



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Muñoz Vigo, Edwin Max (ORCID: 0000-0002-7795-1379)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Cancho Zúñiga, Gerardo (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

A mi madre Eugenia y mi padre Régulo por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanas Zoila y Carmen por ser mis motivaciones a seguir adelante, a Delís por ser mi apoyo incondicional día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanas por ser mis motivaciones a seguir adelante.

A la universidad César Vallejo por permitirme el uso de sus instalaciones, al técnico encargado por el apoyo en los trabajos.

## PÁGINA DEL JURADO

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)

.....  
Edwin Max Muñoz Vigo.....

(Apellidos, Nombres)

Cuyo título es:

.....  
" Aplicación de la piedra pómez para .....  
..... modificar el comportamiento .....  
..... mecánico de la carpeta de rodadura .....  
..... del pavimento rígido - Lima, 2018 ..... "

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 14 ..... (número) ..... COFOECE ..... (letras).

Lugar y fecha Los Olivos 20 de Julio 2019

.....  
  
.....  
**PRESIDENTE**

Dr. Muñoz Ponce  
(Grado Apellidos, Nombre)

.....  
  
.....  
**SECRETARIO**

Dr. Luis G. Quiroz Torres  
(Grado Apellidos, Nombre)

.....  
  
.....  
**VOCAL**

Dr. Ing. Gerardo Candia  
(Grado Apellidos, Nombre)

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Edwin Max Muñoz Vigo, identificado con DNI N° 47279897, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Título de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz ya auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y verás.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 20 de julio de 2019.



.....  
Edwin Max Muñoz Vigo

## ÍNDICE

### Carátula

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>31</b>
2.1 Tipo y diseño de Investigación.....	32
2.2 Operacionalización de variables.....	34
2.3 Población y muestra .....	34
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	36
2.5 Procedimiento .....	39
2.6 Método de análisis de datos .....	42
2.7 Aspectos éticos.....	42
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>95</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>

## RESUMEN

La presente investigación lleva como título “Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018”, la investigación tiene como objetivo determinar como la piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.

Para ello se desarrolló la investigación con un método científico, con enfoque cuantitativo, del tipo aplicada, la cual se basó en teorías, nivel explicativo y diseño experimental, ya que se manipuló las variables, el cual se elaboraron 18 probetas del tipo cilíndricas y 18 del tipo viga.

Al finalizar los ensayos de las probetas y analizar los resultados se concluyó que los valores obtenidos del comportamiento mecánico se modifican al utilizar la piedra pómez como agregado grueso en el concreto, obteniendo una resistencia a los 28 días de 251.67 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia la flexión del concreto modificado a 42.44 kg/cm<sup>2</sup>, aumentando un 9.95%, se obtuvo un espesor de 18 cm para el concreto convencional y 16 cm para el modificado, además un costo de pavimento convencional de s/. 69.84 por m<sup>2</sup> y el pavimento modificado de s/. 59.39 por m<sup>2</sup> disminuyendo un 14.96% el costo del pavimento. Por lo tanto, se recomienda utilizar la piedra pómez como agregado grueso en el concreto como una alternativa de agregado en el caso de que no existan canteras de agregado convencional, así mismo, es posible realizar investigaciones con porcentajes menores de agregado de piedra pómez y así llegar a tener mejores resultados.

**Palabras clave:** Piedra pómez, pavimento, concreto, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

## ABSTRACT

The present research is titled "Application of pumice stone to modify the mechanical behavior of the rolling pavement of the rigid pavement - Lima, 2018" the research aims to determine how the pumice stone to modify the mechanical behavior of the folder rolling of the rigid pavement - Lima, 2018.

This includes research with a scientific method, a quantitative standpoint, the type of application, which is based on theories, the explanatory level and the experimental design and which manipulates the variables through the preparation of 18 test tubes of the Cylindrical type and 18 of the beam types.

At the end of the testing of the specimens and analyzing the results, it was concluded that the values obtained from the mechanical behavior are modified by using the pumice stone as coarse aggregate in the concrete, obtaining a resistance at 28 days of 251.67 kg / cm<sup>2</sup>, and the resistance the bending of the modified concrete at 42.44 kg / cm<sup>2</sup>, increasing by 9.95%, a thickness of 18 cm was obtained for conventional concrete and 16 cm for the modified, in addition to a conventional pavement cost of s/. 69.84 per m<sup>2</sup> and the modified pavement of s/. 59.39 per m<sup>2</sup> decreasing the cost of the pavement by 14.96%. Therefore, it is recommended to use the pumice stone as a coarse aggregate in the concrete as an alternative of aggregate in case there are no quarries of conventional aggregate, likewise, it is possible to carry out investigations with smaller percentages of pumice stone aggregate and thus get to have better results.

**Key words:** Pumice stone, pavement, concrete, resistance to compression and resistance to bending.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la construcción, existen distintos problemas con los costos elevados al momento de construir, en la siguiente investigación buscamos demostrar que la piedra pómez como agregado grueso puede sustituir al agregado convencional, en el caso que las canteras de material convencional sean escasas; al existir este problema utilizar el concreto evaluado con este material y cumpla con los requisitos que tiene un concreto convencional y así evitar un costo elevado al producir concreto.

La siguiente investigación está estructurada en 7 capítulos, la cual se desarrollarán de la siguiente manera:

**Capítulo I:** En este capítulo se presenta la realidad problemática la cual dio inicio a la investigación, antecedentes nacionales e internacionales que sirven como apoyo para desarrollar la tesis, teorías relacionadas al tema, dimensiones e indicadores, se mencionan los problemas y objetivos e hipótesis a desarrollar.

**Capítulo II:** En este capítulo se desarrolla la metodología utilizada para esta investigación, los cuales viene a ser, método, diseño de investigación, el tipo de investigación, población donde se realizará el estudio y la muestra.

**Capítulo III:** En este capítulo se analizan los resultados, los cuales se obtuvieron en el laboratorio, se analiza los valores de acuerdo a los objetivos y se presenta en cuadros y figuras debidamente interpretadas.

**Capítulo IV:** En este capítulo se discuten los resultados obtenidos con antecedentes nacionales e internacionales, con normas para lograr un contraste con estos.

**Capítulo V:** En este capítulo se presentarán las conclusiones de todo lo evaluado en concordancia con los objetivos.

**Capítulo VI:** En este capítulo se realizarán las recomendaciones de acuerdo a lo encontrado en la investigación, para posteriormente evaluar las propuestas para futuros trabajos.

**Capítulo VI:** En este capítulo se presenta las referencias utilizadas para desarrollar esta investigación.

El hormigón o concreto desde la antigüedad ha servido para la supervivencia del hombre; este ha sido utilizado para la construcción de sus viviendas, así en Egipto ya se usó para hacer los templos, pirámides, el Coliseo de Roma, etc., debido a sus bondades, por lo que hasta la actualidad no hay otro material que lo supere o reemplace, y de manera general los componentes del mismo, los cuales le dan una mayor seguridad en sus funciones de resistencia.

El concreto es un material pétreo artificial y es muy utilizado en la construcción. Se obtiene al mezclar determinadas proporciones de cemento, además se adhiere: partículas o fragmentos de un agregado, ya sea gruesos y finos, con cantidades moderadas de agua; estos en conjunto forman una pasta, y así se obtiene un material de alta durabilidad que llega a fraguar y con el transcurso del tiempo va aumentando su resistencia gradualmente al pasar los días. En la actualidad la técnica de utilizar el concreto en la construcción está muy desarrollada, ya que permite brindar soluciones complicadas.

Por ello, Becerra, (2017), indica que, la economía de un país y del mundo se sostiene sobre el concepto de intercambio: la ley de oferta y demanda. El intercambio que existe entre los pueblos ya sea educación, comercio, bienes y servicio lo hacen mediante las redes viales que se comunican entre sí y estas están principalmente conformadas por pavimentos. (p. 21).

En nuestros días el uso del concreto convencional para los diseños del pavimento rígido es una alternativa, ya que son diseñados para transmitir y distribuir eficazmente la sobrecarga de vehículos a partir de la carpeta de rodadura hasta la sub – rasante (Becerra, 2017, p. 21).

En el sector de la construcción se vienen evaluando distintos tipos de estudios para obtener un concreto más rentable y tener un resultado en su característica físico y mecánicas y así obtener concretos que sean más ecológicos. La piedra pómez es una alternativa para modificar el comportamiento mecánico del pavimento rígido con el objeto de proponer una alternativa de solución y determinar si es apta para el uso en construcciones.

La Avenida Eloy Espinoza tramo perteneciente al distrito de San Martín a la provincia de Lima se caracteriza por ser una calle de acceso a viviendas y colegios. En efecto, siempre existirá una constante circulación de transporte que genera sobreesfuerzos sobre la vía, afectando negativamente a los usuarios (conductores y peatones) que se sirven a diario de la

avenida, este se refleja con las pérdidas económicas, poca fluidez del tránsito y aumento de posibles accidentes. En este sentido, se debería mejorar las propiedades de la vía, a fin de brindar soluciones a la problemática del transporte, tránsito y vialidad, que mejoren las condiciones de movilidad urbana sostenible dentro del tramo en estudio.

La siguiente investigación busca demostrar la viabilidad del uso de piedra pómez como agregado grueso, en caso de que no exista agregado convencional. Esto es posible debido a que el agregado propuesto mantiene las características mecánicas como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del pavimento rígido, de esta manera se evita el sobre costo. Además, de lo propuesto anteriormente, se desea comparar el concreto convencional con la piedra pómez para determinar cuál de los dos cumple una labor más eficiente dentro del concreto del pavimento rígido.

En el siguiente proyecto de investigación se contó con referencias necesarias para lograr el objetivo planteado, entre ellas tesis, proyectos, trabajos y normas los cuales estos nos servirán de apoyo para el desarrollo del proyecto.

Las investigaciones internacionales se muestran a continuación:

A. Según Cañarte, G. (2016) desarrolló una investigación para obtener el grado de magister, **titulado** “Estudio De Aumento De Resistencia A La Compresión Del Hormigón Liviano Con Piedra Pómez Como Solución Estructural”, sustentado en la Universidad de Guayaquil, cuyo **objetivo** principal fue realizar un estudio de aumento de resistencia a la compresión y durabilidad del hormigón liviano con piedra pómez de dimensiones 4,76 mm y 9,51 mm como solución estructural y económica de la construcción edilicia; el **tipo de investigación** fue una investigación exploratoria y se **concluyó**: a) El uso de hormigón liviano estructural en una construcción edilicia aporta con el incremento de la capacidad de tomar cargas vivas, ya que disminuye la carga muerta de las estructuras, además reduce las fuerzas sísmicas proporcionales al peso de la estructura. b) La densidad del hormigón liviano y la determinación del peso específico son influenciados por el tamaño de la piedra pómez. La característica de la textura vesicular de esta roca de origen volcánico es que a menor cantidad de alveolos presenta menor capacidad de absorción de humedad, y aporta mayor densidad al hormigón liviano estructural. c) La

resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez de dimensión de 9.51 mm aumentó de manera satisfactoria, llegando a obtener una resistencia de 33 MPa.

En la investigación se apreció una resistencia satisfactoria llegando así a una resistencia de 33 MPa, el cual determinó que la piedra pómez, al tener menos cantidad de alveolos, tiene como resultado la disminución de la cantidad de absorción de humedad y el cual aporta mayor densidad al tipo de estructura que se realice, el cual puede aportar la disminución de las cargas muertas, además de aportar la disminución de las fuerzas sísmicas de las estructuras construidas con este agregado.

B. Según Fonseca, A. (2015) desarrolló una investigación para obtener el título de ingeniero, *titulado* “El Hormigón De Baja Densidad Y Su Aplicación En Bloques Para La Construcción De Viviendas”, el *tipo de investigación* fue exploratorio, descriptivo; cuyo objetivo principal fue Estudiar el hormigón de baja densidad y su aplicación en bloques para la construcción de viviendas; y se *concluyó*: a) La capacidad de absorción del agregado grueso (piedra pómez) tiene un valor relativamente alto equivalente al 51,40%, pues su textura y forma le permite absorber la máxima cantidad de agua hasta saturarse por completo. b) El ensayo de peso específico del agregado grueso arrojó un valor de 1.037 gr/cm<sup>3</sup>, debido a la textura y a la forma este es un material liviano y posee una gran capacidad de absorción, ya que sus aberturas y los poros contienen aire, esto le permite flotar cuando es colocado en agua. Estas porosidades hacen posible la máxima absorción de agua hasta el punto de saturación completo. c) Al realizar el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso (piedra pómez) se obtuvo un valor de 0,53gr/cm<sup>3</sup>, en relación a la arena, este resulta ser un valor relativamente bajo. d) Con el ensayo de peso unitario suelto se determinó el valor de 0.48 gr/cm<sup>3</sup> es un valor relativamente bajo por la textura y composición de este agregado a comparación de un ripio común y corriente, ya que el objetivo principal es obtener un hormigón de baja densidad es por eso que se eligió este tipo de agregado (piedra pómez)

Podemos resaltar de la investigación anterior que el agregado es muy bajo en comparación con otro tipo de materiales, al hacer los ensayos se tuvo como resultado, que en realidad es un material con densidad muy baja ya que esto se debe a que el material es poroso lo cual

contiene aire y agua dentro de sus cavidades lo cual su absorción es alta a comparación de un material convencional.

C. Según Gallegos, A. (2015) desarrolló una investigación para obtener el título de ingeniero, **titulado** “Diseño De La Mezcla De Hormigón Alivianado Usando Piedra Pómez De Latacunga. Aplicación A La Fabricación De Paneles Prefabricados No Estructurales” **el tipo de investigación** fue experimental; cuyo **objetivo** principal fue el objetivo principal de este proyecto es el de determinar la mezcla para realizar los paneles alivianados de hormigón liviano utilizando material volcánico como es la piedra pómez.; y se **concluyó**: a) Se debe intentar lograr la más baja proporción de agua - cemento (a/c) en la pasta para obtener mayores resistencias, significa que necesita contenidos de cemento altos para hormigones livianos al comparar con el concreto de peso estándar de la misma resistencia. b) La resistencia no se estima a partir de la relación que existe entre el agua – cemento (a/c), ya que la cantidad no está determinada. Se añade suficiente agua para proporcionar trabajabilidad, una adecuada colocación, consolidación, acabado sin segregación y consistente con los requisitos de resistencia requeridos; c) El ensayo de granulometría es muy importante, ya que, si es adecuada para el hormigón, se obtiene resultados del tamaño de los agregados, el cual se debe cumplir con la proporción, el que debe ocupar mayor volumen son los agregados, por lo cual debe cumplir menor porcentaje de vacíos.

Las investigaciones nacionales, se muestran algunas tesis relevantes como:

D. Según Tantaquilla, C. (2017) desarrolló una investigación para obtener el título de ingeniero, **titulado** “Influencia De Piedra Pómez Sobre Asentamiento, Densidad, Absorción Y Resistencia A Compresión En Concreto Liviano Estructural”, sustentado en la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo principal fue la obtención de Concretos livianos estructurales compuesto por un agregado liviano natural como la piedra pómez. **el tipo de investigación** fue experimental y se **concluyó**: a) En el caso del concreto convencional, se estudiaron mezclas de concreto con relación a/c de 0.583 para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo resistencias a la compresión promedio de 296 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y 323 kg/cm<sup>2</sup> a los 56 días de curado, la densidad promedio de 2263 kg/m<sup>3</sup> y un asentamiento de 7.55“. Además, un costo de S/. 236.60 por m<sup>3</sup>.; b) El reemplazo óptimo del agregado grueso por piedra pómez se encuentra en

el rango de 20% a 60% en volumen, obteniendo valores de resistencia a compresión de 276 kg/cm<sup>2</sup> a 233 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de curado y 303 kg/cm<sup>2</sup> a 259 kg/cm<sup>2</sup> a 56 días de curado. Asimismo, un asentamiento de 6.4” a 4” y una densidad de equilibrio de 2150 kg/m<sup>3</sup> a 1918 kg/m<sup>3</sup>. Además, un costo de producción de S/. 238.02 a S/. 240.84 por m<sup>3</sup>.; c) al agregado fino el reemplazo óptimo puede ser en hasta un 100%, obteniendo un valor de resistencia a compresión de 222 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de curado y 238 kg/cm<sup>2</sup> a 56 días de curado de las muestras. Asimismo, un asentamiento de 5.2” y una densidad de equilibrio de 1956 kg/m<sup>3</sup>. Además, un costo de elaboración de S/. 242.73 por m<sup>3</sup>.

La investigación anterior estableció que la proporción óptima de remplazo de agregado en el concreto esta entre 20% y 60% el cual demostró una disminución de la resistencia con respecto a un concreto patrón evaluado en la investigación, el costo de producción es mayor a la de un concreto convencional lo que se puede dar por el aditivo que se utilizó

E. Según Ibarcená, C. (2013) desarrolló una investigación para obtener el título de ingeniero, **titulado** “Uso De Concreto Liger Con Agregados De Roca Volcánica En La Fabricación De Unidades De Albañilería No Estructural”, sustentado en la Universidad Católica De Santa María, cuyo objetivo principal fue determinar la incidencia de la adición de roca volcánica como agregado grueso en las características físicas, mecánicas y económicas del concreto ligero para la fabricación de unidades de albañilería no estructural; **el tipo de investigación** fue experimental y se **concluyó**: a) Mecánicamente, disminuye su resistencia a la compresión, dependiendo del agregado que se use varía entre 75% y 87%, sin embargo, cuando se utiliza en bloques de concreto esta característica no afecta en gran medida; b) Físicamente, reduce su densidad entre 34% (1450 Kg/m<sup>3</sup>) y 52% (1050Kg/m<sup>3</sup>, reduce en gran medida su conductividad térmica hasta un 67% (0.458 W/m\*K) y lo hace más poroso, y también le proporciona una textura y un color más elegante y vistoso.

F. Según Ventura, C. (2015) desarrolló una investigación para obtener el título de ingeniero, **titulado** “Propiedades Físicas y Mecánicas de la Roca Volcánica del Cerro Acuchimay Para el Diseño de Concreto Liviano en la Ciudad de Ayacucho, Perú”, sustentado en la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, cuyo **objetivo** principal fue: Determinar la incidencia de la adición de agregado liviano (roca volcánica del cerro de

Acuchimay) en las características físicas y mecánicas del concreto liviano con el concreto normal, y se **concluyó**: a) Los ensayos realizados tanto de roca en sí como de agregado de origen volcánica (rojo y azul) demuestran que son aptos para su empleo como agregados en mezclas de concreto, ya que cumplen con las especificaciones técnicas de agregados livianos según la norma ASTM C 330.; b) Las resistencias alcanzadas con estos agregados livianos fueron altas, llegando hasta los 380 kg/cm<sup>2</sup> con el agregado volcánico del cerro Acuchimay (Rojo) y de peso liviano no llegando a pasar o cercanas al valor de 2 tn/m<sup>3</sup>, el cual cumplimos con uno de nuestros objetivos planteados en esta investigación el cual este agregado se puede usar para concreto. Por lo tanto, este material si es apto para en concretos estructurales por obtener buenos resultados al ensayo de resistencia a la compresión.; c) El agregado grueso presenta un 50% menos de peso que un agregado normal y que cumple con el peso unitario máximo seco suelto para ser considerado como agregado liviano que es de 880 kg/m<sup>3</sup> teniendo un peso unitario de 836.46 kg/m<sup>3</sup>, en cambio el agregado fino obtenido de la roca volcánica, no es mucha la diferencia con el agregado fino normal ya que esta no cumple con el peso unitario máximo seco suelto que según la norma es de 1120 kg/m<sup>3</sup> y tiene 1124.30 kg/m<sup>3</sup>.

Pudimos resaltar de la investigación que el agregado presenta una disminución de peso a comparación de uno normal, el cual da como resultado la disminución del peso del concreto llegando a las 2 tn/m<sup>3</sup>, los resultados fueron satisfactorios cumpliendo con lo propuesto y obteniendo resistencias altas con el agregado volcánico.

G. Según SENCICO (2010) en la norma, **titulado** “CE.10 Pavimentos Urbanos” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Los pavimentos de concreto se pandean bajo las cargas repetidas por eje, produciendo esfuerzos de compresión y flexión. Desde qué la relación del esfuerzo de compresión a la resistencia a compresión es relativamente pequeña, comparada con la relación del esfuerzo de flexión a la resistencia a la flexión del concreto, es esta última la que controla el diseño de los pavimentos. La resistencia a flexo – tracción (módulo de rotura) a los 28 días, en probetas prismáticas no debe estar por debajo de la resistencia la flexión de 3.4 Mpa. El cuál es la medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto ya que este se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

La siguiente investigación se basó en teorías planteadas por diversos autores.

La piedra pómez es una roca de origen volcánico. Es usada desde la antigüedad para numerosas finalidades, ya que es un material poroso y contiene diversas cavidades, lo que hace que tenga una baja densidad, esto a su vez hace que su comportamiento al impacto sea ligero. Además, al ser porosa la piedra pómez es un excelente aislante térmico y ayuda en el proceso de filtración del agua.

La piedra pómez tiene una densidad relativamente baja y es muy resistente para ser usada como agregado y disminuir la densidad de las estructuras, por lo que tienen una textura porosa por su origen volcánico y presenta en un color gris (Terreros, 2013, p. 13).

Al respecto Sánchez, (2009), menciona que la piedra pómez, tiene una alta resistencia al clima frío, al calor y a mantenerse a la intemperie, como también a las sales solubles encontradas en el agua. Las partículas de la piedra pómez tienen diferentes formas y mayormente son alargadas y angulosas. Aparte es de dureza media, ya que su poder abrasivo es bajo, y esto hace que sea suave sobre la superficie en la que se trabaja. Está formada principalmente por cuarzo y feldespato, por lo tanto, sus propiedades químicas varían de acuerdo al yacimiento del que se obtiene (p. 15).

La piedra pómez está compuesta químicamente por un silicato volcánico de aluminio. Las partículas vítreas por las que está compuesta su estructura contiene un alto contenido de sílice, que está sobre el 50%, y está compuesta por una infinidad de poros que le da como valor agregado una densidad que se encuentra entre 350 kg/m<sup>3</sup> y 800 kg/m<sup>3</sup>.

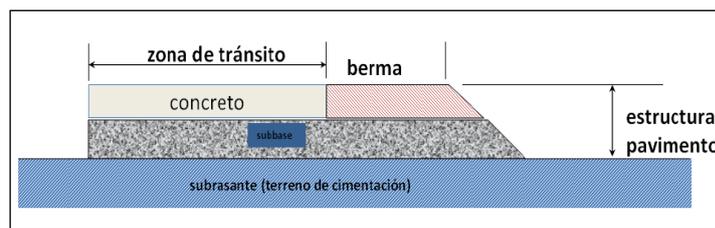
La densidad es una particularidad elemental y fundamental que poseen todos los materiales. Está relacionada con la naturaleza de sus componentes y la presencia de espacios vacíos que tienen algunos materiales. Es el caso de la piedra pómez, su porosidad le otorga una baja densidad, por lo tanto, la respuesta a los impactos es muy leve y su densidad está entre (0.4 a 0.9) g/cm<sup>3</sup>.

La absorción de la piedra pómez es buena, ya que puede absorber agua bajo condiciones particulares. La piedra pómez puede absorber tanta cantidad de agua como lo permita su capacidad.

La dureza es la resistencia que tiene la piedra a ser rayada. La piedra pómez presenta una dureza media, que se encuentra entre 5 / 6 Mohs, ya que este presenta una alta friabilidad y su capacidad de abrasión es muy baja, causando un efecto de suavidad sobre la superficie.

La Abrasión es la propiedad asociada a la resistencia mecánica superficial de la piedra, al desgaste o pérdida de aspecto por abrasión y/o rayado. La piedra pómez tiene la característica de ser muy abrasiva.

Los pavimentos rígidos son estructuras que se encuentran formados por concreto, ya que estos son los que absorben en mayor proporción las cargas vehiculares, debido a la rigidez y al módulo elástico elevado que posee, es por eso que se requiere de un número menor de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la sub – rasante.



*Figura 1.* Estructura del pavimento rígido

Fuente: Pavimentos de concreto: Tópicos (Becerra, 2017)

Los pavimentos son carpetas de rodadura conformada con subbases granulares o en algunos casos con bases.

La Carpeta de rodadura se le denomina a la capa el cual se encuentra sobre la base, el cual se aplican directamente las cargas del tránsito, está conformada por mezcla de concreto, por lo tanto, dado su rigidez y su mayor módulo de elasticidad, apoyan la carga de la misma estructura o las cargas vehiculares sobre la losa y no sobre la sub rasante.

El concreto es un material pétreo, por lo cual está constituido por proporciones de cemento, agua, agregados, aire atrapado o al incorporar aire y opcionalmente aditivos y así dándole una mejor característica mecánica.

En la presente sección vamos a definir los aspectos básicos para las características mecánicas para un concreto de un pavimento rígido, las cuales se evalúan mediante los ensayos de esfuerzo a la compresión y esfuerzo a flexión.

El ensayo de esfuerzo a la compresión, es la propiedad la cual el concreto es sometido para resistir esfuerzos sin fallar, esto se debe a las buenas propiedades que tiene la pasta del cemento y en parte a las buenas propiedades del agregado que contiene el concreto, esta resistencia se incrementa de manera sustancial a tempranas edades, pero la resistencia final puede reducirse levemente, la determinación de la resistencia a la compresión puede ser usado mediante la norma ASTM C39.

Por otro lado, Becerra (2017), resaltan que; los pavimentos rígidos principalmente trabajan a flexión, y es por eso que se evalúa el módulo de rotura mediante probetas prismáticas fabricadas de concreto y obteniendo resultados de dicho ensayo, el cual se introduce en la ecuación AASHTO 93, por lo cual este ensayo esta normalizado por ASTM C – 78. Este ensayo se realiza mediante vigas, por lo cual estas deben ser apoyadas aplicando cargas y obligando a fallar en el tercio de la viga, es por eso que los ensayo se hacen a los 28 días, por lo tanto, si el Mr es mayor el espesor del pavimento es menor (p. 85).

Según la ASTM C-78 (1994) el ensayo se debe realizar con cargas iguales en los tercios de luz, Se mide a través de una viga de 0.15 m x 0.15 x 0.45 m, lo cual esta expresado como el Módulo de Rotura (Mr) Para edades de 7, 14 y 28 días (p.2).

- a) El módulo de rotura se determina con la siguiente ecuación solo si la falla ocurre dentro del tercio centra,

$$MR = \frac{PxL}{bxh^2} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

P = Carga máxima aplicada en (kg)

h = Altura de la viga en la posición de ensayo (cm)

MR = Módulo de rotura de la viga (kg/cm<sup>2</sup>)

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho de la viga en la posición de ensayos (cm)

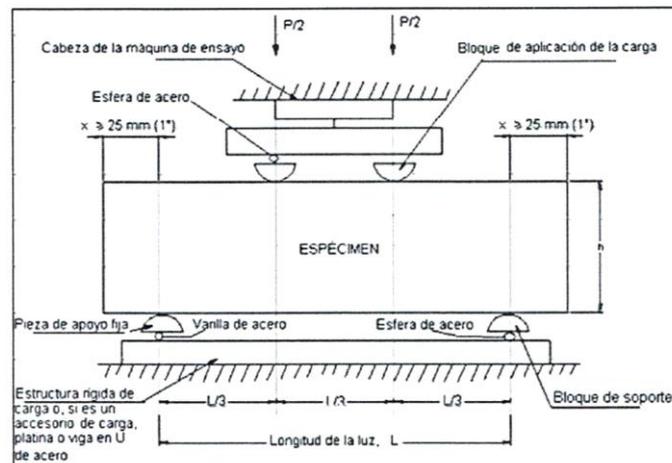


Figura 2. Módulo de rotura ( $M_r$ )

Fuente: ASTM C 33

En la presente sección vamos a definir los aspectos básicos de las propiedades del concreto en estado fresco. Se le denomina al concreto fresco, al concreto que se encuentra en estado fluido, recién mezclado, se considera fresco en el instante que los agregados se mezclan entre ellos y comience el fraguado. Por lo tanto, en este estado el concreto puede ser encofrado, trasladado y vibrado, esta es la etapa donde el concreto es trabajado y moldeado. Se evalúa por el ensayo de asentamiento así obteniendo un slump correcto, con este ensayo se calcula la consistencia del concreto que se encuentra relacionado con su estado de fluidez. El concreto debe de tener una buena trabajabilidad para que la compactación sea correcta y se obtenga resultados satisfactorios.

En la ASTM C-143, menciona que; el estado y la trabajabilidad de la mezcla de concreto, siendo un instrumento necesario para evaluar el control de la calidad de la mezcla en estado fresco, por lo tanto, si existe una variación en el slump podría ser que ha ocurrido algún cambio en las características físicas de los agregados. (2012, p. 1).

Según Becerra (2017), indica que; las mezclas de pavimento rígido que se colocan con metodologías convencionales como son las reglas vibratorias y con encofrados fijos, estos deben de tener un slump entre 3 y 4 pulgadas para poder trabajar de la mejor manera. Para las mezclas de pavimento rígido que se vacían con pavimentadoras de encofrado deslizante, estos deben de tener un slump menor que varía entre 1 pulgada (p. 167).

**Tabla 1.** Asentamientos mínimos y máximos

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzada	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: American Concrete Institute 2002

Es necesario que el concreto tenga aire entre los materiales (agua, cemento y agregados) por el cual está regulado por el requerimiento de diseño. La cantidad de aire debe existir depende de las características de los agregados, que presentan de acuerdo a los ensayos realizados, por lo cual está entre el 1% al 3% del volumen de la mezcla, estos porcentajes pueden variar de acuerdo a cómo se encuentra expuesto el concreto a cambios climatológicos, por lo cual debe de ser intencionalmente y como resultado el aumento de volumen de aire.

El peso específico del concreto depende de los agregados, el aire incorporado que tiene, la correlación con el agua - cemento que contiene el diseño de mezcla (Rivva, 2000, p.41).

El concreto convencional que se utiliza en pavimentos posee un peso específico cuyo rango va de 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>, esto puede variar dependiendo de la cantidad y densidad que tienen los agregados, además del aire incorporado, del agua y del cemento.

Para realizar el concreto es necesario hacer un diseño de mezcla, el cual las propiedades del concreto son estudiadas con el fin de lograr un diseño adecuado, por lo tanto, debemos utilizar materiales apropiados para diseñar el concreto y así tener una dosificación relativa, con el fin de tener concreto con propiedades como consistencia, resistencia y más durable.

El diseño de mezcla para un concreto se debe diseñar con una resistencia promedio, lo cual ese valor tiene que ser mayor a la resistencia que se requiere.

Según Norma E 060.

**Tabla 2.** Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles.

<b>f<sub>c</sub></b>	<b>f<sub>cr</sub></b>
Menos de 210	f <sub>c</sub> + 70
210 a 350	f <sub>c</sub> + 84
sobre 350	f <sub>c</sub> + 98

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010

El tamaño máximo nominal (TMN) de los agregados esta entre el tamaño de la abertura del tamiz mayor al tamiz N° 4. Según la norma ASTM C-33, define

Granulometría del agregado grueso para concreto.

**Tabla 3.** *Tamaños estándares de agregados procesados.*

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0,5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35-70	..	10-30	0,5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0,10	0,5
3/4"	...		100	95-100	...	20-55	0,15	0,5
1/2"	...			100	95-100	40-70	0,15	0,5
3/8"	...				100	85-100	10,30	0,10

Fuente: American Society for Testing Materials, 1997

Los agregados finos se consideran, como la arena de procedencia natural o triturada, las cuales pasan por el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumplen los estándares establecidos de acuerdo al ASTM C-33, deben cumplir estándares de la norma vigente.

**Tabla 4.** *Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto*

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alterno	
9.55 mm	3/8"	100
4.75 mm	N° 4	95-100
2.36 mm	N° 8	80-100
1.18 mm	N° 16	50-85
600 µm	N° 30	25-60
300 µm	N° 50	10-30
150 µm	N° 100	2-31

Fuente: American Concrete Institute 2002

Para construir una estructura, ya sea el pavimento rígido, es necesario conocer la solidez, ya que esta es la propiedad que precisa el nivel de agua que contiene la mezcla.

La selección del volumen unitario del agua es posible si se toma la cantidad necesaria para adicionar a la mezcla, por cada metro cúbico de concreto producido. Esto permite adquirir una óptima consistencia del concreto en estado seco.

**Tabla 5.** Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> para los tamaños Max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados.							
1"=25mm	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1 a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
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: American Concrete Institute 2002

Debido que el esfuerzo a la compresión es requisito necesario para diseñar un elemento estructural, por lo tanto, este depende de la correlación a/c por lo tanto esta medida es muy importante, ya que este se utiliza para optimizar propiedades como la abrasión, la impermeabilidad y el desgaste. En la siguiente tabla se presentan valores aproximados para concretos.

**Tabla 6.** Relación Agua-Cemento vs resistencia a la compresión.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO POR RESISTENCIA		
f'cr (28 días) kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua - cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: American Concrete Institute 2002

Para diseñar un pavimento rígido nos basamos en el Método AASHTO 93, de todos los métodos empíricos y semi – empíricos aún está vigente y se continúa utilizando en la actualidad como instrumento principal para determinar los espesores (Becerra, 2017, p. 77).

Por lo anterior, Becerra (2017), indica que; el método AASHTO 93 está basado en los resultados experimentales que se lograron en las pruebas de los trayectos de prueba en Ottawa III. El objetivo fue lograr resultados confiables en el comportamiento de los pavimentos experimentados, posteriormente que se le aplicara cargas controlada de tránsito (p. 77).

En el 2013, el MTC oficializó su Manual de diseño de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimento 2013, en donde se recomienda el uso del Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos (Becerra, 2017, p. 78).

Para calcular los espesores de un pavimento de concreto, se realiza mediante un procedimiento iterativo, y así lograr que la ecuación AASHTO 93 este en equilibrio. El espesor del pavimento obtenido debe soportar la carga, sin producir deterioro a nivel de servicio inferior al impuesto.

$$\log_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{Mr Cd (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 x J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{Ec}{K}\right)^{0.25}})} \right) \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos, 1993

Dónde:

- W8.2 = número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, durante el periodo de diseño
- K = módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.
- ZR = desviación normal estándar
- ΔPSI= diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final
- Pt = índice de serviciabilidad final
- Cd = coeficiente de drenaje
- Mr = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexión a los 28 días (método de carga en los tercios de luz – ASTM C 78)
- Ec = módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas
- D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

- SO = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

Así mismo, Becerra (2017), resalta que de acuerdo con el manual diseño para pavimentos rígidos del MTC, en el periodo de diseño se debe considerar un periodo de tiempo mínimo de 20 años, debido a eso, la persona responsable puede ajustarse al periodo de acuerdo con las especificaciones del proyecto (p. 79).

**Tabla 7.** *Periodos de análisis*

CLASIFICACIÓN DE LA VIA	PERIODO DE ANALISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos, 1993

El tránsito (ESAL), según la metodología AASHTO 93 está ligado a la existencia útil de un pavimento asociada al número de repeticiones que va soportar el carril de diseño.

El método AASHTO 93 transforma las cargas de los ejes simples equivalentes de 8.2 ton también conocido como ESAL.

La serviciabilidad, según AASHTO 93 recomienda para pavimento de concreto tenga la siguiente clasificación: Índice de serviciabilidad inicial (Pi) con un valor inicial de 4.5, e índice de serviciabilidad final (Pt) se pueden considerar valores indicados en la tabla 8, en la ecuación se coloca la diferencia entre estos valores y se obtiene una variación entre ambos índices ( $\Delta$ PSI).

**Tabla 8.** *Índice de serviciabilidad final*

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectoras
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos, 1993

La confiabilidad “R” y la Desviación estándar (So) en el diseño de pavimentos fue agregado con la finalidad de medir la variabilidad tanto de materiales, supervisión y de los procesos constructivos. (Becerra, 2017, p. 82).

Al respecto Becerra, (2017), indica que; los pavimentos rígidos ejecutados de similar forma se comportan con un desgaste distinto. En este sentido la confiabilidad es un componente de seguridad que corresponde a extender en una magnitud el tránsito previsto en el periodo de tiempo que corresponde al diseño, teniendo en cuenta conceptos de estadística que consideran una distribución normal de las variables implicadas (p. 82).

Al respecto Becerra (2017), indica que el método AASHTO 93 está en los rangos entre  $0.30 < So < 0.40$ , en el caso de construir un pavimento rígido es recomendable trabajar con  $So = 0.35$ . Los siguientes valores de confiabilidad en relación al Número de Repeticiones de ESAL’s son sugeridos por el MTC (p. 82).

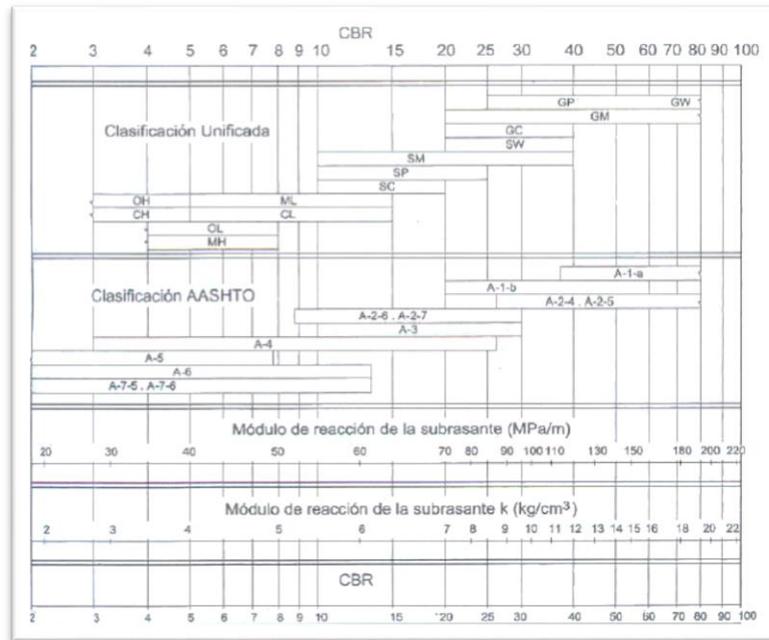
**Tabla 9. Ejes equivalentes**

TIPOS DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD ('R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Transito</b>	Tp1	150,001	300,000	70%	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	75%	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	80%	-0.842
	Tp4	700,001	1,000,000	80%	-1.036
<b>Resto de caminos</b>	Tp5	1,000,001	1,500,000.00	85%	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	Tp12	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	Tp13	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	Tp14	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	Tp15		>30,000,000	95%	-1.645

Fuente: Manual de Diseño (MTC 2013)

El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc), es el factor que nos da a conocer cómo se encuentra las características de la subrasante, cuando se le aplica un esfuerzo.

Se mejora el soporte colocando capas de material granular en los intermedios entre la carpeta de rodadura y la subrasante, en consecuencia, mejorar las condiciones y así lograr reducir el espesor de la carpeta rígida (Becerra, 2017, p. 84).



*Figura 3.* Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes  
 Fuente: Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-  
 Skokie. PCA 1971

Así mismo, Becerra (2017), indica que, el módulo elástico del concreto indica particularmente la rigidez y la capacidad de transmitir cargas para la carpeta de rodadura del pavimento. La demostración de esta se puede efectuar mediante la resistencia a compresión y la resistencia a la flexión por medio de correlaciones ya establecidas; el AASHTO, el cual precisa que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación recomendada por el ACI (p. 86).

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

f'c en psi

Así mismo, Becerra (2017), La condición de drenaje implica que se dé la probabilidad de que los elementos que se encuentra por debajo de la carpeta de rodadura mantengan el agua en condición húmeda o libre durante un determinado tiempo. Las tipologías de drenajes diseñados, la permeabilidad y el tipo de las láminas de la subbase, influyen en mayor proporción en el nivel de condición del drenaje que tienen las capas intermedias (p. 86).

Según Becerra (2017), Un coeficiente de drenaje elevado origina un drenaje bueno, esto beneficia a la estructura ya que reduce el grosor del concreto que se va a calcular. De acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente el CD varía entre 0.70 y 1.25 (p. 125).

**Tabla 10. Condiciones de Drenaje**

Calidad de Drenaje	50% de saturación en	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	mas de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho mas de 10 horas

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos, 1993

**Tabla 11. Coeficiente de Drenaje**

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos,

Para Becerra (2017) La transmisión de cargas muestra la capacidad de traspaso de cargas de la estructura, teniendo en cuenta las fisuras y juntas. Estos valores varían de acuerdo al modelo de pavimento que se va a edificar, además de la berma lateral y su tipo, en caso exista, y del dispositivo de transmisión de cargas si existe en la estructura (p. 86).

Cabe resaltar que el valor que toma J es directamente proporcional al valor del espesor final de la losa de concreto, o sea, mientras el valor de J sea menor el espesor del concreto también será menor. (Becerra, 2017, p. 86).

**Tabla 12. Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J**

TIPO DE BERMA	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
Valores J	3.2	3.8 - 3.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2

Fuente: Guía AASHTO, Diseño de estructuras de pavimentos, 1993

Teniendo en cuenta las pruebas de AASHTO 93, se asume que el coeficiente de transmisión de carga J es igual a 3.2, para la determinación de las secciones de estructuras de pavimento del Manual de Diseño MTC 2013

### **Problema General**

¿Cómo la aplicación de piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido -Lima, 2018?

### **Problemas Específicos**

¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018?

¿Cuánto varía la resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018?

La siguiente tesis tiene como **justificación práctica**, que, al evaluar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido, usando la piedra pómez como sustitución al 100% del agregado grueso, se requiere evaluar la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión, por lo cual iremos al laboratorio para evaluar el concreto y luego proceder con la recopilación de datos según los ensayos que se hagan. La extracción de datos en la evaluación será precisa y concreto, ya que determinaremos la resistencia a la flexión y compresión, para luego diseñar un pavimento rígido en concordancia con los datos obtenidos.

La siguiente tesis tiene como **justificación metodológica**, la cual busca generar nuevos conocimientos confiables aportando nuevos datos con respecto al uso de la piedra pómez como agregado grueso para modificar el comportamiento mecánico del pavimento. El cual se utilizó el método de la observación, identificar el problema, plantear hipótesis y experimentación.

### **Hipótesis General**

La aplicación de la piedra pómez mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido - Lima, 2018.

### **Hipótesis Específicas**

La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejora al aplicar piedra pómez – Lima, 2018.

La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejora al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

### **Objetivo General**

Determinar como la piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.

### **Objetivos específicos**

Cuantificar la variación de la resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

Calcular la variación de la resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Tipo y diseño de Investigación**

### **2.1.1 Enfoque: Cuantitativo**

En la investigación se aplica el enfoque cuantitativo, el cual consiste en obtener datos, para luego de comprobarlos con la hipótesis, obtener como resultado valores numéricos que nos ayuden a evaluar variaciones, identificar, diferenciar, medir resultados y probar teorías (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 130).

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se recolectarán datos de los ensayos que se realizarán a las probetas de concreto, se evaluará los resultados en base a teorías relacionadas y así probar las hipótesis planteadas.

### **2.1.2 Método**

Se utilizará el método científico para procesar la información que se obtendrá del desarrollo de la investigación:

Método **CIENTÍFICO**. Es el conjunto de pasos y procedimientos que se van a usar en la investigación.

Según Hernández Sampieri et. al. (2014), consiste en distintas secuencias fundamentales: el análisis del fenómeno a estudiar, la elaboración de una hipótesis para exponer el fenómeno observado y la verificación o comprobación de la hipótesis planteada, que a través de un razonamiento deductivo intenta validar la hipótesis empíricamente (p.50).

La investigación recolectará datos de los ensayos que se realizarán a las probetas de concreto, tales como la cuantificación del comportamiento físico - mecánico y la comprobación de hipótesis con el fin de obtener nuevos conocimientos.

### **2.1.3 Tipo: Aplicada**

Según Borja (2010), las investigaciones científicas, de acuerdo a la finalidad que persiguen, se clasifican en investigaciones básicas o puras, investigaciones aplicadas e investigaciones tecnológicas (p.20).

En la siguiente investigación abordaremos la investigación aplicada, ya que es aquella que

propone métodos y técnicas orientadas a resolver problemas específicos. (Borja, 2010, p.20)

La siguiente investigación tiene como propósito modificar el comportamiento mecánico del pavimento rígido, mediante la aplicación de piedra pómez, es por ello que la investigación puede clasificarse como una **investigación aplicada**.

#### **2.1.4 Nivel: Explicativo**

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), existen diferentes formas de clasificar el nivel de investigación, estas pueden ser: Exploratoria, correlacional y explicativa. Desde el punto de vista demostrado por el autor, es importante mencionar que el nivel se determinará de acuerdo con los objetivos del proyecto de investigación (p. 60).

De acuerdo con lo mencionado y a las características propuestas en el presente trabajo de investigación, la investigación será explicativa, ya que busca establecer las relaciones entre la piedra pómez y modificar el comportamiento mecánico del pavimento rígido, intentando explicar además los mecanismos de este fenómeno.

Es por ello que el nivel de investigación que emplearemos será el nivel explicativo.

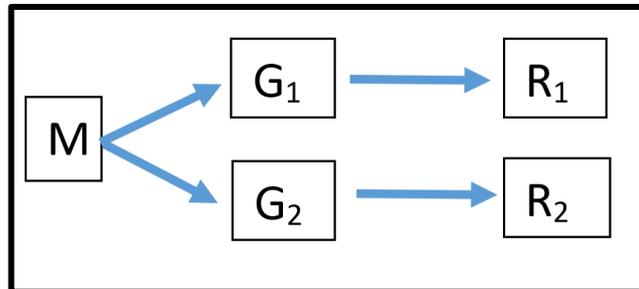
#### **2.1.5 Diseño: Experimental**

Para Valderrama (2002), un diseño experimental se fundamenta en manipular deliberadamente una o más variables independientes con el objetivo de causar efectos en las variables dependientes, buscando formar un vínculo de causa – efecto (p.176).

Según Hernández Sampieri et al. (2014), una investigación es experimental, si el investigador procede a manipular una o más variables independientes del estudio, con la finalidad de medir el efecto que estas manipulaciones tienen sobre la variable dependiente. Además, es importante tener en cuenta que, según el grado de control de la formación de los grupos, se tienen tipos de diseños experimentales. En este punto podemos mencionar que, de acuerdo con el mismo autor, un diseño es cuasi-experimental, si la formación de los grupos de control, se ha realizado sin un proceso de aleatorización (p.184).

De acuerdo con la definición anterior podemos decir que tiene un enfoque experimental con respecto a que se pretende manipular la piedra pómez como agregado dentro de un concreto

de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la intención de evaluar el efecto de este agregado para modificar el comportamiento mecánico del pavimento rígido, tales como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, peso específico y espesor del pavimento.



*Esquema de variable independiente (PIEDRA PÓMEZ) y dependiente (COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO)*

Fuente: Metodología de la investigación (2014)

- GEi: Grupo de estudio de las variables
- Ri: Resultados
- M: Muestra

## 2.2 Operacionalización de variables

### V1: Piedra Pómez

Para Terreros (2013), es una roca de origen volcánico, es usada desde la antigüedad para numerosas finalidades y desde ahí, esta roca es conocida, ya que es un material poroso, y contiene diversas cavidades y es por eso que tiene una baja densidad. Adicionalmente al ser porosa, la piedra pómez es un excelente aislante térmico y ayuda al proceso de filtración del agua (p. 14).

### V2: Comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura

Está conformado por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con módulo de ruptura a flexión ( $M_r$ ) superiores a  $40 \text{ kg/cm}^2$  o su equivalente a compresión  $f'c$  210 y  $280 \text{ kg/cm}^2$  (Becerra, 2017, p. 44).

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Se define como población al conjunto de elementos que se desea estudiar en una investigación; Está formada por subconjuntos que poseen algunas características o

propiedades en común. (López, 2002, p. 69).

Para el presente trabajo se tomará como población la Avenida Eloy Espinoza en el Distrito de San Martín de Porres de la provincia de Lima, lo cual se evaluará el concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin el agregado de piedra pómez y evaluar el concreto de resistencia  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado grueso de piedra pómez.

### 2.3.2 Muestra

Una muestra es un subconjunto de la población de estudio que representa a dicha población. Para ello se debe utilizar algún método que ayude a obtener un muestreo confiable. (Hernández Sampieri et. al. 2014, p. 55).

En el siguiente trabajo se tomará como muestra el jirón Eloy Espinoza desde la cuadra 6 a la 8, donde se estudiará un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> convencional y un concreto sustituido con piedra pómez con tamaño máximo de 3/4". Para los ensayos de resistencia a la compresión de un concreto patrón y un concreto sustituido de piedra pómez, se realizarán probetas cilíndricas de 10 cm. x 20 cm. estableciendo 3 muestras por ensayo, y se realizarán vigas prismáticas para el ensayo a la flexión.

**Tabla 13.** Muestras para el diseño a la compresión.

DISEÑO A LA COMPRESIÓN (F'C) DE LAS PROBETAS DE CONCRETO A ENSAYARSE			TOTAL
Edades para ensayo(días)	Concreto convencional	Concreto con agregado grueso de piedra pomez y agregado fino	
7	3	3	6
14	3	3	6
28	3	3	6
Total	9	9	18

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 14.** Muestras para el diseño a la Flexión

DISEÑO A LA FLEXIÓN (Mr) DE LAS VIGAS DE CONCRETO A ENSAYARSE			TOTAL
Edades para ensayo(días)	Concreto convencional	Concreto con agregado grueso de piedra pomez y agregado fino	
7	3	3	6
14	3	3	6
28	3	3	6
Total	9	9	18

Fuente: Elaboración Propia

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron para el siguiente trabajo fueron por observación directa, mediante análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas y prismáticas, para Hernández Sampieri (2014), las técnicas son recursos, mecanismos y medios para la recolección de información, transformación y conservación de los resultados encontrados durante el desarrollo de la investigación (p. 80).

Para desarrollar el siguiente proyecto de investigación se utilizará la técnica de **La observación cuasi – experimental**, ya que mediante esta se estudiará la reacción del concreto endurecido y en estado fresco, al cual previamente se le agregará la piedra pómez, dando como resultado 36 probetas, tanto probetas cilíndricas y prismáticas las que se experimentarán de acuerdo a las normativas vigentes.

- Ensayo de asentamiento (ASTM C – 143 / NTP 339.035)
- Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (ASTM C- 128/ NTP 400.022- NTP 400.022)
- Ensayo resistencia a la compresión (ASTM C – 39)
- Diseño de mezcla (comité de diseño 211 ACI).
- Análisis Granulométrico Agregado Grueso y Agregado Fino (Norma ASTM C33/ 400.012 - 400.017)
- Ensayo de Peso Unitario Suelto y Varillado (ASTM C- 29/ NTP 400.017)
- Ensayo de resistencia a la compresión (Norma ASTM C39).
- Ensayo de contenido de aire (ASTM C- 231/NTP 339.080)
- Ensayo resistencia a la flexión (ASTM C – 78)

## 2.4.2 Instrumento

Para el logro de los objetivos se usarán protocolos estándares basados en normas, lo cual nos permite recopilar los resultados de modo directo y confiable. Los instrumentos que se utilizó de acuerdo a las técnicas antes mencionadas fueron:

- Probetas cilíndricas
- Máquina de ensayo a la flexión
- Formatos de laboratorio
- Regla metálica
- Vigas prismáticas.
- Máquina de los ángeles
- Balanza
- Brocha
- Horno
- 1". 3/4", 1/2", 3/8", No4 y No8
- Barra de acero de 5/8 lisa de 60 cm de longitud
- Tamices: No4, No8, No16, No30, No50, No100 y No200
- Conjunto de herramientas manuales
- Mezcladora
- Laboratorio de materiales y concreto.
- Cono de Abrams

## 2.4.3 Validez:

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la validez de un instrumento de investigación, indica el grado en que un instrumento realmente mide la variable que se pretende estudiar.

Análisis de validez:

**Tabla 15.** *Juicio de expertos para instrumento*

JUECES	Ítem				PROMEDIO
	1	2	3	4	
Juez 1	0.9	0.8	1	1	0.93
Juez 2	1	0.7	1	0.6	0.83
Juez 3	0.8	0.9	0.6	0.7	0.75
Promedio total					0.84

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de tabla: Se visualiza el juicio de expertos, el juez 1 valida en 93% el instrumento, el juez 2 en un 83% y el juez 3 en un 75%, es decir todos ellos dan válido el instrumento.

El promedio total para el instrumento de los 3 expertos es de 84% y de ese modo se considera instrumento con excelente validez, según tabla N°15, con lo cual queda validado el instrumento.

**Tabla 16.** Rangos de validez

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998)

#### **2.4.4 Confiabilidad**

Todo instrumento de medición debe tener como característica a la confiabilidad, ya que, sin esta característica, el instrumento no posee credibilidad. Confiabilidad es demostrar en qué medida la aplicación continua del instrumento de medición en el objeto de estudios produce iguales resultados (Fernández, et al., p. 1999).

De acuerdo, con esto, podemos observar que los instrumentos usados en el desarrollo de la presente tesis, tales como, la Maquina Universal de ensayo de materiales, cono de Abrahams, tamices para el desarrollo de la granulometría, y la balanza de 120 kg de capacidad, son equipos de medición que pertenecen a un laboratorio acreditado y con las certificaciones correspondientes, por lo que la validez de estos instrumentos está garantizada. En cuanto a instrumentos tales como el software Excel y la cinta métrica, podemos decir que ambos son elaborados y fabricados, correspondientemente, por empresas que garantizan la validez de estos, por lo que su validez está absolutamente garantizada. Además, con respecto a los instrumentos mencionados, se debe mencionar que son de uso corriente en la práctica de la ingeniería civil, por lo que nuevamente se puede asegurar validez intrínseca.

**Tabla 17.** Rangos de confiabilidad

0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

## 2.5 Procedimiento

### 2.5.1 Materiales utilizados

- Se utilizó Cemento Tipo I, lo cual este es un cemento que no tiene ninguna adición, y nos permite averiguar cómo modifica la piedra pómez como agregado grueso en el concreto.
- Se utilizó agregado grueso y fino convencional y agregado grueso de piedra pómez para la sustitución completa del agregado grueso convencional.

### 2.5.2 Método del ACI

Para utilizar este método se debe de tener en cuenta los siguientes ensayos.

#### 2.5.2.1 Peso Unitario (ASTMC29 – NTP 400.017)

El método del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino o grueso usado en diferentes métodos de diseño de concreto. Este método solo se aplica a agregados con tamaño máximo de 150 mm (NTP 400.017, 1999, p5).

#### **Equipo.**

La siguiente lista enumera los equipos empleados en este tipo de ensayos:

- Barra compactadora de metal
- Recipiente
- Palana
- Balanza electrónica de precisión 0.1 gr
- Cucharón de metal

### **Procedimiento de peso unitario suelto.**

- Se llenará el depósito con un cucharón de metal que no sobrepase el borde superior del recipiente, lo que sobresalga del recipiente se eliminará con la varilla de acero y dejando a ras de borde.
- Se pesa el recipiente solo y luego con el agregado suelto y se registra los pesos obtenidos.

### **Procedimiento de peso unitario compactado.**

- Se llena el recipiente en tres capas, directamente proporcional a su altura, cada capa se compactará 25 veces con la varilla de acero.
- Se pesa el recipiente solo y luego con el agregado compactado y se registra los pesos obtenidos.

#### **2.5.2.2 Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127 – NTP 400.021)**

El peso específico seco, aparente, saturado con superficie seca y absorción del agregado, se determinan de acuerdo con la Norma Técnica Peruana siguiendo una lista de pasos ya establecidos. (NTP 400.021, 2002, p1)

#### **Equipo.**

La siguiente lista enumera los equipos empleados en este tipo de ensayos:

- Cucharón de metal
- Cesta de malla de alambre
- Recipiente
- Balanza electrónica para pesado hidrostático de precisión 0.1 gr
- Horno

#### **2.5.2.3 Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C121 – NTP 400.022)**

El peso específico seco, aparente, saturado con superficie seca y absorción del agregado, se determinan de acuerdo con la Norma Técnica Peruana siguiendo una lista de pasos ya establecidos. (NTP 400.021, 2002, p1)

#### **Equipo.**

- Molde cónico, metálico que posee 75 mm de altura, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 40 mm de diámetro en la parte superior

- Los equipos utilizados en éste ensayos son los siguientes (NTP 400.022, 2002, p3):
- Frasco volumétrico
- Barra compactadora de metal
- Balanza sensible a 0.1 % del peso y con capacidad de 1000 g

#### **2.5.2.4 Adecuación para moldes de probetas (ASTM C31)**

Los moldes de probetas son de dimensiones normalizadas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, se limpió toda impureza, también se le aplicó petróleo para que facilite el desmoldado de estas.

#### **2.5.2.5 Mezclado de concreto**

- Antes de iniciar la rotación de la mezcladora, se añade el agregado grueso con un porcentaje de agua.
- Añadir el agregado fino, se añade un porcentaje de agua.
- Añadir el cemento y agregar el porcentaje restante de agua.
- Cuando los materiales están en la mezcladora, contabilizar 3 minutos.
- Volcar el concreto en la carretilla.
- Realizar el ensayo de asentamiento.
- Vaciar el concreto en probetas y vigas en 3 capas, varillando 25 veces y darle golpes con un martillo de goma.

#### **2.5.2.6 Resistencia a la compresión**

Se evalúa con una carga axial haciendo fallar las probetas cilíndricas de concreto en una máquina para evaluar la resistencia, lo cual se calcula al someterle a una carga divide el área de la sección de la probeta el cual resiste al esfuerzo de compresión y se reportan en (MPa) o (kg/cm<sup>2</sup>), (ASTM C39, s.f., 1p).

Se ensayó probetas de 4" de diámetro y 8" de altura para edades de 7, 14 y 28 días

Procedimiento para realizar el ensayo

- Se registra la masa de la probeta.
- Medir el espécimen

- Las probetas deben de centrarse en la máquina de ensayo a la comprensión.
- Aplicar la carga hasta que el espécimen falle.
- Los cilindros utilizados tienen de diámetro 100 mm x 200 mm.

#### **2.5.2.7 Resistencia a la flexión**

Es un ensayo de resistencia lo cual falla por momento de una probeta prismática (viga). Se mide a través de una viga de 0.15 m x 0.15 x 0.45 m, con una distancia mínimo de tres veces el espesor lo cual esta expresado como el Módulo de Rotura ( $M_r$ ) Para edades de 7, 14 y 28 días.

#### **2.6 Método de análisis de datos**

En la presente investigación se analizará los datos obtenidos de las probetas de concreto convencional y modificada con piedra pómez, mediante gráficos comparativos haciendo uso del programa Excel como herramienta de soporte y posterior a responder las hipótesis planteadas.

En cuanto a la confiabilidad de los instrumentos de medición, podemos decir que la confiabilidad de estos instrumentos viene garantizada por el uso cotidiano de estos en la ingeniería civil, además de tener garantía de los fabricantes; en este punto es importante recordar que la mayor parte de este trabajo se realizará en un laboratorio, por lo que, los equipos e instrumentos usados en el desarrollo de este trabajo, tienen garantizada la confiabilidad de estos.

#### **2.7 Aspectos éticos**

Es preciso señalar que en esta investigación todo texto ajeno a mi autoría fue citado debidamente, teniendo en cuenta las normas ISO 690 Y 690 – 02, para garantizar el reconocimiento a los autores por su gran aporte.

Adicionalmente, ratifico que todos los resultados obtenidos son auténticos y aislados de la subjetividad del autor, con la finalidad de que la presente investigación se caracterice por ser confiable.

### **III. RESULTADOS**

### **3.1 Generalidades**

#### **3.1.1 Descripción y ubicación de colaboradores:**

##### **Cantera de Piedra Pómez en Chiguata.**

Cantera de piedra pómez de la cual se obtuvo agregados gruesos (200 kg) para la presente investigación. La cantera se encuentra ubicada en el distrito de Chiguata en la provincia de Arequipa.

##### **Cantera YERBA BUENA.**

Cantera con experiencia en la producción de concreto premezclado facilitó con agregado grueso (200 kg) y agregado fino (200 kg) para la presente investigación. Ubicada Río Seco – Carabayllo (Lima)

#### **Laboratorios**

##### **Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Cesar Vallejo**

Laboratorio perteneciente a la Universidad Cesar Vallejo donde se practican ensayos de los materiales, concedió dichas instalaciones para realizar ensayo de caracterización de los agregados a utilizar en la producción de concreto y ensayos de diseño de mezcla, este se encuentra ubicado en la avenida Alfredo Mendiola 6232, Independencia – Lima.

#### **3.1.2 Descripción y ubicación del lugar de aplicación:**

Se encuentra ubicado en el jirón Eloy Espinoza desde la cuadra 6 hasta la 8 correspondiente al distrito de San Martín de la provincia de Lima. La vía cuenta con dos calzadas, cuenta con pavimento rígido en mal estado y el ancho del pavimento es de 3.5 m la longitud del trayecto es de 450 ml.



Figura 4. Ubicación de tramo de aplicación

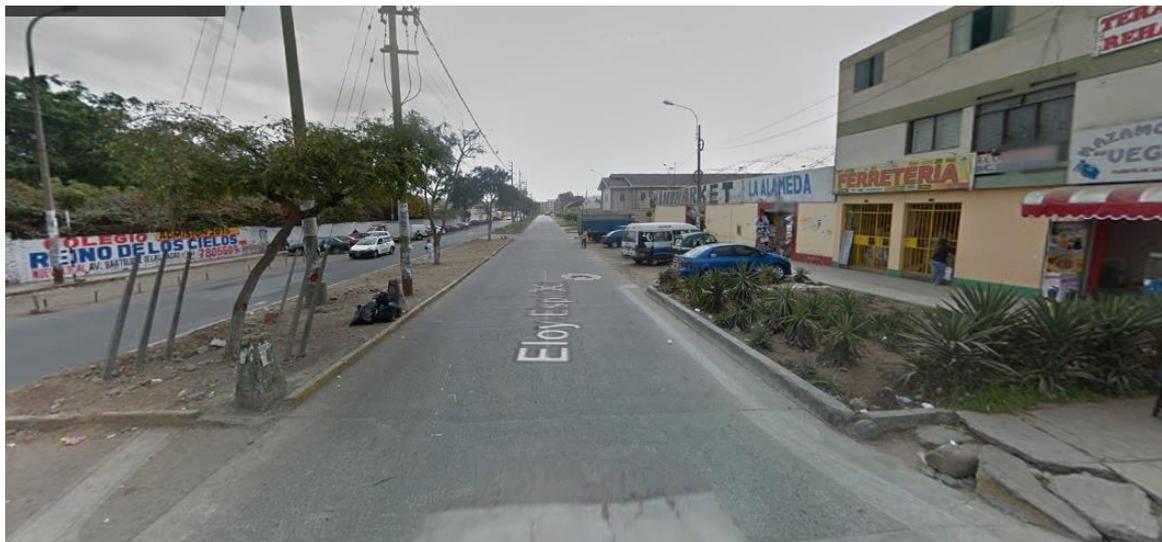


Figura 5. Inicio de tramo, cruce de avenida Honorio Delgado y Jirón Eloy Espinoza

## **3.2 Trabajos previos**

### **3.2.1 Características de los materiales**

Para obtener concreto se mezcla agregados con forma granular con el cemento. Estos agregados pueden tener preparación especial o carecer de ella. Es de gran importancia conocer cuáles son las características de los agregados finos y gruesos, para ello se usa los siguientes ensayos.

- Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso y fino (ASTM C – 29).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (ASTM C – 128).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (ASTM – 127).
- Ensayo para determinar el contenido de humedad (ASTM C – 566).
- Análisis granulométrico de los agregados para determinar: tamaño máximo, porcentaje de finos, módulo de fineza, huso granulométrico (ASTM C – 136).
- Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso y fino (ASTM C – 29).

#### **3.2.1.1 Agregado Grueso**

El agregado grueso es un material que se obtiene de la desintegración natural o también se obtiene de manera artificial, retenidos en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y deben estar en los límites que están establecidos en la N.T.P. 400.012 y en el ASTM C - 33 y para el agregado de piedra pómez debe cumplir las limitaciones determinados por la norma ASTM C – 330. Cabe indicar que el ACI 213R (2003) recomienda que el tamaño máximo no debe estar sobre los 3/4” (19.1 mm), el agregado que se estudiará, cumple con las recomendaciones como se puede observar en el en los cuadros siguientes, lo cual se trata de un agregado triturado.

#### **Granulometría**

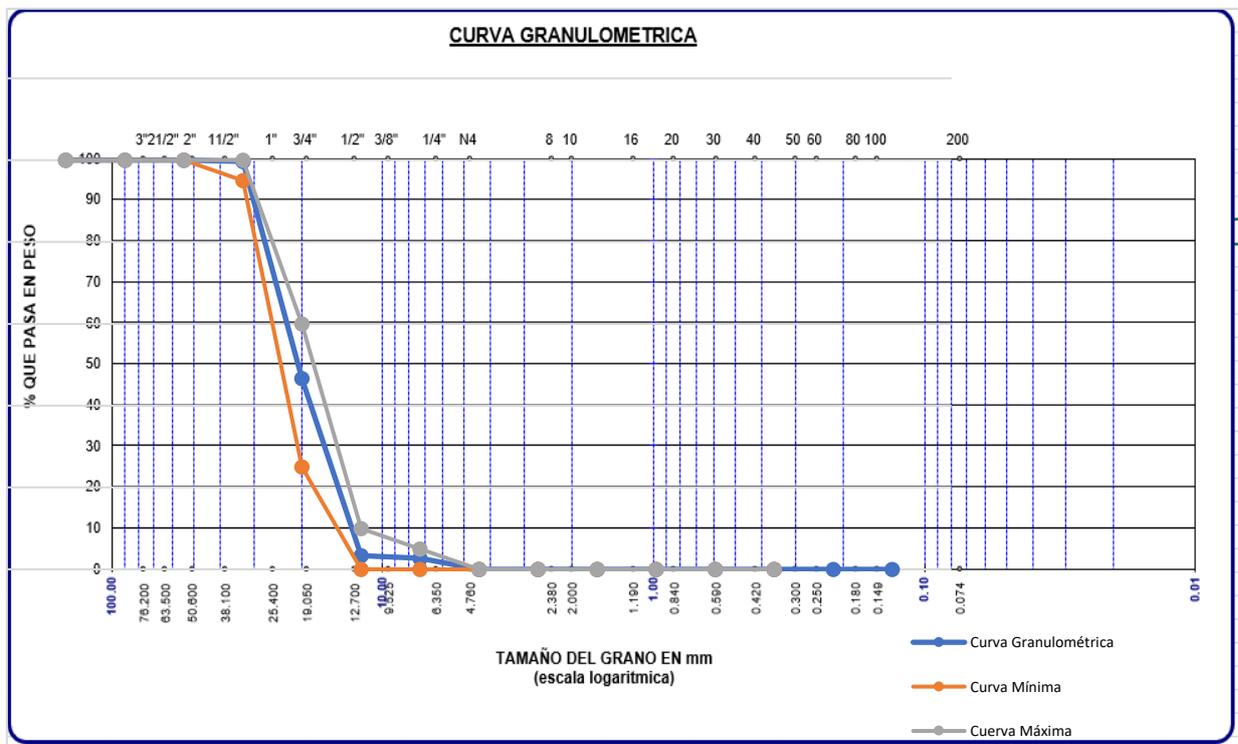
Según establecido en la norma ASTM C-33, el agregado debe cumplir límites ya establecidos. Los tamices están en unidades inglesas y se miden en pulgadas.

Granulometría del agregado grueso:

**Tabla 18.** Granulometría del agregado grueso convencional

Abertura mm	Tamiz	PESO INICIAL (gr) :		3000.0		PESO FINAL (gr) :		3000.0		NTP 400.037	Descripción de la Muestra
		Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	Retenido	Pasa	Mínimo	Máximo				
3"	75.000	0.00	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Características físicas		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00			
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Modulo de fineza 7.51		
1"	25.000	10.00	0.33	0.33	99.67	95.00	100.00	100.00	Tamaño Maximo (Pulg)" 3/4		
3/4"	19.000	1600.00	53.33	53.33	46.67				Módulo de Fineza 7.51		
1/2"	12.500	1300.00	43.33	96.67	3.33	25.00	60.00		Contenido de Humedad 0.33		
3/8"	9.500	18.00	0.60	97.27	2.73				Peso Específico SSS 2.83		
Nº 4	4.750	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	10.00		Absorción 0.98		
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	5.00		Peso Unitario Suelto 1.52		
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00		Peso U.Compactado 1.64		
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00				
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00				
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00				
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00				
FONDO		72.00	2.40	100.00	0.00	0.00	0.00				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Curva Granulometría

Fuente: Elaboración propia.

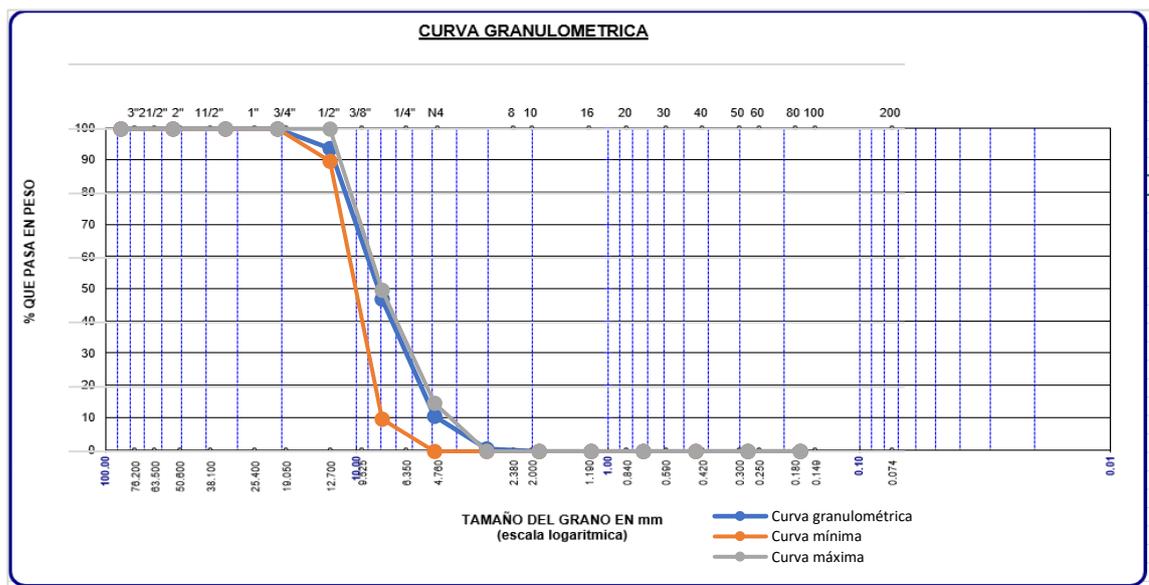
Granulometría del agregado grueso triturado de piedra pómez:

En el siguiente cuadro se presenta la granulometría obtenida y su respectiva curva granulométrica donde se muestra que de acuerdo a la norma ASTM C 330 se encuentra en los límites, el tamaño máximo nominal del agregado no debe superar los 3/4" (19.1 mm), por lo tanto, el siguiente agregado cumple con lo establecido en el ACI 213R (2003).

**Tabla 19.** Granulometría del agregado grueso (piedra pómez)

Abertura mm	Tamiz	Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado		ASTM C 330		Descripción de la Muestra
				Retenido	Pasa	Mínimo	Máximo	
		PESO INICIAL (gr) :		495.0				
		PESO FINAL (gr) :		495.0				
3"	75.000	0.00	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00	Características físicas Modulo de fineza 6.94 Tamaño Máximo (Pulg)" 3/4 Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 1/2 Módulo de Fineza 6.94 Contenido de Humedad 0.83 Peso Específico SSS 1.13 Absorción 25.91 Peso Unitario Suelto 0.36 Peso U. Compactado 0.39
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/4"	19.000	30.00	6.06	6.06	93.94	90.00	100.00	
1/2"	12.500	231.00	46.67	52.73	47.27			
3/8"	9.500	180.00	36.36	89.09	10.91	10.00	50.00	
Nº 4	4.750	50.00	10.10	99.19	0.81	0.00	15.00	
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
FONDO		4.00	0.81	100.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7.** Curva Granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

### Peso unitario suelto seco

Este procedimiento es utilizado para conocer el peso unitario suelto del agregado grueso ya que este dato se utiliza en el diseño de mezcla del concreto.

**Tabla 20.** *Peso unitario suelto seco agregado grueso*

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)					
		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	19430	19640	19950
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	13800	14010	14320
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
	<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)</b> =(C) / (D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.49	1.51	1.55
	<b>PROMEDIO</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.52</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de PUSS=1.52 gr/cm<sup>3</sup>, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

**Tabla 21.** *Peso unitario suelto seco agregado grueso (piedra pómez)*

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)					
	Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	8950	8952	8957
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	3320	3322	3327
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
	<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)</b> =(C) / (D)	gr/cm <sup>3</sup>	0.358	0.358	0.359
	<b>PROMEDIO</b>		<b>0.359</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de PUSS = 0.359 gr/cm<sup>3</sup>, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Peso unitario compactado seco

Para diseñar la mezcla del concreto se puede emplear este método, ya que determina cuál es el peso compactado unitario del agregado. De este modo se establece el peso al que llega un determinado volumen unitario, anteriormente varillado con 3 capas.

**Tabla 22.** *Peso unitario compactado seco agregado grueso*

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUSS)					
Descripción		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	20800	20820	20920
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	15170	15190	15290
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
Diámetro		cm	22.70	22.70	22.70
Altura		cm	22.90	22.90	22.90
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	1.64	1.64	1.65
PROMEDIO		gr/cm <sup>3</sup>	1.64		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de PUCS = 1.64 gr/cm<sup>3</sup> estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

**Tabla 23.** *Peso unitario compactado seco agregado grueso (piedra pómez)*

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)					
Descripción		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	8950	8952	8957
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	3320	3322	3327
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
Diámetro		cm	22.70	22.70	22.70
Altura		cm	22.90	22.90	22.90
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) =(C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	0.358	0.358	0.359
PROMEDIO			0.359		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de PUCS = 0.359 gr/cm<sup>3</sup>, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Gravedad específica aparente o relativa y porcentaje de absorción

Es el peso que tiene el material a utilizar y el porcentaje de absorción es la cantidad de agua que logra absorber en 24 horas para luego ser evaluado el porcentaje de agua contiene.

**Tabla 24.** *Absorción del agregado grueso y Peso específico*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021)			
		Und	Ensayo 1
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	2971
B	Peso en el aire de la muestra SSS	gr	3000
C	Peso sumergido de la muestra SSS	gr	1938.20
Peso específico aparente = $A/(B-C)$			2.80
Peso específico aparente SSS = $B/(B-C)$			2.83
Peso específico nominal $A/(A-C)$			2.88
Absorción = $100*(B-A)/A$		%	0.98

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de: Peso específico aparente de = 2.80 el porcentaje de absorción = 0.98 %, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Gravedad específica aparente o relativa y porcentaje de absorción método de mercurio

El método usado está basado en el principio de Arquímedes ya que este aprovecha la tensión superficial del mercurio al poder contabilizar el volumen del fluido desplazado por la piedra pómez, para luego obtener el peso específico de la muestra.

**Tabla 25.** *Absorción del agregado grueso y Peso específico (piedra pómez)*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)						
		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Densidad del mercurio		gr/cm <sup>3</sup>	13.6	13.6	13.6	
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	2.93	2.23	1.98	
B	Peso en el aire de la muestra SSS	gr	3.73	2.78	2.49	
C	Peso sumergido de la muestra SSS	gr	0.83	0.87	0.88	
Peso del mercurio desalojado		gr	11.23	11.8	11.9	
Peso específico aparente = $A/(B-C)$			1.01	1.17	1.23	1.13
Peso específico aparente SSS = $S/(B-C)$			1.28	1.45	1.54	1.43
Peso específico nominal $A/(A-C)$			1.39	1.64	1.79	1.61
Absorción = $100*(B-A)/A$		%	27.30	24.66	25.76	25.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de: Peso específico aparente de = 1.13 el

porcentaje de absorción = 25.91%, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Contenido de humedad

La humedad en el agregado es un componente que cambia la relación agua/cemento por lo tanto es importante saber el porcentaje que tiene cada material.

**Tabla 26.** *Contenido de humedad agregado grueso convencional*

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRGADO GRUESO				
Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso suelo húmedo	gr	3000.00	3000.00	3000.00
Peso suelo seco	gr	2990.00	2991.00	2989.00
	gr			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>	%	<b>0.33</b>	<b>0.30</b>	<b>0.37</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	<b>0.33</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el porcentaje de humedad = 0.33%, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

**Tabla 27.** *Contenido de humedad agregado grueso (piedra pómez)*

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ )				
Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso suelo húmedo	gr	500.000	500.000	500.000
Peso suelo seco	gr	496.000	495.300	496.340
Peso recipiente	gr			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>		<b>0.81</b>	<b>0.95</b>	<b>0.74</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	<b>0.83</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el porcentaje de humedad = 0.83%, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### 3.21.2 Agregado Fino

Se considera agregado fino a aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, triturada en partículas pequeñas, las cuales pasan por el tamiz 9.5 mm (3/8”), el cual debe cumplir los límites ya establecidos en las normas NTP 400.037 o ASTM C – 33. La granulometría seleccionada debe ser uniforme y continua, el porcentaje retenido en el tamiz no debe exceder al 45 % y su módulo de fineza debe estar en 2.3 y 3.1.

## Granulometría

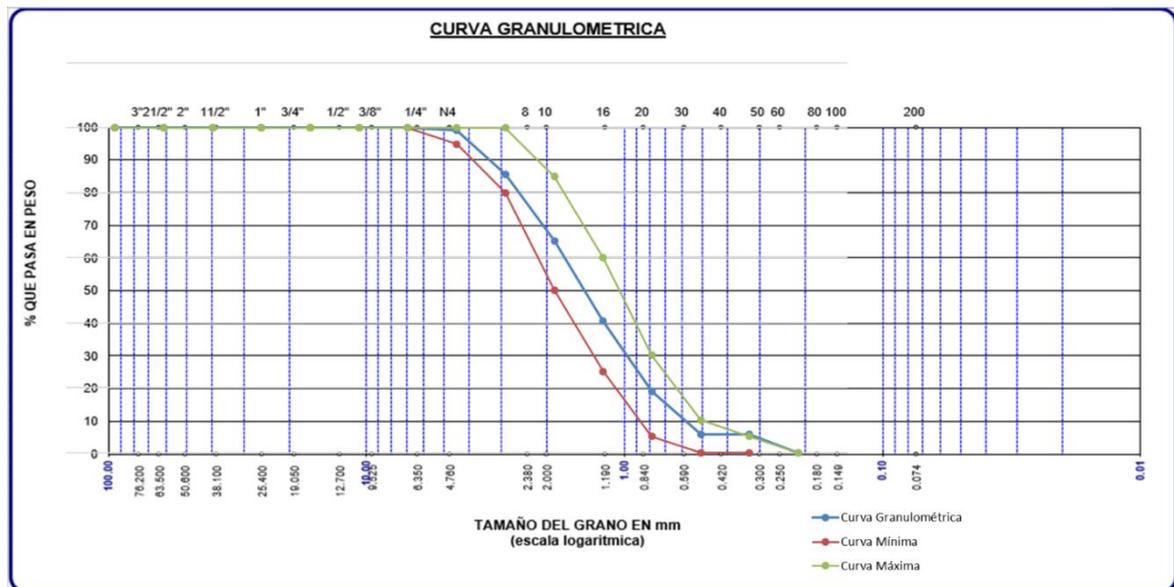
Está establecido en la norma ASTM C-33, el agregado debe cumplir límites ya establecidos. Los tamices están en unidades inglesas y se miden en pulgadas.

Granulometría del agregado fino:

**Tabla 28.** Granulometría del agregado fino

		PESO INICIAL (gr) :		500.0		PESO SECO		497.0			
		PESO FINAL (gr) :		500.0							
Abertura mm	Tamiz	Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado		NTP 400.037		Descripción de la Muestra			
				Retenido	Pasa	Mínimo	Máximo				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Características físicas			
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00				
N° 4	4.750	4.00	0.80	0.80	99.20	95.00	100.00			Modulo de fineza	2.85
N° 8	2.360	68.00	13.60	14.40	85.60	80.00	100.00			Contenido de Humedad	0.87
N° 16	1.180	102.00	20.40	34.80	65.20	50.00	85.00			Peso Especifico SSS	2.75
N° 30	0.600	123.00	24.60	59.40	40.60	25.00	60.00	Absorción	1.20		
N° 50	0.300	109.00	21.80	81.20	18.80	5.00	30.00	Peso Unitario Suelto	1.92		
N° 100	0.150	66.00	13.20	94.40	5.60	0.00	10.00	Peso U. Compactado	2.11		
N° 200	0.075	0.00	0.00	94.40	5.60	0.00	5.00				
FONDO		28.00	5.60	100.00	0.00	0.00	0.00				

Fuente: Elaboración propia



*Figura 8.* Curva Granulométrica agregado fino

Fuente: Elaboración propia

### Peso unitario suelto seco

Para diseñar la mezcla del concreto se puede emplear este método, ya que determina cuál es el peso suelto unitario del agregado. De este modo se establece el peso al que llega un determinado volumen unitario.

**Tabla 29.** Peso unitario suelto seco agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)				
		Und	Ensayo 1	Ensayo 2
<b>A</b>	Peso molde	gr	2117	2117
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	7334	7404
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	5217	5287
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	2739.90	2739.90
	Diámetro	cm	15.1	15.1
	Altura	cm	15.3	15.3
	PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C) / (D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.90	1.93
	PROMEDIO		1.92	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de: PUSS = 1.92 gr/cm<sup>2</sup>, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Peso unitario compactado seco

Para diseñar la mezcla del concreto se puede emplear este método, ya que determina cuál es el peso compactado unitario del agregado. De este modo se establece el peso al que llega un determinado volumen unitario, anteriormente varillado con 3 capas.

**Tabla 30.** Peso unitario suelto seco agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)					
		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	2117	2117	2117
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	7819	7855	7980
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	5702	5738	5863
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	2739.90	2739.90	2739.90
	Diámetro	cm	15.1	15.1	15.1
	Altura	cm	15.3	15.3	15.3
	PESO UNITARIO COMPACTADO SECO	gr/cm <sup>3</sup>	2.08	2.09	2.14
	(PUCS) = (C) / (D)				
	PROMEDIO	gr/cm <sup>3</sup>	2.11		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de: PUCS = 2.11 gr/cm<sup>2</sup>, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Porcentaje de absorción y gravedad específica aparente o relativa.

El porcentaje de absorción es la cantidad total de agua que es absorbida por el agregado grueso cuando está sumergido durante 24 horas.

Se define como gravedad específica aparente a la temperatura de masa de aire con volumen unitario, que está en la masa expuesta al aire con una densidad equivalente al volumen de agua.

**Tabla 31.** *Peso unitario suelto seco agregado grueso*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGRADO FINO (N.T.P. 400.022)				
		Und	Ensayo 1	
A	Peso del frasco	cm3	157.00	
B	Peso de la Muestra SSS	gr	500.00	
C	Peso de frasco + peso suelo SSS	gr	657.00	
D	Peso de frasco + agua + SSS	gr	975.20	
E	Volumen de agua (D-C)	gr	318.20	
F	Peso suelo seco	gr	494.07	
G	Volumen de muestra (B-E)		181.80	
Peso específico de la masa (F)/(B-E)			2.72	
Peso específico SSS (B)/(B-E)			2.75	
Peso específico Aparente (F)/(B-E)-(B-F)			2.81	
Absorción ((B-F)/F)*100		%	1.20	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de: Peso específico de la masa = 2.72 gr/cm<sup>2</sup> y absorción con un porcentaje de = 1.20%, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### Contenido de humedad

La humedad en el agregado es un factor que modifica la relación agua/cemento por lo tanto es importante saber el porcentaje que tiene cada material.

**Tabla 32.** *Peso unitario suelto seco agregado grueso.*

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRADO FINO		
Descripción	Und	Ensayo 1
Peso suelo húmedo + recipiente	gr	142.00
Peso suelo seco + recipiente	gr	140.77
Peso recipiente	gr	38.40
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>	<b>%</b>	<b>0.87</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el porcentaje de humedad = 0.87%, estos datos servirán para el cálculo de diseños de mezcla según normas.

### **3.2.1.3 Cemento**

El cemento que se usó en nuestra investigación fue el cemento tipo I usado en la construcción. Este cemento resulta de la molienda de las rocas llamadas Clinker y yeso que le aumenta la resistencia y fraguado en menor tiempo.

### **3.2.1.4 Agua**

Para la elaboración de concreto el agua es un componente principal, es importante la presencia de ella en la reacción en el estado plástico del cemento, en el estado de fraguado y endurecido. El agua utilizada en el proyecto de investigación no presenta inconveniente ya que se utilizará agua de consumo humano suministrado por la Universidad César Vallejo

### **3.2.2 Método de diseño**

Para diseñar el concreto, luego de haber realizado los ensayos de caracterización de los materiales a usar se realizará el diseño de mezcla. Para el concreto con agregado de piedra pómez ya que es de origen volcánico no tienen normas específicas para hacer la dosificación, por lo tanto, se utilizará el Método del ACI 211, este método se utilizará para el concreto normal. Se realizarán probetas cilíndricas de concreto de 4" de diámetro y 8" de altura para evaluar la resistencia a la compresión y vigas prismáticas para someterlas a esfuerzo a flexión. Se debe de seguir estos pasos:

- Determinar la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Determinar el factor cemento.
- Determinar del contenido del agregado grueso.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Determinar del volumen absoluto del agregado fino.

- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Agregado grueso y agregado fino.
- Selección de slump.
- Selección del volumen unitario del agua de diseño.
- Determinar los valores de diseño del cemento, agua, aire,
- Determinar la proporción en peso, de diseño y de obra.
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinar el peso seco del agregado fino
- Determinar los pesos por tanda de una bolsa.

### 3.2.2.1 Diseño de mezcla para concretos de 210 kg/cm<sup>2</sup> para pavimentos rígidos usando agregado grueso convencional.

Con los datos de la caracterización de los agregados finos y gruesos y utilizando las tablas del capítulo anterior se procede a hacer el cálculo de diseño de mezcla y su corrección.

Diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211.

**Tabla 33.** Características del concreto para diseño de mezcla.

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	
Resistencia a la compresión especificada del Concreto ( $f'c$ ) =	210 kg / cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ( $f'cr$ ) =	295 kg / cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34.** Características de un concreto para diseño de mezcla.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.72	Tamaño máximo nominal ( Pulg. )	3/4
Absorción ( % ) :	1.20	Peso seco compactado ( kg / m <sup>3</sup> ) :	1630.00
Contenido de Humedad ( % ) :	0.87	Peso específico de masa	2.80
Módulo de finura :	2.85	Absorción ( % )	0.98
		Contenido de Humedad ( % )	0.33
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland:	ASTM Tipo 1 "sol"		
Peso Específico	3.15	1000.000	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35. Diseño de Mezcla**

DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia :	Plástica
		Asentamiento :	3 " a 4 "
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		205.00	lt / m3
Contenido de aire total :		2.00	%
Relación Agua / Cemento :		0.56	
Factor cemento :		Factor Cemento =	366.00 Kg / m3
		Factor Cemento =	8.6 Bolsas / m3
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :		0.61 m3
	Peso del Agregado Grueso :		994.3 Kg / m3
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales		Cemento:	0.116 m3
		Agua :	0.205 m3
		Aire :	0.020 m3
		Agregado Grueso:	0.355 m3
		Suma de Volumen:	0.696 m3
Contenido de Agregado Fino		Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0.304 m3
		Peso del Agregado Fino seco :	826 Kg / m3
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m3.		Cemento :	366.00 Kg / m3
		Agua de diseño :	205.00 lt / m3
		Agregado Fino seco:	826.00 Kg / m3
		Agregado Grueso seco:	994.00 Kg / m3
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento:	42.50 Kg / saco
		Agua de diseño:	23.80 lt / saco
		Agregado Fino seco:	95.92 Kg / saco
		Agregado Grueso seco:	115.42 Kg / saco
		Agregado fino seco :	2.26
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado		Agregado grueso seco :	2.72
		Agua de Diseño :	23.8 lt / saco

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35, se realizó el diseño de mezcla con los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, con los datos ya calculados en tablas anteriores, el cual nos ayudará en obtener una dosificación óptima para el concreto modificado.

**Tabla 36. Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		Yerbabuena	
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso:	0.33	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Grueso:	997.00	Kg / m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino:	-0.33	%
	Agregado Grueso:	-0.65	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino:	-3.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso:	-6.00	lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total:	-9.00	lt / m <sup>3</sup>
Agua Efectiva :	Agua Efectiva:	214.00	lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento:	366.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva:	214.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo:	833.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	997.00	Kg / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva :		0.58	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento:	42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva:	24.8	lt / saco
	Agregado fino húmedo:	96.7	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo:	115.8	Kg / saco

Fuente: Elaboración propia

### Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla.

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> para realizar una prueba de laboratorio para un volumen de 0.0236.

**Tabla 37. Peso de materiales húmedo para una tanda de 0.0236**

Pesos para tanda :	0.0236 m <sup>3</sup>	
Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m <sup>3</sup>	Cemento :	8.64 Kg
	Agua Efectiva :	5.05 lt
	Agregado fino húmedo :	19.66 Kg
	Agregado grueso húmedo :	23.53 Kg

Fuente: Elaboración propia

Con la proporción establecidas en el cuadro anterior se realizaron las pruebas de mezcla para un asentamiento de acuerdo al diseño de 3” a 4” los cuales se obtuvieron lo siguiente.

Primera tanda para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 38.** *Agua efectiva*

Agua de diseño (lt/m <sup>3</sup> )	Agua Efectiva (lt/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (pulg)
205.00	214.00	0.70
		1.30
		1.10
Promedio		1.0

Fuente: Elaboración propia

Segunda tanda para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>

Si al producir el concreto no fue correcto de acuerdo a nuestro diseño, se debe incrementar o así mismo disminuir la cantidad de agua, el cual está estimado en 2 litros por m<sup>3</sup> por cada incremento que se haga en la mezcla o se disminuye 1 cm en el asentamiento. (Riva, 2018, p. 237).

En este caso debemos pasar de un slump de 1" correspondiente a 2.5 cm a un slump de 3" equivalente a 7.62 cm, el cual se obtiene una diferencia de 6.62 el cual se incrementará el agua en 14 lts.

**Tabla 39.** *Agua efectiva corregida*

Agua de diseño (lt/m <sup>3</sup> )	Agua Efectiva (lt/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (pulg)
209.80	224.00	3.50
		3.00
		4.00
Promedio		3.5

Fuente: Elaboración propia

Con la nueva corrección sin variar la relación a/c para un asentamiento promedio de 3.5" se da la nueva dosificación corregida.

**Tabla 40.** Nueva dosificación corregida

<b>Relación Agua / Cemento de Diseño :</b>		0.56	
<b>Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m<sup>3</sup>.</b>	Cemento :	375.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	224.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	772.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	965.00	Kg / m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Con la nueva corrección sin variar la relación a/c para un asentamiento promedio de 3.5” se da la nueva dosificación corregida para realizar las probetas para ensayo a compresión y ensayo a flexión.

**Tabla 41.** Nueva dosificación corregida

<b>Pesos para tanda :</b>		0.0236	m <sup>3</sup>	
<b>Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m<sup>3</sup></b>	Cemento :	8.85		Kg
	Agua Efectiva :	5.29		lt
	Agregado fino húmedo :	18.22		Kg
	Agregado grueso húmedo :	22.77		Kg

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.2 Diseño de mezcla par concretos de 210 kg/cm<sup>2</sup> para pavimentos rígidos usando agregado grueso triturado de piedra pómez.

Se diseña un concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211.

En la siguiente clasificación se encuentra únicamente el concreto producido por el agregado de piedra pómez.

**Tabla 42.** Características del concreto para diseño de mezcla

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto ( $f'c$ ) =	210	kg / cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ( $f'cr$ ) =	295	kg / cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43.** Características del concreto para diseño de mezcla.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.72	Tamaño máximo nominal ( Pulg. ) :	1/2
Absorción ( % ) :	1.20	Peso seco compactado ( kg / m <sup>3</sup> ) :	390.00
Contenido de Humedad ( % ) :	0.87	Peso específico de masa :	1.13
Módulo de finura :	2.85	Absorción ( % ) :	25.91
		Contenido de Humedad ( % ) :	0.83
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland a usar :	ASTM Tipo 1 "sol"		
Peso Específico :	3.15	1000	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44.** Diseño de Mezcla (agregado piedra pómez)

DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia : <b>Húmeda</b>	
		Asentamiento : 6" a 7"	
Tipo de Concreto a diseñar :		<b>Concreto con aire incorporado</b>	
Volumen unitario de Agua :		335.00	lt / m <sup>3</sup>
Contenido de aire total :		7.00	%
Relación Agua / Cemento :		<b>0.59</b>	
Factor cemento :		Factor Cemento =	568.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Factor Cemento =	13.4 Bolsas / m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	<b>0.69</b>	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Grueso :	269.1	Kg / m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales		Cemento:	0.180 m <sup>3</sup>
		Agua:	0.335 m <sup>3</sup>
		Aire:	0.070 m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso:	0.238 m <sup>3</sup>
		Suma de Volúmenes:	0.823 m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino:	0.177	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Fino seco:	480	Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño po m3.		Cemento:	568.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agua de diseño:	335.00 lt / m <sup>3</sup>
		Agregado Fino seco:	480.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso seco:	269.00 Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento:	42.50 Kg / saco
		Agua de diseño:	25.07 lt / saco
		Agregado Fino seco:	35.92 Kg / saco
		Agregado Grueso seco:	20.13 Kg / saco
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado		Cemento:	1
		Agregado fino seco:	0.85
		Agregado grueso seco:	0.47
		Agua de Diseño:	25.1 lt / saco

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45.** Corrección por humedad de los agregados

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		Yerbabuena	
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	0.83	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino :	484.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	271.00	Kg / m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino :	-0.33	%
	Agregado Grueso :	-25.08	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	-2.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	-67.00	lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total :	-69.00	lt / m <sup>3</sup>
Agua Efectiva :	Agua Efectiva :	404.00	lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.59	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento :	568.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	404.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	484.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	271.00	Kg / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva :		0.71	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento :	42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva :	30.2	lt / saco
	Agregado fino húmedo :	36.2	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo :	20.3	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento :	1	
	Agregado fino húmedo :	0.85	
	Agregado grueso húmedo :	0.48	
	Agua Efectiva :	30.2	lt / saco

Fuente: Elaboración propia

### Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla.

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> para realizar una prueba de laboratorio para un volumen de 0.0236, los datos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 46.** Peso de materiales húmedo para una tanda de 0.0236

Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla			
Pesos para tanda :	0.0236 m <sup>3</sup>		
Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m <sup>3</sup>	Cemento :	13.40	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	9.53	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado fino húmedo :	11.42	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado grueso húmedo :	6.40	Kg / m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Con la proporción establecidas en el cuadro anterior se realizaron las pruebas de mezcla para un asentamiento de acuerdo al diseño de 6" a 7" los cuales se obtuvieron lo siguiente.

Primera tanda para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 47. Agua efectiva**

Agua de diseño (lt/m <sup>3</sup> )	Agua Efectiva (lt/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (pulg)
404.00	404.00	8.00
		9.50
		9.40
Promedio		9.0

Fuente: Elaboración propia

Segunda tanda

Si al producir el concreto no fue correcto de acuerdo a nuestro diseño, se debe incrementar o así mismo disminuir la cantidad de agua, el cual está estimado en 2 litros por m<sup>3</sup> por cada incremento que se haga en la mezcla o se disminuye 1 cm en el asentamiento. (Riva, 2018, p. 237).

En este caso debemos pasar de un slump de 9" correspondiente a 22.5 cm a un slump de 6" a 7" equivalente a 17.5 cm se tiene una diferencia de 5 el cual se disminuirá el agua en 10 lts

**Tabla 48. Agua efectiva corregida**

Agua de diseño (lt/m <sup>3</sup> )	Agua Efectiva (lt/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (pulg)
242	232	6.00
		6.50
		7.50
Promedio		6.7

Fuente: Elaboración propia

Con la nueva corrección sin variar la relación a/c para un asentamiento promedio de 3.5" se da la nueva dosificación corregida.

**Tabla 49. Nueva dosificación corregida**

Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.59	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento :	410.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	232.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	375.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	200.00	Kg / m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Con la nueva corrección, sin variar la relación a/c para un asentamiento promedio de 9”, se da la nueva dosificación corregida, para realizar las probetas para ensayo a compresión y ensayo a flexión.

**Tabla 50. Nueva dosificación corregida**

Pesos para tanda :	0.0236 m <sup>3</sup>		
Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m <sup>3</sup>	Cemento :	9.68	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	5.48	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado fino húmedo :	8.85	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado grueso húmedo :	4.72	Kg / m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Ensayos en el concreto

#### 3.2.3.1 Ensayo del concreto en estado fresco

El concreto en estado fresco es un material fluido, en este estado el concreto es transportado, encofrado y compactado. El control de calidad depende de los procedimientos para obtener muestras que nos permitirán obtener porciones representativas para poder evaluar las características en este estado

##### 3.2.3.1.1 Ensayo del cono de Abrams – Asentamiento (NTP 339.035)

Esta prueba es un indicador para llevar un control sobre la uniformidad de la mezcla y es un instrumento para evaluar la calidad del concreto que se está produciendo en estado fresco. Cuando existan diferenciaciones en el control del slump en la misma dosificación indica que no hubo un buen control de calidad de materiales o el agua.

Asentamiento de concreto patrón (Slump)

**Tabla 51. Asentamiento de concreto patrón**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Asentamiento	4	3.1	3.5
	Promedio		3 1/2

Fuente: Elaboración propia.

Asentamiento de concreto con piedra pómez como agregado grueso (Slump).

**Tabla 52.** *Asentamiento de concreto con piedra pómez como agregado*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Asentamiento	6	7	9
	Promedio		7 1/3

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3.1.2 Contenido de Aire (NTP 339.036)

La cantidad de aire que existe en el concreto depende de los agregados y sus propiedades físicas que tiene, el aire que ocupa el concreto debe estar entre el 1% al 3% del volumen de la mezcla. Existen tres tipos de ensayo para evaluar el contenido de aire.

- a. Volumétrico
- b. De presión
- c. Gravimétrico

En este caso se utilizó el método de presión ya que es el más confiable

Contenido de aire de concreto patrón (Slump)

**Tabla 53.** *Contenido de aire de concreto patrón*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Contenido de aire	2.00%	1.90%	2.10%
	Promedio		2.00%

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de aire con piedra pómez como agregado grueso (Slump)

**Tabla 54.** *Contenido de aire de concreto con piedra pómez como agregado*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Contenido de aire	19.00%	12.00%	10.00%
	Promedio		14%

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3.1.3 Peso unitario del concreto en estado fresco (NTP 339.046)

La Norma Técnica Peruana establece un método de ensayo para determinar la densidad del concreto fresco

**Tabla 55.** Contenido de aire de concreto con piedra pómez como agregado

DISEÑO	MASA DE MOLDE	MASA MOLDE + CONCRETO	MASA NETA	VOLUMEN DE MOLDE	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto patron	3.476	25.4	21.924	0.00935	2345
Concreto Modificado	3.476	15.324	11.848	0.00935	1267

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3.1.4 Ensayo de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados (N.T.P. 400.019)

Los agregados deben ser resistentes a la abrasión para así evitar la desintegración en el concreto cuando este sea sometido a cargas lo cual debe de tener como máximo 50 % de desgaste después de realizar el ensayo.

Ensayo de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de la Piedra Chancada.

**Tabla 56.** Ensayo de Abrasión Los Ángeles y desgaste de la piedra chancada

PRUEBAS	1
GRADACIÓN USADA	B
No. ESFERAS	11
No. REVOLUCIONES	500
Pa = PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, G.M.S.	5,000
Pb = PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No. 12	4,325
Pa - Pb = PERDIDA	675
% DESGASTE = $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	13.5%
ESPECIFICACIÓN : MENOR DE	50%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 56, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de este agregado que tiene un desgaste de 13.5%, el cual se encuentra dentro del porcentaje máximo establecido según la norma.

## Ensayo de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de la Piedra Pómez.

**Tabla 57.** Ensayo de Abrasión Los Ángeles y desgaste de la piedra pómez.

PRUEBAS	1
GRADACIÓN USADA	B
No. ESFERAS	11
No. REVOLUCIONES	500
Pa = PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, G.M.S.	5,000
Pb = PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No. 12	3,250
Pa - Pb = PERDIDA	1,750
% DESGASTE = $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	35.00%
ESPECIFICACIÓN : MENOR DE	50%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 57, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor de desgaste de 35%, el cual se encuentra dentro del porcentaje máximo establecido según la norma.

### 3.2.3 Ensayo del concreto en Estado Endurecido

El concreto tiene variedades de ensayos para evaluar sus propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido, pero en esta investigación vamos a evaluar los siguientes ensayos.

#### 3.2.3.1 Ensayo de resistencia a la compresión axial (NTP 339.034)

Se mide con una carga axial haciendo fallar las probetas cilíndricas de concreto en una máquina para evaluar la resistencia, lo cual se calcula al someterle a una carga, la cual divide el área de la sección de la probeta el cual resiste al esfuerzo de compresión y se reportan en megaPascales (MPa) o (kg/cm<sup>2</sup>). Se ensayó probetas de 4" de diámetro y 8" de altura para edades de 7, 14 y 28 días.

Resistencia a la compresión del concreto patrón

**Tabla 58.** Resistencia a la compresión concreto patrón

Curado (días)	Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg)	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1.00	10.10	20.30	16228.00	80.12	4.022	202.00	206.67
	2.00	10.10	20.40	15467.00	80.12	4.026	195.00	
	3.00	10.10	20.50	18283.00	80.12	4.050	223.00	
14	1.00	10.10	20.30	19199.00	80.12	4.079	239.00	238.00
	2.00	10.10	20.40	20199.00	80.12	4.106	252.00	
	3.00	10.10	20.50	17514.00	80.12	4.005	223.00	
28	1.00	10.10	20.30	21535.00	80.12	3.903	269.00	270.33
	2.00	10.10	20.20	20097.00	80.12	4.083	250.00	
	3.00	10.10	20.40	23414.00	80.12	4.025	292.00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 58, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 270.33 kg/cm<sup>2</sup>.

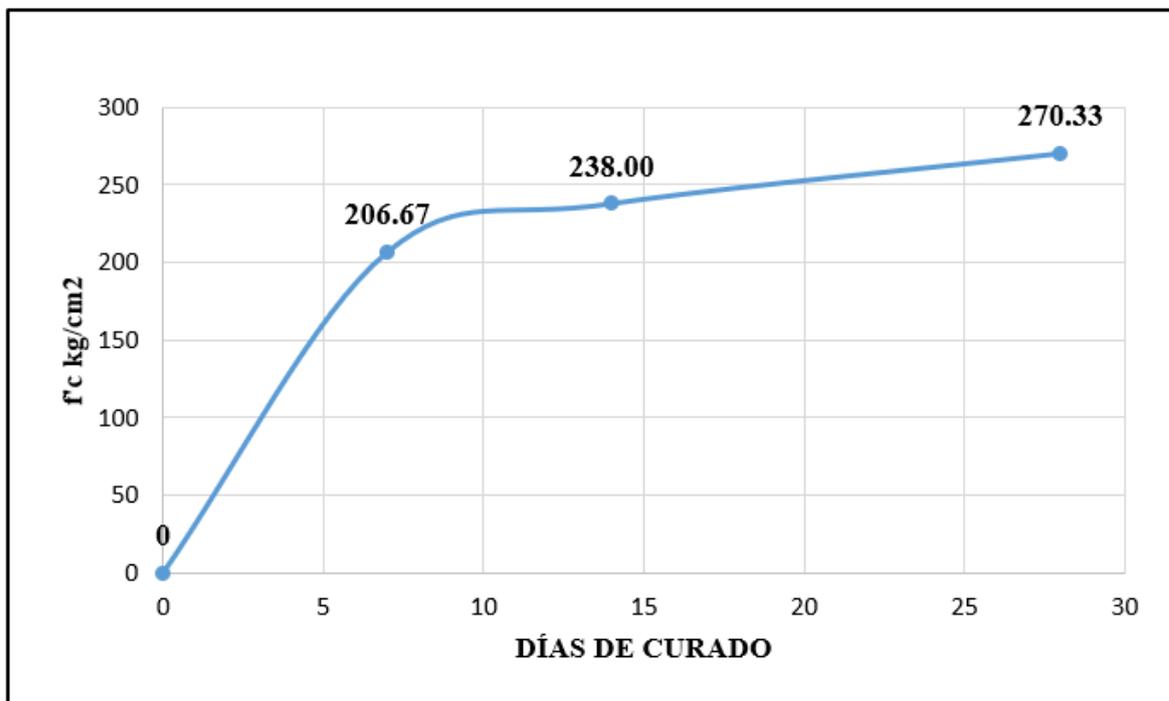


Figura 9. Evolución de la resistencia la compresión concreto 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

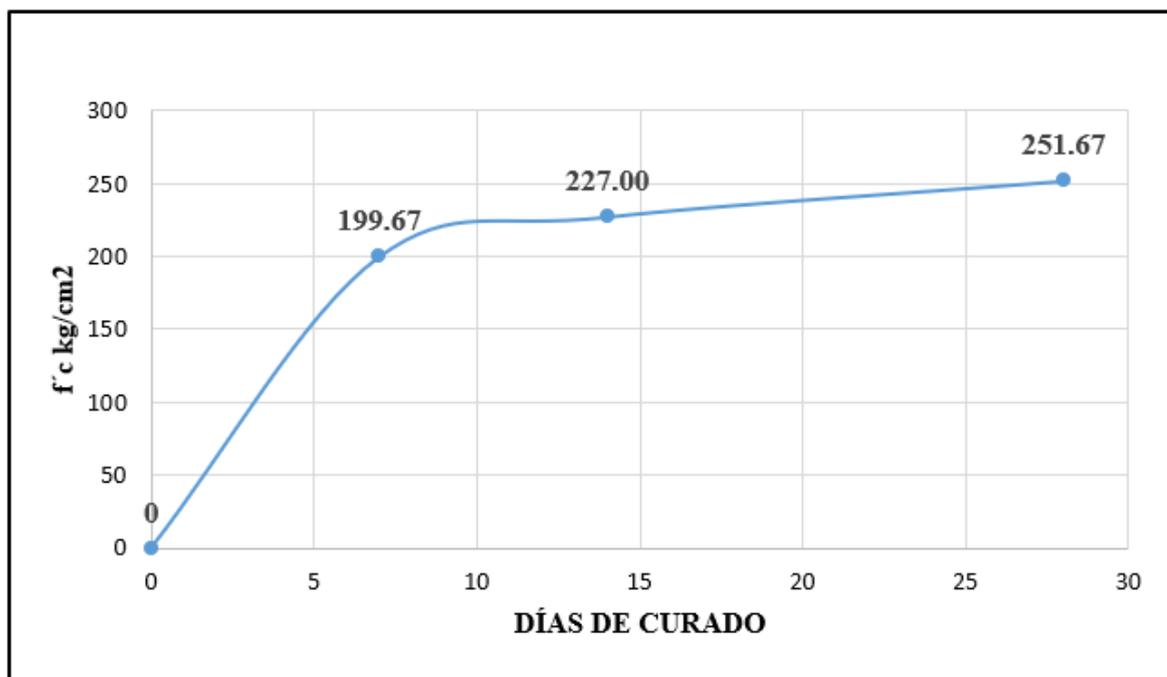
Resistencia a la compresión del concreto con agregado de piedra pómez.

**Tabla 59.** Resistencia a la compresión modificado.

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg)	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1	10.10	20.30	15714	80.12	2.346	196	199.67
	2	10.10	20.30	15927	80.12	2.265	203	
	3	10.10	20.30	15714	80.12	2.291	200	
14	1	10.20	20.10	17514	81.71	2.358	223	227.00
	2	10.00	20.30	17695	78.54	2.358	225	
	3	10.10	20.10	18283	80.12	2.420	233	
28	1	10.10	20.20	19485	80.12	2.379	248	251.67
	2	10.30	20.10	18791	83.32	2.358	239	
	3	10.10	20.40	21461	80.12	2.420	268	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 59, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 251.67 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 10.* Evolución de la resistencia a la compresión del concreto modificado 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3.2 Densidad del concreto endurecido.

Densidad del concreto patrón con relación al tiempo.

**Tabla 60.** *Densidad del concreto endurecido patrón*

Curado (días)	Especimen	Base (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Promedio Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
7	1.00	0.100	0.2030	0.0016	4.022	2522.64	2478.84
	2.00	0.101	0.2040	0.0016	4.026	2463.26	
	3.00	0.101	0.2050	0.0016	4.025	2450.63	
14	1.00	0.101	0.2030	0.0016	4.022	2472.93	2462.28
	2.00	0.101	0.2040	0.0016	4.026	2463.26	
	3.00	0.101	0.2050	0.0016	4.025	2450.63	
28	1.00	0.101	0.2030	0.0016	4.022	2472.93	2474.41
	2.00	0.101	0.2020	0.0016	4.026	2487.65	
	3.00	0.101	0.2040	0.0016	4.025	2462.65	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 60 al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 2474.41 kg/m<sup>3</sup>.

Densidad del concreto modificado con 100 % sustitución de piedra pómez con relación al tiempo.

**Tabla 61.** *Densidad del concreto endurecido modificado*

Curado (días)	Especimen	Base (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Promedio Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
7	1	0.10	0.20	0.0016	2.346	1442.44	1414.57
	2	0.10	0.20	0.0016	2.265	1392.64	
	3	0.10	0.20	0.0016	2.291	1408.63	
14	1	0.10	0.20	0.0016	2.358	1435.68	1472.46
	2	0.10	0.20	0.0016	2.358	1478.96	
	3	0.10	0.20	0.0016	2.420	1502.75	
28	1	0.10	0.20	0.0016	2.379	1469.97	1452.85
	2	0.10	0.20	0.0017	2.358	1407.93	
	3	0.10	0.20	0.0016	2.420	1480.65	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 61, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 1452.85 kg/m<sup>3</sup>.

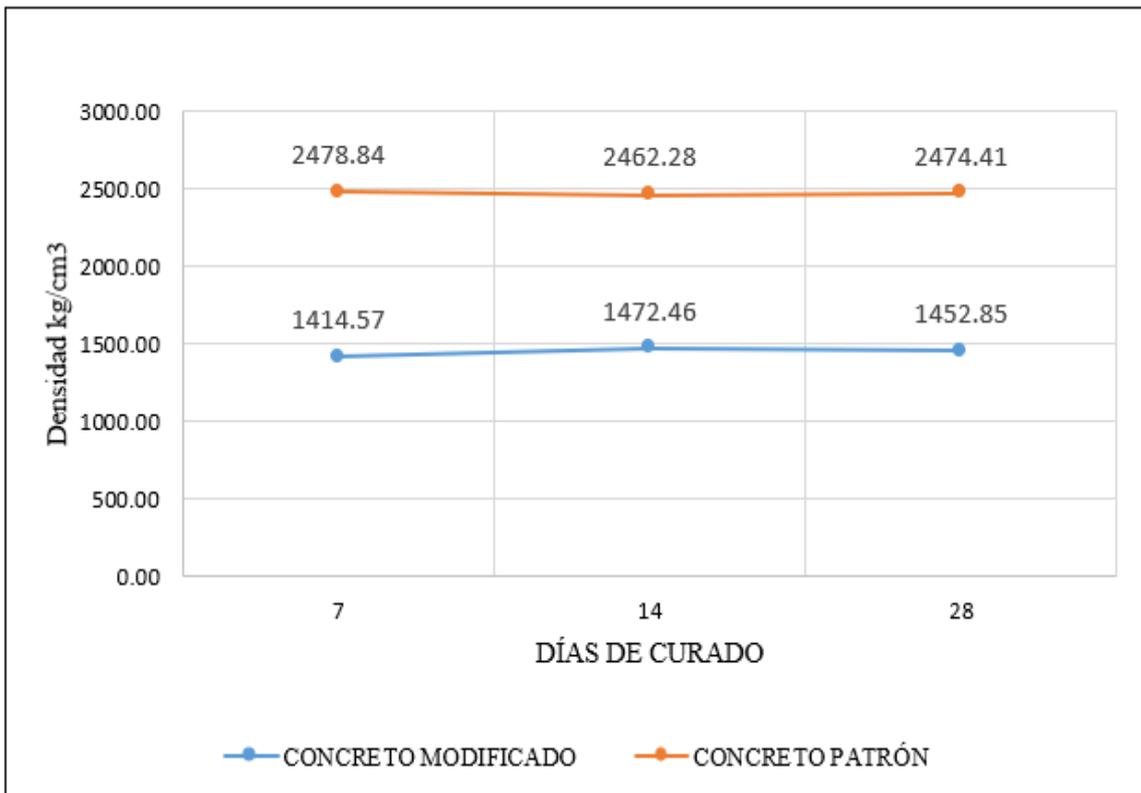


Figura 11. Densidad del concreto patrón y concreto modificado 7, 14 y 28 días.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.3.3 Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura (NTP 339.078)

Es un ensayo de resistencia lo cual falla por momento de una probeta prismática (viga). Se mide a través de una viga de 0.15 m x 0.15 x 0.45 m, con una distancia mínimo de tres veces el espesor lo cual esta expresado como el Módulo de Rotura ( $M_r$ ) Para edades de 7, 14 y 28 días.

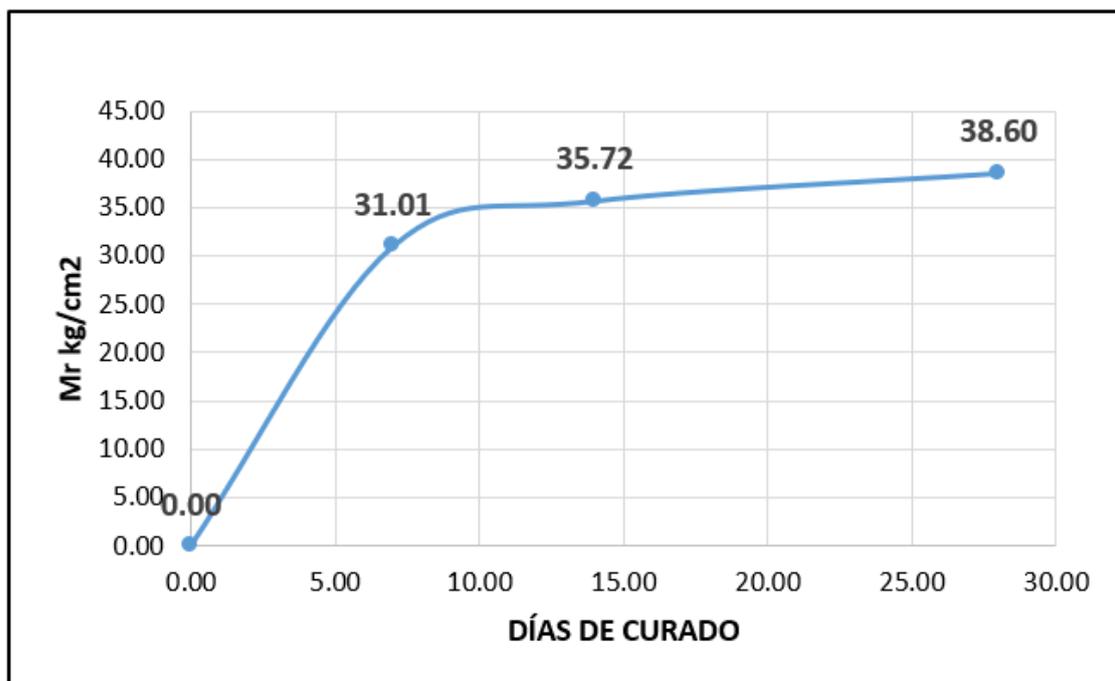
Resistencia a la flexión del concreto patrón (Mr)

**Tabla 62.** Resistencia a la flexión concreto patrón.

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Peso (Kg)	Resistencia Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1	15.20	15.00	45.00	2413.60	25.58	30.35	31.01
	2	15.20	15.30	45.00	2549.19	25.72	30.81	
	3	15.20	15.00	45.00	2535.00	24.30	31.87	
14	1	15.00	15.20	45.00	2787.26	25.64	34.58	35.72
	2	15.00	15.10	45.00	2822.51	25.23	35.49	
	3	15.00	15.20	45.00	2989.23	22.30	37.09	
28	1	15.00	15.00	45.00	2968.43	26.64	37.82	38.60
	2	15.00	15.10	45.00	3132.33	26.23	39.38	
	3	15.00	15.20	45.00	3111.73	24.30	38.61	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 62, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 38.60 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 12.* Evolución de la resistencia a la flexión concreto patrón 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

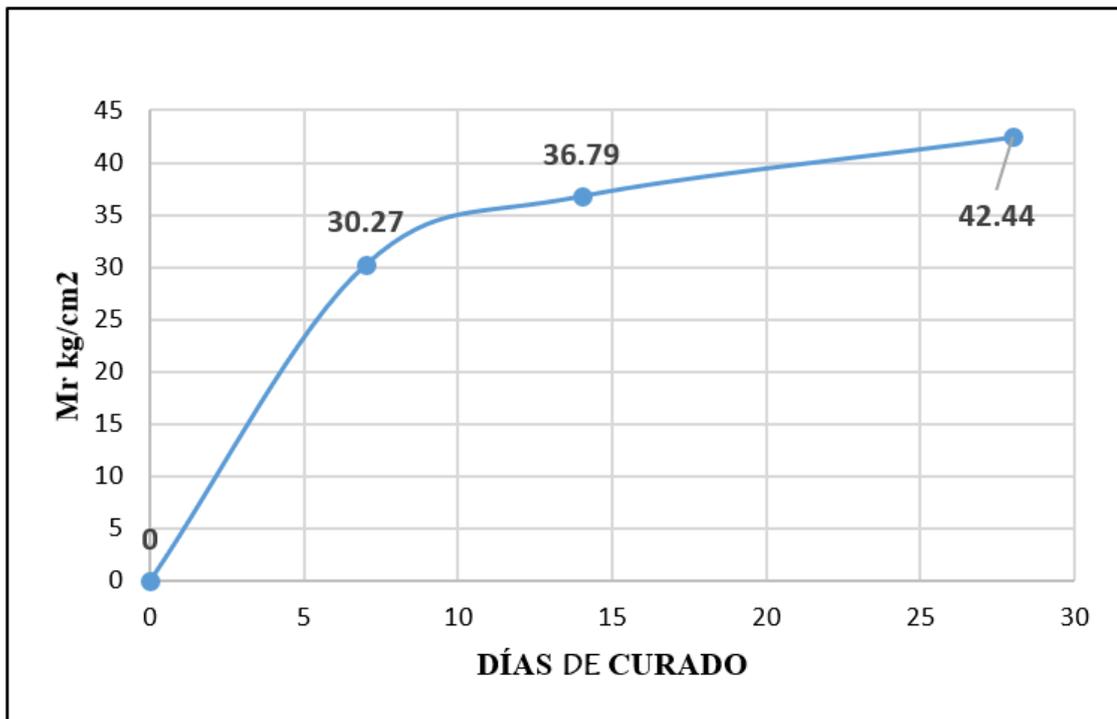
Resistencia a la flexión del concreto con agregado de piedra pómez (Mr)

**Tabla 63.** Resistencia a la flexión concreto modificado.

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Peso (Kg)	Resistencia Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1	15.20	15.00	45.00	2446.74	14.66	30.76	30.27
	2	15.20	15.30	45.00	2534.98	14.70	30.63	
	3	15.20	15.30	45.00	2434.80	14.86	29.42	
14	1	15.00	15.30	45.20	3077.81	15.57	37.87	36.79
	2	15.00	15.30	45.20	2960.58	15.10	36.42	
	3	15.00	15.20	45.10	2900.95	16.21	36.08	
28	1	15.00	15.30	45.00	3590.43	14.14	43.97	42.44
	2	15.00	15.10	45.00	3480.43	16.45	43.76	
	3	15.00	15.40	45.00	3275.43	16.35	39.59	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 63, al calcular el promedio de los datos conseguidos en las pruebas realizadas en laboratorio de materiales, se obtuvo el valor promedio evaluado a los 28 días de 42.44 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 13.* Evolución de la resistencia a la flexión del concreto modificado 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Diseño estructural del pavimento rígido

#### 3.3.1 Parámetros de diseño.

En los siguientes ítems, se detalla las medidas que se utilizarán para el diseño del espesor del pavimento.

##### a) Serviciabilidad

El porcentaje de pérdida de serviciabilidad está dado por la metodología AASHTO 93 la cual predice este dato numérico para diferentes niveles de tránsito y ejes por carga que existe, de acuerdo a la tabla 8 se tiene los siguientes datos.

- La serviciabilidad inicial = 4.5
- Serviciabilidad 2.0, ya que es un proyecto de transito bajo

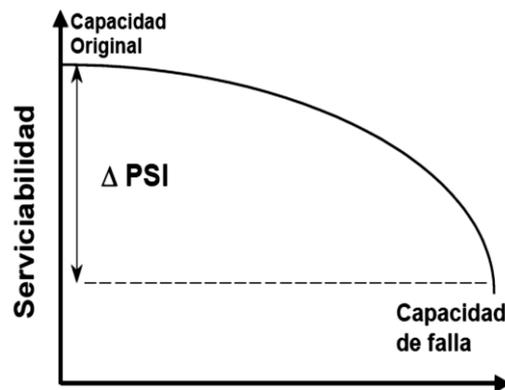


Figura 14. Variación de serviciabilidad

Fuente: AASHTO 93

##### b) Módulo de Reacción de la Subrasante (k).

En la investigación se tomará como referencia para la subrasante un CBR = 15.90 % usando correlaciones entre los valores K y CBR de la base se obtiene un K equivalente de 79.83 Mpa/m (294.12 psi), de acuerdo a la figura se tiene los siguiente:

Las correlaciones son las siguientes:

- $K_{eq}(kg/cm^3) = (1 + (h/38)^2 * (K1/K0)^{2/3})^{0.5} * K0$  (Ec. 1.4)
- Para  $CBR < 10$ ,  $K = 2.55 + 52.5 * LOG(CBR)$ , Mpa/m (Ec. 1.5)
- Para  $CBR > 10$ ,  $K = 46 + 9.08 * (LOG(CBR))^{4.34}$ , Mpa/m (Ec. 1.6)

Donde:

- K1 (kg/cm<sup>3</sup>): Coeficiente de reacción de la subbase
- Ko (kg/cm<sup>3</sup>): Coeficiente de reacción de la subrasante.
- keq(kg/cm<sup>3</sup>): Coeficiente de reacción equivalente

Se considera una base granular de CBR = 51.8 % con 15cm de espesor.

**Tabla 64.** *K* Coeficiente equivalente de reacción equivalente.

Keq. COEFICIENTE DE REACCIÓN EQUIVALENTE						
CBR >10		$K = 46 + 9.08 * (\text{LOG}(\text{CBR}))^{4.34}$		Mpa/m		
CBR < 10		$K = 2.55 + 52.5 * \text{LOG}(\text{CBR})$		Mpa/m		
	CBR (%)	h (cm)	K	Mpa/m	kg/cm <sup>3</sup>	Pci
Subrasante	15.90		Ko	66.13	6.74	
Subbase	51.80	15	K1	140.20	14.30	
			<b>Keq</b>	<b>74.15</b>	<b>7.56</b>	<b>273.19</b>

Fuente: Elaboración propia.

### c) Tránsito (ESAL)

El periodo de diseño depende del número de vehículos que transitan mediante ese periodo de tiempo por el carril de diseño.

El IMDA establecido para el espacio de vida útil se proyecta con la finalidad de obtener el volumen o nivel de tránsito. En el caso que estamos estudiando el período es de 20 años. Según el método AASHTO 93, la simplificación del resultado de tránsito es lo mismo que el nivel de tránsito, para esto es necesario introducir el método de los ejes equivalentes, o sea, se debe transformar las cargas de cada eje de los vehículos, este debe alcanzar como máximo un total de 8.2 toneladas de peso. El nivel de daño causado por esta carga patrón está relacionada con el valor de un ESAL.

Esta equivalencia se obtiene del uso de diversos factores de carga, los mismos que se obtienen de la carga por eje, además del nivel de serviciabilidad final y del espesor de la losa de concreto.

En el estudio de tránsito el valor indicado es 1.59 millones de ESALs

**d) Desviación estándar (S)**

Este parámetro ayuda con el pronóstico del tránsito y el comportamiento del pavimento.

La guía AASHTO recomienda seguir  $S_o$ : 0.35 para el caso de una nueva construcción.

**e) Módulo de Rotura del Concreto ( $M_r$ )**

Para el diseño con concreto convencional se tomará el  $M_r = 38.60 \text{ Kg/cm}^2$  (549.02 psi), y con una resistencia a la compresión de  $f'_c = 270.33 \text{ Kg/cm}^2$  (3836.93 psi) con cemento Tipo I, datos obtenido en el laboratorio a los 28 días de curado.

Para el diseño con concreto modificado se tomará el  $M_r = 42.44 \text{ Kg/cm}^2$  (603.64psi), y con una resistencia a la compresión de  $f'_c = 251.67 \text{ Kg/cm}^2$  (3572.08 psi) con cemento Tipo I, datos obtenido en el laboratorio a los 28 días de curado.

**f) Transferencia de Carga (J)**

La transmisión de cargas muestra la capacidad de traspaso de cargas de la estructura, teniendo en cuenta las fisuras y juntas. Estos valores varían del modelo de pavimento que se va a construir, además de la berma lateral y su tipo, en caso exista, y del dispositivo de transmisión de cargas si existe en la estructura. Cabe resaltar que el valor que toma J es directamente proporcional al valor del espesor final de la losa de concreto, o sea, mientras el valor de J sea menor el espesor del concreto también será menor. (Becerra, 2017, p. 86).

Para el siguiente diseño se va utilizar un valor J de = 3.6.

**g) Cálculo del Módulo de Elasticidad ( $E_c$ )**

EL módulo de elasticidad del concreto que estima el American Concret Institute (ACI), para losas de concreto está dado por la siguiente formula:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

(Ec. 1.7)

El módulo de elasticidad a utilizar para el concreto patón con una resistencia a la compresión de  $f'c = 270.33 \text{ Kg/cm}^2$  (3836.93 psi) es el siguiente:

$$E_c = 3530750.55$$

El módulo de elasticidad a utilizar para el concreto modificado con una resistencia a la compresión de  $f'c = 251.67 \text{ Kg/cm}^2$  (3572.08 psi) es el siguiente:

$$E_c = 3406713.70$$

#### **h) Coeficiente de Drenaje (Cd)**

Las tipologías de drenajes diseñados, el tipo y la permeabilidad de las láminas de la subbase, influyen en mayor proporción en el nivel de condición del drenaje que tienen las capas intermedias. Un coeficiente de drenaje elevado origina un drenaje bueno, esto beneficia a la estructura ya que reduce el grosor del concreto que se va a calcular. De acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente se escoge el siguiente valor:

$$C_d = 1.20$$

#### **i) Confiabilidad (R)**

El valor de Confiabilidad asumido es de 85%, valor que se ajusta adecuadamente al tipo de vía

$$R = 80\%$$

### **3.3.2 Espesores Calculados AASHTO 93.**

Para realizar los cálculos de los espesores se empleó la Ecuación AASHTO 93 (Ec. 1.2) diseñado por el American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO por sus siglas en ingles).

En el espesor calculado del pavimento de concreto convencional tenemos lo siguiente:

Carpeta de rodadura: Módulo de rotura  $M_r = 38.60 \text{ Kg/cm}^2$  (549.02 psi) resistencia a la compresión de  $f'c = 270.33 \text{ Kg/cm}^2$  (3836.93 psi) con cemento tipo I.

**Tabla 65.** *Cálculo de espesor pavimento convencional*

D (pulg)	Gt	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
7.000	-0.07918	6.28	6.29

Fuente: Elaboración propia

#### ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( D ), pulgadas	7.00	pulg.
B. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( D ), centímetros	17.78	cm
C. ESPESOR DE SUB BASE ( SB ), pulgadas	6	pulg.
D. ESPESOR DE SUB BASE ( SB ), centímetros	15	cm

En el espesor calculado del pavimento de concreto modificado tenemos lo siguiente:

Carpeta de rodadura: Módulo de rotura  $M_r = 42.44 \text{ Kg/cm}^2$  (603.64 psi), y con una resistencia a la compresión de  $f'_c = 251.67 \text{ Kg/cm}^2$  (3572.08 psi con cemento tipo I.

**Tabla 66.** *Cálculo de espesor pavimento modificado*

D (pulg)	Gt	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
6.250	-0.07918	6.20	6.20

Fuente: Elaboración propia

#### ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( D ), pulgadas	6.25	pulg.
B. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( D ), centímetros	15.88	cm
C. ESPESOR DE SUB BASE ( SB ), pulgadas	6	pulg.
D. ESPESOR DE SUB BASE ( SB ), centímetros	15	cm

### 3.3.3 Análisis económico

Se evaluó el análisis de costos unitarios por partidas para los dos diseños de concreto, tanto el convencional como el modificado, de donde se tomará como referencia para la extracción de la piedra pómez a la cantera Quilmaná ubicado en la provincia de Cañete perteneciente al Departamento de Lima.

**Tabla 67.** *Extracción de cantera de piedra pómez*

Partida	01 EXTRACCIÓN DE CANTERA DE PIEDRA PÓMEZ					
Rendimiento	m3/DIA 1,200.00	EQ. 1,200.00	Costo unitario directo por : m2			1.74
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0007	24.07	0.02
	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	17.52	0.12
	PEON	hh	1.0000	0.0067	15.79	0.11
						<b>0.25</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	0.25	0.01
	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.0000	0.0067	220.79	1.48
						<b>1.49</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 68.** *Chancado y zarandeo de piedra pómez*

Partida	02 CHANCADO Y ZARANDEO DE PIEDRA PÓMEZ					
Rendimiento	m3/DIA 650.00	EQ. 650.00	Costo unitario directo por : m3			8.12
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0012	24.07	0.03
	OFICIAL	hh	1.0000	0.0123	17.52	0.22
	PEON	hh	4.0000	0.0492	15.79	0.78
						<b>1.03</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	1.03	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA 150 TON/HS	hm	1.0000	0.0123	6.58	0.08
	ZARANDA VIBRATORIA 15 HP	hm	1.0000	0.0123	48.77	0.60
	GRUPO ELECTROGENO 100 KW	hm	1.0000	0.0123	106.46	1.31
	CARGADOR SLLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0123	185.00	2.28
	CHANCAD.PRIM.SECUND.5FAJAS 75HP 46-70 T/	hm	1.0000	0.0123	225.11	2.77
						<b>7.09</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 69.** *Transporte interno de piedra pómez*

Partida	03 TRANSPORTE INTERNO					
Rendimiento	m3/DIA 780.00	EQ. 780.00	Costo unitario directo por : m3			4.99
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	PEON	hh	1.0000	0.0103	15.79	0.16
						<b>0.16</b>
<b>Equipos</b>						
	CARGADOR SLLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0103	222.23	2.29
	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.0000	0.0103	246.81	2.54
						<b>4.83</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Cálculo de flete

VEHICULO TIPO = C3

CAPACIDAD DE CARGA = 30000 kg

CICLO = NORMAL + FRV

## Tipo de Transporte Normal

**Tabla 70.** Cálculo de flete de agregado de piedra pómez

RUTA	DISTANCIA VIRTUAL ( KM )	PESO ( KG )	FRV *	S/. X TM	FACTOR DE ACTUALIZACION (junio-2019)	SUBTOTAL
1 ) QUILMANÁ - LIMA	144.30	30,000	1.00	42.50	1.469	62.433

Fuente: Elaboración propia

## F.R.V: Factor De Retorno Al Vacío, Transporte Normal 1, Transporte Especial 1.4

**Tabla 71.** Cálculo de factor de retorno al vacío

RUTA	DISTANCIA VIRTUAL ( KM )	PESO ( KG )	FRV	S/. X TM	FACTOR DE ACTUALIZACION (junio-2019)	SUBTOTAL
1.1) LIMA - QUILMANA	144.30	30,000	1.00	42.50	1.469	62.433

Fuente: Elaboración propia

## Costo total de flete

**Tabla 72.** Costo Total de flete

ORIGEN	DESTINO	S/. X TM	S/. X KG
QUILMANÁ	LIMA	62.433	0.062
LIMA	QUILMANÁ	62.433	0.062
TOTAL			0.125

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 73.** Transporte Quilmaná – Lima

Partida	04 TRANSPORTE QUILMANÁ-LIMA				
Rendimient	m3/DIA 1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m	44.95
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	PUS	Flete	Parcial S/.
	Mano de Obra				
	TRANSPORTE DE AGRGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)	M3	360.0000	0.1249	44.95
					44.95

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 74.** Costo por m<sup>3</sup> de piedra chancada (piedra pómez)

Partida	05 PIEDRA CHANCADA (PIEDRA PÓMEZ)						
<b>Rendimiento</b>	m <sup>3</sup> /DIA 1.0000		EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	<b>66.38</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Partidas</b>						
	EXTRACCIÓN DE CANTERA DE PIEDRA PÓMEZ		m <sup>3</sup>		1.1100	1.74	1.93
	CHANCADO Y ZARANDEO DE PIEDRA PÓMEZ		m <sup>3</sup>		1.1100	8.12	9.01
	TRANSPORTE INTERNO		m <sup>3</sup>		1.1100	4.99	5.54
	TRANSPORTE QUILMANÁ-LIMA		m <sup>3</sup>		1.1100	44.95	49.90
							<b>66.38</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 75.** Costo por m<sup>2</sup> de concreto modificado  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   $e= 0.16 \text{ m}$

Partida	06 CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ PAVIMENTO RIGIDO MODIFICADO						
<b>Rendimiento</b>	m <sup>2</sup> /DIA 114.0000		EQ. 114.0000		Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>	<b>59.39</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0070	24.07	0.17
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0702	21.88	1.54
	OFICIAL		hh	1.0000	0.0702	17.52	1.23
	PEON		hh	7.0000	0.4912	15.79	7.76
							<b>10.70</b>
	<b>Materiales</b>						
	PIEDRA CHANCADA (PIEDRA PÓMEZ)		m <sup>3</sup>		0.0889	26.19	2.33
	AGUA PUESTA EN OBRA		m <sup>3</sup>		0.0365	5.00	0.18
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		1.5324	22.20	34.02
	ARENA GRUESA		m <sup>3</sup>		0.0222	42.38	0.94
	ADITIVO SIKA AER		gln		0.0175	77.80	1.36
	ADITIVO SIKA CEM		gln		0.0842	30.10	2.53
							<b>41.36</b>
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5%	10.70	0.54
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.4444	5.29	2.35
	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4444	10.00	4.44
							<b>7.33</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 76.** Costo por m2 de concreto convencional  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   $e= 0.18 \text{ m}$

Partida	07 CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL					
Rendimiento	m2/DIA 70.0000	EQ.	70.0000	Costo unitario directo por : m2		69.84
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>					
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0114	24.07	0.27
	OPERARIO	hh	1.0000	0.1143	21.88	2.50
	OFICIAL	hh	1.0000	0.1143	17.52	2.00
	PEON	hh	7.0000	0.8000	15.79	12.63
						17.40
	<b>Materiales</b>					
	PIEDRA CHANCADA	m3		0.0925	50.37	4.66
	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0427	10.00	0.43
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1.5682	22.20	34.81
	ARENA GRUESA	m3		0.0747	42.38	3.16
						39.90
	<b>Equipos</b>					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	17.40	0.87
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.6667	7.50	5.00
	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
						12.54

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Análisis

La mezcla de concreto convencional se le denomina como patrón de referencia y el concreto modificado al concreto con sustitución del 100% con agregado grueso de piedra pómez.

#### 3.4.1 Características físicas

##### 3.4.1.1 Interpretación de resultados:

###### a) Peso unitario de concreto fresco

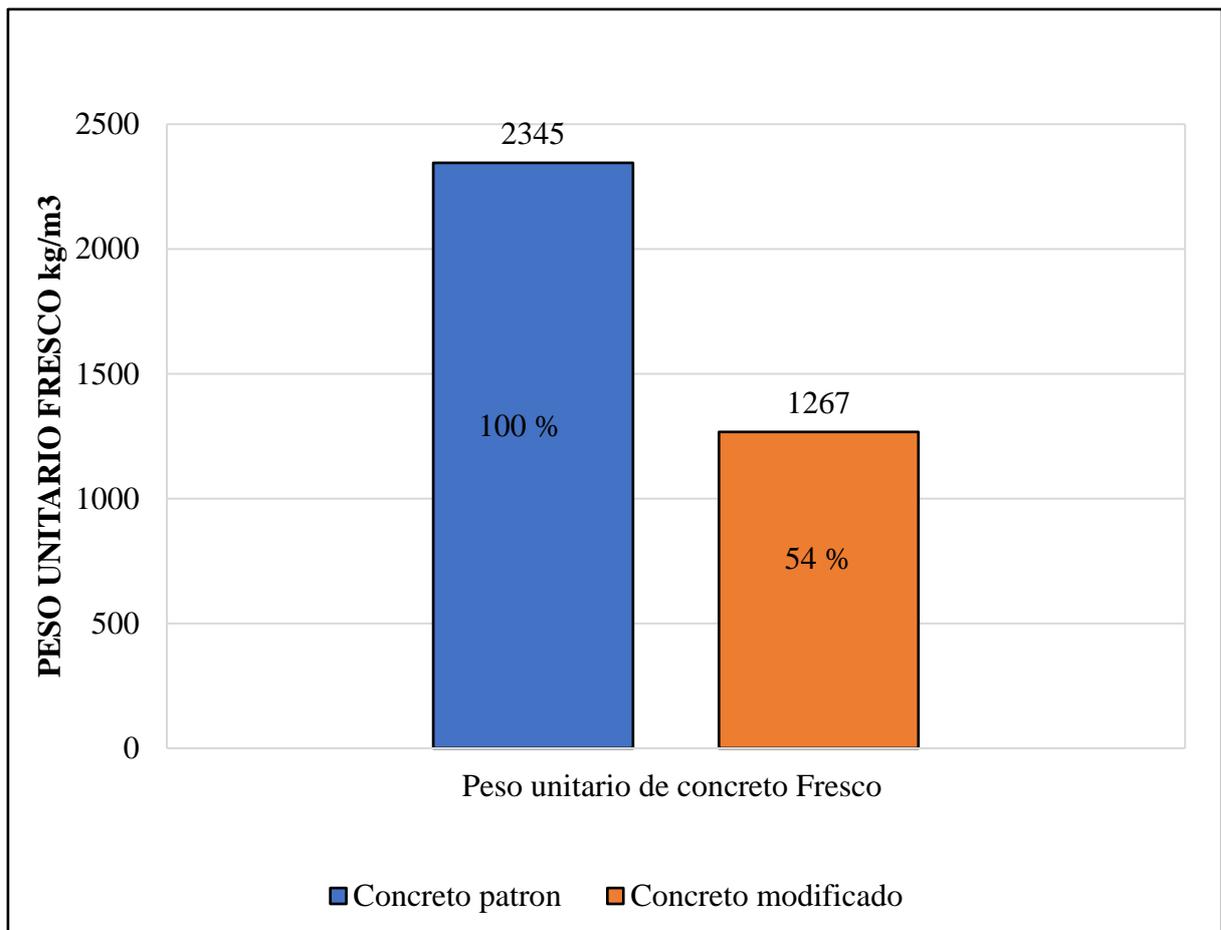
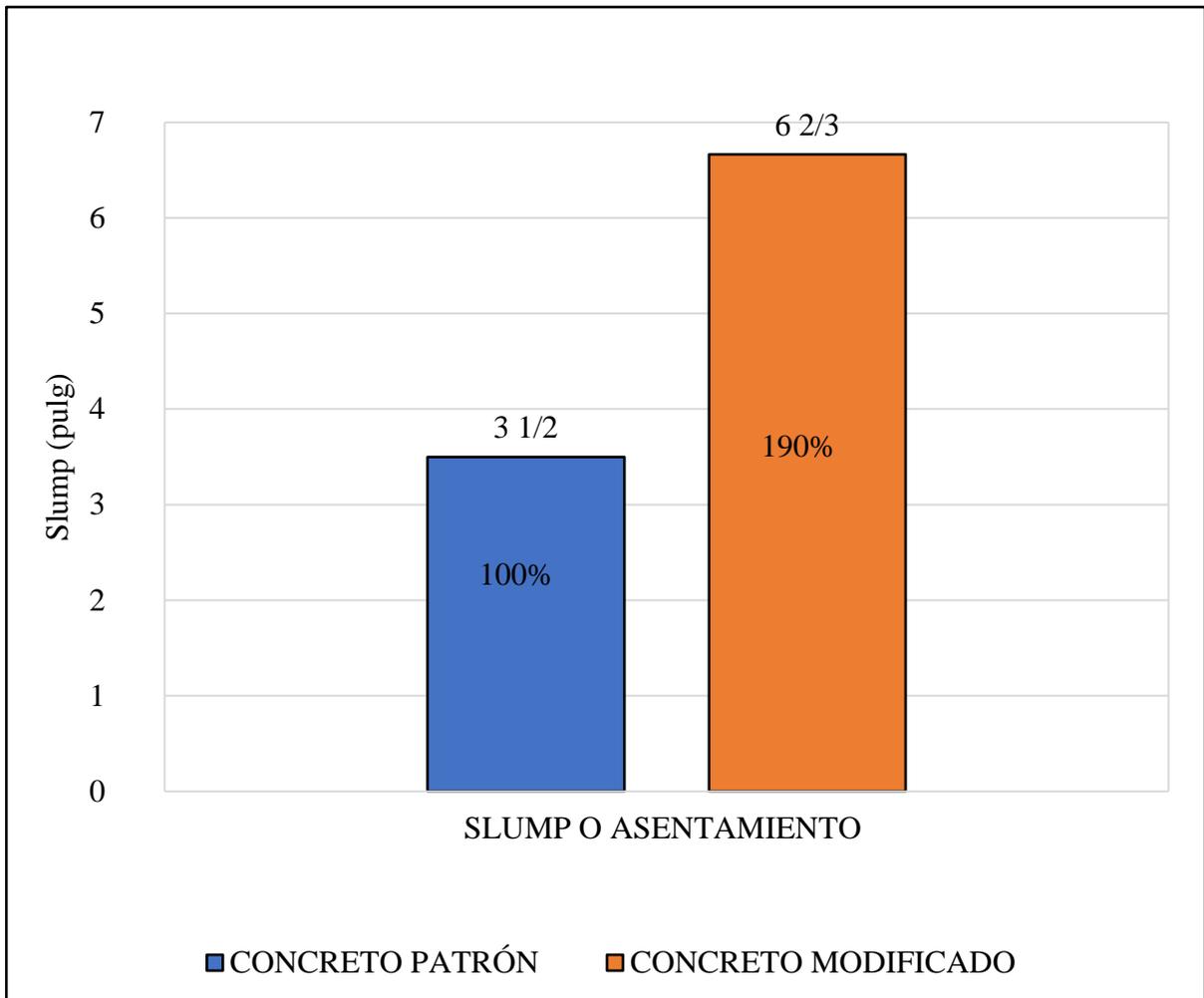


Figura 15. Barras comparativas de peso unitario en estado fresco del concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza que el peso unitario fresco del concreto patrón llega a 2345 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez tiene un peso unitario fresco de 1267 kg/m<sup>3</sup>, es decir 46% menos que el concreto patrón.

**b) Slump o Asentamiento del concreto.**

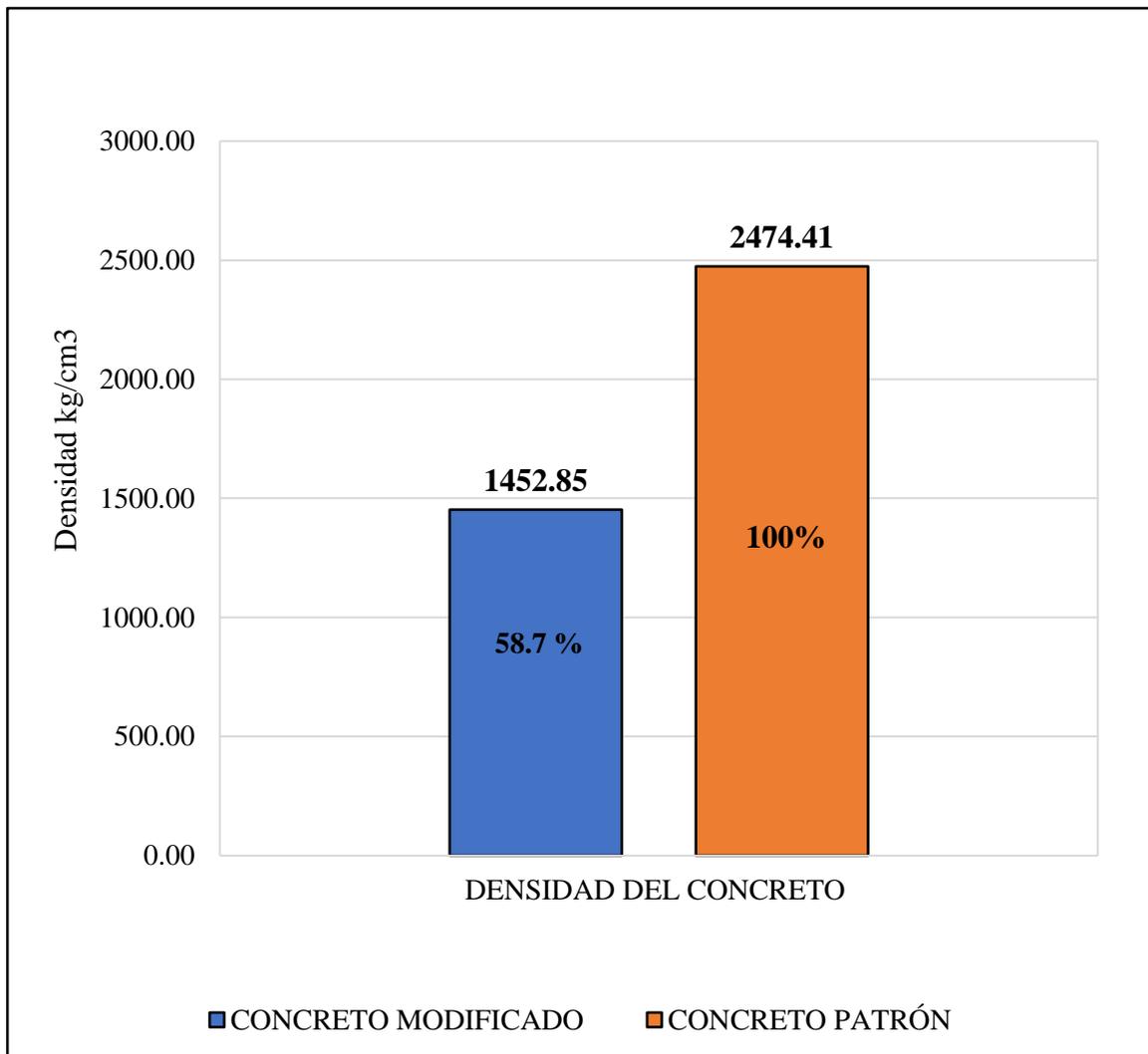


*Figura 16.* Barras comparativas de slump del concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza que el slump del concreto patrón llega a 3 1/2", mientras que el concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez tiene un slump de 6 2/3", es decir 90 % más que el concreto patrón por lo tanto presenta mayor trabajabilidad ya que es un concreto plástico.

**c) Densidad del concreto**



*Figura 17.* Barras comparativas de densidad del concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que la densidad del concreto patrón llega a 2474.41 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez llega a 1452.85 kg/m<sup>3</sup> es decir 41.30 % menos que el concreto patrón valores que se encuentra establecido en la norma ASTM C 330.

#### d) Espesor del pavimento

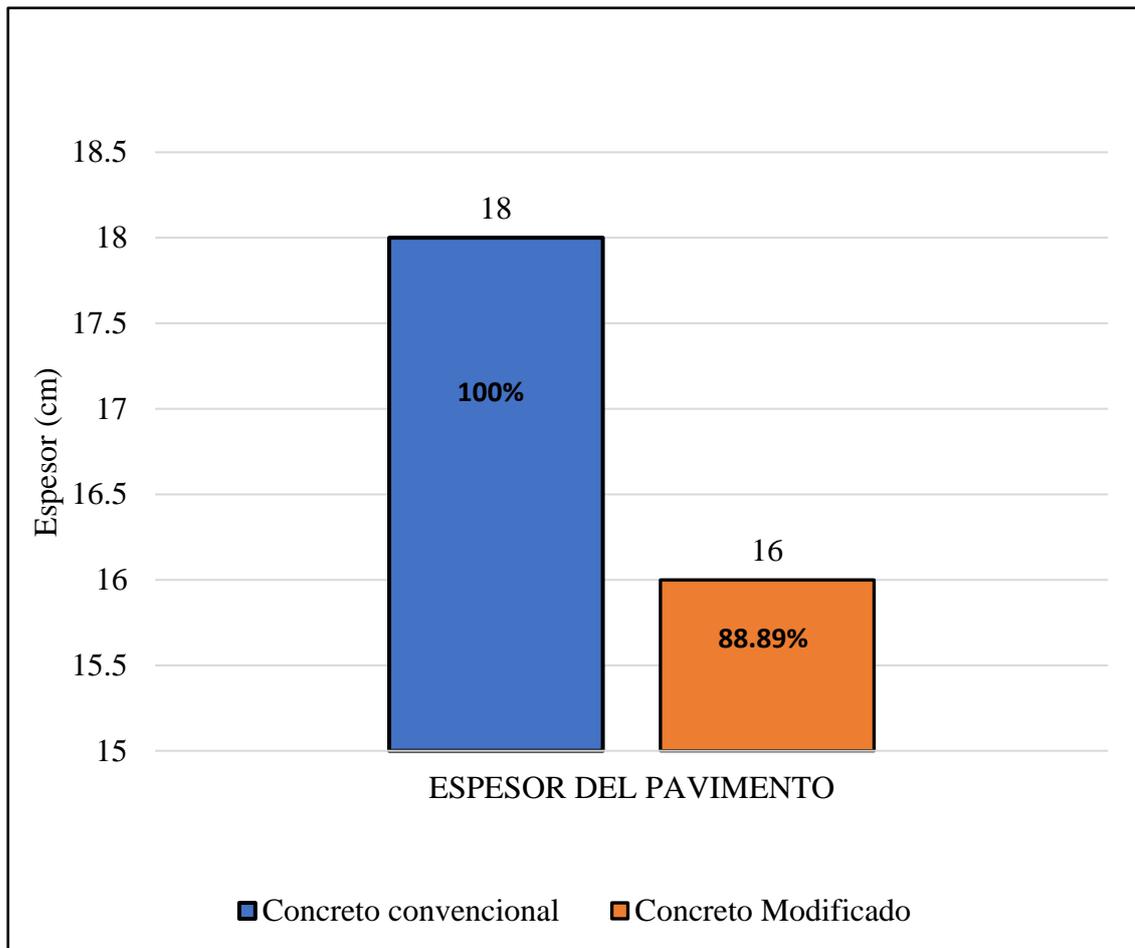


Figura 18. Barras comparativas del espesor del pavimento con concreto patrón y el pavimento con concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se visualiza que el espesor del pavimento con concreto patrón tiene un espesor de 18 cm mientras que el espesor del pavimento de concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez tiene 16 cm es decir que el espesor disminuye en un 11.11% con respecto al concreto modificado.

### e) Costo del pavimento

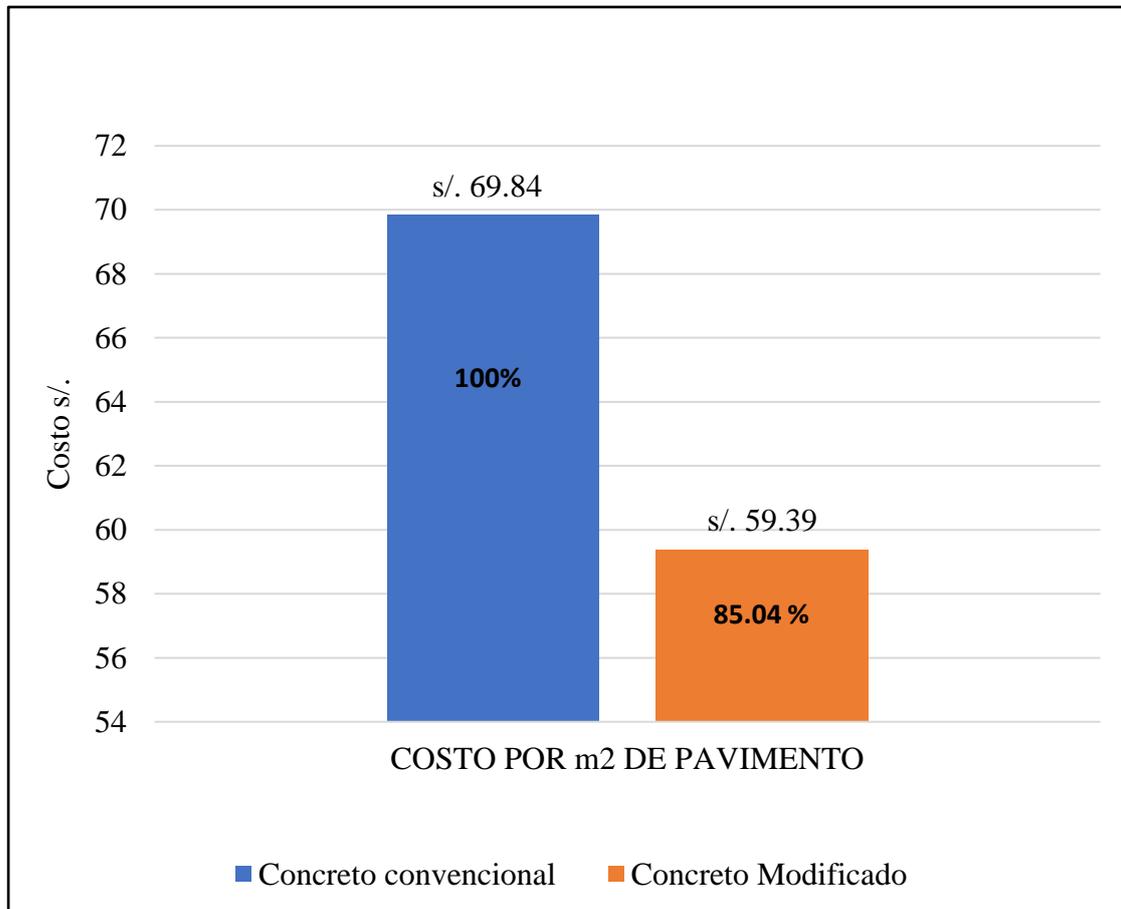


Figura 19. Barras comparativas del costo por m2 del pavimento con concreto patrón y el pavimento con concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se visualiza que el costo por m2 de pavimento de concreto patrón tiene un costo de s/. 69.84 con espesor de 18 cm, mientras que costo por m2 de pavimento de concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez cuesta s/. 59.39 con un espesor de 16 cm, es decir que el costo es menor en una diferencia de s/. 10.45 disminuyendo en un 14.96% con respecto al concreto modificado.

### 3.4.2 La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez

#### 3.4.2.1 Interpretación de resultados:

##### a) Resistencia a la compresión

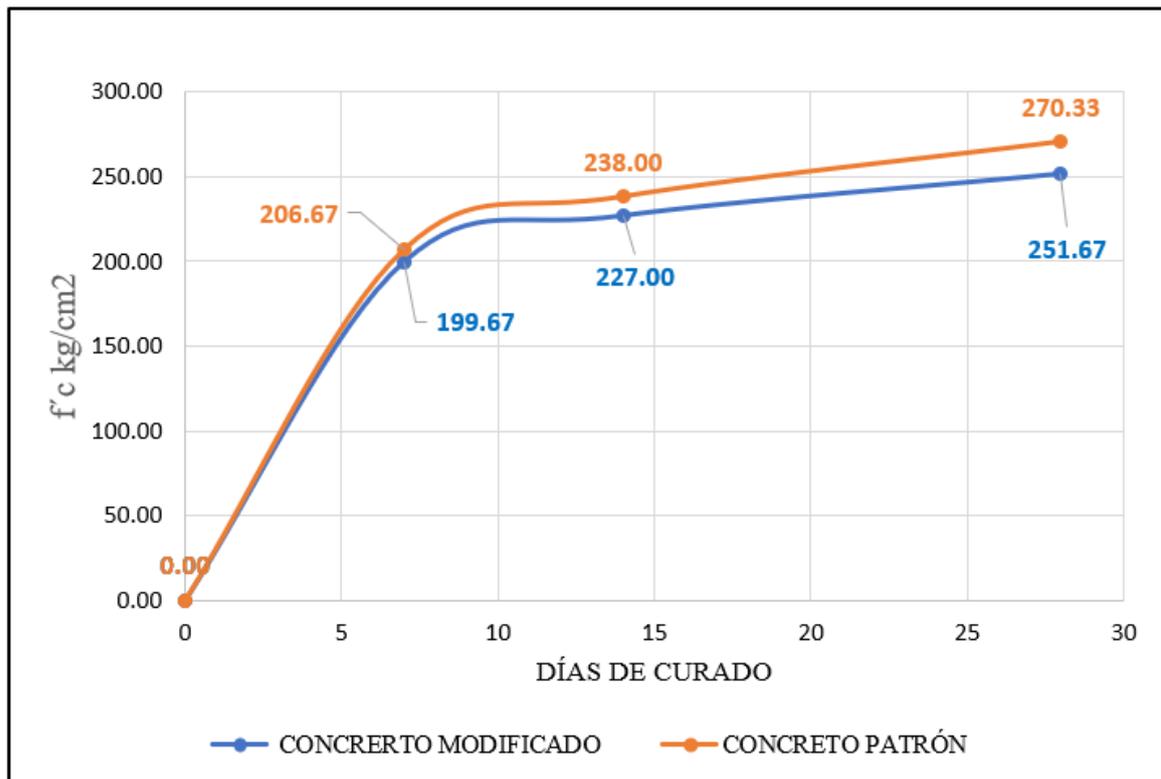


Figura 20. Comparación de la resistencia a la compresión entre concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez para 7, 14 y 28 días de acuerdo por el ACI. Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa la evaluación del concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> por el método de ACI ensayado para 7, 14, 28 días, según los días y dosificación ensayada. Se obtiene que la resistencia a la compresión a los 7 días es de 98.37 %, a los 14 días es de 113.33% y a los 28 días 128.73%, esto perteneciente al concreto patrón, ahora con respecto a la dosificación usada con el concreto modificado con sustitución de 100% de agregado de piedra pómez, se obtiene que la resistencia a la compresión a los 7 días es de 95.80 %, a los 14 días es de 108.20% y a los 28 días 119.84%.

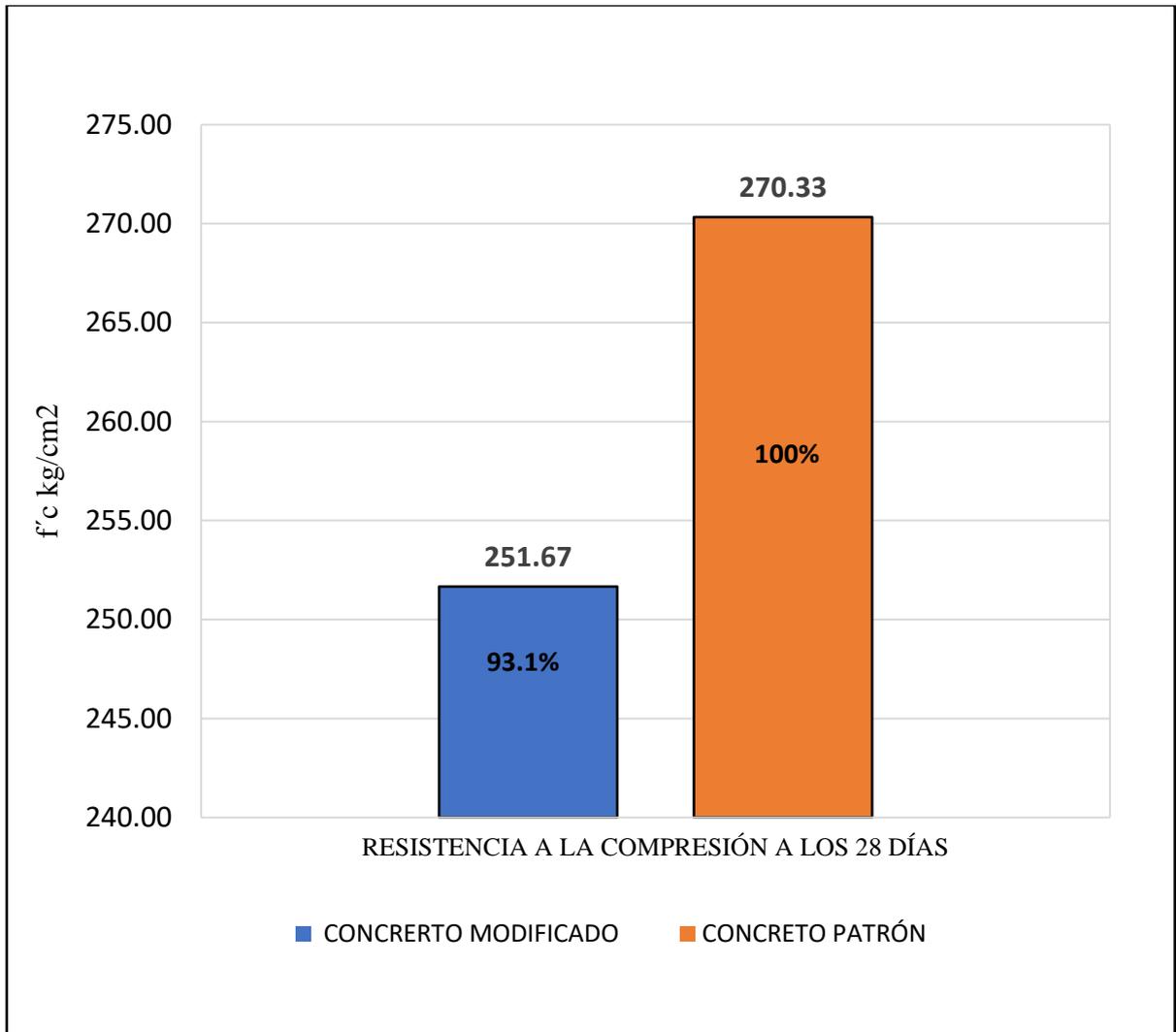


Figura 21. Barras comparativas de resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia

De la figura se observa que la resistencia a la compresión del concreto patrón llega a 270.33  $\text{kg/cm}^2$ , a comparación del concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez llega a 251.67  $\text{kg/cm}^2$ , es decir que el concreto patrón es mayor en un 6.9% con respecto al concreto modificado.

### 3.4.3 La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez.

#### 3.4.3.1 Interpretación de resultados:

##### a) Resistencia a la flexión

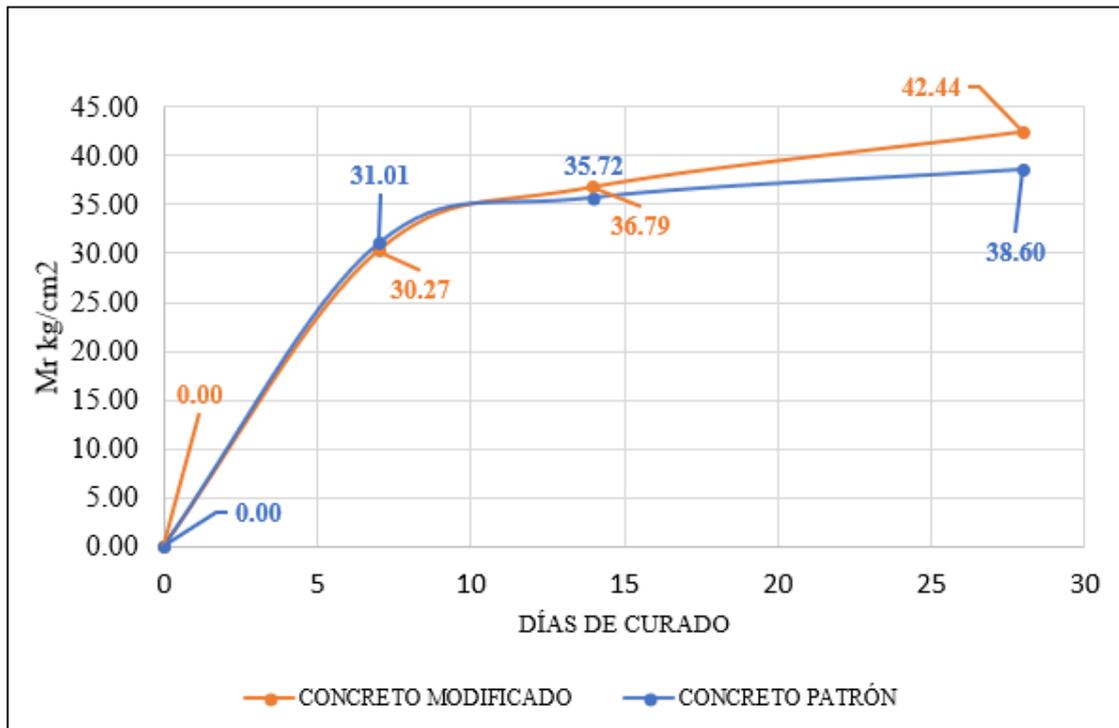


Figura 22. Comparación de la resistencia a la flexión entre concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez para 7, 14 y 28 días de acuerdo por el ACI.

Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa como el concreto de resistencia a la flexión de acuerdo al reglamento de edificaciones, C.E. 010 “Pavimentos Urbanos” establece un Módulo de rotura de 3.4 MPa, según los días y dosificación ensayada. Se obtiene que la resistencia a la flexión los 7 días es de 84.44%, a los 14 días es de 103.03% y a los 28 días 113.73% esto perteneciente al concreto patrón, ahora con respecto a la dosificación usada con el concreto modificado con sustitución de 100% de agregado de piedra pómez se obtiene que la resistencia a la compresión a los 7 días es de 87.31%, a los 14 días es de 106.11% y a los 28 días 118.66%.

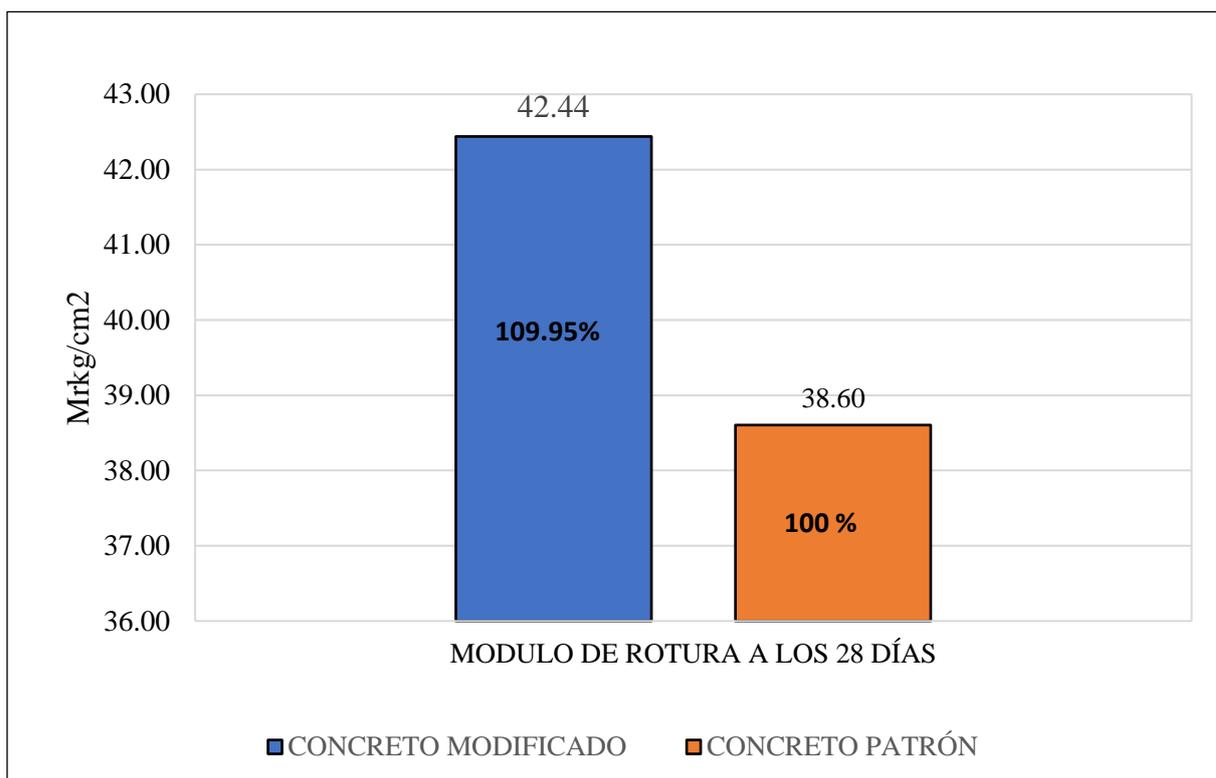


Figura 23. Barras comparativas de densidad del concreto patrón y el concreto modificado con sustitución de 100% piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior se rescata que la resistencia a la flexión del concreto patrón llega a 38.60 kg/cm<sup>2</sup> a lo que el concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez llega a 42.44 kg/cm<sup>2</sup> es decir que el concreto modificado es mayor en un 9.95% con respecto al concreto patrón, por lo tanto los dos se localizan en el rango de la resistencia a la flexión de acuerdo al reglamento de edificaciones, C.E. 010 “Pavimentos Urbanos”, el cual establece un Módulo de rotura mínimo de 3.4 MPa.

### **3.5 Contrastación de hipótesis:**

**3.5.1** La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar piedra pómez – Lima, 2018

Ho: La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido no mejoran al aplicar piedra pómez – Lima, 2018

Ha: La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar piedra pómez – Lima, 2018

Para la siguiente dimensión se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula ya que al sustituir al 100% el agregado de piedra pómez con respecto a un concreto patrón, no mejoran los valores obtenidos al someter las probetas a cargas axiales.

Se elaboró 18 probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm, 9 probetas de concreto convencional y 9 probetas de concreto modificado, de acuerdo a lo que establece la norma N.T.P. 339.034, lo cual se aplicaron fuerzas a compresión axial para evaluar y obtener su máximo esfuerzo y llegar a la falla del concreto.

La resistencia registrada por la máquina de ensayo de resistencia a la compresión refleja una disminución de la resistencia a la compresión de 6.90% del concreto modificado a comparación del concreto convencional.

De lo anterior se establece que al sustituir el agregado al 100% por piedra pómez el concreto modificado tiene una menor resistencia a la compresión.

**3.5.2** La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

Ho: La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido no mejoran al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

Ha: La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.

Para la siguiente dimensión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que al sustituir al 100% el agregado de piedra pómez con respecto a un concreto patrón, mejoran los valores obtenidos al someter las vigas a esfuerzos de flexión.

Se elaboró 18 probetas prismáticas de 45 cm x 15 cm x 15 cm, 9 probetas de concreto convencional y 9 probetas de concreto modificado, de acuerdo a lo que establece la norma N.T.P. 339.034, lo cual se aplicaron fuerzas a flexión para evaluar y obtener su máximo esfuerzo y llegar a la falla del concreto.

La resistencia registrada por la máquina de ensayo de resistencia a la flexión refleja un incremento de la resistencia a la flexión de 9.95% del concreto modificado a comparación del concreto convencional.

De lo anterior se establece que al sustituir el agregado al 100% por piedra pómez el concreto modificado tiene una mayor resistencia a la flexión.

**3.5.3** La aplicación de la piedra pómez mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido - Lima, 2018.

Ho: La aplicación de la piedra pómez no mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.

Ha: La aplicación de la piedra pómez mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que se observa que las características físicas son modificadas, la resistencia a la compresión disminuye a comparación de un concreto convencional y en el caso de la resistencia a la flexión se observa valores que en comparación con un concreto convencional este aumenta en un porcentaje de 9.95%.

Para la resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con 100% de agregado grueso de piedra pómez disminuyó con respecto a otros grupos de probetas convencionales en donde se obtuvo un incremento de 6.90%

Para la resistencia a la flexión para obtener el módulo de rotura ( $M_r$ ) se elaboraron probetas prismáticas o vigas, estas elaboradas con 100% de agregado grueso de piedra pómez en el cual aumentó con respecto a otros grupos de vigas convencionales, en donde se obtuvo un incremento de 9.95% más así dándole una mayor resistencia.

## **IV.DISCUSIÓN**

## **4.1 DISCUSIÓN 1**

### **La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez**

De la investigación realizada, se determina que la resistencia a la compresión entre las probetas modificadas, disminuye con respecto a las probetas convencionales: el concreto convencional obtuvo un resultado de 270.33 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto modificado disminuyó a 251.67 kg/cm<sup>2</sup> es decir que el concreto modificado es menor en un 6.9% con respecto al concreto modificado, por lo cual disminuye la resistencia a la compresión con la sustitución al 100% del agregado por piedra pómez.

Tantaquilla (2017) en su investigación: **“Influencia De Piedra Pómez Sobre Asentamiento, Densidad, Absorción Y Resistencia A Compresión En Concreto Liviano Estructural”** En el concreto convencional, se estudió el concreto con relación a/c de 0.583 para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo resistencias a la compresión promedio de 296 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y 323 kg/cm<sup>2</sup> a los 56 días de curado, la densidad promedio de 2263 kg/m<sup>3</sup> y un asentamiento de 7.55” por otro lado, evaluó el reemplazo del agregado grueso por piedra pómez de 20% a 60% en volumen, obteniendo valores de resistencia a compresión de 276 kg/cm<sup>2</sup> a 233 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de curado y 303 kg/cm<sup>2</sup> a 259 kg/cm<sup>2</sup> a 56 días de curado. Asimismo, un asentamiento de 6.4” a 4” y una densidad de equilibrio de 2150 kg/m<sup>3</sup> a 1918 kg/m<sup>3</sup>.

En concordancia con Tantaquilla, observamos que nuestros resultados, sobre la resistencia a la compresión entre probetas modificadas disminuye con respecto a la convencional, lo cual los resultados están dentro de los parámetros encontrados por el investigador.

## **4.2 DISCUSIÓN 2**

### **La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez**

De la investigación realizada, se demuestra que la resistencia a la flexión entre las probetas prismáticas modificadas aumenta con respecto a las probetas convencionales: el concreto convencional obtuvo 38.60 kg/cm<sup>2</sup> (3.79 Mpa) y el concreto modificado con sustitución de

100% de piedra pómez aumento a 42.44 kg/cm<sup>2</sup> (4.16 Mpa) es decir que el concreto modificado es mayor en un 9.95% con respecto al concreto patrón.

En el desarrollo de la investigación no se encontró investigadores, tanto como nacionales e internacionales que hayan realizado el ensayo a la resistencia a la flexión con la aplicación de la piedra pómez como agregado grueso en el concreto por lo cual la investigación queda amparada por lo siguiente:

SENCICO (2010) en la norma, titulado “**CE.10 Pavimentos Urbanos**” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Los pavimentos de concreto se pandean bajo las cargas repetidas por eje, produciendo esfuerzos de compresión y flexión. Desde que la relación del esfuerzo de compresión a la resistencia a compresión es relativamente pequeña, comparada con la relación del esfuerzo de flexión a la resistencia a la flexión del concreto, es esta última la que controla el diseño de los pavimentos. La resistencia a flexo – tracción (módulo de rotura) a los 28 días, en probetas prismáticas no debe estar por debajo de la resistencia a la flexión de 3.4 Mpa. El cuál es la medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto ya que este se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

Con lo anterior podemos afirmar que los resultados de Módulo de rotura estamos dentro de los parámetros del Reglamento Nacional de edificaciones C.E. 010 “Pavimentos Urbanos”, el cual establece un Módulo de Rotura mínimo de 3,4 MPa, incluso llegando a ser mayor a lo establecido.

### **4.3 DISCUSIÓN 3**

**La aplicación de la piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.**

Según nuestros resultados, incorporar 100% de agregado grueso de piedra pómez, al evaluar la resistencia a la compresión se obtuvo un resultado de 251.67 kg/cm<sup>2</sup> disminuye con respecto a la convencional y una resistencia a la flexión de 42.44 kg/cm<sup>2</sup>, aumenta con respecto a la convencional.

Según Cañarte (2016) en su investigación, titulado “**Estudio De Aumento De Resistencia A La Compresión Del Hormigón Liviano Con Piedra Pómez Como Solución**

**Estructural**”, El agregado que se utilizó en la investigación incide en el peso específico y densidad del concreto liviano, por lo cual en la textura y su característica vesicular de la roca, lo cual al tener menos alveolos existe menor absorción de humedad lo cual esto aporta mayor densidad a las estructuras de concreto, en la investigación de cumplió con los objetivos ya que se llegó a la resistencia requerida 33 Mpa (336.51 kg/cm<sup>2</sup>), lo cual nos dice que el agregado de piedra pómez de 9.51 mm cumple con el aumento a la resistencia.

Según Ventura (2015) en su investigación, titulado “**Propiedades Físicas •y Mecánicas de la Roca Volcánica del Cerro Acuchimay Para el Diseño de Concreto Liviano en la Ciudad de Ayacucho, Perú**” concluye que las resistencias alcanzadas con estos agregados livianos fueron altas, llegando hasta los 380 kg/cm<sup>2</sup>, el cual cumplimos con uno de nuestros objetivos planteados en esta investigación el cual este agregado se puede usar para concreto. El agregado grueso presenta un 50% menos de peso que un agregado normal y que cumple con el peso unitario máximo seco suelto para ser considerado como agregado liviano que es de 880 kg/m<sup>3</sup> teniendo un peso unitario de 836.46 kg/m<sup>3</sup>.

Con todo lo anterior podemos observar que nuestros resultados modificaron el concreto en sus propiedades mecánicas, en cual al sustituir el 100% de piedra pómez cumple con el Reglamento Nacional de edificaciones C.E. 010 “Pavimentos Urbanos”, el cual establece un Módulo de Rotura mínimo de 3,4 MPa, y se puede utilizar como agregado.

## **V. CONCLUSIONES**

### **Conclusión 1**

De la investigación realizada, se determina que la resistencia a la compresión entre las probetas modificadas, disminuye con respecto a las probetas convencionales: el concreto convencional obtuvo un resultado de 270.33 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto modificado disminuyó a 251.67 kg/cm<sup>2</sup> es decir que el concreto modificado es menor en un 6.9% con respecto al concreto modificado, por lo cual disminuye la resistencia a la compresión con la sustitución al 100% del agregado por piedra pómez.

### **Conclusión 2**

De la investigación realizada, se demuestra que el concreto convencional obtuvo 38.60 kg/cm<sup>2</sup> (3.79 Mpa) y el concreto modificado con sustitución de 100% de piedra pómez aumento a 42.44 kg/cm<sup>2</sup> (4.16 Mpa) es decir que el concreto modificado es mayor en un 9.95% con respecto al concreto patrón, por lo tanto, estamos dentro de los parámetros del Reglamento Nacional de edificaciones C.E. 010 “Pavimentos Urbanos”, el cual establece un Módulo de Rotura mínimo de 3,4 MPa.

### **Conclusión 3**

El concreto modificado tiene un asentamiento de 6.6” para el concreto modificado y el concreto patrón de 3.5” (90 % más), dándole más trabajabilidad. En el caso del pavimento convencional se obtuvo un espesor de 18 cm y 16 cm para el modificado, el cual disminuye el espesor en 2.00 cm con respecto al pavimento convencional 11.11% menos, por lo cual el pavimento convencional costaría s/. 69.84 por m<sup>2</sup> sin embargo el pavimento modificado costaría s/. 59.39 por m<sup>2</sup> disminuyendo un 14.96% el costo del pavimento.

### **Conclusión 4**

El concreto de la carpeta de rodadura del pavimento fue modificada al sustituir 100 % el agregado grueso por piedra pómez, modificando su comportamiento mecánico el cual disminuyó su resistencia a la compresión, pero mejoró su resistencia a la flexión con respecto a un concreto convencional con agregado grueso, el cual disminuyó el espesor del pavimento en 11.11%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

### **Recomendación 1**

Utilizar la piedra pómez en el concreto de la carpeta de rodadura ya que la resistencia a la compresión cumple y es mayor a la del diseño que viene a ser 210 kg/cm<sup>2</sup> por la cual genera una opción más para utilizar este material cuando no se tiene agregado convencional y el cual no llegar al aumento de costos.

### **Recomendación 2**

Aplicar la piedra pómez en el concreto ya que presenta mejoras en la resistencia a la flexión, en ese sentido se puede evaluar en la construcción de losas macizas ya que este material puede alivianar la carga muerta de la estructura, el cual se puede obtener una baja densidad y disminuir la carga muerta de estructuras.

### **Recomendación 3**

El uso de concreto con agregado de piedra pómez se puede recomendar para concretos auto compactados debido al gran asentamiento que presenta el concreto, siempre y cuando se cumpla la resistencia a la compresión diseñada.

### **Recomendación 4**

Aplicar la piedra pómez en la carpeta de rodadura de un pavimento rígido como agregado grueso, aminorar el espesor de la carpeta, reducir costos en el caso no exista material convencional ya que este material cumple con el comportamiento mecánico.

### **Recomendación 5**

Para futuras investigaciones se recomienda evaluar la piedra pómez en porcentajes menores y con menor cantidad de alveolos ya que se podría obtener mejores resultados.

## REFERENCIAS

ABANTO, Flavio. 2014. Tecnología del concreto. 6a. Lima: San Marcos, 2014. pág. 242. ISBN: 978-612-302-060-6.

AMERICAN Society of Testing Materials, Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto (U.S.A.). ASTM C39.7p

AMERICAN Society Of Testing Materials, Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Tensión por partidura en Especímenes Cilíndricos de Concreto (U.S.A.). ASTM C496.8p.

AMERICAN Concrete Institute. Committee 213-R03 (2003). Guide for structural Lightweight Aggregate Concrete, 2003.

ANDRADE, Simón. 2005. Metodología de la Investigación Científica. Lima: Andrade, 2005.

ARIAS, Fernando. 2007. Metodología de la investigación. 7a. . s.l.: Trillas, 2007. pág. 576. ISBN: 978-968-24-7993-9.

BECERRA, Mario. 2017. Pavimentos de concreto: Tópicos, Primera edición, Lima, 2017 ISBN: 978-612-430028-8

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.

BRIONES, Guillermo. 2002. Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. Bogotá: Arfo, 2002. ISBN: 958-9329-14-4.

CRESPO, Carlos. 2013. Mecánica de suelos y cimentaciones. México: Limusa, 2013. ISBN: 978-968-18-6963-2.

CAÑARTE, George. Estudio de aumento de resistencia a compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2016.

CARKES- GIBERGUES, A. C. (2008). Concrete way to mitigate alkali-silica reaction. EEUU: Materials and Structures.

CHAK, Y. (2005). The 2004 review on prevention of alkali silica reaction in concrete. Hong Kong: GEO REPORT No. 167. Civil Engineering and development. Geotechnical Engineering office.

Ecured (2015) Piedra Pómez [en línea] Recuperado el 22 de septiembre de 2015, de: [http://www.ecured.cu/Piedra\\_p%C3%B3mez](http://www.ecured.cu/Piedra_p%C3%B3mez)

FONSECA, Alex. El Hormigón De Baja Densidad Y Su Aplicación En Bloques Para La Construcción De Viviendas, Tesis (Ingeniero civil), Ecuador: Universidad Católica de Santa María, Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica, Carrera De Ingeniería Civil, 2015

GALLEGOS, Analía. Diseño De La Mezcla De Hormigón Alivianado Usando Piedra Pómez De Latacunga. Aplicación A La Fabricación De Paneles Prefabricados No Estructurales, Tesis (Ingeniero civil), Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad De Ingeniería Civil, Carrera De Ingeniería Civil, 2015

HAKTANIR, T. and ALTUN, F. Structural Lightweight Concrete with Pumice Aggregate of Erciyes Region. Innovations and Development in Concrete Materials and Construction, Dhir Hewlett Csetenyi, 2002.

HANEHARA, Yamada, K. (2007) "Rheology and early age properties of cement system 12th, Montreal.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2006. Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill, 2006. ISBN: 970-10-5753-8.

HOLM, T. State-of-the-Art Report on High-Strength, High-Durability Structural Low-Density Concrete for Applications in Severe Marine Environments, pp. 29-31, 2000.

HOSSAIN, K.M.A. Properties of Volcanic Pumiced Based Cement and Lightweight Concrete, Cement and Concrete Research, V. 24, No, 78, 2003.

KONG, KH. Ph.d thesis, Overstrength and Ductility of Reinforced Concrete Shear Wall Frame Structures in Low Seismic Regions., pp. 1-22, National University of Singapore, 2003.

IBARCENÁ, Carlos. Uso De Concreto Ligero Con Agregados De Roca Volcánica En La Fabricación De Unidades De Albañilería No Estructural, Tesis (Ingeniero civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ingeniería Civil, 2013

MANUAL DE CARRETERAS “Especificaciones Técnicas generales para Construcción EG-2013” Revisada y Corregida el a junio del 2013, Lima,2013.

MATHERS, S. J., Harrison, D. J., Mitchell, C. J., & Evans, E. J. 2000. Exploration, evaluation & testing of volcanic raw materials for use in construction. Pág. 24, 25,26. Nottingham: British Geological Survey 2000.

MCPHIE, J., Doyle, M., & Allen, R. (2005). Volcanic Textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Pág. 22. (University of Tasmania., Ed.) Tasmania., Australia.

NARAYANAN N. and Ramamurthy K.,Structure and Properties of Aerated Concrete: A Review, Cement & Concrete Composites, v. 22, pp. 321-329, 2000.

Normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

NURTHAYAT, Arin. Use de pumice fine aggregate as an alternative to standard sand in production of lightweight cement mortar. Indian Journal of Engineering & Materials

Sciences. Vol. 18. Engineering and Architecture Faculty, Baizeiser University. Cagis Campus Turkey, 2010.

OLARFUR, H.W. Air Entrainment as a Measure to Reduce Density of High Performance Lightweight Aggregate Concrete with a Main Emphasis on Natural Lightweight Aggregates. Proceedings Second International Symposium on Structural LWAC, Kristiansand, Norway, pp. 933-949, 2000.

ORDOÑEZ, Abel & MINA, Silene. Diseño moderno de Pavimentos. Universidad Nacional de Ingeniería. Fondo editorial ICG. Lima, Perú, 2006.

RAMAZAN, Demirboga. Effect of Expanded Perlite Aggregate and Mineral Admixture on the Compressive Strength of Low-Density Concretes, Cement and Concrete Research, V. 31, pp. 1627-1623, 2001.

RASHID, M. Flexural Behavior of High Strength Concrete Beam. Ph.d Thesis, pp. 55. Singapore, 2002.

REMZI, Sahin and HABIB, Uysal. Effect of Different Cement Dosage, Slump, and Pumice Aggregate Ratio on the Compressive Strength and Density of Concrete, Cement and Concrete Research, V.1, No. 5, pp. 2318, 2003.

RIVA LÓPEZ, Enrique (1996). "Diseño de Mezclas". Primera Edición. Lima-Perú.

RIVAS, Fidel. Diccionario de Investigación científica cualitativa y cuantitativa. 1a. Lima: Concytec, 2014. pág. 500.  
ISBN: 978-9972-50-189-0.

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy Alberto. 2015. Pavimentos: materiales construcción y diseño. 1a. ed. Bogotá: Ecoe ediciones, 2015. pág. 608.

SAHIN, R. and UYSAL, H. Effect of Different Cement Dosage, Slump, and Pumice Aggregate Ratio on the Compressive Strength and Density of Concrete. Cement Concrete Research, V. 1, No. 5, pp. 2318, 2003.

TANTAQUILLA, Cleiser, Influencia De Piedra Pómez Sobre Asentamiento, Densidad, Absorción Y Resistencia A Compresión En Concreto Liviano Estructural, Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Civil, 2017

TERREROS, Carmen. Hormigones Especiales. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL, 2013.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 2.<sup>a</sup> ed. Lima: San Marcos E. I. R. L, 2002. 495 pp.  
ISBN: 9786123028787

VENTURA, Carlos. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Roca Volcánica del Cerro Acuchimay Para el Diseño de Concreto Liviano, Tesis (Ingeniero civil). Ayacucho: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Facultad de Ingeniería Civil, 2017

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable Independiente Piedra Pómez</b>		<p><b>Método:</b> Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativa</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo- Explicativo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental- Cuasi experimental</p> <p><b>Población:</b> San Martin de Porres</p> <p><b>Muestra:</b> Eloy Espinoza Cuadra 5 a 6</p> <p><b>Muestreo:</b> No Probabilístico- Intencional</p> <p><b>Técnica:</b> Análisis de documento</p> <p><b>Instrumento de Investigación:</b> Ficha de recopilación de datos y formatos de laboratorio.</p>
¿Cómo la aplicación de piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido -Lima, 2018?	Determinar como la piedra pómez modifica el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018.	La aplicación de la piedra pómez mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido - Lima, 2018.	Granulometría	Tamaño	
				Malla	
				Porcentaje	
			Peso	Peso específico	
				Peso unitario suelto y compactado	
				Masa	
Dosificación	0% de Piedra pómez				
	100 % Piedra Pómez				
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Variable Dependiente: Comportamiento mecánico</b>		
¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018?	Cuantificar la variación de la resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.	La resistencia a la compresión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar piedra pómez – Lima, 2018	Resistencia a la compresión	7 Días	
				14 Días	
				28 Días	
¿Cuánto varía la resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018?	Calcular la variación de la resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.	La resistencia a la flexión de la carpeta de rodadura del pavimento rígido mejoran al aplicar la piedra pómez – Lima, 2018.	Resistencia a la flexión	7 Días	
				14 Días	
				28 Días	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de operacional

Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
Piedra Pómez	La piedra pómez es una roca de origen volcánico, es usada desde la antigüedad para numerosas finalidades y desde ahí, está roca es conocida, ya que es un material poroso, y contiene diversas cavidades y es por eso que la piedra pómez tiene una baja densidad, al ser poroso la piedra pómez es un excelente aislante térmico y ayuda el proceso de filtración del agua. (Terrerros C., 2013)	Granulometría	Tamaño	Formatos de ensayos de laboratorio	Intervalo
			Malla		
			Porcentaje		
	Definición Operacional	Peso	Peso específico		
			Peso unitario suelto y compactado		
	La variable comportamiento mecánico se analizara en función de sus dimensiones, granulometría, peso y dosificación, que a su vez cada uno de estos se dividirán en tres indicadores.	Dosificación	Masa		
0% de Piedra pómez 100% de Piedra pómez					
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
	Esta conformado por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con modulo de rotura a flexión (Mr) superiores a 40 kg/cm <sup>2</sup> o su equivalente a compresión f <sub>c</sub> 210 y 280 kg/cm <sup>2</sup> (Becerra., 2017)	Resistencia a la compresión	7 Días		
			14 Días		
			28 Días		
	Definición Operacional	Resistencia a la flexión	7 Días		
			14 Días		
	La variable comportamiento mecánico se analizara en función de sus dimensiones, resistencia a la compresión y su resistencia a flexión, que a su vez cada uno de estos se dividirán en tres		28 Días		

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3: Validación para ficha de recolección de datos**

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTO**

**Instrucción:** Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
<b>I</b>	<i>Nombre del proyecto:</i>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"						Nota 0-1
	<i>Nombre del producto:</i>							
	<i>Elaborado en:</i>							
	<i>Peticionario:</i> <i>fecha</i>							
<b>II</b>	<b>Características físicas - mecánicas</b>							
	Modulo de fineza	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso U.Compactado (gr/cm <sup>2</sup> )	Abrasión (%)	
<b>III</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>							
	Resistencia a la compresión				Resistencia a la flexión			
<b>IV</b>	<b>Propiedades físicas</b>							
	Peso unitario de concreto Fresco (kg/m <sup>3</sup> )		Peos Especifico		Contenido de aire		Asentamiento	

Apellidos y Nombres	
Especialidad	
Registro Cip N°	

  
**JAVIER EDUARDO ARRIAGA DIAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 71180

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTO**

**Instrucción:** Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

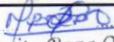
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
<b>I</b>	<i>Nombre del proyecto:</i>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"					Nota 0-1	
	<i>Nombre del producto:</i>							
	<i>Elaborado en:</i>							
	<i>Peticionario:</i>							
	<i>fecha</i>							
<b>II</b>	<b>Características físicas - mecánicas</b>							
	Modulo de fineza	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso U.Compactado (gr/cm <sup>2</sup> )	Abrasión (%)	
<b>III</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>							
	Resistencia a la compresión				Resistencia a la flexión			
<b>IV</b>	<b>Propiedades físicas</b>							
	Peso unitario de concreto Fresco (kg/m <sup>3</sup> )		Peos Especifico		Contenido de aire		Asentamiento	

Apellidos y Nombres	 <p style="font-size: small;">JAVIER ANTONIO CALDERON INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 39554</p>
Especialidad	
Registro Cip N°	

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTO**

**Instrucción:** Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
<b>I</b>	<i>Nombre del proyecto:</i>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"					Nota 0-1	
	<i>Nombre del producto:</i>							
	<i>Elaborado en:</i>							
	<i>Peticionario:</i>							
	<i>fecha</i>							
<b>Características físicas - mecánicas</b>								
<b>II</b>	Modulo de fineza	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso U.Compactado (gr/cm <sup>2</sup> )	Abrasión (%)	
<b>Propiedades mecánicas</b>								
<b>III</b>	Resistencia a la compresión			Resistencia a la flexión				
<b>Propiedades físicas</b>								
<b>IV</b>	Peso unitario de concreto Fresco (kg/m <sup>3</sup> )		Peos Especifico		Contenido de aire		Asentamiento	

Apellidos y Nombres	 Margarita Boza Olaechea
Especialidad	INGENIERA CIVIL
Registro Cip N°	CIP. 80500

#### **Anexo 4: Fichas de recolección de dato**

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTO**

**Instrucción:** Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
<b>I</b>	<i>Nombre del proyecto:</i>		"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"					Nota 0-1
	<i>Nombre del producto:</i>		CONCRETO CONCENCLANAL					
	<i>Elaborado en:</i>		LIV - LABORATORIO DE MATERIALES					
	<i>Peticionario:</i>		EDWIN FOX TUNO 2 0160					
<i>fecha</i>								
<b>Características físicas - mecánicas</b>								
<b>II</b>	Modulo de fineza	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso U.Compactado (gr/cm <sup>2</sup> )	Abrasión (%)	
	7.51	0.33 %	0.98 %	2.83	152	164	1350 %	
<b>Propiedades mecánicas</b>								
<b>III</b>	Resistencia a la compresión				Resistencia a la flexión			
	270.33 Kg/cm <sup>2</sup>				3860 Kg/cm <sup>2</sup>			
<b>Propiedades físicas</b>								
<b>IV</b>	Peso unitario de concreto Fresco (kg/m <sup>3</sup> )		Peos Especifico		Contenido de aire		Asentamiento	
	2345 Kg/m <sup>3</sup>		2474.41		2.00 %		3 1/2"	

Apellidos y Nombres

Especialidad

Registro Cip N°

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTO**

**Instrucción:** Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
<b>I</b>	<i>Nombre del proyecto:</i>		"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"					Nota 0-1
	<i>Nombre del producto:</i>		CONCRETO MODIFICADO					
	<i>Elaborado en:</i>		UCV - LABORATORIO DE MATERIALES					
	<i>Peticionario:</i>		EXON 1702 PUNZO V160					
	<i>fecha</i>							
<b>II</b>	<b>Características físicas - mecánicas</b>							
	Modulo de fineza	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>2</sup> )	Peso U. Compactado (gr/cm <sup>2</sup> )	Abrasión (%)	
	6.94	0.83%	25.41	1.131	0.36	0.39	35.1	
<b>III</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>							
	Resistencia a la compresión				Resistencia a la flexión			
	251.67 Kg/cm <sup>2</sup>				42.44 kg/cm <sup>2</sup>			
<b>IV</b>	<b>Propiedades físicas</b>							
	Peso unitario de concreto Fresco (kg/m <sup>3</sup> )		Peos Especifico		Contenido de aire		Asentamiento	
	1267 kg/m <sup>3</sup>		1452.85 kg/m <sup>3</sup>		14.1		6 2/3"	

Apellidos y Nombres

Especialidad

Registro Cip N°

## **Anexo 5: Reporte de ensayos para calidad de materiales**

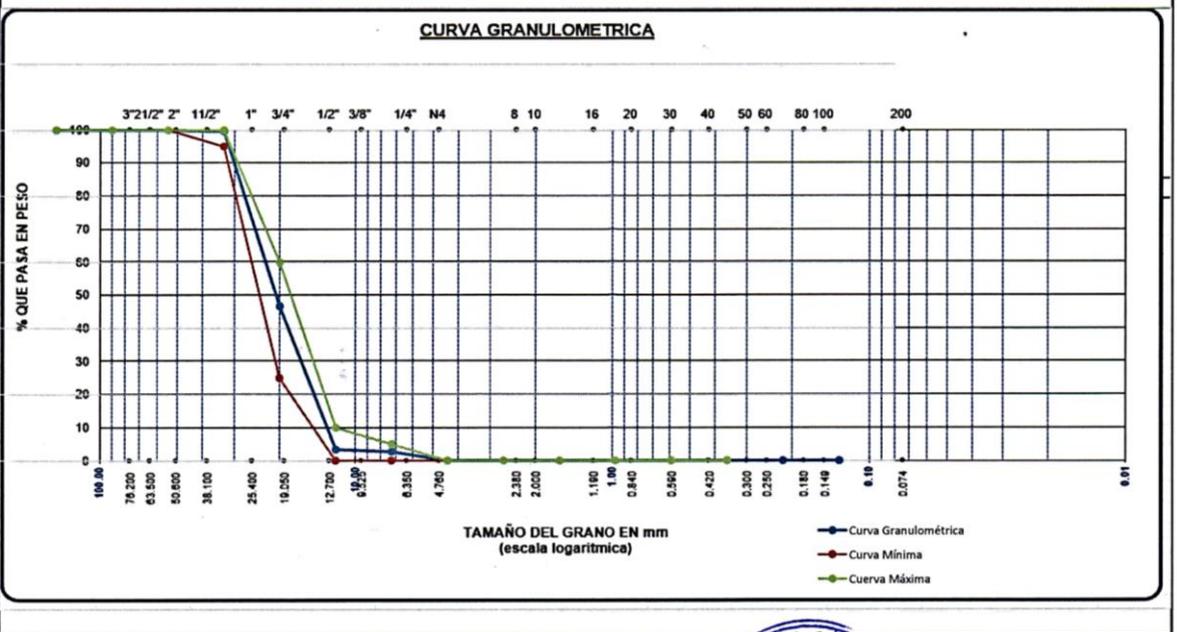


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO  
N.T.P. 400.012

PROYECTO: "Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"  
SOLICITUD: Edwin Max Muñoz Vigo  
MATERIAL: Agregado Grueso  
RESPONSABLE: J.E.D.G CANTERA: Yerbabuena FECHA: 15-Jun-19

Abertura mm	Tamiz	PESO INICIAL (gr) :		PESO FINAL (gr) :		% Acumulado		NTP 400.037		Descripción de la Muestra
		Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	Retenido	Pasa	Minimo	Maximo			
				3000.0		3000.0				
3"	75.000	0.00	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00			Características físicas Modulo de fineza 7.51 Tamaño Maximo (Pulg)" 3/4 Módulo de Fineza 7.51 Contenido de Humedad 0.33 Peso Especifico SSS 2.83 Absorción 0.98 Peso Unitario Suelto 1.52 Peso U.Compactado 1.64
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00			
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00			
1"	25.000	10.00	0.33	0.33	99.67	95.00	100.00			
3/4"	19.000	1600.00	53.33	53.33	46.67					
1/2"	12.500	1300.00	43.33	96.67	3.33	25.00	60.00			
3/8"	9.500	18.00	0.60	97.27	2.73					
Nº 4	4.750	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	10.00			
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	5.00			
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00			
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00			
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00			
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00			
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00			
FONDO		72.00	2.40	100.00	0.00	0.00	0.00			



Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez



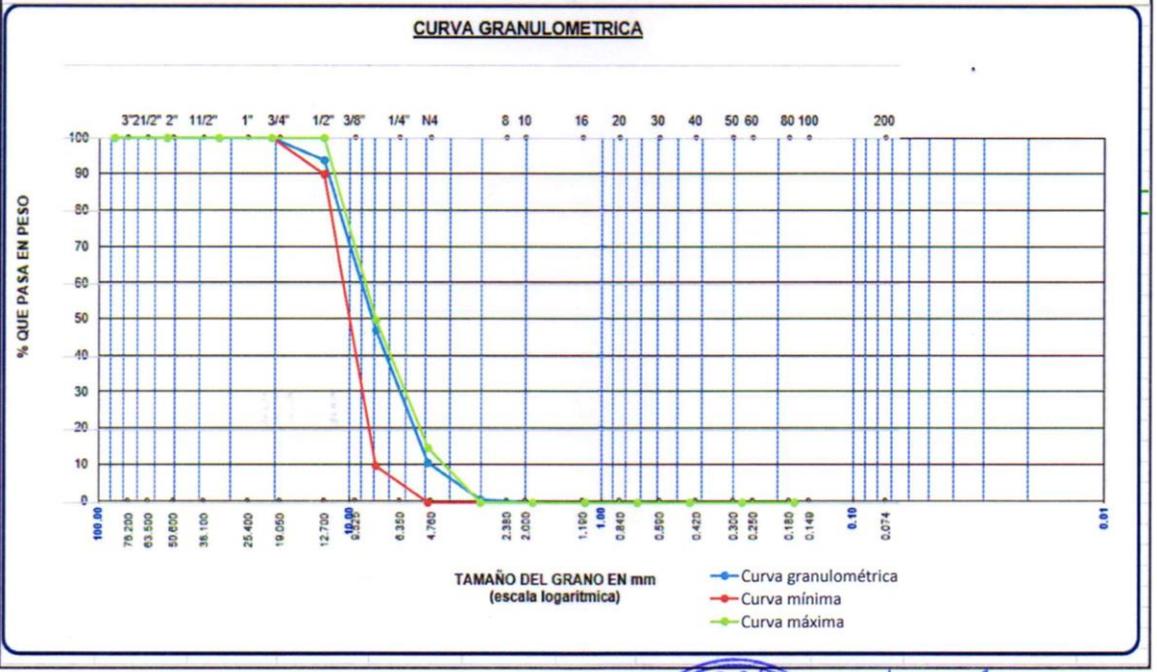


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ENSAYO GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO**  
ASTM C 330

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"		
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo		
<b>MATERIAL:</b>	Agregado Grueso (piedra pómez)		
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>CANTERA</b>	Yerbabuena
		<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

Abertura mm	Tamiz	PESO INICIAL (gr) :		PESO FINAL (gr) :		ASTM C 330		Descripción de la Muestra
		Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasa	Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.00	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00	Características físicas Modulo de fineza 6.94 Tamaño Máximo (Pulg)" 3/4 Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 1/2 Módulo de Fineza 6.94 Contenido de Humedad 0.83 Peso Especifico SSS 1.13 Absorción 25.91 Peso Unitario Suelto 0.36 Peso U. Compactado 0.39
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/4"	19.000	30.00	6.06	6.06	93.94	90.00	100.00	
1/2"	12.500	231.00	46.67	52.73	47.27			
3/8"	9.500	180.00	36.36	89.09	10.91	10.00	50.00	
Nº 4	4.750	50.00	10.10	99.19	0.81	0.00	15.00	
Nº 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
<b>FONDO</b>		4.00	0.81	100.00	0.00	0.00	0.00	



*Ces*

Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500  
 Ing. Margarita Boza Olaechea

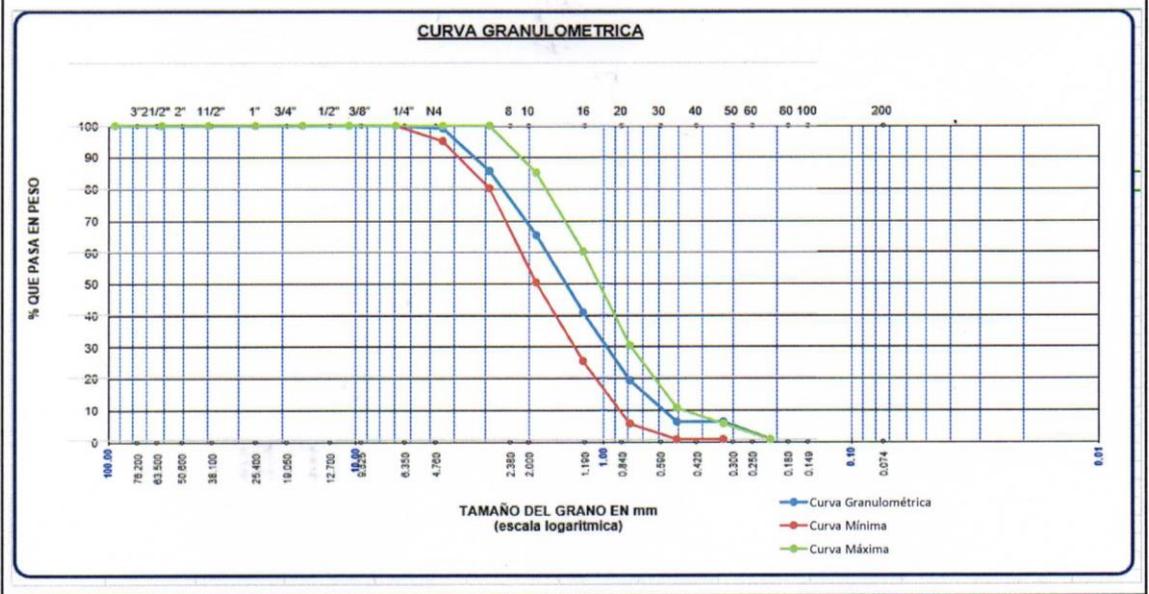


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ENSAYO GRANULOMETRICO DE AGREGADO FINO**  
N.T.P. 400.012

**PROYECTO:** "Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"  
**SOLICITUD:** Edwin Max Muñoz Vigo  
**MATERIAL:** Agregado fino  
**RESPONSABLE:** J.E.D.G      **CANTERA:** Yerbabuena      **FECHA :** 15-Jun-19

Abertura mm	Tamiz	PESO INICIAL (gr) :		PESO SECO		NTP 400.037		Descripción de la Muestra
		Peso retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasa	Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Características físicas
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Modulo de fineza <b>2.85</b>
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Contenido de Humedad 0.87
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso Especifico SSS 2.75
N° 4	4.750	4.00	0.80	0.80	99.20	95.00	100.00	Absorción 1.20
N° 8	2.360	68.00	13.60	14.40	85.60	80.00	100.00	Peso Unitario Suelto 1.92
N° 16	1.180	102.00	20.40	34.80	65.20	50.00	85.00	Peso U. Compactado 2.11
N° 30	0.600	123.00	24.60	59.40	40.60	25.00	60.00	
N° 50	0.300	109.00	21.80	81.20	18.80	5.00	30.00	
N° 100	0.150	66.00	13.20	94.40	5.60	0.00	10.00	
N° 200	0.075	0.00	0.00	94.40	5.60	0.00	5.00	
FONDO		28.00	5.60	100.00	0.00	0.00	0.00	



*[Signature]*  
Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500  
 LIMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo				
<b>MATERIAL:</b>	Agregados				
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>CANTERA:</b>	Yerbabuena	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGRADO FINO (N.T.P. 400.022)			
		Und	Ensayo 1
A	Peso del frasco	cm <sup>3</sup>	157.00
B	Peso de la Muestra SSS	gr	500.00
C	Peso de frasco + peso suelo SSS	gr	657.00
D	Peso de frasco + agua + SSS	gr	975.20
E	Volumen de agua (D-C)	gr	318.20
F	Peso suelo seco	gr	494.07
G	Volumen de muestra (B-E)		181.80
Peso específico de la masa (F/(B-E))			2.72
Peso específico SSS (B/(B-E))			2.75
Peso específico Aparente (F)/(B-E)-(B-F)			2.81
Absorción ((B-F)/F)*100			% 1.20

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021)			
		Und	Ensayo 1
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	2971
B	Peso en el aire de la muestra SSS	gr	3000
C	Peso sumergido de la muestra SSS	gr	1938.20
Peso específico aparente = A/(B-C)			2.80
Peso específico aparente SSS = B/(B-C)			2.83
Peso específico nominal A/(A-C)			2.88
Absorción = 100*(B-A)/A			% 0.98

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)					
	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Densidad del mercurio	gr/cm <sup>3</sup>	13.6	13.6	13.6	
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	2.93	2.23	1.98
B	Peso en el aire de la muestra SSS	gr	3.73	2.78	2.49
C	Peso sumergido de la muestra SSS	gr	0.83	0.87	0.88
	Peso del mercurio desalojado	gr	11.23	11.8	11.9
Peso específico aparente = A/(B-C)			1.01	1.17	1.23
Peso específico aparente SSS = S/(B-C)			1.28	1.45	1.54
Peso específico nominal A/(A-C)			1.39	1.64	1.79
Absorción = 100*(B-A)/A		%	27.30	24.66	25.76

*Cess*

Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez



*M. Boza*  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

LIMA Margarita Boza Olaechea



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)**  
N.T.P. 400.017

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo				
<b>MATERIAL:</b>	Agregado Grueso (piedra pómez)				
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>CANTERA</b>	Yerbabuena	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

**AGREGADO GRUESO (PIEDRA POMEZ)**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

Descripción		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	8950	8952	8957
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	3320	3322	3327
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)</b> = (C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	0.358	0.358	0.359
<b>PROMEDIO</b>			<b>0.359</b>		

**AGREGADO GRUESO (PIEDRA POMEZ)**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)**

		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	9290	9170	9173
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	3660	3540	3543
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9268	9268	9268
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)</b> = (C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	0.395	0.382	0.382
<b>PROMEDIO</b>			<b>0.386</b>		

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez



Ing. Margarita Boza Olaechea



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO

N.T.P. 400.017

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo				
<b>MATERIAL:</b>	Agregado Grueso				
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>CANTERA</b>	Yerbabuena	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	19430	19640	19950
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	13800	14010	14320
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)</b> = (C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	1.49	1.51	1.55
<b>PROMEDIO</b>		gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.52</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)

		Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>	Peso molde	gr	5630	5630	5630
<b>B</b>	Peso agregado + molde	gr	20800	20820	20920
<b>C</b>	Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	15170	15190	15290
<b>D</b>	Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	9267.80	9267.80	9267.80
	<b>Diámetro</b>	cm	22.70	22.70	22.70
	<b>Altura</b>	cm	22.90	22.90	22.90
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)</b> = (C) / (D)		gr/cm <sup>3</sup>	1.64	1.64	1.65
<b>PROMEDIO</b>		gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.64</b>		

*Julio*

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez



*M. Boza*  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

Ing. Margarita Boza Olaechea



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO**  
N.T.P. 400.017

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo				
<b>MATERIAL:</b>	Agregado fino				
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>CANTERA</b>	Yerbabuena	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	
<b>A</b>   Peso molde	gr	2117	2117	
<b>B</b>   Peso agregado + molde	gr	7334	7404	
<b>C</b>   Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	5217	5287	
<b>D</b>   Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	2739.90	2739.90	
<b>Diámetro</b>	cm	15.1	15.1	
<b>Altura</b>	cm	15.3	15.3	
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C) / (D)</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.90	1.93	
<b>PROMEDIO</b>		<b>1.92</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)**

	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
<b>A</b>   Peso molde	gr	2117	2117	2117
<b>B</b>   Peso agregado + molde	gr	7819	7855	7980
<b>C</b>   Peso agregado suelto = (B) - (A)	gr	5702	5738	5863
<b>D</b>   Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	2739.90	2739.90	2739.90
<b>Diámetro</b>	cm	15.1	15.1	15.1
<b>Altura</b>	cm	15.3	15.3	15.3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C) / (D)</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.08	2.09	2.14
<b>PROMEDIO</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.11</b>		

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez

  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP 80500  
 LIMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO  
N.T.P. 339.185

PROYECTO:	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"			
SOLICITUD:	Edwin Max Muñoz Vigo			
MATERIAL:	Agregados			
RESPONSABLE:	J.E.D.G	CANTERA	Yerbabuena	FECHA : 15-Jun-19

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRGADO FINO

Descripción	Und	Ensayo 1		
Peso suelo húmedo + recipiente	gr	142.00		
Peso suelo seco + recipiente	gr	140.77		
Peso recipiente	gr	38.40		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>	<b>%</b>	<b>0.87</b>		

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRGADO GRUESO

Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso suelo húmedo	gr	3000.00	3000.00	3000.00
Peso suelo seco	gr	2990.00	2991.00	2989.00
	gr			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>	<b>%</b>	<b>0.33</b>	<b>0.30</b>	<b>0.37</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>%</b>		<b>0.33</b>	

CONTENIDO DE HUMEDAD AGRGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ )

Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso suelo húmedo	gr	500.000	500.000	500.000
Peso suelo seco	gr	496.000	495.300	496.340
Peso recipiente	gr			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (PH-PS)/PS</b>		<b>0.81</b>	<b>0.95</b>	<b>0.74</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>%</b>		<b>0.83</b>	

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## Ensayo de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados

N.T.P. 400.019

PROYECTO:	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
SOLICITUD:	Edwin Max Muñoz Vigo				
MATERIAL:	Agregado Grueso				
RESPONSABLE:	J.E.D.G	CANTERA	Yerbabuena	FECHA :	15-Jun-19

PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
GRADACIÓN USADA	B					
No. ESFERAS	11					
No. REVOLUCIONES	500					
Pa = PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, G.M.S.	5,000					
Pb = PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No. 12	4,325					
Pa - Pb = PERDIDA	675					
% DESGASTE = $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	13.5%					
ESPECIFICACIÓN : MENOR DE	50%					

CUMPLE SI  NO

TAMAÑOS		PESO Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA, G.M.S.						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
No. DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

  
 Tec. Julio Emersto Díaz Gutiérrez

  
 H. Boza  
 Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 N.º 80500



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## Ensayo de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados (Piedra Pómez)

N.T.P. 400.019

PROYECTO:	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"				
SOLICITUD:	Edwin Max Muñoz Vigo				
MATERIAL:	Agregado Grueso (piedra pómez)				
RESPONSABLE:	J.E.D.G	CANTERA	Yerbabuena	FECHA:	15-Jun-19

PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
GRADACIÓN USADA	B					
No. ESFERAS	11					
No. REVOLUCIONES	500					
Pa = PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, G.M.S.	5,000					
Pb = PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No. 12	3,250					
Pa - Pb = PERDIDA	1,750					
% DESGASTE = $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	35.00%					
ESPECIFICACIÓN : MENOR DE	50%					

CUMPLE SI  NO

TAMAÑOS		PESO Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA, G.M.S.						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
No. DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES :

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez



Ing. Margarita Boza Olaychea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

**Anexo 6: Reporte de ensayos de concreto**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI**

Fecha de Diseño : 7-May-19  
 Realizado por : Edwin Max Muñoz Vigo  
 Chequeado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UCV

Cantera de donde se extraen los materiales :		Yerbabuena	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO</b>			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto ( $f_c$ ) =		210 kg / cm <sup>2</sup>	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ( $f'_{cr}$ ) =		295 kg / cm <sup>2</sup>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Peso específico de masa :	2.72	Tamaño máximo nominal ( Pulg. ) :	3/4
Absorción ( % ) :	1.20	Peso seco compactado ( kg / m <sup>3</sup> ) :	1630.00
Contenido de Humedad ( % ) :	0.87	Peso específico de masa :	2.80
Módulo de finura :	2.85	Absorción ( % ) :	0.98
		Contenido de Humedad ( % ) :	0.33
<b>CEMENTO</b>		<b>AGUA</b>	
Tipo de Cemento Portland a usar :	Tipo 1 "sol"		
Peso Específico :	3.15		1000.000
<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia :	Plástica
		Asentamiento :	3 " a 4 "
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		205.00	lt / m <sup>3</sup>
Contenido de aire total :		2.00	%
Relación Agua / Cemento :		0.56	
Factor cemento :		Factor Cemento =	366.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Factor Cemento =	8.6 Bolsas / m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	0.61	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Grueso :	994.3	Kg / m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales		Cemento :	0.116 m <sup>3</sup>
		Agua :	0.205 m <sup>3</sup>
		Aire :	0.020 m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso :	0.355 m <sup>3</sup>
		Suma de Volumen :	0.696 m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0.304	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Fino seco :	826	Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m <sup>3</sup> .		Cemento	366.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agua de diseño	205.00 lt / m <sup>3</sup>
		Agregado Fino seco	826.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso seco	994.00 Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	42.50 Kg / saco
		Agua de diseño :	23.80 lt / saco
		Agregado Fino seco	95.92 Kg / saco
		Agregado Grueso seco	115.42 Kg / saco
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado		Agregado fino seco	2.26
		Agregado grueso seco	2.72
		Agua de Diseño	23.8 lt / saco

*Ces*  
 Tec. Julio Emersto Díaz Gutiérrez

Ing. Margarita Boza Olaechea  
 CIP. 80500



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACTI**

Fecha de Diseño :	7-May-19		
Realizado por :	Edwin Max Muñoz Vigo		
Chequeado por :	Laboratorio de Ensayo de Materiales - UCV		
<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO</b>			
Cantera de donde se extraen los materiales :	<b>Yerbabuena</b>		
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	0.33	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Grueso :	997.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino :	-0.33	%
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Grueso :	-0.65	%
	Agregado Fino :	-3.00	lt / m <sup>3</sup>
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Grueso :	-6.00	lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total :	-9.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	214.00	lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento :	366.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	214.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	833.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	997.00	Kg / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva :		0.58	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento :	42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva :	24.8	lt / saco
	Agregado fino húmedo :	96.7	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo :	115.8	Kg / saco
<b>Reajuste de Diseño de Mezcla y Nuevos pesos secos de la tanda</b>			
De acuerdo con los ajustes efectuados, los nuevos pesos de la tanda, par aun metro cubico de concreto son los siguientes	Cemento :	375	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	224	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado fino Seco :	765.21	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco :	962.18	Kg / m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	0.33	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino :	772	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	965	Kg / m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	-0.65	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	-3	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	-6	lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total :	-9	lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento :	375	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	224	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	772	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	965	Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento :	42.5	Kg / saco
	Agua de diseño :	25.39	lt / saco
	Agregado Fino seco :	87.49	Kg / saco
	Agregado Grueso seco :	109.37	Kg / saco
Pesos para tanda :	0.0236	m <sup>3</sup>	
Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m <sup>3</sup>	Cemento :	8.85	Kg
	Agua Efectiva :	5.29	lt
	Agregado fino húmedo :	18.22	Kg
	Agregado grueso húmedo :	22.77	Kg

Tec. Julio Emersto Díaz Gutiérrez

**Margarita Boza Olaechea**  
 INGENIERA CIVIL  
 C.R. 80500



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211.2 DEL ACI			
Fecha de Diseño :		7-May-19	
Realizado por :		Edwin Max Muñoz Vigo	
Chequeado por :		Laboratorio de Ensayo de Materiales - UCV	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		Yerbabuena	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto ( $f'c$ ) =		210	kg / cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ( $f'cr$ ) =		295	kg / cm <sup>2</sup>
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.72	Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	1/2
Absorción (%) :	1.20	Peso seco compactado (kg / m <sup>3</sup> ) :	390.00
Contenido de Humedad (%) :	0.87	Peso específico de masa :	1.13
Módulo de finura :	2.85	Absorción (%) :	25.91
		Contenido de Humedad (%) :	0.83
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland a usar :	ASTM Tipo 1 "sol"		
Peso Específico :	3.15		
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia : <b>Húmeda</b>	
		Asentamiento : 6" a 7"	
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto con aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		335.00	lt / m <sup>3</sup>
Contenido de aire total :		7.00	%
Relación Agua / Cemento :		0.59	
Factor cemento :		Factor Cemento =	568.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Factor Cemento =	13.4 Bolsas / m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	0.69	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Grueso :	269.1	Kg / m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales		Cemento :	0.180 m <sup>3</sup>
		Agua :	0.335 m <sup>3</sup>
		Aire :	0.070 m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso :	0.238 m <sup>3</sup>
		Suma de Volúmenes :	0.823 m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0.177	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Fino seco :	480	Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño po m <sup>3</sup> .		Cemento :	568.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agua de diseño :	335.00 lt / m <sup>3</sup>
		Agregado Fino seco :	480.00 Kg / m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso seco :	269.00 Kg / m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento :	42.50 Kg / saco
		Agua de diseño :	25.07 lt / saco
		Agregado Fino seco :	35.92 Kg / saco
		Agregado Grueso seco :	20.13 Kg / saco
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado		Cemento :	1
		Agregado fino seco :	0.85
		Agregado grueso seco :	0.47
		Agua de Diseño :	25.1 lt / saco

Tec. Julio Emersto Díaz Gutiérrez

Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500  
 LIMA  
 Ing. Margarita Boza Olaechea



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI**

Fecha de Diseño :	7-May-19
Realizado por :	Edwin Max Muñoz Vigo
Chequeado por :	Laboratorio de Ensayo de Materiales - UCV
<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO</b>	
Cantera de donde se extraen los materiales :	<b>Yerbabuena</b>
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino : 0.87 %
	Agregado Grueso : 0.83 %
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino : 484.00 Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso : 271.00 Kg / m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino : -0.33 %
	Agregado Grueso : -25.08 %
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino : -2.00 lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso : -67.00 lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total : -69.00 lt / m <sup>3</sup>
Agua Efectiva :	Agua Efectiva : 404.00 lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :	0.59
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento : 568.00 Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva : 404.00 lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo : 484.00 Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo : 271.00 Kg / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva :	0.71
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg / saco
	Agua Efectiva : 30.2 lt / saco
	Agregado fino húmedo : 36.2 Kg / saco
	Agregado grueso húmedo : 20.3 Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 0.85
	Agregado grueso húmedo : 0.48
	Agua Efectiva : 30.2 lt / saco

<b>Reajuste de Diseño de Mezcla y Nuevos pesos secos de la tanda</b>			
De acuerdo con los ajustes efectuados, los nuevos pesos de la tanda, par aun metro cubico de concreto son los siguientes	Cemento :	410	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	232	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado fino Seco :	371.36	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco :	197.91	Kg / m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	0.83	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino :	375	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	200	Kg / m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino :	0.87	%
	Agregado Grueso :	-25.08	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	-2	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	-67	lt / m <sup>3</sup>
	Aporte Total :	-69	lt / m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.59	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas por m <sup>3</sup> .	Cemento :	410	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	232	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo :	375	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo :	200	Kg / m <sup>3</sup>
	Aditivo Sika Aer (incorporador de aire) :	0.82	lt / m <sup>3</sup>
	Aditivo Cem (Super plastificante) :	2.41	lt / m <sup>3</sup>
<b>Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla</b>			
Pesos para tanda :		0.0236	m <sup>3</sup>
Cantidad de materiales por tanda de 0.0236 m <sup>3</sup>	Cemento :	9.68	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva :	5.48	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado fino húmedo :	8.85	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado grueso húmedo :	4.72	Kg / m <sup>3</sup>
	Aditivo Sika Aer (incorporador de aire) :	0.02	lt / m <sup>3</sup>
	Aditivo Cem (Super plastificante) :	0.06	lt / m <sup>3</sup>

  
Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

Ing. Margarita Boza Olaechea  
  
 UCV  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LIMA  
 Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto  
NTP 339.035

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"		
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo		
<b>MUESTRA:</b>	concreto patron y concreto modificado		
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

Asentamiento concreto patron

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Asentamiento	4	3.1	3.5
	Promedio		3 1/2

Asentamiento de concreto modificado

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Asentamiento	6	6.5	7.5
	Promedio		6 2/3

Tec. Julio Emersto Díaz Gutiérrez



Ing. Margarita Boza Olaechea



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

NTP 339.046

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"		
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo		
<b>MUESTRA:</b>	concreto patron y concreto modificado		
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>FECHA :</b>	15-Jun-19

Contenido de aire concreto patron

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Contenido de aire	2.00%	1.90%	2.10%
	Promedio		2.00%

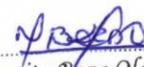
contenido de aire concreto con piedra pomez

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Contenido de aire	19.00%	12.00%	10.00%
	Promedio		14%

DISEÑO	MASA DE MOLDE	MASA MOLDE + CONCRETO	MASA NETA	VOLUMEN DE MOLDE	P.U. (kg/m3)
Concreto patron	3.476	25.4	21.924	0.00935	2345
Concreto Modificado	3.476	15.324	11.848	0.00935	1267

  
Tec. Julio Ernerto Díaz Gutiérrez



  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

Ing. Margarita Boza Olaechea



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas  
N.T.P. 339.034

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"	
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo	
<b>MUESTRA:</b>	Probetas cilíndricas de concreto patrón 10 cm x 20 cm	
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>FECHA :</b>

Curado (días)	Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg)	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1.00	10.10	20.30	16228.00	80.12	4.022	202.00	206.67
	2.00	10.10	20.40	15467.00	80.12	4.026	195.00	
	3.00	10.10	20.50	18283.00	80.12	4.050	223.00	
14	1.00	10.10	20.30	19199.00	80.12	4.079	239.00	238.00
	2.00	10.10	20.40	20199.00	80.12	4.106	252.00	
	3.00	10.10	20.50	17514.00	80.12	4.005	223.00	
28	1.00	10.10	20.30	21535.00	80.12	3.903	269.00	270.33
	2.00	10.10	20.20	20097.00	80.12	4.083	250.00	
	3.00	10.10	20.40	23414.00	80.12	4.025	292.00	



*Ces*

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez

Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500

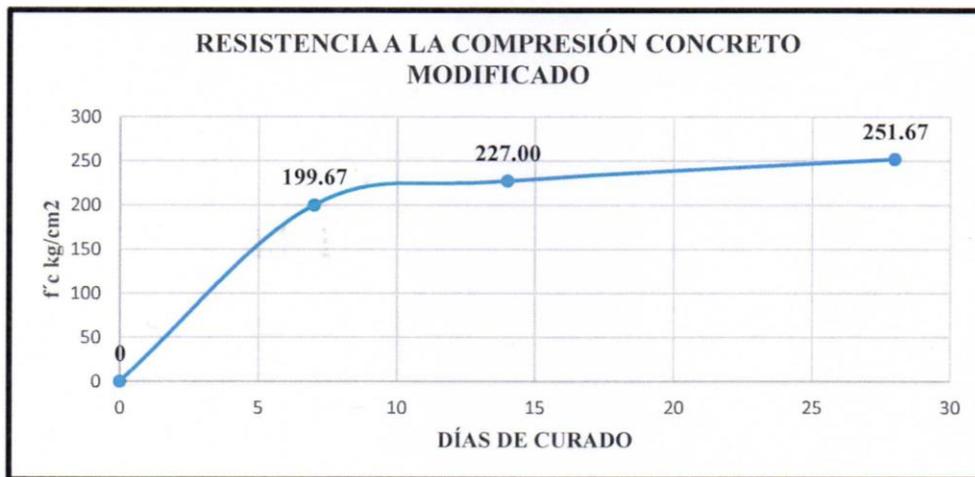


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas  
N.T.P. 339.034

<b>PROYECTO:</b>	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"	
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo	
<b>MUESTRA:</b>	Probetas cilíndricas de concreto modificado 10 cm x 20 cm	
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G	<b>FECHA :</b>

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg)	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1	10.10	20.30	15714	80.12	2.346	196	199.67
	2	10.10	20.30	15927	80.12	2.265	203	
	3	10.10	20.30	15714	80.12	2.291	200	
14	1	10.20	20.10	17514	81.71	2.358	223	227.00
	2	10.00	20.30	17695	78.54	2.358	225	
	3	10.10	20.10	18283	80.12	2.420	233	
28	1	10.10	20.20	19485	80.12	2.379	248	251.67
	2	10.30	20.10	18791	83.32	2.358	239	
	3	10.10	20.40	21461	80.12	2.420	268	



Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez

Ing. Margarita Boza Olaechea



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas  
N.T.P. 339.034

<b>PROYECTO:</b>	“Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018”
<b>SOLICITUD:</b>	Edwin Max Muñoz Vigo
<b>MUESTRA:</b>	Vigas de concreto patron 45 cm x 15 cm x 15 cm
<b>RESPONSABLE:</b>	J.E.D.G <b>FECHA :</b>

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Peso (Kg)	Resistencia Mr (kg/cm2)	Promedio Mr (kg/cm2)
7	1	15.20	15.00	45.00	2413.60	25.58	30.35	31.01
	2	15.20	15.30	45.00	2549.19	25.72	30.81	
	3	15.20	15.00	45.00	2535.00	24.30	31.87	
14	1	15.00	15.20	45.00	2787.26	25.64	34.58	35.72
	2	15.00	15.10	45.00	2822.51	25.23	35.49	
	3	15.00	15.20	45.00	2989.23	22.30	37.09	
28	1	15.00	15.00	45.00	2968.43	26.64	37.82	38.60
	2	15.00	15.10	45.00	3132.33	26.23	39.38	
	3	15.00	15.20	45.00	3111.73	24.30	38.61	



*Julio*

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez



Ing. Margarita Boza Olaechea

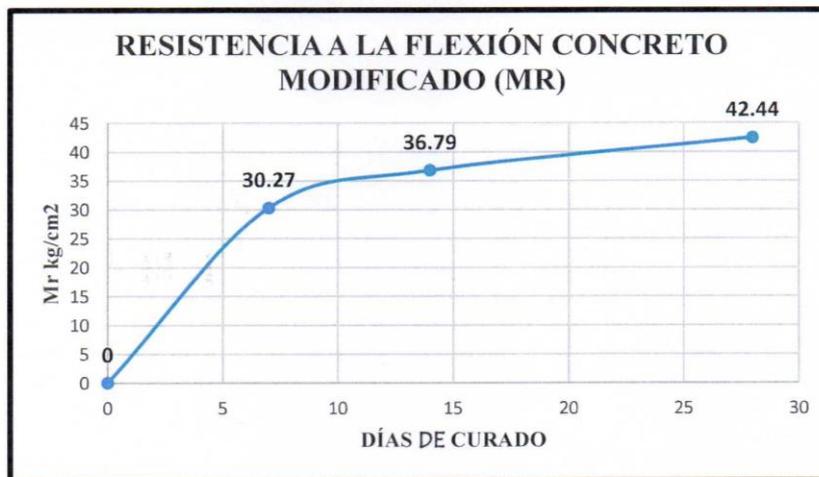


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas  
N.T.P. 339.034

PROYECTO:	"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018"	
SOLICITUD:	Edwin Max Muñoz Vigo	
MUESTRA:	Vigas de concreto modificado 45 cm x 15 cm x 15 cm	
RESPONSABLE:	J.E.D.G	FECHA :

Curado (días)	Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Peso (Kg)	Resistencia Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
7	1	15.20	15.00	45.00	2446.74	14.66	30.76	30.27
	2	15.20	15.30	45.00	2534.98	14.70	30.63	
	3	15.20	15.30	45.00	2434.80	14.86	29.42	
14	1	15.00	15.30	45.20	3077.81	15.57	37.87	36.79
	2	15.00	15.30	45.20	2960.58	15.10	36.42	
	3	15.00	15.20	45.10	2900.95	16.21	36.08	
28	1	15.00	15.30	45.00	3590.43	14.14	43.97	42.44
	2	15.00	15.10	45.00	3480.43	16.45	43.76	
	3	15.00	15.40	45.00	3275.43	16.35	39.59	



*Ces*

Tec. Julio Ernersto Díaz Gutiérrez



Ing. Margarita Boza Olaechea

## **Anexo 7: Conteo Vehicular**

Fd x Fc 0.50  
 Periodo de Diseño 20 años  
 Dias del Año 365  
 Fp (Concreto) 1.00

ESTACION:			PAVIMENTO RIGIDO					
			IMDA	Tasa de Crecimiento R	Fca	Fvp	Eedia-carril	Nrep de EE
VEHICULOS	MOTO "L3"		8	3.00%	26.87	0.0001	0.0003	3.42
	MOTOTAXI "L5"		45	3.00%	26.87	0.0003	0.0065	64.20
	AUTO "M1"		25	3.00%	26.87	0.0009	0.0109	107.00
CAMIONES	PANEL "N1"		12	3.00%	26.87	0.0009	0.0052	51.36
	PICK UP "N2"		5	3.00%	26.87	0.0150	0.04	366.97
	RURAL COMBI "M2"		12	3.00%	26.87	0.0150	0.09	880.73
BUS	B2		8	3.00%	26.87	4.6077	18.43	180,761.96
	B3-1		5	3.00%	26.87	3.6156	9.04	88,651.06
	B4-1		0	3.00%	26.87	3.6978	0.00	0.00
CAMION	C2		8	3.00%	26.87	4.6077	18.43	180,761.96
	C3		5	3.00%	26.87	4.7308	11.83	115,996.46
	C4		0	3.00%	26.87	4.9582	0.00	0.00
SEMI TRAILER	T2S1		0	3.00%	26.87	7.9425	0.00	0.00
	T2S2		3	3.00%	26.87	8.0657	12.10	118,658.27
	T2S3		1	3.00%	26.87	8.7726	4.39	43,019.42
	T3S1		0	3.00%	26.87	8.0657	0.00	0.00
	T3S2		2	3.00%	26.87	8.1888	8.19	80,313.61
	T3S3		18	3.00%	26.87	8.8958	80.06	785,222.31
TRAILER	C2R2		0	3.00%	26.87	11.2773	0.00	0.00
	C2R3		0	3.00%	26.87	11.4005	0.00	0.00
	C3R2		0	3.00%	26.87	11.4005	0.00	0.00
	C3R3		0	3.00%	26.87	11.5237	0.00	0.00
			157				Nrep. De EE	1,594,859

**CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO**

		VEHICULOS LIVIANOS			CAMIONETAS			BUS			CAMIONES			Semi Trailer						Traylers				Parcial
		L3	L5	M1	N1	N2	M2	B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	
Índice Medio Diario Anual Total	2019	8	45	25	12	5	12	8	5	0	8	5	0	0	3	1	0	2	18	0	0	0	0	
Fd x Fc		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Fvp		0.0001	0.0003	0.0009	0.0009	0.0150	0.0150	4.6077	3.6156	3.6978	18.4306	11.8271	0.0000	0.0000	8.0657	8.7726	8.0657	8.1888	8.8958	11.2773	11.4005	11.4005	11.5237	
Fp		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tasa crecimiento = R		3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	
Fca		26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	
Eedia-carril=IMDa x Fc x Fp x 365	2019	0.00035	0.00655	0.01091	0.00524	0.03742	0.08980	18.431	9.039	0.000	18.431	11.827	0.000	0.000	12.098	4.386	0.000	8.189	80.062	0.000	0.000	0.000	0.000	
2020		0.13	2.39	3.98	1.91	13.66	32.78	6,727.18	3,299.21	0.00	6,727.18	4,316.89	0.00	0.00	4,415.95	1,601.00	0.00	2,988.93	29,222.60	0.00	0.00	0.00	0.00	59,354
2021		0.26	4.85	8.08	3.88	27.72	66.54	13,656.18	6,697.40	0.00	13,656.18	8,763.29	0.00	0.00	8,964.38	3,250.03	0.00	6,067.52	59,321.89	0.00	0.00	0.00	0.00	120,488
2022		0.39	7.38	12.31	5.91	42.21	101.31	20,793.05	10,197.53	0.00	20,793.05	13,343.08	0.00	0.00	13,649.26	4,948.52	0.00	9,238.48	90,324.15	0.00	0.00	0.00	0.00	183,457
2023		0.53	10.00	16.66	8.00	57.14	137.13	28,144.03	13,802.67	0.00	28,144.03	18,060.26	0.00	0.00	18,474.69	6,697.98	0.00	12,504.56	122,256.48	0.00	0.00	0.00	0.00	248,314
2024		0.68	12.68	21.14	10.15	72.51	174.02	35,715.53	17,515.96	0.00	35,715.53	22,918.96	0.00	0.00	23,444.89	8,499.92	0.00	15,868.62	155,146.77	0.00	0.00	0.00	0.00	315,117
2025		0.82	15.45	25.76	12.36	88.34	212.01	43,514.19	21,340.65	0.00	43,514.19	27,923.42	0.00	0.00	28,564.18	10,355.91	0.00	19,333.61	189,023.78	0.00	0.00	0.00	0.00	383,925
2026		0.98	18.31	30.51	14.65	104.65	251.15	51,546.79	25,280.09	0.00	51,546.79	33,078.01	0.00	0.00	33,837.06	12,267.59	0.00	22,902.55	223,917.10	0.00	0.00	0.00	0.00	454,796
2027		1.13	21.25	35.41	17.00	121.44	291.46	59,820.38	29,337.70	0.00	59,820.38	38,387.24	0.00	0.00	39,268.12	14,236.61	0.00	26,578.55	259,857.22	0.00	0.00	0.00	0.00	527,794
2028		1.29	24.27	40.45	19.42	138.74	332.98	68,342.18	33,517.04	0.00	68,342.18	43,855.75	0.00	0.00	44,862.12	16,264.71	0.00	30,364.83	296,875.54	0.00	0.00	0.00	0.00	602,982
2029		1.46	27.39	45.65	21.91	156.56	375.75	77,119.63	37,821.77	0.00	77,119.63	49,488.31	0.00	0.00	50,623.94	18,353.65	0.00	34,264.71	335,004.41	0.00	0.00	0.00	0.00	680,425
2030		1.63	30.60	51.00	24.48	174.92	419.80	86,160.40	42,255.63	0.00	86,160.40	55,289.85	0.00	0.00	56,558.60	20,505.26	0.00	38,281.58	374,277.14	0.00	0.00	0.00	0.00	760,191
2031		1.81	33.91	56.51	27.13	193.82	465.17	95,472.40	46,822.51	0.00	95,472.40	61,265.43	0.00	0.00	62,671.31	22,721.41	0.00	42,418.95	414,728.06	0.00	0.00	0.00	0.00	842,351
2032		1.99	37.31	62.19	29.85	213.29	511.90	105,063.75	51,526.40	0.00	105,063.75	67,420.29	0.00	0.00	68,967.41	25,004.05	0.00	46,680.45	456,392.51	0.00	0.00	0.00	0.00	926,975
2033		2.18	40.82	68.04	32.66	233.35	560.04	114,942.85	56,371.40	0.00	114,942.85	73,759.79	0.00	0.00	75,452.38	27,355.17	0.00	51,069.79	499,306.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1,014,138
2034		2.37	44.44	74.06	35.55	254.01	609.61	125,118.32	61,361.76	0.00	125,118.32	80,289.47	0.00	0.00	82,131.90	29,776.82	0.00	55,590.81	543,508.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1,103,916
2035		2.57	48.16	80.26	38.53	275.28	660.68	135,599.05	66,501.82	0.00	135,599.05	87,015.04	0.00	0.00	89,011.81	32,271.13	0.00	60,247.46	589,036.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1,196,387
2036		2.77	51.99	86.65	41.59	297.20	713.28	146,394.21	71,796.09	0.00	146,394.21	93,942.39	0.00	0.00	96,098.12	34,840.26	0.00	65,043.81	635,930.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1,291,633
2037		2.98	55.94	93.24	44.75	319.77	767.45	157,513.22	77,249.18	0.00	157,513.22	101,077.55	0.00	0.00	103,397.01	37,486.46	0.00	69,984.05	684,230.77	0.00	0.00	0.00	0.00	1,389,736
2038		3.20	60.01	100.02	48.01	343.02	823.25	168,965.80	82,865.87	0.00	168,965.80	108,426.76	0.00	0.00	110,914.87	40,212.06	0.00	75,072.50	733,980.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1,490,781
2039		3.42	64.20	107.00	51.36	366.97	880.73	180,761.96	88,651.06	0.00	180,761.96	115,996.46	0.00	0.00	118,658.27	43,019.42	0.00	80,313.61	785,222.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1,594,859

## **Anexo 8: Fichas técnicas**

# HOJA TÉCNICA

## Sika® Cem Plastificante

Super plastificante para mezclas de Concreto Y Mortero

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Cem Plastificante es un aditivo súper plastificante para mezclas de concreto, permite una reducción de agua de hasta 20% según la dosificación utilizada.

Sika® Cem Plastificante no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

### USOS

Sika® Cem está particularmente indicado para:

- Todo tipo de mezclas de concreto o mortero que requiera reducir agua, mejorar la trabajabilidad (fluidez del concreto) o ambos casos para lograr reducir costos de: mano de obra, materiales (cemento) y/o tiempo.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® Cem Plastificante tiene las siguientes ventajas:

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Mejores acabados.
- Mayor adherencia al acero.
- Mejor trabajabilidad (fluidez) en el tiempo.
- Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.
- Aumenta la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Ayuda a reducir la formación de cangrejas.

### NORMAS

### ESTÁNDARES

Sika® Cem Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y tipo G.

### DATOS BÁSICOS

#### FORMA

#### COLORES

Pardo oscuro.

#### PRESENTACIÓN

- Envase PET x 4 L
- Balde x 20 L

<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1,20 kg/L ± 0,02 <b>USGBC VALORACIÓN LEED</b> Sika® Cem Plastificante cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.</li> <li>▪ Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.</li> </ul>
-------------------------------	--

<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b> Adicionar a la mezcla de concreto preferentemente una vez amasado y haciendo un re-mezclado de al menos 1 minuto por cada tanda. <b>PRECAUCIONES</b> Limpie todas la herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
-----------------------------	--

<b>BASES</b>	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
--------------	--

<b>RESTRICCIONES LOCALES</b>	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
------------------------------	--

<b>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</b>	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
---	---

<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.
----------------------	---

Hoja Técnica  
Sika® Cem Plastificante  
22.01.15, Edición 3



# HOJA TÉCNICA

## SikaAer®

Aditivo incorporador de aire.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaAer® es un aditivo elaborado a base de agentes tensoactivos que adicionado al concreto genera microburbujas que se reparten uniformemente en la masa del concreto.

No contiene cloruros.

#### USOS

- Concreto sometido a bajas temperaturas.
- Concreto de subterráneos, cimientos, sobrecimientos, obras hidráulicas en general (represas, canales, etc).
- Concreto en carreteras, aeropuertos, entre otros.
- Transporte del concreto en camión tolva.
- Concreto a la vista, concreto bombeado.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

##### En Concreto fresco:

- Permite un aumento en la trabajabilidad y/o una disminución en el agua de amasado.
- Reduce la segregación en el concreto, especialmente en las faenas de transporte.
- Reduce la exudación en el concreto.
- Incrementa la cohesión interna de la masa del concreto.
- Permite reducir el tiempo de vibración y colocación.
- Mejora el aspecto superficial del concreto.
- Incremento de la impermeabilidad.

##### En Concreto endurecido:

- Aumento de las resistencias a la acción de aguas agresivas.
- Incremento de las resistencias a ciclos de hielo y deshielo.
- Rompe la capilaridad.

### NORMA

Cumple con la Norma ASTM C 260.

### DATOS BÁSICOS

#### FORMA

#### ASPECTO

Líquido.

#### COLORES

Ámbar Translucido

#### PRESENTACIÓN

- Paquete x 4 envases PET x 4 L.
- Balde x 20 L.
- Cilindro x 200 L.

<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> SikaAer® se puede almacenar durante 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro y en lugar fresco y bajo techo. A temperaturas bajo 5 °C se puede producir turbidez en el aditivo, lo cual no altera su efectividad.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1.01 - 1.02 kg/L
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> 0.02% a 0.12% del peso del cemento.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE APLICACIÓN</b> Se utiliza diluido en el agua de amasado. Mayores dosis pueden ser utilizadas si así se determina en ensayos previos con los materiales a usar en la obra. La incorporación de aire en un concreto depende principalmente de: Los agregados pétreos (granulometría y forma de los granos). Razón a/c. Dosis de cemento por m <sup>3</sup> de concreto elaborado. Finura del cemento. Relación áridos finos/gruesos. Tipo de mezcladora y tiempo de mezclado. Temperatura, etc. La plasticidad, a menor asentamiento se necesita mayor esfuerzo para lograr la cantidad de aire deseado.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

<b>PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
<b>OBSERVACIONES</b>	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a> .

Hoja Técnica  
SikaAer®  
19.11.14, Edición 11

2/3

**BUILDING TRUST**



## **Anexo 9: Solicitudes**

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

**SOLICITUD: ACCESO AL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

Los Olivos 16 de abril de 2019

Señora:

LIC. Lila Tapia Nuñez

Jefatura de Laboratorio de Apoyo Académico de la Universidad Cesar Vallejo

Sede Lima Norte.

Es grato dirigirme a Ud. Para saludarle muy cordialmente y a la vez solicitarle muy respetosamente la autorización para el uso de Laboratorio de Ensayo de Materiales, ya que requiero para el desarrollo de mi proyecto de investigación titulado "Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018" con la línea de investigación Diseño de Infraestructura Vial, para poder realizar los siguientes ensayos: contenido de humedad, análisis granulométrico, peso unitario suelto seco, peso unitario compactado seco, peso específico y absorción, contenido de humedad, ensayo de compresión axial, y ensayo de flexión.

Apellidos y Nombres	DNI	CÓDIGO	CICLO
Muñoz Vígo, Edwin Max	47279897	6700273573	X

**POR LO EXPUESTO**

Ruego a usted señora directora acceder a mi petición.

Los Olivos 16 de abril de 2019



Edwin Max Muñoz Vígo

DNI:47279897

Código: 6700273573

Correo: maximovigo@gmail.com



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

**SOLICITUD: INGRESO DE MATERIALES AL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

Los Olivos 26 de abril de 2019

Señora:

**Ing. Lilia Carbajal Reyes**

Directora de la EAP de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo

Sede Lima Norte.

Yo, Max Muñoz Vigo, con N° 47279897, estudiante de décimo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, identificado con código de alumno 6700273573, respectivamente, nos es grato dirigirme a Ud. Para saludarle muy cordialmente y a la vez solicitarle muy respetosamente el ingreso de los siguientes materiales: Piedra chancada de ½" (10 bolsas) y arena gruesa (10 bolsas), el día 29 de abril de 2019, en la unidad móvil de placa ASL-797, ya que requiero para el desarrollo de mi proyecto de investigación titulado: "Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018" con la línea de investigación Diseño de Infraestructura Vial. Los materiales ingresados no son químicos ni tóxicos que pueden dañar.

**POR LO EXPUESTO**

Ruego a usted señora directora acceder a mi petición.



Edwin Max Muñoz Vigo

DNI:47279897

Código: 6700273573

Los Olivos 26 de abril de 2019



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

**SOLICITUD: APOYO CON AGREGADOS**

Los Olivos 24 de abril de 2019

Señor:

**Ing. Eduardo Paipay**

Jefe de Cantera Yerbabuena

UNICON – Unión de Concreteras del Perú

Yo, Max Muñoz Vigo, con DNI N° 47279897, estudiante del décimo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, es grato dirigirme a Ud. Para saludarle muy cordialmente y a la vez solicitarle muy respetosamente el apoyo de los siguientes agregados, Piedra chancada Huso 57 (400 kg) y arena gruesa (400 kg), ya que requiero para el desarrollo de mi proyecto de investigación titulado: "Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima, 2018" con la línea de investigación Diseño de Infraestructura Vial.

**POR LO EXPUESTO**

Ruego a usted señor acceder a mi petición.

Los Olivos 24 de abril de 2019

Atentamente,

**Max Muñoz Vigo**



## **Anexo 10: Panel fotográfico**

## PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 24. Control de características del concreto en estado fresco y vaciado de probetas



Figura 23. Probetas de concreto modificado para resistencia a la compresión y flexión



*Figura 24.* Ensayo de resistencia a la compresión y flexión para el concreto convencional



*Figura 25.* Ensayo de resistencia a la compresión y flexión para el concreto modificado

## **Anexo 11: Otros**



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL (FORMA) DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MUNOZ VICO EDWIN MAX

INFORME TITULADO:

APLICACIÓN DE LA PIEDRA POMEZ PARA MODIFICAR EL  
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CARRETA DE RODAS DEL  
PAVIMENTO RIGIDO LIMO 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero (a) Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

20/07/2019

NOTA O MENCIÓN

14 (COTROL)

Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil  
LIMA



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, Dr. Ing. Gerardo Cancho Zuñiga.....  
docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

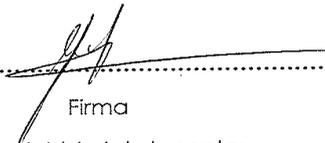
“ Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido - Lima, 2018 ”

del (de la) estudiante Edwin Max Plinio Vigo.....

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29.. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha. Lima, 27 de noviembre del 2019

  
.....  
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Gerardo Cancho Zuñiga.....

DNI: 07239189.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo Edwin Max Muñoz Vigo  
 identificado con DNI N.º 47279897, egresado de la Escuela  
 Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X),  
 No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de  
 investigación titulado

“ Aplicación de la piedra pómez para  
 modificar el comportamiento  
 mecánico de la carpeta de  
 rodadura del pavimento rígido Lima 2018 ”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),  
 según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de  
 Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

  
 \_\_\_\_\_

FIRMA

DNI: 47279897

FECHA: 20 de Julio de 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido - Lima, 2019"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Muñoz Vigo, Edwin Max (ORCID: 0000-0002-7795-1379)

**ASESOR:**

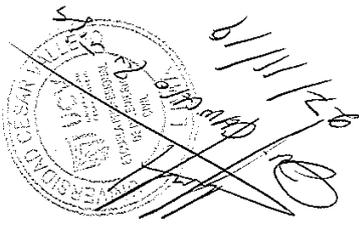
Dr. Ing. Camacho Zúñiga, Gerardo (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2019



**Resumen de coincidencias**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	
1	Entregado a Universidad... Fuente de Internet 6 % >
2	Entregado a Universidad... Fuente de Internet 3 % >
3	Entregado a Universidad... Fuente de Internet 2 % >
4	Entregado a Universidad... Fuente de Internet 2 % >
5	issuu.com Fuente de Internet 2 % >
6	www.scitbd.com Fuente de Internet 1 % >
7	Entregado a Universidad... Fuente de Internet 1 % >
8	dooplayer.es Fuente de Internet 1 % >
9	repositorio.up.edu.ec Fuente de Internet 1 % >

29

Text-only report High Resolution Activado

Página 1 de 95 Número de palabras: 17912

26/11/2019