cm * 10 cm * 60cm.<br>Peso: 2.80 kg.<br>Costo/unidad: s/. 1.00<br>Resistencia máxima: $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$<br>Absorción:<br>Ventajas y desventajas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un adoquín de concreto convencional el cual está elaborado con materiales naturalmente extraídos de la cantera Santa Cruz – Querecotillo. Pero esto causa destrucción a nuestro medio ambiente por causa de la explotación de cerros.</li> <li>- Es un adoquín reusable.</li> <li>- Mejor estabilidad para soportar las cargas del tráfico.</li> <li>- Para su colocación in situ no requiere de mano de obra especializada.</li> <li>- Mejor aspecto visual – estética.</li> </ul> | Medida: 20cm * 10 cm * 60cm.<br>Peso: 2.80 kg.<br>Costo/unidad: s/. 0.90<br>Resistencia máxima = $390 \text{ kg/cm}^2$<br>Absorción:<br>Ventajas y desventajas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un adoquín elaborado con adición de material pet reciclado, por lo tanto, se puede decir que es un adoquín ecológico, ya que ayuda a nuestro planeta a disminuir la contaminación medioambiental.</li> <li>- Es un adoquín reusable.</li> <li>- Mejor estabilidad para soportar las cargas del tráfico.</li> <li>- Para su colocación in situ no requiere de mano de obra especializada.</li> <li>- Mejor aspecto visual – estética.</li> <li>- Más económico.</li> </ul> |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°23:** Precio de los materiales para la producción del adoquín, en Piura.

| MATERIALES       | UNIDA D        | PRECIOS (s/.) |
|------------------|----------------|---------------|
| Cemento          | Bolsa          | 25.00         |
| Agua             | m <sup>3</sup> | 2.00          |
| Agregado fino    | m <sup>3</sup> | 24.00         |
| Agregado grueso. | m <sup>3</sup> | 45.00         |
| Material pet.    | kg             | 00.00         |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

**Tabla N°24:** Análisis de costo unitario de un adoquín tipo II convencional.

| MATERIALES                     | UNIDAD          | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
|--------------------------------|-----------------|----------|-----------------|---------|
| <b>Cemento</b>                 | bolsa/adoquín   | 0.0055   | 25.00           | 0.1375  |
| <b>Ag. Grueso</b>              | m3/adoquín      | 0.008    | 45.00           | 0.36    |
| <b>Ag. Fino</b>                | m3/adoquín      | 0.0118   | 24.00           | 0.2832  |
| <b>Agua</b>                    | m3/adoquín      | 0.0026   | 2.00            | 0.0052  |
| <b>Material pet</b>            | kg/adoquín      | 0.0000   | 0.00            | 0       |
| <b>MANO DE OBRA</b>            |                 |          |                 |         |
| <b>Operario</b>                | HH /bloque      | 0.010    | 9.00            | 0.09    |
| <b>Peón</b>                    | HH/bloque       | 0.010    | 5.00            | 0.05    |
| <b>Maquinaria</b>              | HM              | 0.010    | 10.00           | 0.10    |
| <b>Costo total por adoquín</b> | <b>s/. 1.00</b> |          |                 |         |

*Fuente:* Elaboración propia de las investigadoras.

| MATERIALES          | UNIDAD        | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
|---------------------|---------------|----------|-----------------|---------|
| <b>Cemento</b>      | bolsa/adoquín | 0.0055   | 25.00           | 0.1375  |
| <b>Ag. Grueso</b>   | m3/adoquín    | 0.012    | 45.00           | 0.54    |
| <b>Ag. Fino</b>     | m3/adoquín    | 0.0078   | 24.00           | 0.1872  |
| <b>Agua</b>         | m3/adoquín    | 0.0026   | 2.00            | 0.0052  |
| <b>Material pet</b> | kg/adoquín    | 0.0003   | 0.00            | 0       |
| <b>MANO DE OBRA</b> |               |          |                 |         |
| <b>Operario</b>     | HH /bloque    | 0.010    | 0.00            | 0       |

|                                |                 |       |      |      |
|--------------------------------|-----------------|-------|------|------|
| <b>Peón</b>                    | HH/bloque       | 0.010 | 5.00 | 0.05 |
| <b>Maquinaria</b>              | HM              | 0.010 | 0.00 | 0.00 |
| <b>Costo total por adoquín</b> | <b>s/. 0.90</b> |       |      |      |

**Tabla N°25:** Análisis de costo unitario de un adoquín tipo II con material pet.

**Fuente:** *Elaboración propia de las investigadoras.*

### **Interpretación general**

El costo-beneficio del uso del adoquín convencional vs el adoquín con mezcla de concreto y material pet (tal como lo evidencia la tabla N°24 y N°25) es en favor del uso del adoquín ecológico con mezcla de material pet, ya que el costo de cada adoquín convencional por unidad se estima según cálculos en un promedio de s/. 1.00 y si el uso de este tipo de adoquines es por  $m^2$  y en éste caben 50 unidades de adoquines tipo II, el valor por total es de s/.50 por  $m^2$ ; mientras, el valor del adoquín ecológico (según la tabla N°25) demuestra según cálculo, que el costo por unidad de este adoquín, es un promedio de s/. 0.90, siendo el costo por  $m^2$  de s/. 45.00. Por lo tanto, el costo de usar adoquines elaborados con mezcla de concreto y material pet (ecológico) es menor en 5 soles por  $m^2$  y el beneficio que se logra con su uso, es que su resistencia es mayor en  $15\text{ kg/cm}^2$ , permitiendo tener una mejor resistencia a la transitabilidad tanto peatonal como vehicular.

## V. DISCUSIÓN

1. Con respecto al diseño de la mezcla de un adoquín de concreto con mezcla convencional las bases teóricas que fundamentan la elaboración de adoquines de concretos convencionales, la NTP 399.611(2017) Unidades de Albañilería – adoquines de concreto para pavimentos, indica que un adoquín de concreto para pavimentos de tránsito medio o también llamado adoquín tipo II cumple con las siguientes dimensiones, 20cm de largo, 10cm de ancho y 06cm de altura, con una resistencia a la compresión de  $380\text{kg/cm}^2$  por unidad individual. En tanto los resultados de la presente investigación consiguen obtener resistencias de entre  $320\text{ kg/cm}^2$  y  $380\text{ kg/cm}^2$ , con reducciones en las dosificaciones del material agregado fino. Así mismo, los resultados del estudio de Cabezas John y Morillo Alan (2018) expresan que el agregado fino utilizado de la cantera Yerbabuena – Unicón, ubicada en el distrito de Carabaylo, es adecuado para su concreto debido a que se encuentra dentro del límite del huso del ASTM (límite superior e inferior) obteniendo una resistencia para el adoquín patrón de  $395\text{ kg/cm}^2$ , pero sólo obteniendo una mezcla con agregado fino de esa cantera.

Lo que se interpreta de esta triangulación de investigaciones es que, el resultado de este estudio, demuestra que se puede elaborar el diseño de un adoquín convencional elaborado con materiales como agregados gruesos y finos de una cantera local, sin intervención de procesamientos lo que le genera al constructor someter este producto a ciertos procesos hasta volverlos agregados aptos para su uso, lo que además los encarece como productos. Además, la resistencia del presente trabajo logra obtener

resistencias a la compresión dentro de los estándares normales de entre 320 y  $380\text{kg}/\text{cm}^2$ , pero haciendo una reducción de la dosificación de agregados finos. Así también en el antecedente se logra obtener una resistencia de  $395\text{kg}/\text{cm}^2$ , mayor al estándar establecido pero solo trabajando con agregados finos. En ambos trabajos no se toman en cuenta lo que dice la NTP 399.611, respecto a los estudios que se les debe hacer a los agregados antes de su uso.

2. Con respecto al diseño de la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio, la NTP 399.611(2017) Unidades de Albañilería – adoquines de concreto para pavimentos, indica que un adoquín de concreto para pavimentos de tránsito medio o también llamado adoquín tipo II cumple con las siguientes dimensiones, 20cm de largo, 10cm de ancho y 6cm de altura, con una resistencia a la compresión de  $380\text{kg}/\text{cm}^2$  por unidad individual. Los resultados de la presente investigación expresan que la elaboración de adoquines con materiales a base de agregados convencionales extraídos de una cantera local y material pet reciclado al 10%, consiguen tener resistencias de entre  $320\text{kg}/\text{cm}^2$  y  $395\text{kg}/\text{cm}^2$ . Así mismo los resultados del estudio de José Montiel (2017) expresan que es válido usar conglomerado y reutilizar en la elaboración de adoquines para la circulación vehicular y peatonal sin que esto simbolice dificultad alguna, igualmente se puede elaborar adoquines para circulación mediana, pero bajo algunas deliberaciones, se llegó a una resistencia de  $400\text{kg}/\text{cm}^2$  y la norma de México pide una dureza exigua de  $405\text{kg}/\text{cm}^2$ . Otro trabajo como el de Yoisi Meza (2017), llega a la conclusión que la adición del plástico reciclado ayuda al mejoramiento de sus características físicas y mecánicas alcanzando un 9.465% de mejoras en los adoquines.

Lo que se interpreta de esta triangulación de investigaciones es que, el resultado de este estudio, demuestra que se puede elaborar el diseño de un adoquín de tipo ecológico con una resistencia de  $395\text{kg}/\text{cm}^2$  superior a la de  $380\text{kg}/\text{cm}^2$  (que es la conseguida con mezcla de concreto convencional). Utilizando otros materiales como el material pet que, además no causa

impacto en el medio ambiente y tiene un mejor comportamiento al ser aleado con el concreto, proporcionándole a los adoquines más de resistencia.

3. Con respecto a establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de trasmito medio, los resultados expresan que es en favor del uso del adoquín ecológico con mezcla de material pet, ya que el costo de cada adoquín convencional por unidad se estima según cálculos en un promedio de s/. 1.00, mientras, el valor del adoquín ecológico se demuestra según cálculo, que el costo por unidad de este adoquín, es un promedio de s/.0.90. Así mismo los resultados del estudio realizado por Di Marco Raúl (2017) expresa que el costo – beneficio de este adoquín, ya que posibilitó decretar que las partículas de material pet en adoquines, permitirá su utilización como probable reemplazo de áridos, debido a que se logró fabricar adoquines con el 35% de sustituto de la arena, dichos adoquines mostraron semejante filtración(aceptables) y resistencia sobre las requeridas por la norma NTC 2017. Al reemplaza el 35% del agregado fino por el material pet, teniendo este una resistencia por encima de lo rige su norma, no obstante, al reemplazar un material que no tiene costo alguno ya que se recicla, por un material cuyo costo en Perú oscila entre s/. 20.00 y s/. 30.00, ya estas ahorrando.

Lo que se interpreta de esta investigación es que, si el uso de este tipo de adoquines es por  $m^2$  y en éste caben 50 unidades de adoquines tipo II, el valor por total es de s/.50.00 por  $m^2$ ; mientras, el valor del adoquín ecológico por  $m^2$  de s/.45.00. Por lo tanto, el costo de usar adoquines elaborados con mezcla de concreto y material pet (ecológico) es menor en 5 soles por  $m^2$  y el beneficio que se logra con su uso, es que su resistencia es mayor en 15



$kg/cm^2$ . Así como también lo demuestra los resultados de otros trabajos de investigación.

## VI. CONCLUSIONES

1. El diseño de una mezcla de un adoquín convencional elaborado con materiales como agregados gruesos y finos de una cantera local, logra obtener resistencias a la compresión de entre  $320\text{kg/cm}^2$  y  $380\text{kg/cm}^2$  y consigue el ahorro en la dosificación de los agregados finos, sin dejar de poseer las dimensiones generales de un adoquín que son 20 cm largo, 10 cm de ancho y 6 cm de alto.
2. El diseño de mezcla de un adoquín de concreto con adición de material pet en un 10%, demuestra que el material pet tiene un mejor comportamiento al ser aleado con el concreto, dándole este a los adoquines mayor resistencia, ya que se logró diseñar un adoquín de tipo ecológico con una resistencia de  $395\text{kg/cm}^2$  superior a la de  $380\text{kg/cm}^2$  (que es la conseguida con mezcla de concreto convencional).
3. El costo – beneficio del adoquín de concreto convencional en comparación con el adoquín de concreto con material pet, es que el costo de usar adoquines elaborados con mezcla de concreto y material pet (ecológico) es menor en 5 soles por  $\text{m}^2$  y el beneficio que se logra con su uso, es que su resistencia es mayor en  $15\text{kg/cm}^2$ .
4. Se demostró el uso del material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio, dichos adoquines contienen entre sus materiales de elaboración el material pet, dado estos un resultado satisfactorio, demostrando de esta manera el buen comportamiento del material pet al ser aleado con el concreto, así mismo se demostró la aprobación del uso del material pet en un 10% en adoquines de concreto al tener estos una resistencia mayor a la requerida en lo estipulado en la NTP 399.611 (2015).

## VII. RECOMENDACIONES

1. A partir de los ensayos hechos en laboratorio para la realización de los diseños de mezclas con materiales convencionales, dada a las propiedades de estos, son idóneos ya que se llega a la resistencia requerida, sin embargo, siendo el contenido de su material lo que genera gran impacto al medio ambiente y estando sometido a los procedimientos para mejorarlo, que es lo que lo encarece, así como también utilizar materiales comprados; se sugiere realizar más investigaciones experimentales para mejorar el conocimiento del uso de otros materiales tanto como ecológicos e innovadores, siendo de gran aporte en la industria de la construcción, así como también se recomiendan más estudios de beneficio y propiedades del material pet de esta manera complementar estudios y así poder argumentar la presunción que se tiene desde ya, que si sirve su uso en el campo de la construcción.
2. Se recomienda a empresarios constructores, emprender negocios sobre el rehusó del material pet el cual puede ser utilizado en la elaboración de adoquines de concreto con material pet, o adoquín ecológico el cual tiene un costo menor al de un adoquín convencional, y su beneficio es que se podrá obtener más resistencia que el adoquín convencional, incentivando el reciclaje, ya que este material no tiene costo alguno por el mismo hecho que es reciclado, ayudando indirectamente a la no contaminación del medio ambiente y a la misma vez dando lugar a nuevas ideas, cabe resaltar que el adoquín ecológico tiene las mismas dimensiones que de un adoquín convencional.

## REFERENCIAS

CABEZAS CRUZ, J. C. y MORILLO BALDEON, A. J. "Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz, Lima - 2018". (Lima, Perú) Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Disponible y acceso: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34726>.

CONTRERAS YENNI, R. A. "Técnicas e instrumentos de investigación".2015, Venezuela, Blogger. Acceso: <http://tecnicasdeinvestigacion2015.blogspot.com/>

DIAZ DE IPARRAGUIRRE, A. M. "Responsabilidad social de la Universidad en la promoción del capital social para el desarrollo sustentable".2008. (Naguanagua-Tachira) :ISBN-13:978-84-691-5332-1.Universidad Católica del Tachira. Acceso: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2008b/402/index.htm>

SANTIAGO MIGUEL, A. ,SANTAMARÍA CUELLAR, M. R. , CONTRERAS SANTOS, G. , GUERRERO GARCÍA, V. M. y HERNÁNDEZ ALCÁNTARA, A. M. "Diseño y elaboración de adoquines de pet reciclado".2015, (Mexico). Ideas en Ciencia, Vol. 1,ISSN:2007-5197. Universidad Autónoma del estado de Mexico.Disponible:[http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66911/REVISTA%20IDEAS\\_VOL\\_44\\_1\\_DISEN%cc%83O.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66911/REVISTA%20IDEAS_VOL_44_1_DISEN%cc%83O.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

MARCO MORALES, R. O. D. " Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcciones en núcleos rurales".2015, (El Socorro, Colombia).Revista ESAICA. VOL1. Universidad libre de Colombia. Disponible:[https://www.researchgate.net/publication/296622415\\_Diseño\\_y\\_elaboración\\_de\\_un\\_sistema\\_de\\_adoquines\\_de\\_bajo\\_costo\\_y\\_material\\_reciclado\\_para\\_construcciones\\_en\\_núcleos\\_rurales](https://www.researchgate.net/publication/296622415_Diseño_y_elaboración_de_un_sistema_de_adoquines_de_bajo_costo_y_material_reciclado_para_construcciones_en_núcleos_rurales)

ECHEVARRIA GARRO, E. R. "Ladrillos de concreto con plástico reciclado pet". 2017,(Cajamarca,Perú).Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca .Disponible:<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%c3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RUIZ MEDINA, M. I. , BORBOA QUINTERO, M. S. y RODRIGUEZ VALDEZ, J. C. "El enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales".2013.(España), TLATEMOANI, Revist.Academica de Investigación.Vol. I. ISSN:19899300 Disponible y acceso:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7325416>

FLORES, Eder."Elaboración de elementos prefabricados de concreto con la adición de plástico reciclado pet". Lima, Universidad Nacional De Ingeniería. Lima: s.n., 2018. Tesis de pregrado. Disponible y acceso: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16471>

GALINDO, Gaby."Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción".2018.(Arequipa,Perú),Tesis de pregrado.Universidad Católica San

Pablo. Disponible: [http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15660/1/GALINDO\\_GONZALES\\_GAB\\_REV.pdf](http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15660/1/GALINDO_GONZALES_GAB_REV.pdf)

GARZON, Julian y MONTAÑO, Andres. 2014. "Propuesta de un material para la construcción a partir de cemento y el reciclaje de pet". 2014, (Zipaquira). Tesis de pregrado. Universidad Minuto De Dios. Disponible y acceso: [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3453/TPED\\_GarzonAmayaJulian\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3453/TPED_GarzonAmayaJulian_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HEDRICK, Terry. "Diseños cuasi experimentales y longitudinales". 1993. Vol. XXXII.0803932340. Disponible: [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf?fbclid=IwAR3U9381oZZD\\_Rsyp0X6J-xphjs5nNju2qHvpuv6\\_GzUp\\_OwxhBbo-Wvvq8](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf?fbclid=IwAR3U9381oZZD_Rsyp0X6J-xphjs5nNju2qHvpuv6_GzUp_OwxhBbo-Wvvq8)

HERNANDEZ, Roberto. "Metodología de la investigación". 2011. Disponible: <https://sites.google.com/site/metodologiadelainvestigacionb7/capitulo-5-sampieri>

LIÑAN RODRIGUEZ, Jazmin y ALVAREZ TTITO, Leonel. "Diseño de adoquines de concreto con incorporación del PET para vías vehiculares de tránsito ligero en el distrito de El Agustino - 2018. Lima": Disponible y acceso: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39110/Li%c3%ba\\_n\\_RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39110/Li%c3%ba_n_RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

LOZADA, Jose. "Investigación Aplicada: definición, Propiedad Intelectual e Industrial". Quito : Dialnet plus, 2014. Vol. III. 1390-9592. Disponible y acceso: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MEZA, Yoisi. "Propiedades físico mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial Tamboplaza, Luurin - 2017". (Lima, Perú), Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo.. Disponible: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26903/Meza\\_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26903/Meza_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MIRANDA, Ricardo y CALLE, Roberto. "Uso de pavimento de adoquines de concreto en aeropuertos: siete años de experiencia Colombia. Bogotá, Colombia", 2014 Vol. I. Disponible: [https://docplayer.es/6784859-Uso-de-pavimentos-de-adoquines-de-concreto-en-aeropuertos-siete-anos-de-experiencia-colombiana.html?fbclid=IwAR1fUtZe1ZtN\\_efT00af4\\_U3dkf-790oXTcEQ5SQgTaxUFL5Hf9289CdC6E](https://docplayer.es/6784859-Uso-de-pavimentos-de-adoquines-de-concreto-en-aeropuertos-siete-anos-de-experiencia-colombiana.html?fbclid=IwAR1fUtZe1ZtN_efT00af4_U3dkf-790oXTcEQ5SQgTaxUFL5Hf9289CdC6E)

MONTIEL, Jose. "Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales". 2017, (México) Tesis de maestría Universidad Autónoma de México. Disponible: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12875/tesis.pdf.pdf?sequence=1>

MORA Q, Samuel. "Pavimentos Adoquinados". 2016, (Lima, Perú). Disponible: <https://es.scribd.com/document/127736045/PAVIMENTOS-ADOQUINADOS>

MORALES , Juan, SUASTE, Daniel y AVILA, “Angel. Diseño de una mezcla con materiales reciclados para produccion de adoquines”. 2017. Mexico. Tesis de pregrado Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Disponible y acceso: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13667/TESIS-PDF->

[Dise%C3%B1o%20de%20una%20mezcla%20con%20materiales%20reciclados%20para%20produccion%20de%20adoquines.pdf?sequence=2&fbclid=IwAR2uG\\_M1FENM-eozT1hmjcm9MxilX0JV54LFVQEMajo](#)

NORMA TÉCNICA PERUANA. “Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos”. 2015, (Lima, Perú) : INACAL, INACAL, 11 de Diciembre de 2015. Disponible: <https://es.scribd.com/document/359297615/NTP-399-611-2010-Revisada-el-2015>

Luis López, Pedro. “Poblacion muestra y muestreo”, 2004 (Cochabamba), SCIELO, 2004, Vol. 9. 1815-0276. Disponible y acceso: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)

RAMOS, Jose. “Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima” 2018. (Lima, Perú) Universidad Cesar Vallejo, Tesis de pregrado. Disponible y acceso: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25367/Ramos\\_AJL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25367/Ramos_AJL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RIVVA Lopez, Enrique. “Diseño de Mezcla” 2017. Miraflores. Disponible y acceso: <https://issuu.com/geotav/docs/disen%C3%B1o-de-mezclas-enrique-rivva-lo>.

RUIZ, Albina. “Peru: 90% de reciclaje de plástico es informal”. 2016, (Lima, Perú). Revist : Sophimania, Disponible: <https://www.sophimania.pe/medio-ambiente/contaminacion-y-salud-ambiental/pera-el-90-del-reciclaje-de-plasticos-es-informal/>

SABINO, Carlos. “El proceso de investigación”. 2000 (Caracas, Venezuela). Edi. Panamericana, Bogotá. y el Edi. Lumen, Buenos Aires. Disponible y acceso: [http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso\\_investigacion.pdf](http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf)

TREVIÑO AGUADO, JORGE. “Mexico, a la cabeza del reciclaje de plástico en américa”. 2018, (Mexico). Pag. Periodística El País. Disponible y acceso: [https://elpais.com/internacional/2018/05/16/actualidad/1526429688\\_205528.html](https://elpais.com/internacional/2018/05/16/actualidad/1526429688_205528.html)

## ANEXOS

### ANEXO N°01: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIÓN   | INDICADORES  |
|---|---|---|---|--|
| INDEPENDIENTE<br>(X)<br>MATERIAL PET                      | Botellas hechas con tereftalato de polietileno (PET- polyethylene terephthalate) un tipo de plástico transparente, compuesto químicamente por un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. (ANEP, 2015) | La variable material pet se va a medir en función al diseño de mezcla con un porcentaje de material pet, cuyos datos son registrados con el instrumento de fichas de registros de ensayos de las cantidades de los tipos de materiales, así mismo se hizo uso de la ficha de recolección de datos para determinar sus propiedades y volúmenes, una vez obtenido el concreto aleado con el material pet se realizaran las pruebas correspondientes de resistencia a la compresión, cuyos datos son registrados con el instrumento de fichas técnicas de observación. | Diseño de mezcla con un porcentaje de material pet. | Dosificación   |
|   |   |   |   | Resistencia a la compresión. (320kg/cm <sup>2</sup> y 380 kg/cm <sup>2</sup> ) |
|   |   |   |   | Relación A/C   |
|   |   |   | Determinar las propiedades físicas del material     | Textura  |
|   |   |   |   | Color  |
|   |   |   |   | Peso   |
|   |   |   | Volumen   | Cantidad de recolección.   |
| Porcentaje  |   |   |   |  |
| DEPENDIENTE<br>(Y)<br>ADOQUIN DE CONCRETO PARA PAVIMENTO. | Los adoquines son piezas de concreto simple que han pasado por un proceso de vibro compactación, asegurando un tránsito más rápido, confortable, seguro, además de ser económicos y tener un mejor comportamiento   | La variable adoquín de concreto para pavimento se va a medir en función al diseño de mezclas, utilizando el instrumento de fichas de registros de ensayos de las cantidades de los tipos de materiales para el registro de datos, así mismo para su resistencia se va a medir en función a los requisitos estipulados en la Norma Técnica Peruana, del mismo modo se usó el instrumento de fichas técnicas de observación   | Diseño de Mezcla                                    | Dosificación   |
|   |   |   |   | Resistencia a la compresión. (320kg/cm <sup>2</sup> y 380 kg/cm <sup>2</sup> ) |
|   |   |   |   | Relación A/C   |
|   |   |   | Propiedades Físico – Mecánicas de los agregados     | Peso específico  |
|   |   |   |   | Granulometría  |

|  |                                       |   |                      |                                    |
|--|---------------------------------------|---|----------------------|------------------------------------|
|  | ante las lluvias. (NTP 399.611, 2015) | para registrar los datos de las resistencias obtenidas. | Costo de producción. | Análisis de Costos Unitarios (ACU) |
|--|---------------------------------------|---|----------------------|------------------------------------|

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2020.*

**ANEXO N°02:** Técnica e instrumentos de recolección de datos.




FUENTE: Elaboración propia, 2020.

| OBJETIVO ESPECÍFICO  | POBLACIÓN   | MUESTRA  | TÉCNICA  | INSTRUMENTO   | LOGRO   |
|--|---|--|--|---|---|
| Diseñar la mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020.   | Todos los adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio que van a ser utilizados en el laboratorio. | Todos los adoquines en prueba que logren la resistencia para pavimentos de tránsito medio, los cuales serán adoquines de concreto convencional.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La técnica de análisis documental.</li> <li>• La técnica de ensayo de laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas Técnicas De Observación.</li> <li>• Ficha de registros de ensayo de las cantidades de los tipos de materiales.</li> </ul> | Se diseñó la mezcla de un adoquín de concreto convencional para pavimentos de tránsito medio                            |
| Diseñar la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimentos de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020.   | Todos los adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio que van a ser utilizados en el laboratorio  | todos los adoquines en prueba que logren la resistencia para pavimentos de tránsito medio, los cuales serán adoquines de concreto con material pet.                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La técnica de análisis documental.</li> <li>• La técnica de ensayo de laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas Técnicas De Observación.</li> <li>• Ficha de registros de ensayo de las cantidades de los tipos de materiales.</li> </ul> | Se diseñó la mezcla de un adoquín de concreto con material pet para pavimento de tránsito medio.                        |
| Establecer el costo – beneficio del adoquín de concreto con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional para pavimento de tránsito medio en la ciudad de Piura 2020. | Todos los adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio que van a ser utilizados en el laboratorio  | Todos los adoquines en prueba que logren la resistencia para pavimentos de tránsito medio, los cuales serán adoquines de concreto convencional y adoquines de concreto con material pet. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La técnica de análisis documental.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas Técnicas De Observación.</li> <li>• Ficha de registros de ensayo de las cantidades de los tipos de materiales.</li> </ul> | Se estableció el costo – beneficio del adoquín con material pet en comparación con el adoquín de concreto convencional. |

**ANEXO N°03:** Instrumento de recolección de datos

Formato de análisis granulométrico Agregado Fino



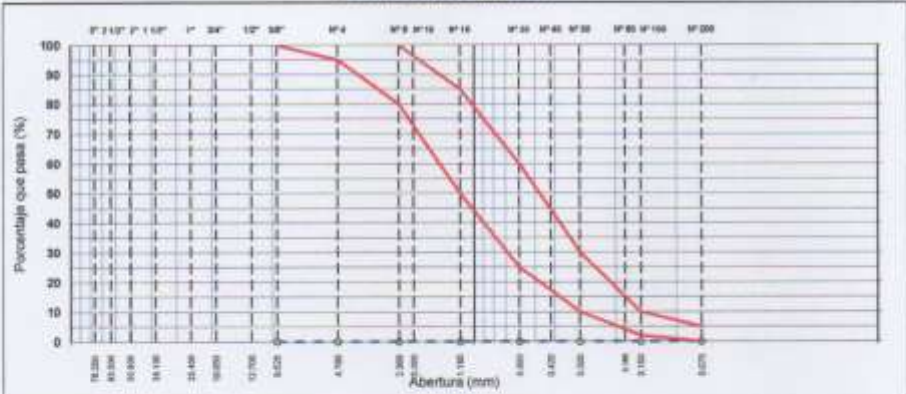
**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 2050247034  
 CIRCULAR (11/2002)  
 OF. CHAYUPALLA  
 Av. Los 30 1000-00000  
 Telf: 037 501000 Cel. Celso: 98277811 Cel. Movistar: 99119272  
 Dirección: Calle Araguayo # 300 Bellavista - Sucre - Puno  
 Email: geopav@consultgeopav.com - puco@consultgeopav.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-86

|  |   |
|--|---|
| OBRA :<br><br>MATERIAL :<br>MUESTRA :<br>PROFUND :<br>CANTERA :<br>UBICACIÓN : | N° REGISTRO :<br>TÉCNICO :<br>INC° RESP :<br>FECHA :<br>HECHO POR :<br>DEL KM :<br>AL KM :<br>CARRE : |
|--|---|

| TAMIZ   | ÁREAS mm | PESO RET | WET PRC | WET AC | % Q PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |          |            |                    |           |  |  |
|---------|----------|----------|---------|--------|----------|----------------|---------------------------|----------|------------|--------------------|-----------|--|--|
| 7"      | 177.800  |          |         |        |          |                | PESO TOTAL                | =        |            | g                  |           |  |  |
| 8"      | 152.400  |          |         |        |          |                | PESO LAVADO               | =        |            | g                  |           |  |  |
| 2"      | 127.000  |          |         |        |          |                | PESO FINO                 | =        | 0.0        | g                  |           |  |  |
| 4"      | 101.600  |          |         |        |          |                | % HUMEDAD                 |          | P.S.H.     | P.S.S              | % Humedad |  |  |
| 3"      | 76.200   |          |         |        |          |                | Ensayo Malla #200         | P.S.Seco | P.S.Lavado | 200%               |           |  |  |
| 2 1/2"  | 63.500   |          |         |        |          |                |                           |          | 0.0        | 0.0                | #(DVI)    |  |  |
| 2"      | 50.800   |          |         |        |          |                | % Grava                   | =        | 0.0        | %                  |           |  |  |
| 1 1/2"  | 38.100   |          |         |        |          |                | % Arena                   | =        | 0.0        | %                  |           |  |  |
| 1"      | 25.400   |          |         |        |          |                | % Fina                    | =        | 0.0        | %                  |           |  |  |
| 3/4"    | 19.050   |          |         |        |          |                | MÓDULO DE FRAGRA          | =        |            | %                  |           |  |  |
| 1/2"    | 12.700   |          |         |        |          |                | EQUIV. DE ARENA           | =        |            | %                  |           |  |  |
| 3/8"    | 9.525    |          |         |        |          |                | GRAVEDAD ESPECÍFICA:      |          |            |                    |           |  |  |
| # 4     | 4.750    |          |         |        |          |                | P.E. Bulk (Base Seca)     | =        |            | gr/cm <sup>3</sup> |           |  |  |
| # 6     | 2.360    |          |         |        |          |                | P.E. Bulk (Base Saturada) | =        |            | gr/cm <sup>3</sup> |           |  |  |
| # 10    | 2.000    |          |         |        |          |                | P.E. Aparato (Base Seca)  | =        |            | gr/cm <sup>3</sup> |           |  |  |
| # 16    | 1.180    |          |         |        |          |                | Absorción                 | =        |            | %                  |           |  |  |
| # 30    | 0.600    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| # 40    | 0.420    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| # 50    | 0.300    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| # 60    | 0.180    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| # 100   | 0.150    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| # 200   | 0.075    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| < # 200 | FONDO    |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| FINO    |          |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |
| TOTAL   |          |          |         |        |          |                |                           |          |            |                    |           |  |  |


CURVA GRANULOMÉTRICA



|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| CONTRATISTA            | SUPERVISIÓN                |
|                        |                            |
| EC. CONTROL DE CALIDAD | TEC. SUPERVISIÓN           |
| RP. CONTROL DE CALIDAD | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |

Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC

## Formato de análisis granulométrico Agregado Grueso.



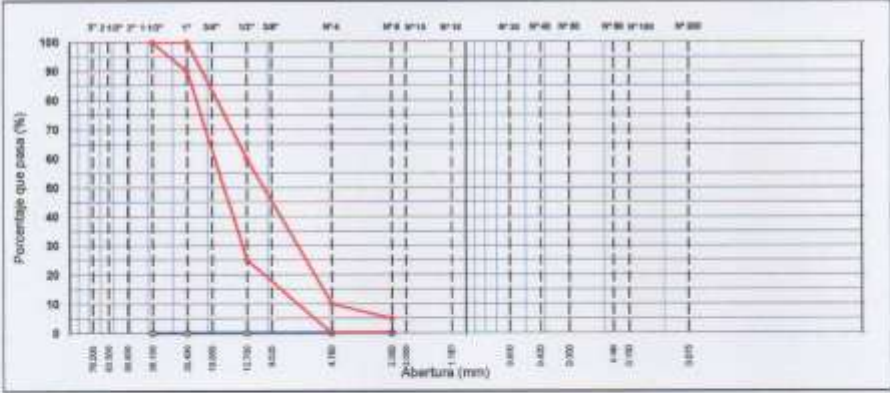
**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20802497021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Telf: 037 501000 Cnl. Claro: 986279811 - Cnl Movistar: 975199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_maestro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 NTC E 107 - E 204 - ASTM D 421 - AASHTO T-11, T-27 Y T-28

|             |               |
|-------------|---------------|
| OBRA :      | N° REGISTRO : |
|             | TÉCNICO :     |
| CALICATA :  | ING° RESP. :  |
| MUESTRA :   | FECHA :       |
| PROFUND. :  | HECHO POR :   |
| CANTERA :   | DEL KM :      |
| UBICACIÓN : | AL KM :       |
|             | CARRIL :      |

| TAMIZ   | ABERT. mm | PESO RET. | NET PWR. | NET AC. | % PASA | INSG AG-07 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                           |
|---------|-----------|-----------|----------|---------|--------|------------|---|
| 75      | 177.800   |           |          |         |        |            | PESO TOTAL = gr                                     |
| 60      | 152.400   |           |          |         |        |            | PESO LAVADO = gr                                    |
| 50      | 127.000   |           |          |         |        |            | PESO FINO = 0.0 gr                                  |
| 40      | 101.600   |           |          |         |        |            | % HUMEDAD P.E.H. P.S.S. % Humedad                   |
| 30      | 76.200    |           |          |         |        |            | Ensayo Malla 900 P.E. Seco P.E. Lavado 200% #DIV/0! |
| 2 1/2   | 60.000    |           |          |         |        |            | % Grava = 0.0 %                                     |
| 2       | 50.800    |           |          |         |        |            | % Arena = %   |
| 1 1/2   | 38.100    |           |          |         |        |            | % Fino = %  |
| 1       | 25.400    |           |          |         |        |            | MODULO DE FINURA = %                                |
| 3/4     | 19.050    |           |          |         |        |            | EQUIV. DE ARENA = %                                 |
| 1/2     | 12.700    |           |          |         |        |            | GRAVEDAD ESPECIFICA                                 |
| 3/8     | 9.525     |           |          |         |        |            | P.E. Bulk (Base Seco) = g/cm <sup>3</sup>           |
| # 4     | 4.750     |           |          |         |        |            | P.E. Bulk (Base Saturado) = g/cm <sup>3</sup>       |
| # 8     | 2.360     |           |          |         |        |            | P.E. Apoyante (Base Seco) = g/cm <sup>3</sup>       |
| # 10    | 2.000     |           |          |         |        |            | Absorción = %                                       |
| # 16    | 1.180     |           |          |         |        |            |   |
| # 30    | 0.600     |           |          |         |        |            |   |
| # 40    | 0.420     |           |          |         |        |            |   |
| # 50    | 0.300     |           |          |         |        |            | OBSERVACIONES:                                      |
| # 60    | 0.180     |           |          |         |        |            |   |
| # 100   | 0.150     |           |          |         |        |            |   |
| # 200   | 0.075     |           |          |         |        |            |   |
| < # 200 | FONDO     |           |          |         |        |            |   |
| FINO    |           |           |          |         |        |            |   |
| TOTAL   |           |           |          |         |        |            |   |


**CURVA GRANULOMÉTRICA**



|                  |                  |
|------------------|------------------|
| CONTRATISTA      | SUPERVISIÓN      |
|                  |                  |
| TEC. RESPONSABLE | ING. RESPONSABLE |
|                  | TEC. RESPONSABLE |
|                  | ING. RESPONSABLE |

Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC

Formato de peso específico y absorción del agregado grueso.

|   |  |                               |                    |                                   |          |
|---|--|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------|
|  <p><b>CONSULTGEOPAV SAC</b><br/>                 RUC: 20002407021<br/>                 Sistema Integral<br/>                 de Geotecnia<br/>                 Suelos y Pavimentos<br/>                 Telf: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979195772<br/>                 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura<br/>                 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com</p> |  |                               |                    |                                   |          |
| <p><b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b><br/>(NORMA AASHTO T-84, T-85)</p>  |  |                               |                    |                                   |          |
| OBRA :  | N° REGISTRO :  |                               |                    |                                   |          |
| MATERIAL :  | TÉCNICO :  |                               |                    |                                   |          |
| MUESTRA :   | ING° RESP. :   |                               |                    |                                   |          |
| CANTERA :   | LUGAR :  |                               |                    |                                   |          |
| UBICACIÓN :   | FECHA :  |                               |                    |                                   |          |
|   | HORA :   |                               |                    |                                   |          |
| <p><b>AGREGADO GRUESO</b></p>   |  |                               |                    |                                   |          |
| <p><b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b></p>   |  |                               |                    |                                   |          |
| A   | Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)  |                               |                    |                                   |          |
| B   | Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)  |                               |                    |                                   |          |
| C   | Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> ) |                               |                    |                                   |          |
| D   | Peso material seco en estufa ( 105 °C ) (gr)                 |                               |                    |                                   |          |
| E   | Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )           |                               |                    |                                   | PROMEDIO |
|   | Pe bulk ( Base seca ) = D/C                                  |                               |                    |                                   |          |
|   | Pe bulk ( Base saturada ) = A/C                              |                               |                    |                                   |          |
|   | Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E                              |                               |                    |                                   |          |
|   | % de absorción = (( A - D ) / D * 100)                       |                               |                    |                                   |          |
|   |  |                               |                    |                                   |          |
|   |  |                               |                    |                                   |          |
| <p>OBSERVACIONES</p>  |  |                               |                    |                                   |          |
| <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>  |  |                               |                    |                                   |          |
| <p>CONTRATISTA</p>  |  |                               | <p>SUPERVISIÓN</p> |                                   |          |
| <p>_____</p>  |  |                               | <p>_____</p>       |                                   |          |
| <p>_____</p>  |  |                               | <p>_____</p>       |                                   |          |
| <p>TEC. CONTROL DE CALIDAD</p>  |  | <p>RP. CONTROL DE CALIDAD</p> |                    | <p>TEC. SUPERVISIÓN</p>           |          |
| <p>_____</p>  |  | <p>_____</p>                  |                    | <p>ESPECIALISTA SUELOS Y PAV.</p> |          |
| <p>_____</p>  |  | <p>_____</p>                  |                    | <p>_____</p>                      |          |

Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC

Formato de peso específico y absorción del agregado fino.

| OBRA :  |  | N° REGISTRO :              |          |
|---|--|----------------------------|----------|
| TRAMO :   |  | TÉCNICO :                  |          |
| MATERIAL :  |  | ING° RESP. :               |          |
| CALICATA :  |  | FECHA :                    |          |
| MUESTRA :   |  | HECHO POR :                |          |
| PROFUND. :  |  | DEL KM :                   |          |
| CANTERA :   |  | AL KM :                    |          |
| UBICACIÓN :-  |  | CARRIL :                   |          |
| <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b> |  |                            |          |
| (NORMA AASHTO T-84, T-85)   |  |                            |          |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS                     |  |                            |          |
| DATOS DE LA MUESTRA   |  |                            |          |
| A   | Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (g)   |                            |          |
| B   | Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (g)   |                            |          |
| C   | Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> ) |                            |          |
| D   | Peso material seco en estufa ( 105 °C ) (g)                  |                            |          |
| E   | Volumen de masa = D - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )           |                            | PROMEDIO |
|   | P <sub>o</sub> bulk ( Base seca ) = D/C                      |                            |          |
|   | P <sub>o</sub> bulk ( Base saturada ) = A/C                  |                            |          |
|   | P <sub>o</sub> aparente ( Base Secca ) = D/E                 |                            |          |
|   | % de absorción = (( A - D ) / D * 100)                       |                            |          |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO                                       |  |                            |          |
| A   | Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (g) |                            |          |
| B   | Peso frasco + agua (g)                                       |                            |          |
| C   | Peso frasco + agua + A (g)                                   |                            |          |
| D   | Peso del material + agua en el frasco (g)                    |                            |          |
| E   | Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )  |                            |          |
| F   | Peso de material seco en estufa (105°C) (g)                  |                            |          |
| G   | Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )           |                            | PROMEDIO |
|   | P <sub>o</sub> bulk ( Base seca ) = F/E                      |                            |          |
|   | P <sub>o</sub> bulk ( Base saturada ) = A/E                  |                            |          |
|   | P <sub>o</sub> aparente ( Base seca ) = F/G                  |                            |          |
|   | % de absorción = ((A - F)/F)*100                             |                            |          |
| OBSERVACIONES:  |  |                            |          |
| CONTRATISTA   |  | SUPERVISIÓN                |          |
| TEC. CONTROL DE CALIDAD   |  | TÉCNICO SUPERVISIÓN        |          |
| RP. CONTROL DE CALIDAD  |  | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |          |


Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC

Formato de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

|  <b>CONSULTGEOPAV SAC</b><br>RUC: 20002407021<br>Sistema Integral<br>de Geotecnia<br>Suelos y Pavimentos<br>Telf: 037-501000, Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772<br>Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura<br>Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com |                        |                     |                           |   |   |
|---|------------------------|---------------------|---------------------------|---|---|
| <b>PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS</b>   |                        |                     |                           |   |   |
| MTC E 203 - ASTM C 36 - ASSHTO T-118  |                        |                     |                           |   |   |
| OBRA  | :                      |                     | Nº REGISTRO               | : |   |
| MATERIAL  | :                      |                     | TÉCNICO                   | : |   |
| MUESTRA   | :                      |                     | INGº RESP.                | : |   |
| CANTERA   | :                      |                     | FECHA                     | : |   |
| UBICACIÓN   | :                      |                     | HECHO POR                 | : |   |
|   |                        |                     | HORA                      | : |   |
| <b>AGREGADO FINO</b>  |                        |                     |                           |   |   |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>   |                        |                     |                           |   |   |
| DESCRIPCIÓN   | Und.                   | IDENTIFICACIÓN      |                           |   |   |
|   |                        | 1                   | 2                         | 3 | 4 |
| Peso del recipiente + muestra   | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Peso del recipiente   | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Peso de la muestra  | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Volumen   | (cm <sup>3</sup> )     |                     |                           |   |   |
| Peso unitario suelto  | (kg/m <sup>3</sup> )   |                     |                           |   |   |
| Peso unitario suelto promedio   | (kg/m <sup>3</sup> )   |                     |                           |   |   |
| <b>PESO UNITARIO VARILLADO</b>  |                        |                     |                           |   |   |
| DESCRIPCIÓN   | Und.                   | IDENTIFICACIÓN      |                           |   |   |
|   |                        | 1                   | 2                         | 3 | 4 |
| Peso del recipiente + muestra   | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Peso del recipiente   | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Peso de la muestra  | (gr)                   |                     |                           |   |   |
| Volumen   | (cm <sup>3</sup> )     |                     |                           |   |   |
| Peso unitario compactado  | (kg/m <sup>3</sup> )   |                     |                           |   |   |
| Peso unitario compactado promedio   | (kg/m <sup>3</sup> )   |                     |                           |   |   |
| OBSERVACIONES   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
| CONTRATISTA   |                        |                     | SUPERVISIÓN               |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
|   |                        |                     |                           |   |   |
| TEC. CONTROL DE CALIDAD   | RP. CONTROL DE CALIDAD | TÉCNICO SUPERVISIÓN | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV |   |   |

Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC

Formato de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20602407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Telf: 037 501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**  
 MTC E 303 - ASTM C 29 - AASHTO T-19

|             |             |           |
|-------------|-------------|-----------|
| OBRA :      | N° REGISTRO | TÉCNICO : |
| MATERIAL :  | ING° RESP : |           |
| MUESTRA :   | LUGAR :     |           |
| CANTERA :   | FECHA :     |           |
| UBICACIÓN : | HORA :      |           |

**AGREGADO GRUESO**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                   | Und.                 | IDENTIFICACIÓN |   |   |   |
|-------------------------------|----------------------|----------------|---|---|---|
|                               |                      | 1              | 2 | 3 | 4 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr)                 |                |   |   |   |
| Peso del recipiente           | (gr)                 |                |   |   |   |
| Peso de la muestra            | (gr)                 |                |   |   |   |
| Volumen                       | (cm <sup>3</sup> )   |                |   |   |   |
| Peso unitario suelto          | (kg/m <sup>3</sup> ) |                |   |   |   |
| Peso unitario suelto promedio | (kg/m <sup>3</sup> ) |                |   |   |   |

**PESO UNITARIO VARILLADO**

| DESCRIPCIÓN                       | Und.                 | IDENTIFICACIÓN |   |   |   |
|-----------------------------------|----------------------|----------------|---|---|---|
|                                   |                      | 1              | 2 | 3 | 4 |
| Peso del recipiente + muestra     | (gr)                 |                |   |   |   |
| Peso del recipiente               | (gr)                 |                |   |   |   |
| Peso de la muestra                | (gr)                 |                |   |   |   |
| Volumen                           | (cm <sup>3</sup> )   |                |   |   |   |
| Peso unitario compactado          | (kg/m <sup>3</sup> ) |                |   |   |   |
| Peso unitario compactado promedio | (kg/m <sup>3</sup> ) |                |   |   |   |

OBSERVACIONES

---



---



---

| CONTRATISTA     |                        | SUPERVISIÓN         |                            |
|-----------------|------------------------|---------------------|----------------------------|
|                 |                        |                     |                            |
| CONTROL DE CAL. | RP. CONTROL DE CALIDAD | TÉCNICO SUPERVISIÓN | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |

Fuente: Laboratorio de suelos CONSULTGEOPAV SAC





**ANEXO N°03.1:** Análisis granulométrico del agregado fino y del agregado grueso (NTP 400.012:2013 y MTC E 204)

Este ensayo nos determino la distribución de acuerdo al tamaño de las partículas de cada uno de los agregados tanto fino como grueso mediante el tamizado, así mismo se pudo determinar el módulo de fineza de cada uno de los agregados.

Los equipos y materiales usados para este ensayo fueron:

- Balanzas.
- Horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Agregados (grueso y finos) extraídos de la cantera Santa Cruz – Querecotillo – Piura.
- Tamices de acuerdo a las especificaciones del material a ensayar.
- Bandejas, cucharón y brochas, tal y como lo especifican los reglamentos ya mencionados.

Análisis granulométrico del agregado grueso:

Se coloca el material en pequeñas porciones en un recipiente y se va lavando con agua a chorro, el agua quedada en el recipiente se filtrara por el tamiz N° 200 y el material quedado en este tamiz también se lava con agua a chorro hasta que esta filtre totalmente clara. Ambos materiales son colocados en una bandeja y esta es llevada al horno hasta alcanzar una masa constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Antes y después de lavar el material se pesa y se registra la muestra, una vez secado y enfriado el material se vuelve a pesar y registrar la muestra, después se realiza el cuarteo, se toma los dos cuartos opuestos para garantizar que la muestra sea representativa, posteriormente se pasa la muestra por los tamices (1";  $\frac{3}{4}$ ";  $\frac{1}{2}$ ";  $\frac{3}{8}$ "; #4 y #8) los cuales son agitados manualmente por el lapso de 1 minuto tal y como lo indica el reglamento.

Cabe resaltar que para este ensayo, el tamaño del agregado es de  $\frac{1}{2}$ " por lo tanto la cantidad mínima de la muestra después de secado es de 2kg de acuerdo a lo establecido en la tabla 1 del reglamento, dicha tabla lo indicamos a continuación:

**Figura 07:** Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.

| Tamaño Máximo Nominal<br>Aberturas Cuadradas. |          | Cantidad mínima de la muestra de<br>ensayo. |
|---|----------|---|
| mm  | (pulg)   | Kg  |
| 9,5   | (3/8)    | 1   |
| 12.5  | (1/2")   | 2   |
| 19.0  | (3/4")   | 5   |
| 25.0  | (1")     | 10  |
| 37.5  | (1 1/2") | 15  |
| 50  | (2")     | 20  |
| 63  | (2 1/2") | 35  |
| 75  | (3")     | 60  |
| 90  | (3 1/2") | 100   |
| 100   | (4")     | 150   |
| 125   | (5")     | 300   |

**Fuente:** MTC E 204 (pag. 304)

Análisis granulométrico del agregado fino:

Antes de secar el material este se pesa y registra, la muestra se lava y se coloca al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Una vez secado y enfriado el material, se pesa y se registra la muestra, posteriormente se realiza el cuarteo, se toma los dos cuartos opuestos para garantizar que la muestra sea representativa, posteriormente se pasa la muestra por los tamices (#4; #8; #16; #30; #50; #100 y #200) indicados, los cuales son agitados manualmente por el lapso de 1 minuto tal y como lo indica el reglamento.

Cabe resaltar que para este ensayo, la cantidad mínima de la muestra después de secado es de 300 g de acuerdo a lo establecido en el reglamento.

Una vez pasado el material por los tamices indicados de acuerdo al agregado, se pasa a pesar y registrar uno por uno el material retenido en cada uno de los tamices, obteniendo los datos adecuados para poder determinar la curva granulométrica y el módulo de fineza, para ello usaremos las siguientes fórmulas:

**Formula 3:** Porcentaje de la muestra que es retenido en cada tamiz.

$$\% \text{ retenido} = \frac{P. \text{ Retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

**Formula 4:** Porcentaje que pasa por cada tamiz.

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% \text{ retenido} \quad (1)$$

$$\Rightarrow \% \text{ que pasa} = (1) - \% \text{ retenido} \quad (2)$$

**Formula 5:** Porcentaje retenido acumulado.

$$\% \text{ retenido acu.} = 0\% + \% \text{ retenido} \quad (3)$$

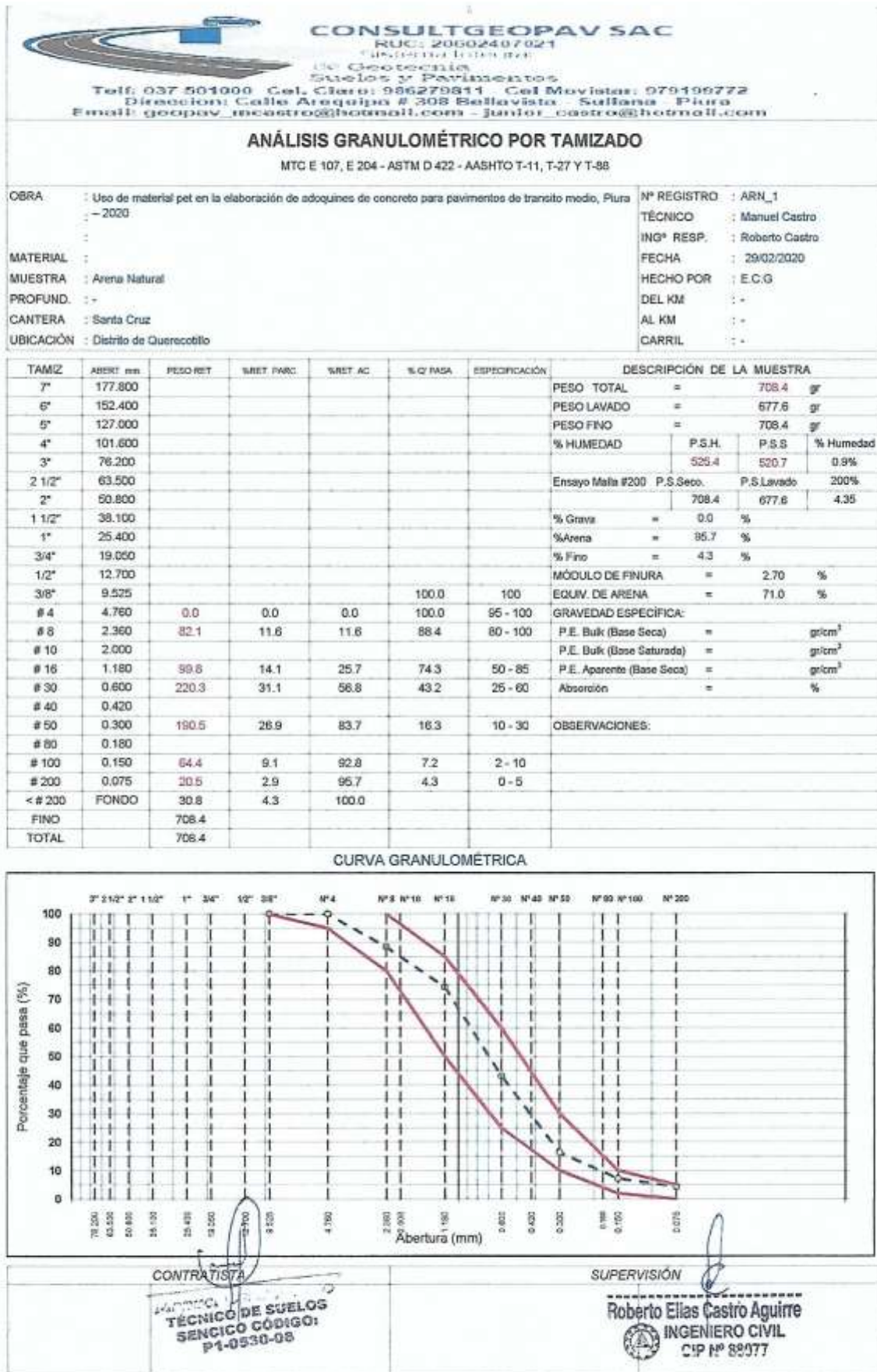
$$\Rightarrow \% \text{ retenido acu.} = (3) + \% \text{ retenido} \quad (4)$$

**Formula 6:** Módulo de fineza (MF)

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{retenido acu.}}{100} \quad (5)$$

Cabe resaltar que para el modulo de fineza solo se tendra en cuenta la sumatoria del % retenido acumulado de los tamices #100; #50; #30; #16; #8; #4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2" y mayores de acuerdo al agregado a ensayar

**Resultado:** Análisis granulométrico del agregado fino.



**Resultado:** Análisis granulométrico del agregado grueso.


**CONSULTGEOPAV SAC**  
 SUCO - 20002407024  
 Edificio B-1000110  
 Av. Geotecnia  
 Oficinas y Pavimentación  
 Cel. Claro: 986270813 - Cel. Movistar: 976196272  
 Dirección: Calle Araya # 306 Bellavista - Solina - Pira  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - juanito\_castro@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

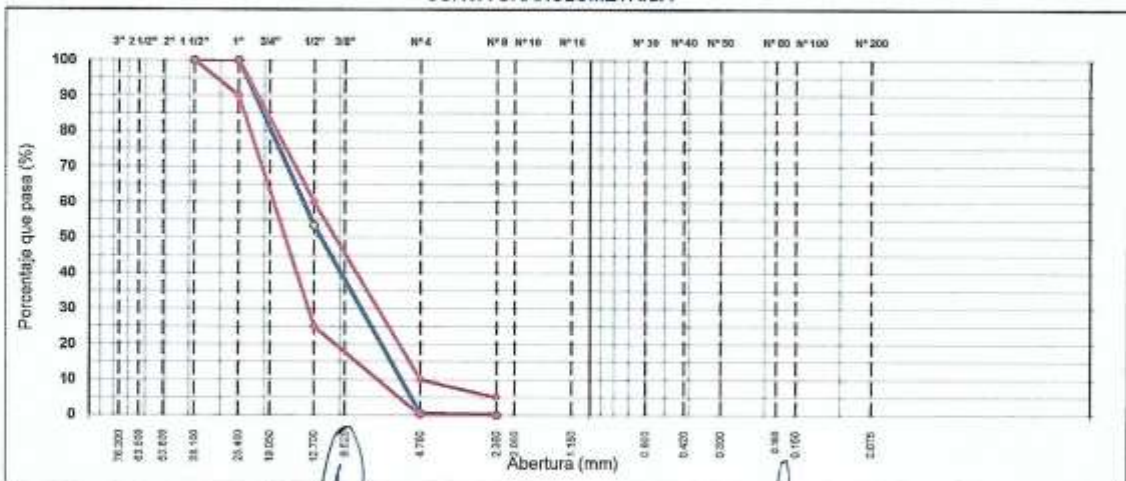
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

|   |  |
|---|--|
| OBRA : USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIRA - 2020.<br>CALICATA : -<br>MUESTRA : Grava chancada 1"<br>PROFUND. : -<br>CANTERA : Santa Cruz<br>UBICACIÓN : Distrito de Querecotillo | N° REGISTRO : GRCH_01<br>TÉCNICO : Manuel Castro<br>ING° RESP. : Roberto Castro<br>FECHA : 27/02/2020<br>HECHO POR : E.C.G.<br>DEL KM : -<br>AL KM : -<br>CARRIL : - |
|---|--|

| TAMIZ   | ASERT mm | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | HLSD AS-67 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |           |            |                    |
|---------|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|------------|---------------------------|-----------|------------|--------------------|
| 7"      | 177.800  |           |             |           |           |            | PESO TOTAL = 3.194.0 gr   |           |            |                    |
| 6"      | 152.400  |           |             |           |           |            | PESO LAVADO = 3194.0 gr   |           |            |                    |
| 5"      | 127.000  |           |             |           |           |            | PESO FINO = 12.0 gr       |           |            |                    |
| 4"      | 101.600  |           |             |           |           |            | % HUMEDAD                 |           |            |                    |
| 3"      | 76.200   |           |             |           |           |            |                           | P.S.H.    | P.S.S.     | % Humedad          |
| 2 1/2"  | 63.500   |           |             |           |           |            |                           | 4756.0    | 4737.1     | 0.4%               |
| 2"      | 50.800   |           |             |           |           |            | Ensayo Malla #200         |           |            |                    |
| 1 1/2"  | 38.100   |           |             |           |           |            |                           | P.S.Seco. | P.S.Lavado | 200%               |
| 1"      | 25.400   | 0.0       | 0.0         | 0.0       | 100.0     | 100 - 100  |                           | 3194.0    | 3194.0     | 0.00               |
| 3/4"    | 19.050   | 11.0      | 0.3         | 0.3       | 99.7      | 95 - 100   | % Grava                   | =         | 99.6       | %                  |
| 1/2"    | 12.700   | 1,476.0   | 46.2        | 46.6      | 53.5      | 25 - 60    | % Arena                   | =         | 0.4        | %                  |
| 3/8"    | 9.525    | 921.0     | 28.8        | 75.4      | 24.6      |            | % Fino                    | =         | 0.0        | %                  |
| # 4     | 4.760    | 774.0     | 24.2        | 99.6      | 0.4       | 0 - 10     | MÓDULO DE FINURA          | =         | 8.75       | %                  |
| # 8     | 2.360    | 12.0      | 0.4         | 100.0     | 0.0       | 0 - 5      | EQUIV. DE ARENA           | =         |            | %                  |
| # 10    | 2.000    |           |             |           |           |            | GRAVEDAD ESPECÍFICA:      |           |            |                    |
| # 16    | 1.180    |           |             |           |           |            | P.E. Bulk (Base Seca)     | =         |            | gr/cm <sup>3</sup> |
| # 30    | 0.600    |           |             |           |           |            | P.E. Bulk (Base Saturada) | =         |            | gr/cm <sup>3</sup> |
| # 40    | 0.420    |           |             |           |           |            | P.E. Aparente (Base Seca) | =         |            | gr/cm <sup>3</sup> |
| # 50    | 0.300    |           |             |           |           |            | Absorción                 | =         |            | %                  |
| # 80    | 0.180    |           |             |           |           |            | OBSERVACIONES:            |           |            |                    |
| # 100   | 0.150    |           |             |           |           |            |                           |           |            |                    |
| # 200   | 0.075    |           |             |           |           |            |                           |           |            |                    |
| < # 200 | FONDO    |           |             |           |           |            |                           |           |            |                    |
| FINO    |          | 12.0      |             |           |           |            |                           |           |            |                    |
| TOTAL   |          | 3,194.0   |             |           |           |            |                           |           |            |                    |

CURVA GRANULOMÉTRICA



|   |  |
|---|--|
| CONTRATISTA:<br><br><b>Manuel Castro</b><br>TÉCNICO DE SUELOS<br>SENCICO CÓDIGO:<br>P1-0530-08 | SUPERVISIÓN:<br><br><b>Roberto Elias Castro Aguirre</b><br>INGENIERO CIVIL<br>CIP N° 56077 |
|---|--|

**ANEXO N°03.2:** Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado. (NTP 339.185:2013 Y MTC E 215).

Con este ensayo se determinó el porcentaje de humedad evaporable de la muestra del agregado fino y del agregado grueso.

Los equipos y materiales usados para este ensayo fueron:

- Balanza.
- Horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Bandejas y cucharones.

En primer lugar, se extrae la muestra representativa, para el agregado grueso esta muestra no debe de ser menor de lo indicado en la tabla de Cantidad mínima de muestra de agregado grueso, dicha tabla también se encuentra en el reglamento, para el agregado fino la muestra mínima será de 300 g también estipulado en el reglamento.

El procedimiento para la obtención de datos del contenido de humedad, tanto para el agregado grueso como para el agregado fino es el mismo. En primer lugar, se pesa la muestra tal y como esta extraída desde la cantera, posteriormente dicha muestra es llevada al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, sacada la muestra del horno se pesa y se registra el dato.

Para resultado final se aplica la siguiente formula.

**Formula 1:** Contenido de humedad total evaporable.

$$P = \frac{100(W-D)}{D} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

P = contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original (g).

D = Masa de la muestra seca (g).

Cabe resaltar que el contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido total evaporable y la absorción, con todos los valores referidos a la masa de una muestra seca. La absorción puede calcularse de acuerdo con el MTC 205 o MTC E 206.

**ANEXO N°03.3:** Gravedad específica y absorción de los agregados finos. (NTP 400.022:2013 Y MTC E 205)

Con este ensayo se determinó el peso específico del agregado fino y la absorción del mismo, de esta manera se conocerá que importe de agua puede ser alojado por el agregado.

Los equipos y materiales usados para este ensayo fueron:

- Balanza.
- Horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Picnómetro.
- Cono truncado y pisón.
- Dispositivo que genere aire (secadora)
- Bandejas y badilejo pequeño.

Por cuarteo se selecciona la cantidad aproximada de 1kg, se coloca en una bandeja y se lleva al horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, al sacar la muestra del horno se enfría a temperatura ambiente durante 2 a 3 horas, una vez fría la muestra se pasa a pesar y registrar.

Posteriormente se cubre totalmente la muestra con agua y se deja sumergida por 24 horas, pasado este tiempo se decanta cuidadosamente el agua evitando la pérdida de finos y se extiende la muestra en una bandeja.

Con la ayuda de la secadora a corrientes moderadas de aire caliente, con un secado uniformemente se pasa a disecar la superficie de las partículas, una vez sacado el agregado este es colocado dentro del cono truncado, apisonando ligeramente con 25 golpes, al levantar el molde el agregado fino no debe de quedar compacto, ya que si queda así este agregado aun contiene humedad y por ende se debería de ir secando. Por lo contrario, si al levantar el molde este agregado de desborona entonces se dirá que el agregado a alcanzado la condición de superficie seca.

Una vez que el agregado pasa la prueba del cono truncado y apisonado, se pesa 500 g de este material y se coloca todo el material en el picnómetro previamente calibrado con agua la cual está a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , se agita el picnómetro para eliminar las burbujas de aire, manualmente este picnómetro con

agua y material es llevado a baño maría y agitando contantemente hasta que no tenga ninguna burbuja al fondo, este procedimiento se hace por durante 20 minutos.

Una vez sin ninguna burbuja se llena y se calibra el picnómetro para el peso final. Se registra el peso total del picnómetro + agua + material.

Posteriormente se vierte el contenido del picnómetro en una bandeja, la cual es llevada al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, sacada la muestra del horno se enfría al aire a una temperatura ambiente durante 1 – 1 ½ hora.

El dato del peso específico del agregado fino se obtendrá al pesar la muestra enfriada y restándole el peso de la bandeja.

**Formula 1:** Absorcion (Ab)

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

$W_o$  = peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).



**Resultado:** Peso específico y absorción del agregado fino.



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20602407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Telf: 037 501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

**GRAVEDAD ESPECÍFICA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**  
 (NORMA AASHTO T-84, T-85)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

|           |  |             |                  |
|-----------|--|-------------|------------------|
| OBRA      | Uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio, Piura - 2020 | N° REGISTRO | : ARN_1          |
| MATERIAL  | :  | TÉCNICO     | : Manuel Castro  |
| CALICATA  | :  | ING° RESP.  | : Roberto Castro |
| MUESTRA   | : Arena Natural  | FECHA       | : 29/02/2020     |
| PROFUND.  | : -  | HECHO POR   | : E.C.G          |
| CANTERA   | : Santa Cruz   | DEL KM      | : -              |
| UBICACIÓN | : Distrito de Querecillo   | AL KM       | : -              |
|           |  | CARRIL      | : -              |

**DATOS DE LA MUESTRA**

|   |  |  |  |          |
|---|--|--|--|----------|
| A | Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)  |  |  |          |
| B | Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)  |  |  |          |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> ) |  |  |          |
| D | Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)                  |  |  |          |
| E | Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )            |  |  | PROMEDIO |
|   | Pe bulk ( Base seca ) = D/C                                  |  |  |          |
|   | Pe bulk ( Base saturada ) = A/C                              |  |  |          |
|   | Pe aparente ( Base Seca ) = D/E                              |  |  |          |
|   | % de absorción = (( A - D ) / D * 100 )                      |  |  |          |

**GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO**

|   |   |       |        |          |
|---|---|-------|--------|----------|
| A | Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (gr) | 150.0 | 150.0  |          |
| B | Peso frasco + agua (gr)                                       | 340.1 | 340.5  |          |
| C | Peso frasco + agua + A (gr)                                   | 490.1 | 490.5  |          |
| D | Peso del material + agua en el frasco (gr)                    | 435   | 434.5  |          |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)                | 55.1  | 56.0   |          |
| F | Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)                  | 147.3 | 147.25 |          |
| G | Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)                         | 52.4  | 53.35  | PROMEDIO |
|   | Pe bulk ( Base seca ) = F/E                                   | 2.672 | 2.631  | 2.652    |
|   | Pe bulk ( Base saturada ) = A/E                               | 2.722 | 2.679  | 2.700    |
|   | Pe aparente ( Base seca ) = F/G                               | 2.813 | 2.762  | 2.787    |
|   | % de absorción = ((A - F)/F)*100                              | 1.87  | 1.80   | 1.83     |

OBSERVACIONES:



CONTRATISTA  
**Víctor Castro Gallo**  
**TÉCNICO DE SUELOS**  
**SENCICO CÓDIGO:**  
**P1-0530-08**



**Roberto Castro Aguirre**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 88077**

|                         |                        |                     |                            |
|-------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|
| TEC. CONTROL DE CALIDAD | RP. CONTROL DE CALIDAD | TÉCNICO SUPERVISIÓN | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |
|-------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|

**ANEXO N°03.4:** Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos.  
(NTP 400.021:2013 Y MTC E 206)

Con este ensayo se determinó el peso específico del agregado grueso y la absorción del mismo, de esta manera se conocerá que importe de agua puede ser alojado por el agregado.

Los equipos y materiales usados para este ensayo fueron:

- Balanza.
- Horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Deposito con agua.
- Tamiz #4
- Cesta con malla de alambre.
- Bandejas.

En primer lugar, se realiza el cuarteo del material según como se indica en el reglamento, se cogerán los dos cuartos opuestos como muestra necesaria para pasarlo por el tamiz #4, lo retenido en el tamiz se utiliza como muestra para nuestro ensayo, la masa mínima de esta muestra está determinado según la tabla de Cantidad mínima de muestra de agregado grueso, la cual está estipulada también en el reglamento.

Esta muestra es pesada y se registrada, para luego ser llevada al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , para posteriormente dejar enfriar durante 2 a 3 horas a temperatura ambiente. Inmediatamente después de dejar enfriar colocar la muestra en la cesta de alambre y sumergirla en el recipiente con agua por un periodo de  $24 \pm 4$  horas. Se extrae la muestra del agua y se coloca sobre una superficie absorbente, con cuidado y evitando la evaporación se procede a secar la superficie del agregado, se dice que la superficie del agregado esta seca cuando la misma deja ver un exterior de tono opaco.

Se determina la masa del agregado cuando esta se encuentra en estado de superficie saturada seca, después de determinar la masa en el aire se coloca la muestra inmediatamente en el contenedor de agua, se registra su masa en el agua a una temperatura de  $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ , tener cuidado de no dejar aire atrapado dentro de la muestra. Se retira la muestra del agua y se coloca en un recipiente para luego ser llevada al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , se saca la

muestra del horno y se deja enfriar durante 1 a 3 horas a temperatura ambiente, una vez fría la muestra se registra su peso.

Con los datos obtenidos se calculará el peso específico y la absorción del agregado grueso, aplicando las siguientes formulas.

Fórmulas para el cálculo del peso específico:

**Formula 1:** Peso especifico de la masa ( $P_{em}$ )

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)} \times 100 \quad (1)$$

**Formula 2:** Peso especifico de la masa saturada con superficie seca ( $P_{esss}$ )

$$P_{esss} = \frac{B}{(B-C)} \times 100 \quad (2)$$

**Formula 3:** Peso especifico aparente ( $P_{ea}$ )

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g)


C = Peso en el agua de la mezcla saturada.

Fórmulas para el cálculo de la absorción:



**Formula 4:** Absorción ( $Ab$ )

$$Ab (\%) = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \quad (4)$$

**Resultado:** Peso específico y absorción del agregado grueso.



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20002407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Telf: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

| <b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>  |  |             |                |          |
|--|--|-------------|----------------|----------|
| (NORMA AASHTO T-64, T-65)  |  |             |                |          |
| OBRA   | USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020.   | N° REGISTRO | GRCH_001       |          |
| MATERIAL   | Para Concreto  | TÉCNICO     | Manuel Castro  |          |
| MUESTRA  | Grava charcada 3/4"  | ING° RESP.  | Roberto Castro |          |
| CANTERA  | Santa Cruz   | LUGAR       | -              |          |
| UBICACIÓN  | Districto de Querosólli  | FECHA       | 27/02/2020     |          |
|  |  | HORA        | -              |          |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>   |  |             |                |          |
| <b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>   |  |             |                |          |
| A  | Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)  | 575.8       | 680.2          |          |
| B  | Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)  | 350.5       | 418.8          |          |
| C  | Volumen de masa = volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )   | 222.1       | 245.8          |          |
| D  | Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)  | 570.8       | 656.5          |          |
| E  | Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )   | 214.3       | 236.9          | PROMEDIO |
|  | Pe bulk ( Base seca ) = D/C  | 2.570       | 2.673          | 2.622    |
|  | Pe bulk ( Base saturada ) = A/C  | 2.608       | 2.708          | 2.657    |
|  | Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E  | 2.684       | 2.771          | 2.717    |
|  | % de absorción = (( A - B ) / D * 100 )  | 1.387       | 1.325          | 1.35     |
| OBSERVACIONES  |  |             |                |          |
| <b>CONTRATISTA</b><br><br><br>Manuel Castro<br>TÉCNICO DE SUELOS<br>SENECIO DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD<br>10330-08 | <b>SUPERVISIÓN</b><br><br><br>Roberto Elias Castro Aguirre<br>INGENIERO CIVIL<br>ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |             |                |          |

**ANEXO N°03.5:** Peso unitario y vacíos de los agregados (NTP 400.017:2013 y MTC E 203)

Este ensayo nos ayudó a reconocer y calcular los pesos unitarios sueltos y compactados del agregado grueso y fino, así también se determinó el porcentaje de vacíos en los agregados.

Los equipos y materiales usados para este ensayo fueron:

- Recipientes metálicos de  $1/10 \text{ pie}^3$  de medida para agregado fino y de  $1/3 \text{ pie}^3$  de medida para agregado grueso.
- Balanza.
- Varillas compactadoras con un extremo semiesférico.
- Regla metálica.
- Bandejas, cucharón y brochas, tal y como lo especifican los reglamentos ya mencionados.
- Material – agregado fino y grueso.

En primer lugar, se pesa y se registra cada uno de los pesos de los recipientes completamente vacíos.

Con la ayuda de un cucharón se revuelve la muestra que en este caso es el agregado fino previamente secada en horno, se homogenizan las partículas, se realiza el cuarteo y se selecciona los dos cuartos opuestos para el llenado.

En el caso de peso unitario suelto se llena el recipiente por completo hasta por encima de su capacidad, para ello se hace el llenado en forma de espiral. Para el caso de peso unitario compactado se realiza el llenado en tres capas, la primera capa se llena hasta un poco más de  $1/3$  de su capacidad, posteriormente se realiza el apisonado de 25 golpes con la ayuda de la varilla de acero, evitando que la varilla golpee el fondo del recipiente, la segunda capa se llena hasta las  $2/3$  partes del recipiente y se vuelve a apisonar con 25 golpes, finalmente se llena el recipiente hasta que este esté rebosando por completo y se apisona nuevamente. Una vez colmado el recipiente del agregado sea suelto o compacto se enrasa la superficie con ayuda de la regla metálica, posteriormente se pesa y se registran los datos.

Para el caso del agregado grueso se realiza el mismo procedimiento que para el agregado fino, a diferencia del agregado fino en este caso el apisonado será a dos manos.

Para la obtención del peso del agregado y, peso unitario suelto y compactado de cada agregado se aplicaron las siguientes formulas:

**Formula 1:** Peso unitario compactado o suelto

$$M = \frac{(G-T)}{V} \quad (1)$$

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

Dónde:

M = Peso unitario del agregado ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

G = Peso de recipiente + agregado (kg)

T = Peso del recipiente (kg)

V = Volumen del recipiente ( $\text{m}^3$ )

F = Factor del recipiente de medida  $\text{m}^{-3}$

**Formula 2:** Determinar el porcentaje de vacíos.

$$\% \text{ vacios} = \frac{(A-W)-B}{A \times W} \quad (3)$$

Dónde:

A = Peso específico aparente según MTC E 205

B = Peso unitario de los agregados ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

W = Densidad del agua ( $998 \text{ kg}/\text{m}^3$ )

**Resultado:** Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



**CONSULTGEOPAV SAC**

RUC: 20602407021

Sistema Integrado

de Geotecnia  
Suelos y Pavimentos

Tel: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772

Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura

Email: geopav\_mcastro@hotmail.com junior\_castro@hotmail.com

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19

|           |  |             |                  |
|-----------|--|-------------|------------------|
| OBRA      | : Uso de material pet en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito medio, Piura - 2020 | N° REGISTRO | : ARN_1          |
| MATERIAL  | :  | TÉCNICO     | : Manuel Castro  |
| MUESTRA   | : Arena Natural  | ING° RESP.  | : Roberto Castro |
| CANTERA   | : Santa Cruz   | FECHA       | : 29/02/2020     |
| UBICACIÓN | : Distrito de Querecotillo   | HECHO POR   | : E.C.G          |
|           |  | HORA        | :                |

**AGREGADO FINO  
PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                   | Und.                 | IDENTIFICACIÓN |       |       |   |
|-------------------------------|----------------------|----------------|-------|-------|---|
|                               |                      | 1              | 2     | 3     | 4 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr)                 | 20580          | 20660 | 20470 |   |
| Peso del recipiente           | (gr)                 | 7002           | 7002  | 7002  |   |
| Peso de la muestra            | (gr)                 | 13578          | 13558 | 13468 |   |
| Volumen                       | (cm <sup>3</sup> )   | 9457           | 9457  | 9457  |   |
| Peso unitario suelto          | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1438           | 1434  | 1424  |   |
| Peso unitario suelto promedio | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1431           |       |       |   |

**PESO UNITARIO VARILLADO**

| DESCRIPCIÓN                       | Und.                 | IDENTIFICACIÓN |       |       |   |
|-----------------------------------|----------------------|----------------|-------|-------|---|
|                                   |                      | 1              | 2     | 3     | 4 |
| Peso del recipiente + muestra     | (gr)                 | 22000          | 21850 | 21600 |   |
| Peso del recipiente               | (gr)                 | 7002           | 7002  | 7002  |   |
| Peso de la muestra                | (gr)                 | 14998          | 14848 | 14598 |   |
| Volumen                           | (cm <sup>3</sup> )   | 9457           | 9457  | 9457  |   |
| Peso unitario compactado          | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1586           | 1570  | 1544  |   |
| Peso unitario compactado promedio | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1567           |       |       |   |


OBSERVACIONES

*Manuel Castro Gallo*  
TÉCNICO DE SUELOS  
SENCICO CÓDIGO:  
21077



*Roberto Elias Castro Aguirre*  
SUPERVISIÓN  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 88077

TEC. CONTROL DE CALIDAD    RP. CONTROL DE CALIDAD    TÉCNICO SUPERVISIÓN    ESPECIALISTA SUELOS Y PAV.

**Resultado:** Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20602407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Teléfono: 037 501900 Cel. Claro: 986279811 - Cel. Movistar: 979199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Suñara - Puno  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

| PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS  |  |                            |  |       |   |
|---|--|----------------------------|--|-------|---|
| MTC E 203 - ASTM C 29 - ANEXO T-1B  |  |                            |  |       |   |
| OBRA  | USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PUJA - 2020. | N° REGISTRO                | GRCH_001   |       |   |
| MATERIAL  | : Para Concreto  | TÉCNICO                    | : Manuel Castro  |       |   |
| MUESTRA   | : Grava chancada 3/4"  | ING° RESP.                 | : Roberto Castro   |       |   |
| CANTERA   | : Santa Cruz   | LUGAR                      | : -  |       |   |
| UBICACIÓN   | : Distrito de Quercocillo  | FECHA                      | : 27/02/2020   |       |   |
|   |  | HORA                       | : -  |       |   |
| AGREGADO GRUESO   |  |                            |  |       |   |
| PESO UNITARIO SUELTO  |  |                            |  |       |   |
| DESCRIPCIÓN   | Und.   | IDENTIFICACIÓN             |  |       |   |
|   |  | 1                          | 2  | 3     | 4 |
| Peso del recipiente + muestra   | (gr)   | 20980                      | 20980  | 20990 |   |
| Peso del recipiente   | (gr)   | 7002                       | 7002   | 7002  |   |
| Peso de la muestra  | (gr)   | 13978                      | 13988  | 13988 |   |
| Volumen   | (cm <sup>3</sup> )   | 9457                       | 9457   | 9457  |   |
| Peso unitario suelto  | (kg/m <sup>3</sup> )   | 1478                       | 1479   | 1479  |   |
| Peso unitario suelto promedio   | (kg/m <sup>3</sup> )   | 1479                       |  |       |   |
| PESO UNITARIO VARILLADO   |  |                            |  |       |   |
| DESCRIPCIÓN   | Und.   | IDENTIFICACIÓN             |  |       |   |
|   |  | 1                          | 2  | 3     | 4 |
| Peso del recipiente + muestra   | (gr)   | 21678                      | 21669  | 21815 |   |
| Peso del recipiente   | (gr)   | 7002                       | 7002   | 7002  |   |
| Peso de la muestra  | (gr)   | 14676                      | 14667  | 14813 |   |
| Volumen   | (cm <sup>3</sup> )   | 9457                       | 9457   | 9457  |   |
| Peso unitario compactado  | (kg/m <sup>3</sup> )   | 1552                       | 1551   | 1566  |   |
| Peso unitario compactado promedio   | (kg/m <sup>3</sup> )   | 1556                       |  |       |   |
| OBSERVACIONES   |  |                            |  |       |   |
|   |  |                            |  |       |   |
| CONTRATISTA   |  |                            | SUPERVISIÓN  |       |   |
| <br>Manuel Castro<br>TÉCNICO DE CALIDAD<br>S.R.L. 19971000<br>P1-0530-05 |  |                            | <br>Roberto Elias Castro Aguirre<br>INGENIERO CIVIL |       |   |
| CONTROL DE CAL  | TÉCNICO SUPERVISIÓN  | ESPECIALISTA SUELOS Y PAV. |  |       |   |



**ANEXO N°03.6: Diseño de mezcla de un adoquín de concreto convencional para una  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$**


**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20602407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos  
 Telf: 073-801000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 988279811 Claro  
 Dirección : Calle Arequipa N° 508 Bellavista - Suilana - Piura  
 Email: gaeopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com consultgeopav@gmail.com

**HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS**

**OBRA :** USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020  
 Diseño de mezcla para una  $F_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

Resistencia esp. ( $F_c$ ):  Kg/cm<sup>2</sup> Fecha:

Técnico:  Prueba:

Perímetro:  Kg/m<sup>2</sup> Especificaciones:

Dosificación: Cementante total:   Relación agua-cemento arc:

Peso unitario suelto Grava =  Kg/m<sup>3</sup>  
 Peso unitario suelto arena =  Kg/m<sup>3</sup>  
 Volumen de arena de prueba =  m<sup>3</sup>

| Módulos de fineza |      |
|-------------------|------|
| M.F. Arena        | 2.70 |
| M.F. Piedra       | 3.40 |
| M.F. Global       | 3.46 |

| Vol. Agregados    |       |
|-------------------|-------|
| Arena             | 40 %  |
| Piedra T.M = 3/4" | 60 %  |
|                   | 100 % |

| MATERIALES        | PROCEDECENCIA      | P. ESP kg/m <sup>3</sup> | HUM. % | ABS. % | PESO SECO kg/m <sup>3</sup> | VOL. (m <sup>3</sup> ) | PESO S.S.S kg/m <sup>3</sup> | CORRECCION POR HUMEDAD (Kg) | TANDA DE PRUEBA 03 (bolsas) |    |
|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|--------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----|
|                   |                    |                          |        |        |                             |                        |                              | DOSIFICACION                | UNIDAD                      |    |
| Cemento Tipo I    | PACASMAYO          | 2980                     |        |        | 455.6                       | 0.1539                 | 455.6                        | 455.6                       | 1.640                       | kg |
| Agua              | AGUA POTABLE       | 1000                     |        |        | 205.0                       | 0.2050                 | 230.2                        | 230.4                       | 0.793                       | LI |
| Arena             | CANTERA SANTA CRUZ | 2652                     | 0.80   | 1.830  | 658.9                       | 0.2484                 | 658.9                        | 664.8                       | 2.383                       | kg |
| Piedra T.M = 3/4" | CANTERA SANTA CRUZ | 2622                     | 0.40   | 1.350  | 977.1                       | 0.3727                 | 977.1                        | 981.0                       | 3.532                       | kg |
| Aire total (%)    |                    |                          |        |        | 2.0%                        | 0.0200                 |                              |                             |                             |    |
| <b>TOTAL</b>      |                    |                          |        |        |                             | 1.00000 m <sup>3</sup> | 2322 Kg                      | 2322 Kg                     | 8.36 Kg                     |    |

**CONTROL DE CALIDAD**

|                |    |      |
|----------------|----|------|
| Slump Inicial  | 3  | Pulg |
| Temp. Ambiente | 29 | °C   |
| Temp. Concreto | 23 | °C   |
| Probetas       | 8  | Und  |

0.02

**Proporción en peso sin corrección por humedad por m<sup>3</sup> de mezcla**

| Cemento (Bls) | Arena (Kg) | Piedra (Kg) | Agua (kg) |
|---------------|------------|-------------|-----------|
| 10.7          | 658.9      | 977.1       | 230.2     |

**Proporción en peso sin corrección por humedad por bolsa de cemento**

| Cemento (Bls) | Arena (Kg) | Piedra (Kg) | Agua (kg) |
|---------------|------------|-------------|-----------|
| 1.0           | 61.47      | 91.16       | 21.48     |

**Proporción en peso con corrección por humedad por bolsa de cemento**

| Cemento (Bls) | Arena (Kg) | Piedra (Kg) | Agua (LI) |
|---------------|------------|-------------|-----------|
| 1.0           | 62.02      | 91.52       | 20.56     |

**Resultados Finales**

| Proporción en peso con corrección por humedad |       |           |               |         |
|---|-------|-----------|---------------|---------|
| Cemento                                       | Arena | Piedra 1" | Agua (Litros) | Aditivo |
| 1.0   | 1.5   | 2.2       | 20.56         |         |

| Proporción en volumen con corrección por humedad para 1 m <sup>3</sup> de concreto |                         |                             |          |              |
|--|-------------------------|-----------------------------|----------|--------------|
| Cemento (Bls)  | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra 1" (m <sup>3</sup> ) | Agua (L) | Aditivo (kg) |
| 10.7   | 16.4                    | 23.4                        | 220.41   |              |

| Proporción en volumen por bolsa de cemento con corrección por humedad |                         |                             |               |              |
|---|-------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| Cemento (Bls)   | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra 1" (m <sup>3</sup> ) | Agua (Litros) | Aditivo (kg) |
| 1   | 1.5                     | 2.2                         | 20.6          |              |

  
**Manuel Castro Gallo**  
 TÉCNICO DE SUELOS  
 SENCICO CÓDIGO:  
 P1-0530-03

  
**Roberto Elias Castro Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 83077



**ANEXO N°03.8: Diseño de mezcla de un adoquín de concreto con material pet para una  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$**


**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20002407021  
 Calle Comercio 100 - Chicla - Arequipa  
 Teléfono: 078-863000 Cel: 978199772 Movistar - Cel: 98279811 Claro  
 Dirección: Calle Arequipa # 306 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_mcastro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com - consultgeopav@gmail.com

**HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS**

**CBRA 1** USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO BIEDO, PURA - 2020.  
 Diseño de mezcla con adición de material pet para una  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ .

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

Resistencia esp. ( $f'c$ ):  Kg/cm<sup>2</sup> Fecha:

Técnico:  Prueba:

For:  Kg/cm<sup>2</sup>

Dotificación:  Relación agua cemento:

Vol. Agregados:  m<sup>3</sup>  
 Arena:  %  
 Piedra T.M. #1:  %  
 TOTAL:  %

Resistencia esp. (Fe):  Kg/cm<sup>2</sup> Fecha:

Técnico:  Prueba:

For:  Kg/cm<sup>2</sup>

Dotificación:  Relación agua cemento:

Vol. Agregados:  m<sup>3</sup>  
 Arena:  %  
 Piedra T.M. #1:  %  
 TOTAL:  %

Resistencia esp. (Fe):  Kg/cm<sup>2</sup> Fecha:

Técnico:  Prueba:

For:  Kg/cm<sup>2</sup>

Dotificación:  Relación agua cemento:

Vol. Agregados:  m<sup>3</sup>  
 Arena:  %  
 Piedra T.M. #1:  %  
 TOTAL:  %

| MATERIALES      | PROCEDECIA   | P. SSP            | HUM  | ABS   | PESO SECO         | VOL. (m <sup>3</sup> ) | PESO SECO         | DETERMINACION    | TANCA DE PRUEBA | UNIDAD |
|-----------------|--------------|-------------------|------|-------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------|
|                 |              | kg/m <sup>3</sup> | %    | %     | kg/m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>         | kg/m <sup>3</sup> | POR HUMEDAD (kg) | DOTIFICACION    |        |
| Cemento Tipo I  | PACASIZAYO   | 2500              |      |       | 455.6             | 0.18260                | 455.6             | 455.6            | 1.640           | kg     |
| Agua            | AGUA POTABLE | 1000              |      |       | 200.0             | 0.20000                | 231.9             | 220.4            | 0.789           | Lt     |
| Arena           | REOLUNDO DAR | 2052              | 0.80 | 1.850 | 868.2             | 0.37260                | 888.3             | 897.2            | 3.590           | kg     |
| Piedra T.M. #1* | REOLUNDO DAR | 2522              | 0.40 | 1.580 | 651.4             | 0.26344                | 651.4             | 654.0            | 2.354           | kg     |
| MATERIAL PET    |              |                   |      |       |                   |                        |                   | 23.27            | 0.084           | kg     |
| Ace total (%)   |              |                   |      |       | 2.0%              | 0.02000                |                   |                  |                 |        |
| <b>TOTAL</b>    |              |                   |      |       |                   | 1.00000 m <sup>3</sup> | 2327 Kg           | 2327 Kg          | 5.38 Kg         |        |

**CONTROL DE CALIDAD**

|                |    |      |
|----------------|----|------|
| Slump inicial  | 3  | Pulg |
| Temp. Ambiente | 29 | °C   |
| Temp. Concreto | 23 | °C   |
| Adequados      | 9  | Und  |

**Proporción en peso sin corrección por humedad por m<sup>3</sup> de mezcla**

|                |            |             |           |
|----------------|------------|-------------|-----------|
| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (kg) |
| 10.7           | 868.3      | 651.4       | 231.9     |

**Proporción en peso sin corrección por humedad por bolsa de cemento**

|                |            |             |           |
|----------------|------------|-------------|-----------|
| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (kg) |
| 1.0            | 80.20      | 60.77       | 21.63     |

**Proporción en peso con corrección por humedad por bolsa de cemento**

|                |            |             |            |
|----------------|------------|-------------|------------|
| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (Lts) |
| 1.0            | 83.63      | 61.01       | 20.86      |

  
**Manuel Castro Gallo**  
 TÉCNICO DE SUELOS  
 SENCICO CÓDIGO:  
 01-0553-03

**Resultados Finales**

Proporción en peso con corrección por humedad

|         |       |           |               |         |
|---------|-------|-----------|---------------|---------|
| Cemento | Arena | Piedra #1 | Agua (Litros) | Aditivo |
| 1.0     | 2.2   | 1.4       | 20.86         |         |

Proporción en volumen con corrección por humedad para 1 m<sup>3</sup> de concreto

|                |                         |                             |          |              |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------|--------------|
| Cemento (Bols) | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra #1 (m <sup>3</sup> ) | Agua (L) | Aditivo (kg) |
| 10.7           | 24.6                    | 15.6                        | 220.88   |              |

Proporción en volumen por bolsa de cemento con corrección por humedad

|                |                         |                             |               |              |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| Cemento (Bols) | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra #1 (m <sup>3</sup> ) | Agua (Litros) | Aditivo (kg) |
| 1              | 2.3                     | 1.6                         | 20.6          |              |

  
**Roberto Elias Castro Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 80077

**ANEXO N°03.9: Diseño de mezcla de un adoquín de concreto con material para una  $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$**



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20002407021  
 Dirección: Calle Suroccidente 7 202 Bellavista - Sucre - Piura  
 Tel: 075-201000 Cel: 975499772 Movistar - Cel: 980376883 Claro  
 Email: geopav\_mcastro@boltonmail.com - jhnc@castroelias.com - castrogeopav@gmail.com

**HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS**

**OBRA :** USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO BIEDO, PIURA - 2020.  
 Diseño de mezcla con adición de material pet para una  $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

Resistencia esp. ( $f'c$ ) :   $\text{kg/cm}^2$  Fecha :

Técnico :  Prueba :

Dosificación  
 Cementaria sola :    
 Relación agua-cemento w/c :

For :   $\text{kg/cm}^2$

Especificaciones  
 Slump = 2" - 4"

Peso unitario suelto Grava =   $\text{kg/m}^3$   
 Peso unitario suelto arena =   $\text{kg/m}^3$   
 Volumen de bolsa de prueba :   $\text{m}^3$

| Módulos de flexión |      |
|--------------------|------|
| M.F. Arena         | 2.70 |
| M.F. Piedra        | 3.40 |
| M.F. Grava         | 3.32 |

|                 |         |              |
|-----------------|---------|--------------|
| Vol. Agregado   | 0.65341 | $\text{m}^3$ |
| Arena           | 29      | %            |
| Piedra T.M = 1" | 40      | %            |
|                 | 100     | %            |

| MATERIALES      | PROCEDENCIA  | P ESP<br>$\text{kg/m}^3$ | HUM<br>% | ABS<br>% | PESO SECO<br>$\text{kg/m}^3$ | VOL. (m <sup>3</sup> ) | PESO B/E/B<br>$\text{kg/m}^3$ | CORRECCION<br>POR HUMEDAD (kg) | TARIFA DE PRUEBA O m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | DOSEIFICACION | UNIDAD |
|-----------------|--------------|--------------------------|----------|----------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---------------|--------|
| Cemento Tipo I  | PARAZMAYO    | 2960                     |          |          | 537.5                        | 0.18159                | 537.5                         | 537.5                          | 1.935  |               | kg     |
| Agua            | AGUA POTABLE | 1000                     |          |          | 218.0                        | 0.21500                | 240.2                         | 229.4                          | 0.826  |               | lt     |
| Arena           | SEGUNDO DAN  | 2622                     | 0.90     | 1.850    | 828.3                        | 0.35005                | 928.3                         | 936.7                          | 3.372  |               | kg     |
| Piedra T.M = 1" | SEGUNDO DAN  | 2622                     | 0.40     | 1.350    | 611.9                        | 0.23039                | 611.9                         | 614.3                          | 2.212  |               | kg     |
| MATERIAL PET    |              |                          |          |          |                              |                        |                               | 23.18                          | 0.083  |               | kg     |
| Aire total (%)  |              |                          |          |          | 2.0%                         | 0.02000                |                               |                                |  |               |        |
| <b>TOTAL</b>    |              |                          |          |          |                              | 1.00000 m <sup>3</sup> | 2318 Kg                       | 2318 Kg                        | 8.34 kg  |               |        |

**CONTROL DE CALIDAD**

|                |    |      |
|----------------|----|------|
| Strapicón      | 3  | Fulg |
| Temp. Ambiente | 29 | °C   |
| Temp. Concreto | 23 | °C   |
| Adquisición    | 9  | Und  |

**Proporción en peso sin corrección por humedad por m<sup>3</sup> de mezcla**

| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (kg) |
|----------------|------------|-------------|-----------|
| 12.5           | 928.3      | 611.9       | 240.2     |

**Proporción en peso sin corrección por humedad por bolsa de cemento**

| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (kg) |
|----------------|------------|-------------|-----------|
| 1.0            | 73.40      | 48.33       | 19.00     |

**Proporción en peso con corrección por humedad por bolsa de cemento**

| Cemento (Bols) | Arena (kg) | Piedra (kg) | Agua (L) |
|----------------|------------|-------------|----------|
| 1.0            | 74.08      | 48.57       | 18.14    |

**Resultados Finales**

Proporción en peso con corrección por humedad

| Cemento | Arena | Piedra 1" | Agua (L/bolsa) | Aditivo |
|---------|-------|-----------|----------------|---------|
| 1.0     | 1.7   | 1.1       | 18.14          |         |

Proporción en volumen con corrección por humedad para 1 m<sup>3</sup> de concreto

| Cemento (Bols) | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra 1" (m <sup>3</sup> ) | Agua (L) | Aditivo (kg) |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------|--------------|
| 12.6           | 23.1                    | 14.6                        | 229.45   |              |


Proporción en volumen por bolsa de cemento con corrección por humedad

| Cemento (Bols) | Arena (m <sup>3</sup> ) | Piedra 1" (m <sup>3</sup> ) | Agua (L/bolsa) | Aditivo (kg) |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|--------------|
| 1              | 1.8                     | 1.2                         | 18.1           |              |

  
**Manuel Castro Gallo**  
 TÉCNICO DE SUELOS  
 SENCICO CÓDIGO:  
 P-1-0533-03

  
**Roberto Elías Castro Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 80077

**ANEXO N°03.10: Resultados a la fuerza de compresión de los adoquines con material convencional ( $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ )**

|  |   |
|--|---|
|  <p><b>CONSULTGEOPAV SAC</b><br/>                 RUC: 20502407021<br/>                 Sistema Integral<br/>                 de Geotecnia,<br/>                 Suelos y Pavimentos<br/>                 Telf: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772<br/>                 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura<br/>                 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com</p> |   |
| <p><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b></p>   |   |
| <p>PROYECTO: USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020.</p>   | <p>ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS R.C.A.<br/>                 TECNICO M.C.G.<br/>                 FECHA DE INFORME 30/03/2020</p> |
| <p>ESTRUCTURA: DISEÑO DE ADOQUINES DE CONCRETO</p>   |   |

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO HIDRÁULICO  $F'c - 320 \text{ Kg/cm}^2$   
MTC E 704 ASTM C 39 Y AASHTO T 22**

| NÚMERO DE TESTIGO | REGISTRO | UBICACIÓN   | FECHA     |            | Ejes | SLUMP [PULGADAS] | Medidas Especímenes |       | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | LECTURA DEL DIAL (Kg) | RESISTENCIA DEL TESTIGO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA DEL DISEÑO $P_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA OBTENIDA % | RESISTENCIA REQUERIDA % | OBSERVACIONES |
|-------------------|----------|-------------|-----------|------------|------|------------------|---------------------|-------|-------------------------|-----------------------|---|--|------------------------|-------------------------|---------------|
|                   |          |             | MOLDEO    | ROTURA     |      |                  | Ancho               | Largo |                         |                       |   |  |                        |                         |               |
| 01-A              | M - 01   | LABORATORIO | 1/03/2020 | 09/03/2020 | 7    | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 47020                 | 235   | 320  | 74                     | 70                      | CUMPLE        |
| 02-A              |          |             |           | 08/03/2020 |      | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 46920                 | 235   | 320  | 73                     |                         | CUMPLE        |
| 03-A              |          |             |           | 08/03/2020 |      | 4                | 10.10               | 19.9  | 201.0                   | 47820                 | 238   | 320  | 74                     |                         | CUMPLE        |
| 04-A              | M - 02   | LABORATORIO | 2/03/2020 | 10/03/2020 | 14   | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 53950                 | 269   | 320  | 84                     | 80                      | CUMPLE        |
| 05-A              |          |             |           | 10/03/2020 |      | 4                | 10.10               | 19.9  | 201.0                   | 54200                 | 270   | 320  | 84                     |                         | CUMPLE        |
| 06-A              |          |             |           | 10/03/2020 |      | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 54900                 | 274   | 320  | 86                     |                         | CUMPLE        |
| 07-A              | M - 03   | LABORATORIO | 2/03/2020 | 30/03/2020 | 28   | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 66020                 | 330   | 320  | 104                    | 100                     | CUMPLE        |
| 08-A              |          |             |           | 30/03/2020 |      | 4                | 10.10               | 20    | 202.0                   | 66850                 | 331   | 320  | 103                    |                         | CUMPLE        |
| 09-A              |          |             |           | 30/03/2020 |      | 4                | 10.00               | 20    | 200.0                   | 66450                 | 332   | 320  | 104                    |                         | CUMPLE        |

*Manuel Castro Salas*  
**TÉCNICO DE SUELOS**  
**SENCICO CÓDIGO:**  
**P1-0530-05**

*Roberto Elias Castro Aguirre*  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 88077**

**ANEXO N°03.11: Resultados a la fuerza de compresión de los adoquines con material convencional ( $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ )**



**CONSULTGEOPAV SAC**  
 RUC: 20602407021  
 Sistema Integral  
 de Geotecnia  
 Suelos y Pavimentos

Tel: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772  
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura  
 Email: geopav\_maestro@hotmail.com - junior\_castro@hotmail.com

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO: USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020.


ESTRUCTURA: DISEÑO DE ADOQUINES DE CONCRETO CONVENCIONAL

ESP.SUELOS Y PAVIMENTOS R.C.A.  
 TECNICO M.C.G  
 FECHA DE INFORME 31/03/2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO HIDRÁULICO  $F'c - 380 \text{ Kg/cm}^2$   
MTC E 704 ASTM C 39 Y AASHTO T 22**

| NÚMERO DE TESTIGO | REGISTRO | UBICACIÓN   | FECHA      |            | Edad<br>Días | ALUMP<br>(PULGADAS) | Medidas<br>Expones |       | AREA<br>( $\text{cm}^2$ ) | LECTURA DEL<br>DIAL<br>( Kg ) | RESISTENCIA<br>DEL TESTIGO<br>( $\text{Kg/cm}^2$ ) | RESISTENCIA<br>DEL DISEÑO<br>$P_c$ ( $\text{Kg/cm}^2$ ) | RESISTENCIA<br>OBTENIDA<br>% | RESISTENCIA<br>REQUERIDA<br>% | OBSERVACIONES |
|-------------------|----------|-------------|------------|------------|--------------|---------------------|--------------------|-------|---------------------------|-------------------------------|--|---|------------------------------|-------------------------------|---------------|
|                   |          |             | MOLIBO     | ROTURA     |              |                     | Ancho              | Largo |                           |                               |  |   |                              |                               |               |
| 01-B              | M - 01   | LABORATORIO | 03/03/2020 | 10/03/2020 | 7            | 4                   | 10.00              | 20    | 200.0                     | 23450                         | 287  | 380   | 76                           | 70                            | CUMPLE        |
| 02-B              |          |             |            | 10/03/2020 |              | 4                   | 10.10              | 20    | 203.0                     | 23420                         | 284  | 380   | 80.6                         |                               | NO CUMPLE     |
| 03-B              |          |             |            | 10/03/2020 |              | 4                   | 10.00              | 20    | 200.0                     | 23680                         | 288  | 380   | 71                           |                               | CUMPLE        |
| 04-B              | M - 02   | LABORATORIO | 03/03/2020 | 17/03/2020 | 14           | 4                   | 10.10              | 19.8  | 201.0                     | 92100                         | 309  | 380   | 81                           | 80                            | CUMPLE        |
| 05-B              |          |             |            | 17/03/2020 |              | 4                   | 10.10              | 19.8  | 201.0                     | 92900                         | 308  | 380   | 81                           |                               | CUMPLE        |
| 06-B              |          |             |            | 17/03/2020 |              | 4                   | 10.00              | 20    | 200.0                     | 92300                         | 312  | 380   | 82                           |                               | CUMPLE        |
| 07-B              | M - 03   | LABORATORIO | 09/03/2020 | 31/03/2020 | 28           | 4                   | 10.20              | 20    | 204.0                     | 77750                         | 381  | 380   | 100                          | 100                           | CUMPLE        |
| 08-B              |          |             |            | 31/03/2020 |              | 4                   | 10.10              | 20.01 | 202.1                     | 78005                         | 388  | 380   | 102                          |                               | CUMPLE        |
| 09-B              |          |             |            | 31/03/2020 |              | 4                   | 10.00              | 20    | 200.0                     | 77625                         | 385  | 380   | 101                          |                               | CUMPLE        |


**ANEXO N°03.12: Resultados a la fuerza de compresión de los adoquines con material pet. ( $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ )**

|   |   |
|---|---|
|  <p style="text-align: center;"><b>CONSULTGEOPAV SAC</b><br/>                 RUC: 20602407021<br/>                 Sistema Integral de Geotecnia,<br/>                 Suelos y Pavimentos<br/>                 Telf: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772<br/>                 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura<br/>                 Email: geopav_maestro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com</p> |   |
| <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>   |   |
| PROYECTO  | USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020. |
| ESTRUCTURA  | DISEÑO DE ADOQUINES DE CONCRETO Y PET   |
| ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS R.C.A<br>TÉCNICO M.C.G<br>FECHA DE INFORME 30/03/2020  |   |


**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO HIDRÁULICO CON PET F'C -320 Kg/cm<sup>2</sup>  
MTC E 704 ASTM C 39 Y AASHTO T 22**

| NÚMERO DE TESTIGO | REGISTRO | UBICACIÓN   | FECHA     |            | Edad<br>Días | BLUMP<br>(PULGADAS) | Medidas<br>Especime |       | AREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | LECTURA DEL<br>DIAL<br>(kg) | RESISTENCIA<br>DEL TESTIGO<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>DEL DISEÑO<br>F'c (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>OBTENIDA<br>% | RESISTENCIA<br>REQUERIDA<br>% | OBSERVACIONES |
|-------------------|----------|-------------|-----------|------------|--------------|---------------------|---------------------|-------|----------------------------|-----------------------------|---|--|------------------------------|-------------------------------|---------------|
|                   |          |             | MOLDEO    | ROTURA     |              |                     | Ancho               | Largo |                            |                             |   |  |                              |                               |               |
| 01-B              | M - 01   | LABORATORIO | 2/03/2020 | 09/03/2020 | 7            | 4                   | 10.00               | 20    | 200.0                      | 45800                       | 229   | 320  | 72                           | 70                            | CUMPLE        |
| 02-B              |          |             |           | 05/03/2020 |              | 4                   | 10.10               | 20    | 202.0                      | 45800                       | 227   | 320  | 71                           |                               |               |
| 03-B              |          |             |           | 003/2020   |              | 4                   | 10.00               | 20    | 200.0                      | 40210                       | 201   | 320  | 72                           |                               |               |
| 04-B              | M - 02   | LABORATORIO | 2/03/2020 | 16/03/2020 | 14           | 4                   | 10.10               | 19.9  | 201.0                      | 62160                       | 310   | 320  | 97                           | 80                            | CUMPLE        |
| 05-B              |          |             |           | 16/03/2020 |              | 4                   | 10.10               | 19.9  | 201.0                      | 61950                       | 308   | 320  | 96                           |                               |               |
| 06-B              |          |             |           | 16/03/2020 |              | 4                   | 10.00               | 20    | 200.0                      | 61880                       | 309   | 320  | 96                           |                               |               |
| 07-B              | M - 03   | LABORATORIO | 2/03/2020 | 30/03/2020 | 28           | 4                   | 10.00               | 20    | 200.0                      | 66480                       | 332   | 320  | 100                          | 100                           | CUMPLE        |
| 08-B              |          |             |           | 30/03/2020 |              | 4                   | 10.10               | 20.01 | 202.1                      | 66780                       | 333   | 320  | 102                          |                               |               |
| 09-B              |          |             |           | 30/03/2020 |              | 4                   | 10.00               | 20    | 200.0                      | 66160                       | 331   | 320  | 103                          |                               |               |

  
 TÉCNICO DE SUELOS  
 SENCICO CÓDIGO:  
 P1-0530-08

  
**Roberto Elias Castro Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 88077

**ANEXO N°03.13: Resultados a la fuerza de compresión de los adoquines con material pet. ( $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ )**

|  |   |  |
|--|---|--|
|  <p style="text-align: center;"><b>CONSULTGEOPAV SAC</b><br/>                 RUC: 20502407021<br/>                 Oficina: Integral<br/>                 de Geotecnia<br/>                 Suelos y Pavimentos<br/>                 Telf: 037-501000 Cel. Claro: 986279811 - Cel Movistar: 979199772<br/>                 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura<br/>                 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com</p> |   |  |
| <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>  |   |  |
| PROYECTO   | USO DE MATERIAL PET EN LA ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRANSITO MEDIO, PIURA - 2020. | ESP.SUELOS Y PAVIMENTOS R.C.A                |
| ESTRUCTURA   | DISÑO DE ADOQUINES DE CONCRETO Y PET  | TECNICO M.C.G<br>FECHA DE INFORME 31/03/2020 |

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO HIDRÁULICO CON PET  $F'c - 380 \text{ Kg/cm}^2$   
MTC E 704 ASTM C 39 Y AASHTO T 22**

| NÚMERO DE TESTIGO | REGISTRO | UBICACIÓN   | FECHA      |            | Edad<br>Días | SLUMP<br>( PULGADAS ) | Medidas Espesime |       | AREA<br>( cm <sup>2</sup> ) | LECTURA DEL<br>DIAL<br>( Kg ) | RESISTENCIA<br>DEL TESTIGO<br>( Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>DEL DISEÑO<br>F <sub>c</sub> ( Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>OBTENIDA<br>% | RESISTENCIA<br>REQUERIDA<br>% | OBSERVACIONES |
|-------------------|----------|-------------|------------|------------|--------------|-----------------------|------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------|--|--|------------------------------|-------------------------------|---------------|
|                   |          |             | INGRESO    | ROTURA     |              |                       | Ancho            | Largo |                             |                               |  |  |                              |                               |               |
| 01-A              | M - 01   | LABORATORIO | 03/03/2020 | 10/03/2020 | 7            | 4                     | 10.10            | 20    | 202.0                       | 94200                         | 366  | 380  | 71                           | 70                            | CUMPLE        |
| 02-A              |          |             |            | 10/03/2020 |              | 4                     | 10.00            | 20    | 200.0                       | 93600                         | 270  | 366  | 71                           |                               | CUMPLE        |
| 03-A              |          |             |            | 10/03/2020 |              | 4                     | 10.00            | 20    | 200.0                       | 94600                         | 273  | 360  | 72                           |                               | CUMPLE        |
| 04-A              | M - 02   | LABORATORIO | 03/03/2020 | 17/03/2020 | 14           | 4                     | 10.15            | 20    | 203.0                       | 62400                         | 305  | 380  | 81                           | 80                            | CUMPLE        |
| 05-A              |          |             |            | 17/03/2020 |              | 4                     | 10.00            | 18.8  | 188.0                       | 81600                         | 311  | 380  | 82                           |                               | CUMPLE        |
| 06-A              |          |             |            | 17/03/2020 |              | 4                     | 10.00            | 20    | 200.0                       | 81700                         | 309  | 380  | 81                           |                               | CUMPLE        |
| 07-A              | M - 03   | LABORATORIO | 03/03/2020 | 31/03/2020 | 28           | 4                     | 10.05            | 20    | 201.0                       | 77000                         | 388  | 380  | 101                          | 100                           | CUMPLE        |
| 08-A              |          |             |            | 31/03/2020 |              | 4                     | 10.10            | 20.05 | 201.0                       | 76400                         | 357  | 380  | 100                          |                               | CUMPLE        |
| 09-A              |          |             |            | 31/03/2020 |              | 4                     | 10.10            | 20    | 203.0                       | 78700                         | 385  | 380  | 104                          |                               | CUMPLE        |