



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Reutilización de losas de concreto en servicio mediante la técnica del  
Rubblizing en la avenida Independencia, Ayacucho - 2021

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

**AUTOR:**

Pozo Sarmiento, Ercilio (ORCID: [0000-0002-0908-5990](https://orcid.org/0000-0002-0908-5990))

**ASESOR:**

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (ORCID: [0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. A mis padres y hermanos, quienes son mi guía desde mi infancia, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios y a mis padres por darme la vida y por enseñarme la luz que me guía hacia el sendero de la superación, permitiéndome llegar a culminar una etapa más de mi vida.

A la Universidad César Vallejo y al asesor Ms. Ing. Olarte Pinares, Jorge Richard por su apoyo incondicional.

E. Pozo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	32
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	32
3.2. Variables y Operacionalización .....	33
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	35
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	35
3.5. Procedimiento .....	37
3.6. Métodos de Análisis de Datos .....	37
3.7. Aspectos Éticos.....	37
IV. RESULTADOS.....	38
V. DISCUSIÓN.....	65
VI. CONCLUSIONES .....	69

VII. RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS.....	71
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de calificación según el PCI.....	15
Tabla 2. Coeficiente estructural recomendado para la capa pulverizada NAPA, 1991 .....	31
Tabla 3. Coordenadas geográficas del tramo en estudio .....	39
Tabla 4. Cuadro de vehículos identificados.....	41
Tabla 5. Cálculo de ESAL .....	42
Tabla 6. Ubicación de calicata.....	48
Tabla 7. Presupuesto mediante rehabilitación tradicional .....	60
Tabla 8. Presupuesto mediante rubblizing .....	60
Tabla 9. Costo de colocación de nueva losa por m3.....	61
Tabla 10. Costo de demolición por m3 de losa de concreto.....	62
Tabla 11. Costo de eliminación de escombros.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista panorámica de la carretera longitudinal sierra.....	9
Figura 2. Configuración típica de pavimentos flexibles .....	10
Figura 3. Configuración típica de pavimentos rígidos.....	12
Figura 4. Configuración estructural de pavimento mixto .....	13
Figura 5. Fisura transversal o diagonal .....	16
Figura 6. Fisura longitudinal .....	16
Figura 7. Fisura de esquina.....	17
Figura 8. Losas subdivididas .....	17
Figura 9. Fisuras en bloques.....	18
Figura 10. Fisuras de piel de cocodrilo.....	18
Figura 11. Demolición de firmes de concreto .....	19
Figura 12. Fresado de pavimento de asfalto .....	20
Figura 13. Flujograma de reciclado .....	21
Figura 14. Proceso de Rubblizing por Vibración Resonante .....	22
Figura 15. Equipo fragmentador de losa de concreto RB-500 .....	24
Figura 16. Viga resonancia del equipo RB-500.....	25
Figura 17. Patrón de fractura inducido en la losa de hormigón .....	25
Figura 18. Resultado de losa fracturado mediante vibración resonancia .....	26
Figura 19. Características de la maquina RB-500.....	27
Figura 20. Equipo de desintegración por impacto .....	28

Figura 21. Aplicación de martillo de caída.....	28
Figura 22. Sección típica de pavimento rublizado .....	31
Figura 23. Georreferencia del tramo en estudio .....	38
Figura 24. Sección actual de la avenida Independencia .....	39
Figura 25. Vista panorámica de la avenida Independencia.....	40
Figura 26. Volumen del tráfico según el tipo .....	41
Figura 27. Aspecto visual de reparaciones de las conexiones de suministros.....	43
Figura 28. Falla por grietas transversales .....	44
Figura 29. Falla por grieta en longitudinales y transversales .....	44
Figura 30. Falla por fisura en bloques, fisura longitudinal y transversal .....	45
Figura 31. Fallas por bloques con presencia de punzonamiento .....	45
Figura 32. Fallas por fisuras múltiples y roturas en bloques .....	46
Figura 33. Falla por desintegración de baches.....	46
Figura 34. Fallas por fisura longitudinal y piel de cocodrilo .....	47
Figura 35. Falla por deficiencia en juntas transversales.....	47
Figura 36. tipo de suelo en la carta de plasticidad .....	48
Figura 37. Curva de Proctor modificado.....	49
Figura 38. Gráfico de CBR (0.1”) de penetración .....	49
Figura 39. pavimento rígido existente .....	50
Figura 40. Equipo rompedor resonante RB-500.....	51
Figura 41. Rodillo liso vibratorio simple de 10 Tn.....	51

Figura 42. Rodillo liso vibratorio tándem de 10 Tn .....	52
Figura 43. Triturado y pulverizado, fragmentación de losas de concreto .....	53
Figura 44. Característica de fragmentación.....	54
Figura 45. Losa de concreto triturado pulverizado .....	54
Figura 46. Fractura de losa de concreto con el martillo demoledor .....	55
Figura 47. Pulverizado de la losa de concreto.....	56
Figura 48. Losa de concreto fragmentado.....	56
Figura 49. Triturado de la losa en fragmentos.....	57
Figura 50. Ecuación para cálculo de SN estructural.....	59
Figura 51. Configuración estructural según el diseño .....	59
Figura 52. Costo de cada actividad mediante rehabilitación tradicional .....	63

## RESUMEN

La presente investigación titulada: Reutilización de losas de concreto en servicio mediante la técnica del rubblizing en la avenida independencia, Ayacucho – 2021 se trazó como **objetivo**: Implementar la técnica del rubblizing para reutilizar las losas de concreto en la rehabilitación de la avenida independencia, Ayacucho. Considerando una **metodología** de investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, de nivel descriptivo explicativo, como **resultados** se obtuvo que, al fragmentar las losas fatigadas empleando la máquina rompedora resonante se fractura en microfracturas tanto en la parte superior e inferior, entrelazándose entre sí y formando una base granular de alta resistencia con aporte estructural de valor promedio 0.20. De acuerdo a lo expuesto en el presente trabajo, se puede **concluir** que la técnica rubblizing empleando la maquina demoledora de pavimentos, permite reutilizar losas de concreto en la rehabilitación de la avenida Independencia permitiendo optimizar recursos y disminuyendo costos de inversión.

**Palabras Claves.** Rubblizing, losas de concreto, Reutilización, Demolición, Rehabilitación.

## **ABSTRACT**

The present investigation entitled: Reuse of concrete slabs in service through the rubblizing technique in Independence Avenue, Ayacucho - 2021, was set as an objective: To implement the rubblizing technique to reuse concrete slabs in the rehabilitation of Independence Avenue, Ayacucho. Considering an applied research methodology with a quantitative approach, non-experimental design, descriptive explanatory level, as results it was obtained that, when fragmenting the fatigued slabs using the resonant breaking machine, it fractures into microfractures both in the upper and lower part, interlacing with each other and forming a high resistance granular base with a structural contribution of an average value of 0.20. According to what is stated in the present work, it can be concluded that the rubblizing technique using the pavement demolition machine allows the reuse of concrete slabs in the rehabilitation of Independencia avenue, allowing optimization of resources and reducing investment costs.

**Keywords.** Rubblizing, concrete slabs, Reuse, Demolition, Rehabilitation

## I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos rígidos o flexibles, consisten en una carpeta de rodadura con campos integradas por agregados minerales, recubiertos y cementados con asfaltos o cementos; además, al igual que una base o subbase capaz que pueda resistir mayores esfuerzos tanto temporales como permanentes.

Conforme ha pasado el tiempo, se estableció un incremento de vehículos con promedio de 250%, de acuerdo al MTC entre el período 2008 al 2017. Ante ello, también se presenta un aumento del sector inmobiliario, que ha abarcado un efecto en la estructura vial en las ciudades de Perú, comprometiendo de forma directa a los pavimentos. No obstante, el poco interés de los gobiernos, permiten realizar un adecuado mantenimiento de los pavimentos, lo cual han originado el deterioro de forma agresiva, asimismo la presencia de diversas fallas, debido que se encuentran sometidos a altos esfuerzos, producto de distintos rangos de tránsito que de forma frecuente sobrepasan su capacidad lo cual ha sido diseñada, tanto en el aspecto estructural y funcional. Por otro lado, existen factores de deterioro esenciales, tales como el clima que origina las mismas dilataciones, con contracciones producido por bajas y altas temperaturas, asimismo, que la humedad y la lluvia, que aprovechan en exhibir las anomalías de la estructura, método constructivo, donde la deficiente calidad es ocasionada por las anomalías prematuras (Rodríguez y Soto, 2019).

Ante el mismo contexto, la grave preocupación por el mantenimiento de pavimentos, por parte de los gobiernos regionales y locales, se debe a la poca atención al deterioro agresivo de los pavimentos que en mucho de los casos se encuentran en necesidad de reconstrucción, donde todo ello, representa realizar una gran inversión, trayendo consigo deficiencias en el ámbito social para la población de la vía, así como los residentes aledaños a esta, que indica que su demolición y construcción de un nuevo pavimento, un impacto ambiental que genera ruido, polvo, desmonte, entre otro.

En la actualidad los gobiernos regionales y locales toman acciones de rehabilitar los pavimentos con métodos tradicionales, tanto en pavimentos flexibles y rígidos y por lo general, en caso de pavimentos rígidos eligen la opción de retirar la losa de concreto que ya cumplió su vida útil, con la finalidad de construir un nuevo

pavimento, para un nuevo periodo de servicio, esta metodología de rehabilitar un pavimento rígido o concreto hidráulico requiere de materiales áridos como: afirmados para la conformación de la subbase, agregados gruesos y finos, como también requiere espacios para las disposiciones finales de los materiales excedente llamados Depósito de Materiales Excedentes (DME), generando un impacto negativo al medioambiente, de esta manera comprometiendo a las entidades y contratistas solicitar la explotación de nuevas fuentes de materiales y espacios para los DME. Ya que éstas, por la demanda que existe están sobreexplotadas y se encuentran cada vez más alejadas de los proyectos con el consecuente aumento de costos de transporte.

La ciudad de Ayacucho está ubicada en la parte sierra del Perú, generalmente sus calles son pavimentadas en mayoría con concreto hidráulico o pavimento rígido y una parte con pavimento flexible, estos pavimentos presentan fuertes daños estructurales en algunas avenidas de la ciudad, más aún en la avenidas avenida Independencia, se encuentra actualmente en mal estado debido a la falta de mantenimiento y/o rehabilitación siendo esta una avenida importante actualmente cuenta con pavimentación rígida; la vía es incómoda e insegura para los usuarios y a su vez hace difícil el transporte de los pobladores y de vehículos para la realización de sus actividades. Es por ello que, en la presente investigación pretende dar a conocer una alternativa de mejoramiento o rehabilitación de la vía en base al reciclado del pavimento rígido.

En cuanto a la justificación, la investigación fue elaborada con el propósito de realizar un estudio que proporcione información relevante acerca de la técnica de Rubblizing. Se justifica de forma teórica, por cuanto es importante la evaluación del pavimento rígido para poder reutilizar y crear un nuevo pavimento con mejor resistencia. Además, esta investigación ayuda al juicio para ser utilizada como una base informativa de próximas investigaciones (Galvis, 2015). Para la presente investigación, la justificación metodológica sigue una orden riguroso y científico, con el propósito de lograr conclusiones a través de la metodología científica. La justificación social, parte de una inconsistencia realista y busca explicar el fenómeno, además indaga posibles soluciones para la problemática. En lo

económico, busca determinar la viabilidad de la técnica Rubblizing en comparación de una técnica tradicional, se debe involucrar preventivamente y evaluativa.

Teniendo en cuenta la problemática en párrafos anteriores, la presente investigación plantea innovar el procedimiento de reutilización de losas de concreto mediante la técnica de Rubblizing la misma que será aplicada en la avenida Independencia con fines de rehabilitación, se plantea los siguientes objetivos: implementar la técnica del rubblizing para reutilizar las losas de concreto en la rehabilitación de la avenida independencia, evitar la sobreexplotación de fuentes de materiales empleando técnicas de rehabilitación de pavimentos que reutilicen los materiales existentes, mitigar y controlar los impactos ambientales generados por los procedimientos tradicionales de rehabilitación de pavimentos rígidos, y finalmente, disminuir los costos de inversión pública de las entidades en la rehabilitación de pavimentos rígidos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Internacionales

Gómez (2015) implementó acciones para la restauración de la capacidad funcional de la estructura de pavimento, donde los métodos para la rehabilitación consisten en actividades correctivas, para lo cual brindan aporte en la capacidad estructural del pavimento existente, empleando la metodología de Rubblizing para la rehabilitación de pavimentos rígidos. Entre sus resultados obtuvo que el indicador de coeficiente estructural para la capa de material producto de Rubblizing, que fue calculado a través de la ecuación en la Guía ASSHTO 1993. Concluyó con la aplicación de la técnica de triturado de pavimentos de concreto hidráulico, tales como Rubblizing, presenta una idea resaltante para desarrollar la rehabilitación pavimentos, desde el ámbito ambiental, donde se presenta una respuesta efectiva para el inconveniente necesario de las técnicas de rehabilitación de pavimento rígidos

Noste et al. (2016) plantearon como apoyo de las capas flexibles, implicando que se debe integrar fundamentos referidos a la homogeneidad, así como la supervisión de los transportes verticales de las losas, considerando la metodología para saber los módulos de labor de las capas integrantes del pavimento, donde una de ellas es la capa de rubblizing. Los resultados, señalan la necesidad del proyecto ejecutivo, donde la respuesta estructural surge mediante el análisis “in situ” de la capa de rubblizing con la finalidad que se pueda asimilar a la de un granular cementado, con procesos de elasticidad que superan los 1,350 Mpa con valores de los fundamentos estructurales asociados (Witczak) asociados a 0,12 cm<sup>-1</sup>. Concluyeron que se refiere a una herramienta sencilla, que permite ver el impacto de pavimentos de hormigón, preservando la sub – base de apoyo.

Mahecha y Ramos (2020) cuyo objetivo es elaborar un documento donde se describan y analicen las alternativas de rehabilitación y adecuación del pavimento en la Calle 78c - Sur, ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar. La metodología empleada, según el autor, realiza con la finalidad de examinar detalladamente el desarrollo de los daños en el pavimento, la evaluación visual se traduce como la observación durante un periodo de tiempo en el cual se puntualizan los daños

verificados. Como resultado obtuvieron que con el presupuesto lograron comprobar el beneficio económico y ambiental ya que con esto se abre debate para interpretar lo que sucede con la aplicación de pavimentos rígidos convencional y las aplicaciones novedosas para mitigar el impacto al medio ambiente. Concluyeron que, a la sección total evaluada se encontró que, el 46.7% de las fallas corresponde a un tipo de severidad alta, el 18.18% y 2.2% representan un nivel de severidad baja y media respectivamente.

Campoverde y Uyaguari (2021) analizó el reciclaje más importante de pavimentos antiguos con el propósito de ser empleado en pavimentos de menor volumen de tráfico, que logran ser empleados en pavimentos en vías de menor volumen de tráfico, que logran ser empleadas por la misma institución, considera la parte metodológica, es decir, utiliza el material producido por el fresado del pavimento, y por su mayor deterioro aún se encuentra en reparación, que se basa en la extracción del núcleo de la estructura del pavimento. De acuerdo con la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en sus resultados determinó que los materiales granulares reciclados tienen las especificaciones requeridas para su uso como cimentación estable, incluyendo asfalto y cemento. Concluyeron que probaron mezclas que contenían estabilizadores, como el cemento Holcim Base Vial y la emulsión bituminosa, para determinar la mejor mezcla, y se determinó que el porcentaje óptimo del cemento base del vial era del 5% porque cumple con MOP Según la especificación- 001-2002 estándar, 28 días para alcanzar la resistencia requerida de 25 kg / cm<sup>2</sup>.

Méndez y Ramírez (2017) diseñaron la rehabilitación de la estructura de pavimento en un tramo de la vía terciaria, empleando la metodología de auscultación que ha variado con el período en función de los continuos avances de la tecnología, buscando una evaluación enfática de los parámetros característicos del pavimento posibilitando un correcto rendimiento operacional. Como resultado de la inspección visual del ámbito actual de la vía mediante el método Vizir, se pudo observar que el pavimento presenta fisuras longitudinales, piel de cocodrilo, baches, descascaramiento, pérdida de ligante. Concluye que el tramo es homogéneo para la realización de las otras pruebas, se programó la evaluación deflectométrica con la utilización de la viga Benkelman, se midió la deflexión máxima del pavimento bajo la acción

de una carga estática o de muy lenta aplicación, determinándose que el pavimento presenta deflexiones muy pequeñas casi nulas bajo la presencia de las cargas del tránsito.

## **2.2. Antecedentes Nacionales**

Honra (2020) determinó el empleo del método con Rubblizing para rehabilitar la pavimentación rígida de un tramo relativo en Huancayo. Se utilizó un enfoque cualitativo y nivel explicativo-descriptivo con diseño experimental. Se evaluó la calle Real desde el Jr. Lima hasta el Jr. Loreto. Concluye que emplear la técnica Rubblizing es técnicamente eficiente y económica en comparación con la rehabilitación tradicional.

Matos (2016) realizó el análisis del efecto con el propósito de gestionar la rehabilitación de pavimentos rígidos considerando la técnica de rubblizing mediante el avance del caso de estudio del tramo. Como resultado se tiene, que desarrollar análisis comparativos de las alternativas propuestas, evaluando en base a los aspectos técnico, respecto a la parte económica y respecto a la serviciabilidad. Concluyó, que, en el ámbito técnico, económico, así como en lo constructivo gestionando la rehabilitación de pavimentos rígidos en base de la técnica Rubbliing, que es una alternativa ideal en comparación con el enfoque tradicional.

Ccasani y Ferro (2017) determinó la mejora en el análisis del pavimento en los pavimentos, considerando una metodología de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo – explicativo de diseño no experimental corte transversal. La población es la ciudad de Abancay y la muestra son las principales de la misma ciudad. Entre sus resultados, obtuvieron que la evaluación del análisis de los diversos deterioros de los pavimentos, a través del uso de la observación y monitoreo in situ, donde la gran parte presentan deterioros encontrando corresponde al fisuramiento de la estructura del pavimento. Concluyó, que se realiza un incorrecto mantenimiento, asimismo se presentan deterioros que están progresado hasta el nivel de ocasionar evolución de los deterioros mayores los mismo, que muchos casos presentando en las avenidas presentadas

Fano y Chávez (2017) presentó la estructura del pavimento básico a partir del cemento portland que atiende de forma técnica, las exigencias planteadas por la Ingeniería de pavimento, asimismo de manera económica se encuentran las limitaciones que plantea el contrato de conservación vial (Tramo IV y V), maximizando la rentabilidad de la organización. Como resultado, utilizando el método AUSTROADS, que involucra un perfil de pavimento con un espesor de 150 cm, sin el uso de cemento para ninguna mejora, este logra superar los resultados encontrados con el método AASHTO, considerando el espesor de 20-25 cm. y el mejoramiento de cemento 1 a 2%, en el cual el contrato hace referencia a los requisitos existentes en las cláusulas, y se recomienda que el diseño final utilice cemento Portland al 1% para el mejoramiento. Concluyeron que, al usar el programa de recuperación en frío, también se pueden construir diferentes iteraciones en el árbol de posibilidades para mantener una mayor capacidad de supervivencia, porque la maquinaria de Wirtgen utilizada en las tres tareas de recuperación en frío desarrolló un diseño. La relación propuesta es más precisa en el campo.

Aguilar e Infanzón (2020) evaluó el uso de la técnica de reciclaje en caliente, en los pavimentos asfálticos con mayor tiempo, donde su reutilización en una nueva mezcla asfáltica en caliente, considerando la metodología de tipo básica, de nivel descriptivo con diseño no experimental, transversal. En sus resultados de investigación, señalaron el diseño de la carpeta patrón, así como su diseño, por ejemplo, si el pavimento asfáltico reciclado se puede reutilizar para diseñar un pavimento reciclado nuevo y preciso para obtener un buen diseño de la carpeta. asfalto. Concluyeron que la capa de asfalto se inició con muestras de RAP al 10%, 20%, 30% y 40%, de las cuales el 30% del diseño de RAP se basó en los requisitos especificados en la norma, y también mantuvo huesos nuevos. El porcentaje de material ahorrado es el 10% de áridos finos y el 1,52% de cemento asfáltico.

Rodríguez y Soto (2019) determinó el procedimiento de reciclaje para la rehabilitación del pavimento hidráulico, con el propósito de aumentar su período de servicio, considerando una metodología de tipo aplicada de nivel descriptiva, explicativo, correlacional, de diseño no experimental. Como resultados los levantamientos de data de fallas del pavimento hidráulico presente de la avenida

corresponden a un análisis del PSI del valor 2, señalando que la infraestructura vía en imperfecto estado con la inconsistencia de severidades. Concluyeron, determinando que el procedimiento de reciclaje permite la rehabilitación en dichas avenidas perteneciente a la muestra de estudio.

## **2.3. Teorías Asociadas**

### **2.3.1. Pavimentos**

El pavimento proviene del latín *pavimentum*, está formado por una capa o base que se constituye en el suelo, se construye con el propósito de alcanzar una superficie adecuada para los usuarios, asimismo estos son construidos en diferentes obras de ingeniería como: aeropuertos, puertos, edificaciones, vías de comunicación entre otros.

En la arquitectura, es la base de toda edificación y sirve de soporte para seres vivos e inertes. Un pavimento puede tener distintos tipos de recubrimiento como: madera, cerámica entre otros.

En la ingeniería civil la pavimentación conforma parte del afirmado y es la capa construida con diferentes tipos de materiales colocados sobre un terreno natural o nivelado, con el propósito de mejorar su resistencia para brindar un excelente tránsito de vehículos y personas. Los elementos más utilizados en el pavimento de vías urbanas y vías de comunicación son suelos con excelente soporte, los materiales agregados y las mezclas de asfalto.

Una estructura que está compuesta por varias capas que, están colocadas una sobre otra de manera longitudinal y apoyada directamente en la subrasante, conformado por materiales seleccionados y apropiados para soportar las cargas vehiculares y transmitir las a los estratos inferiores, cuyas principales funciones es ofrecer una superficie de rodadura constante, de textura y color apropiado, fuerza a la reacción del tránsito y a otros elementos que los perjudican.

Figura 1. Vista panorámica de la carretera longitudinal sierra



*Fuente: Manual de Carreteras, Conservación Vial*

### **2.3.2. Tipos de Pavimento**

Según el autor (cata, 2008), los pavimentos se clasifican en flexibles, rígidos y semirrígidos.

En la actualidad los pavimentos se diferencian unos a otros es por los materiales que se emplean al construir un pavimento, y de cómo se estructuran dichos materiales para la conformación de las capas adyacentes, y no por la forma en como distribuyen los esfuerzos y las deformaciones producidas por los pesos de los vehículos y estos son transmitidos hacia los estratos inferiores, asimismo podemos enumerar los algunos pavimentos que existen en la actualidad.

- a. Pavimentos flexibles
- b. Pavimentos rígidos
- c. Pavimentos mixtos

#### **a. Pavimentos Flexibles**

Un pavimento flexible es un manto de asfalto, el mismo que es la capa de rodadura para la transitabilidad de los peatones y vehículos de diferentes dimensiones, de esta manera las cargas producidas por los vehículos transmiten hacia el interior a

través de fricciones y cohesiones, luego el manto asfáltico se deforma levemente y transmite el esfuerzo hacia los estratos inferiores sin que se produzca una rotura en la estructura de carpeta asfáltica.

El pavimento flexible se construye en las carreteras de mayor demanda vehicular, se conforma por una capa bituminosa y agregados pétreos, apoyada en capas llamadas base y subbase las mismas que reparten los esfuerzos de los vehículos desde la superficie hasta la subrasante y la configuración estructural se muestra en la siguiente figura.

Los pavimentos flexibles se caracterizan por su resistencia estructural, deformabilidad y comodidad. Las capas que conforman un pavimento flexible son:

1. Carpeta asfáltica
2. Base
3. Subbase
4. Subrasante

Figura 2. Configuración típica de pavimentos flexibles



*Fuente: elaboración propia*

### **1. Carpeta asfáltica**

Capa de superficie de rodadura que se utiliza como superficie de rodamiento estable y uniforme que permite el tránsito, también la capa funciona como impermeabilizante para evitar posible filtración de líquidos al interior de la pavimentación y resistir las fuerzas que provocan los vehículos.

## **2. Base**

Apoyo del manto asfáltico, el mismo que transfiere esfuerzos producidos por personas y vehículos, todo hacia el interior de la pavimentación.

## **3. Subbase**

se puede construir esta capa con materiales de menos calidad su función principal es impedir la penetración de elementos finos hacia la capa base y le dañen la estructura, y también ayuda al control de la estructura y finalmente controlar la ascensión capilar.

## **4. Subrasante**

es la capa que está formado por suelo natural que sirve como cimiento a todas las estructuras del pavimento, se puede realizar mejoramiento según su características y capacidad portante de la misma.

### **b. Pavimentos rígidos**

Construidos por una capa de losa de concreto que son resultante de la mezcla de agregados pétreos y cemento portland, adicionalmente es reforzado con barras de acero liso y corrugado. Ésta capa de concreto está apoyada a una capa de subbase o directamente a subrasante. Asimismo, esta losa de concreto absorbe la carga transmitida por los vehículos y transmite mínimamente hacia el suelo de fundación.

Al estar ubicada en la parte superior de la configuración estructural actúa como carpeta de rodadura, al formar una losa rígida no presenta deflexiones y por lo cual transmite las cargas de manera eficiente producto de cargas vehiculares. Asimismo, este tipo de losa son preferidos por su resistencia, durabilidad entre otras propiedades para su ejecución es zonas urbanas, inicialmente requiere de mayor coste inicial y esto es por consecuente de los materiales que se encuentren lejanos del proyecto u otros factores que se puede presentar durante la construcción.

La pavimentación rígida es reconocida como una alternativa vial por los costos al construir, además destacan por su largo periodo de vida útil, resistencia y ambiental. Se caracteriza por su reducido costo de mantenimiento y operación

vehicular. Las etapas son indispensables para su función; movimiento de tierra construcción de drenajes primarias y secundarias, realización de la base y subbase, construcción de la capa de rodamiento y colocación de señales de tráfico, entre otros. Para inicio de movimiento de tierra se localiza primero las líneas topográficas es decir replantear y ubicación los ejes de las calles y límites hasta donde se pavimentará de acuerdo los planos de diseño del proyecto. Posteriormente se realizan los movimientos de tierra que consiste en cortar, remover, cualquier clase de material que se encuentra dentro o fuera del límite de construcción, y luego ser incorporado para conformación de terraplenes, rellenos o cualquier elemento que se relacione con el proyecto de construcción.

Las capas de un pavimento rígido son:

- Losa de concreto
- Subbase

Estas capas están apoyadas directamente en la subrasante o en el suelo de fundación.

Figura 3. Configuración típica de pavimentos rígidos



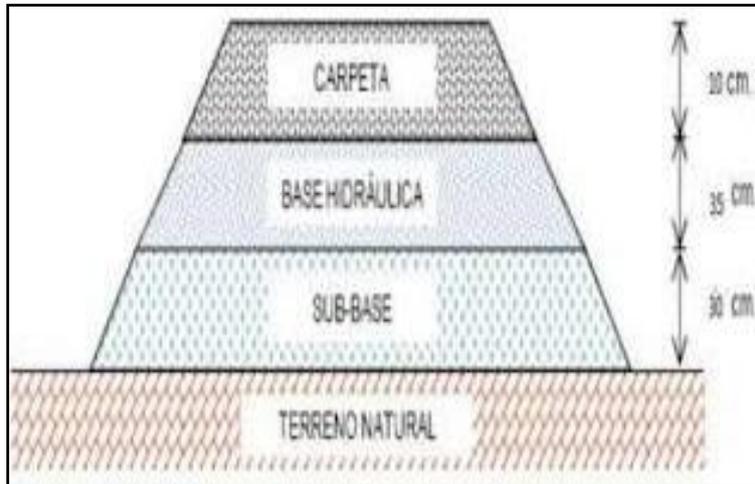
*Fuente: elaboración propia*

### **c. Pavimentos mixtos**

Los pavimentos mixtos son aquellos que se construyen de una superficie de asfalto sobre uno de pavimento rígido, tiene la característica de resistir altas presiones.

Zonas con altos esfuerzos son de pavimento de concreto hidráulico, las ventajas de los pavimentos flexibles y de los pavimentos rígidos son similares a las propiedades de los pavimentos mixtos de alto servicio de prestación, se caracterizan por tener una resistencia muy alta.

Figura 4. Configuración estructural de pavimento mixto



Fuente: *Elaboración propia*

### 2.3.3. Diseño de pavimentos

El diseño de pavimentos determina los espesores adecuados de cada capa que conforma la sección, la cual permitirá soportar las cargas producido por los vehículos durante el periodo de tiempo servicio para la que fue diseñado (periodo de vida útil).

Para el diseño de pavimentos, con el transcurso del tiempo han sufrido cambios importantes a lo largo de tiempo. Desde que iniciaron a realizar el diseño de manera empírica desde los siglos pasados, apoyados en los ensayos de pruebas empíricas de la resistencia, hasta la época actual, por ende, han mejorado satisfactoriamente, gracias a las importantes investigaciones que se realizaron, tales como la experimentación de tramos, entre los que más destaca realizado por AASHO, realizado en Estados Unidos, los primeros resultados se incorporaron en año 1962 a la tecnología de pavimentos.

#### **a. Método de Guía AASHTO 93 de diseño**

Consiste en el diseño de espesores de la carpeta asfáltica y losa de concreto hidráulico, se basa en experiencias y modelos de desarrollo anteriormente, este diseño de pavimentos se realiza para determinar el buen desempeño durante su periodo de vida útil y económicamente viable para las inversiones públicas. En este procedimiento se considera datos muy importantes que provienen de un ensayo de los laboratorios en donde se construirá la estructura de vías de comunicación.

Según (BOFLEX, 2010), menciona que el comportamiento de las secciones del pavimento y cargas están estrechamente ligadas, como el número de repeticiones de acuerdo a los ejes de carga, de distintas magnitudes y disposiciones, además de los espesores que tiene la sub base y base.

(MTC, Manual de Carreteras , 2013), en este manual se ha realizado la selección, para las dimensiones del pavimento, por los métodos más generales del uso en la actualidad en el país. Las metodologías más adoptadas son:

- Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993
- Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el periodo de diseño

En el diseño de pavimentos el mayor relevante se considera dos parámetros muy importantes:

- Los esfuerzos que producen los vehículos impuestos hacia los pavimentos
- Las características de la subrasante en donde se apoya la estructura del pavimento.
- Periodo de diseño
- Variables

#### **2.3.4. Fallas en los Pavimentos**

Las fallas de los pavimentos flexibles y rígidos se efectúan por inadecuado mantenimiento de las avenidas, además de las fatigas en su manto asfáltico o losa de concreto debido a los esfuerzos admisibles superiores y/o deficiente proceso de

construcción. Se recomienda la evaluación y realizar los respectivos mantenimientos como: sello o carpeta asfáltica.

En la actualidad existen dos tipos de metodología para evaluar los pavimentos, VIZIR y PCI, los cuales son utilizadas para la evaluación de los pavimentos (Mamani, Pancca, & Huara, 2018).

El método PCI (Índice de Condición de Pavimento) realiza la evaluación y calificación superficial del pavimento rígido y flexible, es una herramienta bastante utilizada y los resultados son de mayor confiabilidad, las formas no son difíciles para obtener la condición verídica de los pavimentos, además no es necesario emplear tecnologías tediosas para el análisis (Instituto de Construcción y Gerencia, 2015).

Tabla 1. Rango de calificación según el PCI

<b>RANGO DE CALIFICACIÓN DEL PCI</b>	
<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Alto
10 - 0	Fallado

*Fuente: Manual de evaluación de pavimentos con metodología PCI*

Las causas del deterioro de los pavimentos son de distinto naturaleza y origen, de las cuales se menciona en la siguiente: exagerado incremento de los vehículos pesados, deficiencias en el proceso constructivo, proyecto deficiente, factores climatológicos y deficiente mantenimiento para la conservación vial. Los daños de los pavimentos están determinados en dos grupos, fallas superficiales y falla estructural.

Figura 5. Fisura transversal o diagonal



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras*

Figura 6. Fisura longitudinal



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras.*

Figura 7. Fisura de esquina



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras.*

Figura 8. Losas subdivididas



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras.*

Figura 9. Fisuras en bloques



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras.*

Figura 10. Fisuras de piel de cocodrilo



*Fuente: Manual Centro Americano de Mantenimiento de carreteras.*

### 2.3.5. Reciclado de Pavimentos de Hormigón

(Burgos, 2019), se entiende como reciclado de firmes de concreto hidráulico o de pavimentos rígidos, cuando se realiza la demolición de firmes en piezas de fragmentos manejables empleando equipos de martillos hidráulicos entre otros, el reciclado se realiza a las losas de concreto deteriorado o cuando ya perdió sus prestaciones iniciales, de igual manera en los pavimentos flexibles se puede realizar el reciclado fresando la carpeta asfáltica dañada, las mismas que serán sometidos a procesos de transformación, y luego realizar ensayos de control de calidad para dar nuevo valor poniendo en nuevos proyectos de ingeniería.

Figura 11. Demolición de firmes de concreto



*Fuente: Catálogos de residuos utilizables en construcción*

Figura 12. Fresado de pavimento de asfalto



*Fuente: Catálogos de residuos utilizables en construcción*

Los firmes de concreto hidráulico, tantos pavimentos asfálticos están distribuidos y colocados en diferentes obras de ingenieril, cumpliendo un papel muy importante para los usuarios estas construcciones generalmente se emplean en aeropuertos, puertos, carreteras, vías urbanas entre otros, y todos sumados son una gran cantidad de volumen de concreto puesto en los proyectos.

La losa de concreto es un material reciclable al 100%, el proceso de reciclado se realiza primeramente con la demolición y posterior procesamiento en las plantas de trituración, para obtener un producto final llamado áridos o agregados utilizables para la construcción de nuevas capas de firmes.

La demolición de pavimentos de concreto se debe realizar separadamente de los materiales procedentes de las capas adyacentes, durante la demolición se debe seleccionar los pavimentos dañados por reacciones de álcali sílice (RAS), es recomendable aplicar la técnica más apropiado para realizar la demolición y reciclaje, es recomendable evaluar o realizar estudios previos antes de su demolición, como recopilar información técnica de su existencia, inspección visual para detectar anomalías en los pavimentos, recopilación de información sobre la cantidad de materiales y calidad que se va a reciclar.

Figura 13. Flujoograma de reciclado



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.6. Reciclado de losa de Concreto Mediante técnica Rubblizing (Fragmentado)

La rehabilitación de losas de concreto a nivel nacional con elevado nivel de deterioro resulta ser un problema para los profesionales que se enfrenta muy frecuentemente, los pavimentos rígidos por sus características que poseen absorben en mayor porcentaje las solicitaciones del tránsito y realizar la restauración para su condición inicial influye la adopción de técnicas sofisticadas, con altísimo costo e incierta efectividad. Resulta muy común cuando se realiza la restauración de pavimentos en poco tiempo vuelven a deteriorarse y aparición de fallas. Cuando el pavimento deteriorado se plantea como soporte con capas flexibles o rígidos (como es el caso de esta investigación), se debe tener en cuenta los puntos muy importantes como la parte homogénea y los movimientos de carácter vertical de losas. Pero ambos casos resultan difíciles de cumplir. La metodología de rubblizing nos ofrece un aliciente alternativo para dar solución a estos problemas.

(RMI Resonant Machines , 2019), empresa dedicada a proveer servicios de rublización y fragmentación de hormigón. La experiencia realizada de esta empresa

a través de la tecnología vibración y resonancia, indica que, puede realizar la fragmentación hasta 60 cm de espesor en partículas de tamaño uniforme y despega los refuerzos o mallas metálicas que se encontraban embebidos en la capa de la losa para una remoción efectiva. Este proceso de rublización ofrece muchos beneficios a comparación de otros métodos de rehabilitación de las carreteras. Tales como agrietamiento, asentamiento, remoción de escombros fracturados y reemplazo de superficie de hormigón.

La experiencia de esta empresa por más de 35 años de rublizing ha demostrado que, el proceso es 60% más económico en comparación con la construcción nueva, el rublizing reduce el tiempo de reconstrucción de la carretera permitiendo ahorrar a los contratistas, es un proceso ecológico que no causa daños al medioambiente fracturas las losas de hormigón existente completamente en tamaños uniformes luego se realiza la compactación para aplicar el capa de rodado, resultando una reconstrucción rápida y eficiente, entre los beneficios más resaltantes en este proceso es la reducción de utilización de agregados y costos de horas hombre, y una sola maquina puede realizar la terea con un rendimiento de 5800 m2 por día. Resonant Machines es el proveedor preferido en los países de Estados Unidos, países europeos, América Central y Sudamérica.

Figura 14. Proceso de Rubblizing por Vibración Resonante



*Fuente: Resonant Machines, rublización de carretera en EE. UU*

RMI, nos indica que aparte de realizar el proceso de rublización, si el proyecto requiere solo la demolición, se realiza mediante vibración resonante ya que es más efectivos que los martillos de caída alternado. Dado que la máquina de vibración resonante RB-500 pulveriza al concreto en partículas más pequeños, permitiendo que el transporte y carguío sea más eficiente incrementando la capacidad de transporte y con beneficio de ahorrar en combustibles, tiempo y dinero. Los materiales finales cumplirán con los requisitos de calidad de según las exigencias de Ministerio de Trasportes de cada país.

El proceso de rublización destruye completamente la losa de concreto para que se puede reutilizar inmediatamente como una capa de base granular, y a la vez elimina los siguientes problemas que afectaba a las losas de concreto.

- Elimina reflejo de grietas
- Pérdida de las uniones, desintegración de en las juntas escalonamiento
- Daños por la humedad
- Calles en mal estado o dañados por fallas geológicas
- Elimina la reacción de álcali sílice (RAS)
- Elimina efecto de bombeo
- Elimina todas las fallas del hormigón como: escalonamiento, deterioro de juntas, desgaste de superficie, entre otros.

#### **a. Rubblizing con rompedor resonante**

Al realizar la rublización con esta tecnología de vibración resonante no llega a destruir la capa adyacente subbase que, se encuentra en debajo de la losa de concreto a diferencia de otro método como el martillo de caída, esta tecnología fragmenta con amplitud baja (3/4”) la losa y frecuencia alta (44 Hz) en ángulo de 45° del plano de corte. Esta máquina llega a golpear 44 veces por segundo logrando que la losa se fragmente completamente impactado por una fuerza de 2000 libras de presión, incluso las mallas de aceros que han reforzado a las losas se desprenden con facilidad sin generar daño del material de subbase ni las instalaciones que se encuentran en el subterráneo de servicios públicos, toda la

energía impactada de alta frecuencia es absorbida por la losa de concreto y la amplitud baja no permite que pasen pedacitos fracturados hacia la subbase.

(Thenoux, González, & Gonzáles, 2004), el desarrollo de “rubblizing” en la pavimentación de concreto empleando un bloque resonante, los autores definen como triturar y pulverizar in-situ del pavimento que existe, empleando un equipo especial. Después de triturar y pulverizar resulta ser alta de calidad alta, luego se coloca una capa de manto asfáltico recuperando las características estructurales y funcionales de la pavimentación, o lo que comúnmente se retira el material y se traslada al botadero. Este procedimiento genera grandes ventajas como: técnicas, medioambientales y económicas comparados frente a otros métodos tradicionales de constructivos.

Figura 15. Equipo fragmentador de losa de concreto RB-500



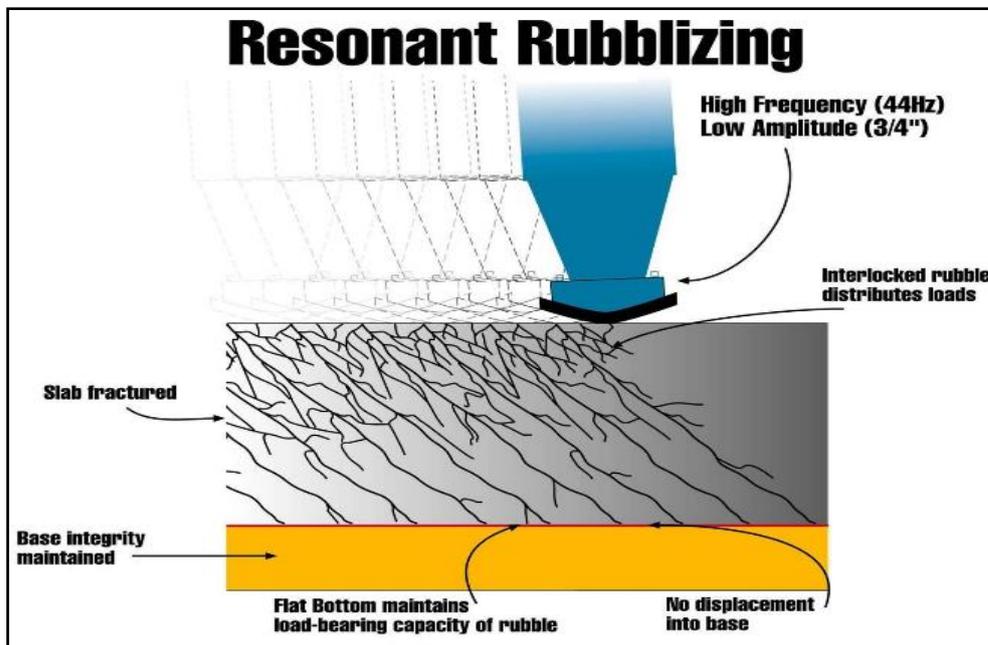
Fuente: Resonant Machines (RMI)

Figura 16. Viga resonancia del equipo RB-500



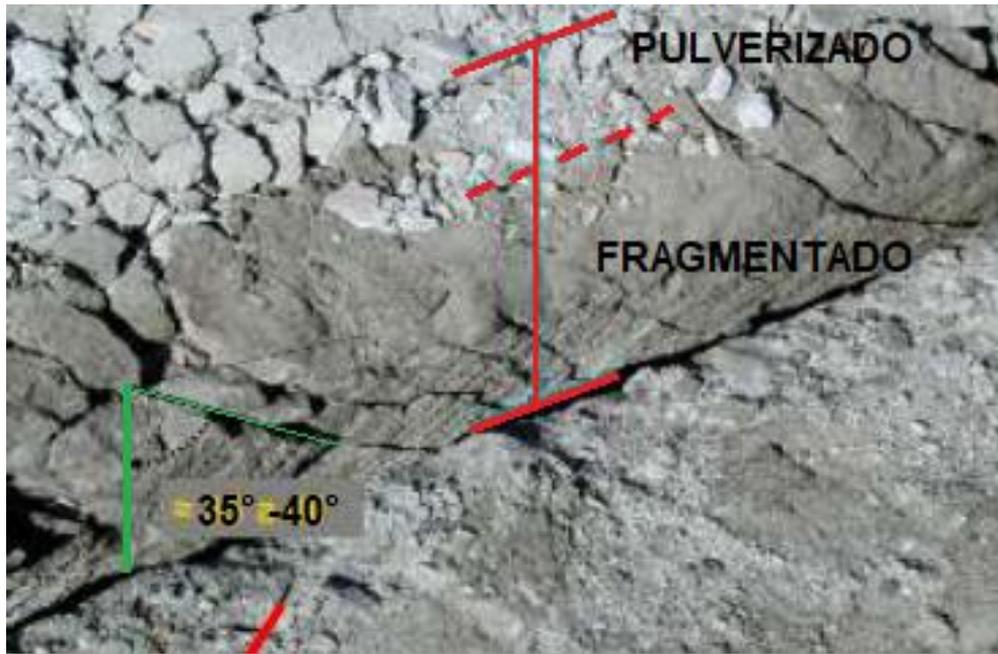
Fuente: Resonant Machines (RMI)

Figura 17. Patrón de fractura inducido en la losa de hormigón



Fuente: Resonant Machines (RMI)

Figura 18. Resultado de losa fracturada mediante vibración resonancia



*Fuente: Adaptado de rehabilitación de pavimentos rígidos con tecnología rubblizing experiencia local, Argentina*

Una vez que el mazo empieza a vibrar con la amplitud y frecuencia óptimas, en la trituración y pulverización de la losa de concreto, la maquina emplea una velocidad de 10 km/h dependiendo de las características de la losa, es resultado de ese golpe son pedazos de hormigón y fuertemente ligados entre sí, y se asimila a un manto granular de muy buena calidad.

Figura 19. Características de la maquina RB-500

### Información del Equipo de Triturado

- **Tamaño de motor .....350 a 600 Hp**
- **Ancho de brazo .....18 a 26 pulgadas (45.7 – 66 cm.)**
- **Martillo rompedor..... 6 a 12 pulgadas (15.2 – 30.5 cm.)**
- **Contrapeso..... 12.000 a 20.000 lib. (5.436–9.060 kg.)**
- **Peso total ..... 60.000 a 70.000 lib. (27.180–31.710 kg.)**
- **Neumáticos de flotación...Para condiciones con base blanda**

El equipo se selecciona de acuerdo a requerimientos del tipo de pavimento y a las condiciones de la subrasante



Fuente: Resonant Machines (RMI)

#### b. Rubblizing con martillo de caída (Drop Hammer)

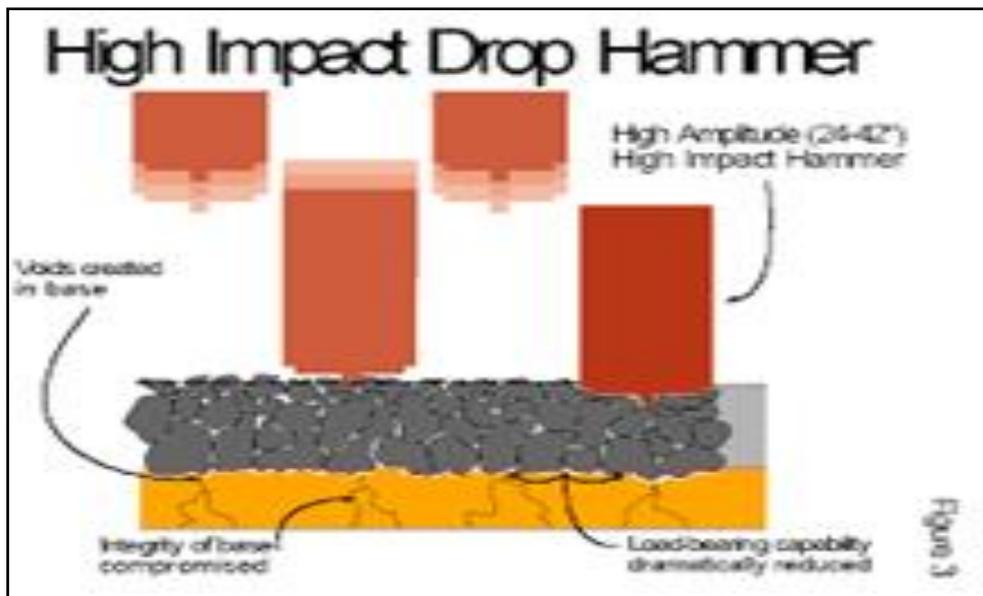
(Thenoux, González, & Gonzáles, 2004), este equipo posee entre 12 – 16 martillos con peso propio de 550 kilos en promedio cada uno, montada en pares de dos filas, cada par de martillos se deja caer desde una altura 1.5 m sobre la losa de concreto, realiza este ciclo de caída y nuevamente se levanta y se deja caer este proceso logra impactar 35 veces por minuto como máximo, esta máquina impacta con (alta amplitud, baja frecuencia), la desventaja de emplear este equipo es porque ocasiona daños en la capa adyacente a la loseta de concreto y afectan las instalaciones subterráneas debido al fuerte impacto, además requieres de una compactación pesada con rodillos de alto tonelaje.

Figura 20. Equipo de desintegración por impacto



Fuente: Antigo

Figura 21. Aplicación de martillo de caída



Fuente: Resonant Machines RMI

### c. Características del hormigón fracturado

(RMI Resonant Machines , 2019), las estructuras de losa de hormigón fracturado de debe ser degradado adecuadamente para prevenir reflejos de grietas, debe estar fracturado a lo largo y la unión entre el concreto como también cualquier refuerzo adherido debe ser destruida y separada, todo este proceso se debe

realizar sin causar daños a la subbase, una vez reparado la losa mediante esta metodología las cargas de tránsito pesado no causarán nuevamente la reflexión de grietas, estipulando de que el material fracturado retenga el máximo módulo, valor estructural máximo y habilidad máxima de distribución de carga de la superficie a través de una base más amplia. Para lograr el módulo máximo con este proceso se debe realizar en fracturado en ángulos de 45° con respecto al plano de corte, este patrón de fractura angular permite que se logre un mayor módulo que aquel logrado con el patrón vertical, lo cual distribuye la carga en mayor área logrando como resultado un mayor módulo a comparación de otros métodos, el coeficiente de una base de piedra triturada resulta ser de 0.14, es de una base estabilizada es de 0.25, y de una losa fracturada a través del método vibración resonante en una base sustancial puede variar entre 0.25–0.28.

#### **d. Rodillado del material resultante (fracturado)**

Inmediatamente después de la jornada de publicación se procede con la compactación y/o aplanar el material que resulta de los equipos de rodillos vibratorios de 10 toneladas, con la plancha y el rodillo consisten en realizar por lo menos 4 veces sobre el elemento rublizado del desarrollo de fracturado, empleando un equipo de rodillo liso que vibra a disminución en la amplitud y frecuencia alta, maniobrando que la velocidad no sobrepase los 6,5 kilómetros por hora y debe realizar lentamente y evitar giros, así mismo el aceleramiento y bruscos frenados.

Una vez realizado el trabajo de compactación del material triturado, se coloca la capa de asfalto como recubrimiento del espesor indicado en los perfiles de los pavimentos. El máximo tiempo es de 48 horas para el proceso mencionado, salvo que ocurra imprevistos durante el proceso como la lluvia, en caso de ser la lluvia se deberá esperar el tiempo necesario hasta que la superficie fracturada quede seca y drenada en su totalidad y se debe considerar las siguientes acciones de no considerar en colocar el imprimante entre la capa de fracturación y la primera capa de mezcla de asfalto en caliente.

#### **e. Diseño estructural para el espesor de recapado**

Uno de los métodos más confiables para el diseño estructural acerca del elemento en trituración/pulverización del AASHTO 1993, además, existen medios de diseños desarrollados por el Asphalt Institute 1995 y NAPA 1991. De todas las metodologías de diseño el espesor de diseño recapeado se calcula a función estructural requerida para la satisfacción de la demanda requerida a futuro, el espesor requerido se determina empleando la siguiente ecuación.

$$SN_{o1} = a_{o1} * D_{o1} = SN_f - SN_{eff} \quad (1)$$

Donde:

$SN_{o1}$  = Numero estructural requerido para el recapado

$a_{o1}$  = Coeficiente estructural de la capa de mezcla asfáltica

$D_{o1}$  = Espesor requerido para el recapado

$SN_f$  = Numero estructural requerido para tráfico futuro

$SN_{eff}$  = Numero estructural efectivo del pavimento existente después del pulverizado.

Para realizar el cálculo del  $SN_f$  se debe determinar el tráfico (Ejes Equivalentes), Módulo Resiliente ( $M_R$ ), Serviciabilidad Inicial ( $p_i$ ), y Final ( $p_f$ ), Confiabilidad ( $R$ ) y Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ).

$SN_{eff}$  se determina utilizando la ecuación de Número Estructural siguiente

$$SN_{eff} = a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2)$$

Donde:

$D_2, D_3$  = Numero de la losa fracturada y base.

$a_2, a_3$  = Coeficiente estructural correspondiente a cada capa

$m_2, m_3$  = coeficiente de drenaje para la losa fracturada y la subbase granular

el espesor requerido de la losa para el recapado se calcula con la siguiente ecuación.

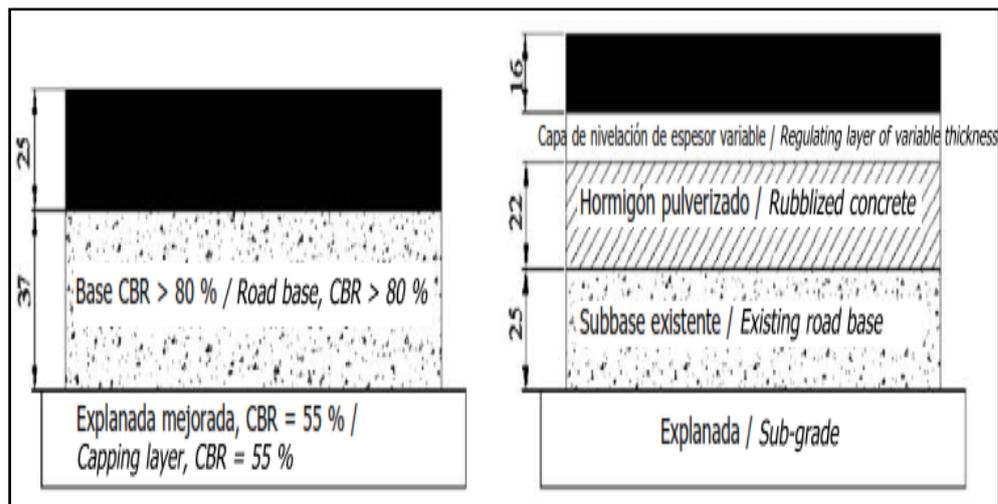
$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{(SN_f - SN_{eff})}{a_{ol}} \quad a_{ol} = \text{Coeficiente estructural del recapado} \quad (3)$$

Tabla 2. Coeficiente estructural recomendado para la capa pulverizada NAPA, 1991

Confiabilidad (%)	$a_2$
75	0,34
85	0,30
90	0,29
95	0,26
99	0,20

Fuente: técnica de trituración/pulverización de pavimentos, Thenoux y Otros

Figura 22. Sección típica de pavimento rublizado



Fuente: técnica de trituración/pulverización de pavimentos, Thenoux y Otros

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a los antecedentes que se revisó, el presente trabajo de investigación es de **tipo aplicada**, debido que se busca la generación de información para la aplicación directa a las inconsistencias presentadas en el sector productiva, basadas en los resultados tecnológicos del estudio básico, ocupándose así de método de enlace entre la teoría y el producto, además dicho tipo de estudio tiene como propósito resolver una determinado inconsistencia enfocándose en la búsqueda y la consideración del conocimiento, cabe mencionar este tipo de investigación guarda una muy estrecha relación con la investigación básica dado que, depende de los descubrimiento de esta última y siempre enriquece de dichos conocimientos. De acuerdo con Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) las investigaciones aplicadas, se basan en resultados de las investigaciones conocidas como básicas y que estén orientadas en resolver problemas en la sociedad (p. 136).

Esta investigación es de enfoque **cuantitativo** porque vincula procesos matemáticos y numéricos. Actualmente, añade opciones en grupo para la obtención de teorías reales. Se debe seguir un proceso adecuado analizando y vinculando procesos estadísticos, con ello llegar a las respectivas conclusiones ligadas a las hipótesis. Por ello, el enfoque cuantitativo compruebas las posibles respuestas mencionadas al principio de la investigación (Hernández y Mendoza, 2018).

Al enmarcarse en el enfoque cuantitativo, el diseño corresponde a una investigación de carácter **no experimental**, es decir, la investigación está incluida en un grupo metodológico y técnico que ejecutan para obtener información y data necesaria acerca del tema y la problemática, con la finalidad de comprobar la hipótesis establecido; para lo cual se apoya en base de ensayos técnicos en laboratorios, con la misma se manipuló a las variables independientes de manera intencional para medir el grado de afectación a la variable dependiente, estableciendo así una relación de causa – efecto.

La investigación es de nivel **descriptivo - explicativo**, ya que explica por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se da éste, o porqué dos o más variables estas relacionados. Niño (2011), afirma que, “sostiene en estudiar las consecuencias de las cosas, así como acciones de la realidad para responder cualquier cuestionamiento necesario, a fin de saber porque ocurren los sucesos (p. 35).

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variable dependiente:**

##### **Rehabilitación de pavimentos rígidos**

###### **Definición Conceptual**

Los proyectos de rehabilitación de pavimentos rígidos han trata de forma histórica de conservar condiciones seguras referente a la transitabilidad direccionando las inversiones de forma básica en reparaciones parciales de la calzada en el espesor de las capas inferiores que se considere necesario para alcanzar estratos firmes. No obstante, en algún caso más críticos se ha adoptado la demolición total del pavimento rígido y la ejecución de una nueva estructura. (Mario, Noste, Diana Calnelli, Juan Pablo Raffaelli, 2020).

###### **Definición Operacional**

Existen varios daños con respecto a la pavimentación para la justificación y la realizar una reparación, de forma frecuente las averías de diferente intensidad, se intuye la remoción, así como el reemplazo al menos de una parte de la losa en todo su espesor, con el propósito de reponer secciones deterioradas (Euclid Group Toxement, 2017).

#### **3.2.2. Variable independiente:**

##### **Explotación de canteras**

###### **Definición Conceptual**

La explotación de los áridos se desarrolla de forma habitual en canteras a cielo abierto, donde la concepción, así como el diseño de las explotaciones, incurren con el procedimiento operativo a emplear varía, de acuerdo como se trate de extraer

rocas masivas o materiales sin consolidar en vía seca o en vía húmeda. (Fundacion MAXAM, 2017)

### **Definición Operacional**

Es fragmentar la roca en un tamaño, con distribución específicas de tal manera que esta se optimice el método posterior de transporte y machaqueo, sin comprometer la seguridad, reduciendo los efectos ambientales, donde la carga se direcciona el material a las plantas de tratamiento, en esto pasa por sucesivas fases de reducción de tamaño a través de los equipos trituradoras de mandíbulas

Una vez aminorado el elemento que sale, es quebrado por tamaños, mediante cribas y clasificadoras para ser ajustado de acuerdo a las especificaciones granulométricas de los productos comercializable, con respecto a la dimensión, fracciones granulométricas  $d/D$  entendido entre el tamaño superior (D) e inferior (d) (Fundacion MAXAM, 2017) .

### **Impacto ambiental**

#### **Definición Conceptual**

El impacto ambiental (IA) consta de alterar el ambiente sea desfavorable o favorable, afectando las condiciones de la sociedad, que en consecuencia se refiere al desarrollo de una acción o actividad humana (Juan Pérez, 2017).

#### **Definición Operacional**

El impacto ambiental consta de la diferencia entre el contexto del ambiente futuro modificado y la situación del ambiente futura, identificando y evaluando la misma (Juan Pérez, 2017).

### **Presupuesto**

#### **Definición Conceptual**

De acuerdo con Salinas (2018) que los Costos y Presupuestos, son conceptos que se encuentran relacionados dado que no existe presupuesto sin costo y un costo por sí solo aplicado a una cantidad de metrado determinado.

## **Definición Operacional**

El presupuesto consta de la herramienta que tiene como propósito establecer de forma adelantada los costos ejecutados del material de un proyecto, realizando a base de análisis de precios unitarios, costos indirectos, metrados, especificaciones técnicas, planos, condiciones de ejecución y más (Salinas Seminario & Huerta Amoretti, 2018).

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Se define como el conjunto de unidades a asimilar que tiene las propiedades que son esenciales a ser consideradas. La población pueden ser personas, objetos y otros (Ñaupas et al., 2018, p.334). Para la presente investigación la población está conformada por la Avenida Independencia que tiene una longitud de 1634.68 m.

#### **3.3.2. Muestra**

Con respecto a Arias (2021) no existe un conjunto establecido, no obstante, es relevante que se defina verídicamente (p. 116), debido que, se evaluará el tramo de la Avenida Independencia, la muestra será representativa de la población y para fines de esta experimentación se toma 500 m de longitud.

#### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo es **no probabilístico** porque el investigador elige a criterio subjetivo a la muestra representativa de la población y no fue elegida al azar.

Para las muestras no probabilísticas, se debe tener en cuenta que el contenido y los factores del proyecto en la investigación, más no de un argumento no probabilístico (Hernández y Mendoza, 2018).

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

#### **3.4.1. Técnica**

Según Niño (2011) menciona que es la labor en el estudio, que son denominados como procedimiento, que se aplicará en el estudio” (p. 30). La técnica que se aplicó en la presente investigación es la observación, porque consta de un método más confiable que se encuentra cerca a la verdad.

A la vez, el mismo autor indica que la observación nos facilita tener conocimiento del mundo cotidiano con la finalidad de evadir sus peligros, con la finalidad de cumplir con sus requerimientos” (p. 62).

#### **3.4.2. Instrumento de recolección de datos**

Por lo tanto, para las variables, se aplicará diferentes instrumentos, como ensayo en campo con el propósito de encontrar resultados confiables. Baena (2017) menciona que constan como un sustento de la técnica con el propósito de que se desarrolle con lo establecido (p. 83).

#### **3.4.3. Validez**

El desarrollo del estudio, logró ser validado por juicios de expertos en el área de la ingeniería civil, que consiste para la validación de los instrumentos que se aplicaron en la aplicación de las pruebas en laboratorio, con las firmas de tres especialistas se dará mayor consistencia a los instrumentos propuestos. Para Hernández y Mendoza (2018), la validez debe ser autentico, con el propósito de puntualizar las variables del estudio.

#### **3.4.4. Confiabilidad**

La confiabilidad consta de que el instrumento de recolección de datos debe medir de manera equitativa cada vez que se logre emplear, con la finalidad de establecer las causas similares y en el cual se pretendan alcanzar a mutuo acuerdo (Valerino, y otros, 2015).

Antes de realizar el ensayo respectivo se ha constatado que, los equipos para los ensayos deben tener el certificado de calibración actual.

### **3.5. Procedimiento**

Se evaluará el pavimento rígido de la Av. Independencia con el propósito de obtener información, para ello se debe contar con un registro de deterioro mediante la observación en campo, para evaluar el nivel de daño que presenta el pavimento rígido. Esta etapa es de gran importancia, porque se efectúa el análisis por sectores teniendo en cuenta los criterios evaluativos de la técnica Rubblizing, adicionalmente se evalúa la parte económica y ambiental del mismo. Así mismo, se realizará el diseño de refuerzo de la capa asfáltica mediante metodología AASHTO 93; con ello se logrará obtener resultados y conclusiones relevantes.

### **3.6. Métodos de Análisis de Datos**

En esta etapa, la información de los daños será empleado para evaluar y analizar el nivel de deterioro de la carretera y si necesita emplear la técnica Rubblizing. Se utiliza el Microsoft Excel para los metrados y el S10 para el análisis de costos unitarios. En la próxima etapa se analizará técnica y presencialmente la Av. Independencia, cuyo fin será analizar las condiciones reales del pavimento evaluado.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Para Hernández y Mendoza (2018), la ética estudia la moralidad. Se da como verdaderos los resultados conseguidos para el estudio sin alterar la data, con el propósito ser calculados y evaluados. Para la validación se tiene ayuda de un profesional competente del tema.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Ubicación

#### 4.1.2. Ubicación política

En el presente estudio de investigación se realizará la propuesta de rehabilitación de pavimentos rígidos, empleando la técnica rubblizing para su reutilización de losas de concreto que se encuentran fatigadas.

Región : Ayacucho  
Provincia : huamanga  
Distrito : Ayacucho  
Lugar : Avenida Independencia

#### 4.1.3. Ubicación geográfica

Mediante la utilización del equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y Google Earth Pro se obtuvo las coordenadas del eje de la calle, el cual presenta una longitud de 1.5 km.

Figura 23. Georreferencia del tramo en estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Coordenadas geográficas del tramo en estudio

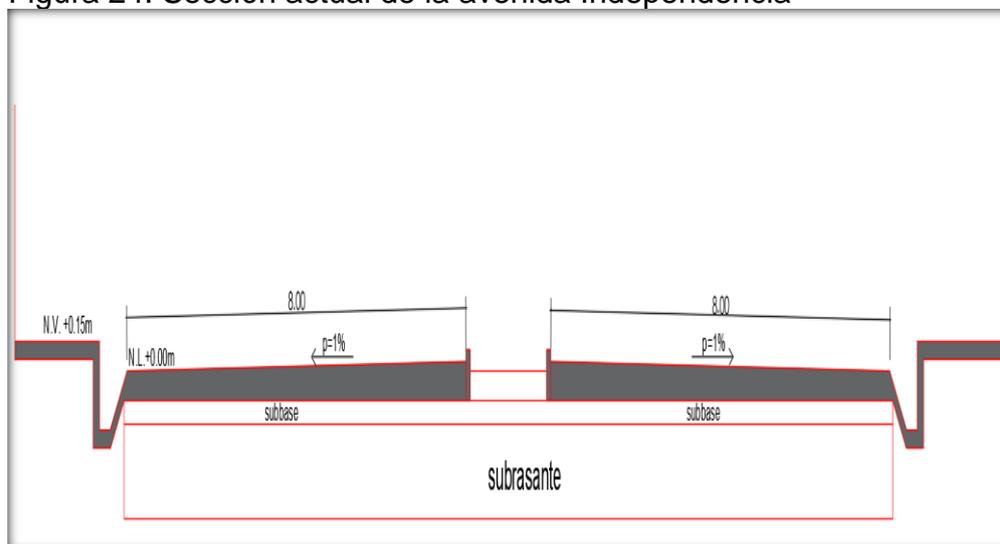
Descripción	Progresiva (km)	Norte (m)	Este (m)
Inicio del tramo	0+000	8545596.29	584112.64
Final del tramo	1+500	8546834.10	583627.21

Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.2. Evaluación del Proyecto

El proyecto en estudio a rehabilitar es una de las avenidas importantes de la ciudad de Ayacucho, siendo una de las vías más transitadas debido a que desembocan a 3 puntos de entradas y salidas principales, las cuales están, vía los Libertadores, avenida 26 de enero y avenida Venezuela, sobre todo estas avenidas conectan a las salidas y entradas con otras ciudades vecinas, cabe destacar que, la vía constituye 1 calzada por sentido, divididas por un separador central. El tramo en estudio para la evaluación del proyecto abarcará desde el Jr. Quinua con progresiva inicial 0+000 km hasta la salida de vía los Libertadores con progresiva final 1+500.00 km. La avenida está conformada por un pavimento rígido de 25 cm (10") de espesor.

Figura 24. Sección actual de la avenida Independencia



Fuente: *Elaboración propia*

Según la evaluación que se realizó, la avenida cuenta con doble sentido de circulación, asimismo, cada calzada de circulación tiene dimensiones de 8 m, el pendiente de bombeo está a 1% con dirección hacia las cunetas que, están

construidas paralelamente en el lado derecho de la calzada en cada sentido de circulación.

Figura 25. Vista panorámica de la avenida Independencia



Fuente: *Elaboración propia*

#### **4.2.1. Estudio de tráfico**

El estudio de tráfico se elaboró siguiendo las consideraciones del tráfico vial según el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, este estudio se realizó con el propósito de identificar los tipos de vehículos y volumen de tráfico vehicular que, circular por la dicha avenida para determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA). El aforo se ha efectuado dentro del tramo en estudio que, comprende desde el km +000 hasta el km 1+500 de la avenida Independencia, para realizar el aforo se ubicó en el punto estratégico en el km 0+700 durante 8 horas del día y los 7 días de la semana en ambos sentidos de la circulación.

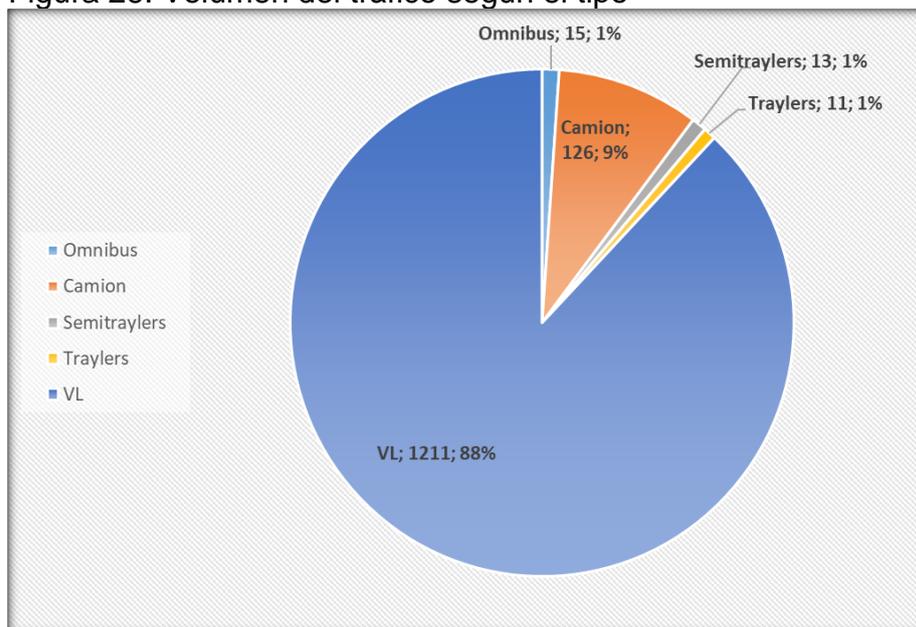
En el estudio del tráfico vial en la avenida independencia, se consideró los datos actuales del año 2021, así como factores de corrección para vehículos livianos 0.9394, vehículos pesados 1.0234, tasa anual de crecimiento para vehículos livianos 1.18%, vehículos pesados 2.60% y el tiempo de vida útil del pavimento 10 años. Para evidenciar los cálculos en hojas de Excel se le adjunta en el anexo del presente proyecto, a continuación, se muestra los resultados en las tablas e imágenes.

Tabla 4. Cuadro de vehículos identificados

Descripción	Ejes	Cantidad	Total
Ómnibus	2E	5	15
	3E	8	
	4E	2	
Camión	2E	74	126
	3E	0	
	4E	52	
	2S1	0	
	2S2	1	
Semitraylers	2S3	0	13
	3S1	0	
	3S2	5	
	>=3S3	7	
	2T2	0	
Traylers	2T3	0	11
	3T2	4	
	>=3T3	7	
VL	Automóvil	471	1211
	S. Wagon	165	
	Pick Up	217	
	Panel	33	
	Rural	68	
	Micro	257	
<b>TOTAL</b>			<b>1388</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Volumen del tráfico según el tipo



Fuente: Elaboración propia

Según el conteo vehicular de acuerdo a los resultados se muestra que, el Índice Medio Diario Semanal (IMDS) es 1376 veh/día que circulan por la avenida, de la misma manera el Índice Medio Diario Anual (IMDA) es 1394 veh/día y por lo tanto el 88% corresponden a la clasificación de vehículos livianos (VL), en seguida se tiene al vehículo de tipo camión con 9%, cabe destacar que esta avenida es más transitada por los vehículos livianos.

Tabla 5. Cálculo de ESAL

Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.60 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	10
Factor Fca vehículos pesados	Fca	11.25
N° de calzadas, sentidos y carriles por sentido		2 calzadas con separador central, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.40
<b>Número de ejes equivalentes EE</b>	<b>ESAL</b>	<b>1 476 475</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado se obtuvo número de ejes equivalentes (EE) para  $W_{18}$  que, corresponde 1,476,475 en el anexo se adjunta la hoja de cálculo en Excel completo.

#### 4.3. Evaluación Superficial del Pavimento

El tramo en estudio de la avenida independencia consta de 1.5 km desde la intersección de Jr. Quinoa con el final de la Av. Asamblea hasta la intersección de la Av. Javier Pérez de Cuellar entre el comienzo de vía los Libertadores. Se puede señalar que, está combinado por una pavimentación rígida con juntas transversales y longitudinales en todo el tramo, no obstante, existen 2 factores notables que afectan la compostura de la carretera y a la vez posible origen de los daños prematuros y deterioro apresurado.

Como el factor inicial se debe a las refacciones y mantenimientos de nuevas conexiones de servicios suministros como desagüe y agua, instalaciones de cables de comunicación subterráneas, etc. El próximo factor son las reconstrucciones de losas deteriorados con baches que, han sido demolidos para generar dichas reparaciones. Para los factores han llevado a realizar nuevamente el vaciado de

concreto, hasta el nivel de la rasante de la vía, producto de estos mantenimientos han quedado la superficie con diferentes combinaciones de entramados. Este ejemplar de cambio de un elemento a otro y la falta de colocación de juntas para dilatar entre secciones ha originado un deterioro desequilibrado en la parte superficial de la rodadura debido a los desniveles y esfuerzos de tráfico. Asimismo, la peladura, el fisuramiento y despostillamientos de la superficie y en la estructura del pavimento. Así también las fallas pueden ocurrir por la inestabilidad de subbase que, en el proceso constructivo ha carecido en la compactación, o el material afirmado no tenía características requeridas para alcanzar a su máxima densidad, la cual ocasiona después de un cierto tiempo como asentamiento ocasionando rajaduras de la losa cuando éste se encuentra en bajas sollicitaciones de altas cargas del tráfico.

En la evaluación que se realizó de manera visual el pavimento rígido se encuentra en la mayor parte de su estructura completamente fatigada, como consecuencia de altas cargas de tráfico, cabe destacar que se identificó diferentes tipos de fallas tanto superficialmente como estructuralmente, a continuación, se muestra las fallas encontradas en las tomas fotográficas.

Figura 27. Aspecto visual de reparaciones de las conexiones de suministros



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 28. Falla por grietas transversales



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 29. Falla por grieta en longitudinales y transversales



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 30. Falla por fisura en bloques, fisura longitudinal y transversal



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Fallas por bloques con presencia de punzonamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Fallas por fisuras múltiples y roturas en bloques



Fuente: *Elaboración propia*

Figura 33. Falla por desintegración de baches



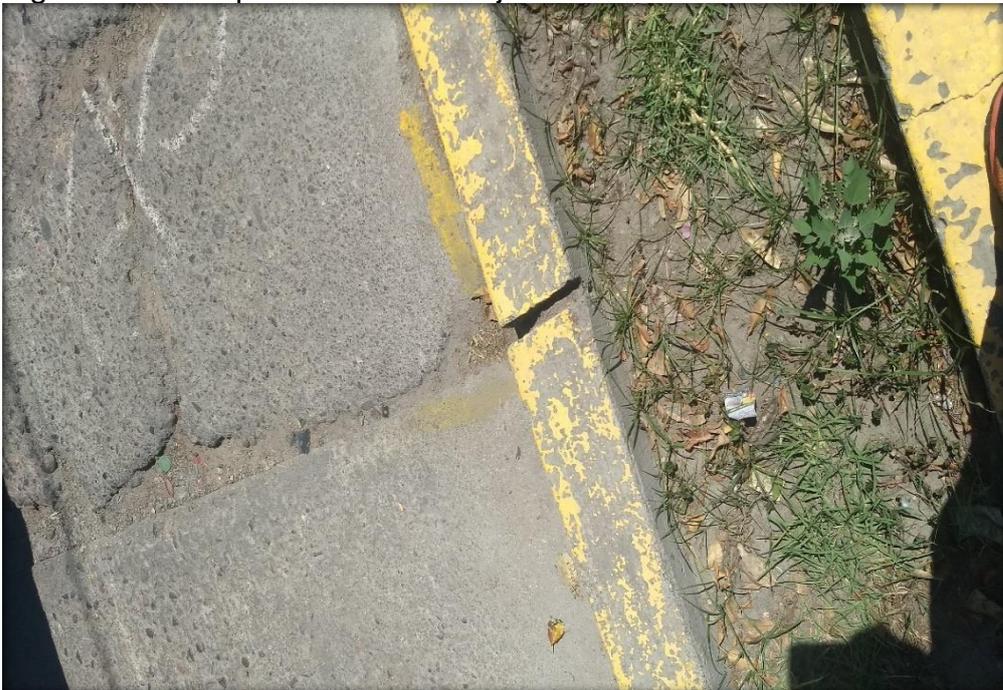
Fuente: *Elaboración propia*

Figura 34. Fallas por fisura longitudinal y piel de cocodrilo



Fuente: *Elaboración propia*

Figura 35. Falla por deficiencia en juntas transversales



Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.4. Evaluación de la subrasante y subbase del Pavimento

##### 4.4.1. Calicata de exploración

Se realiza la fosa de calicata exploradas dentro del tramo en estudio, en adelante se le asigna con nombre de C-1, la cual fue elegida a criterio del investigador, el cual se extrae muestras en conjunto suficiente que, permite deducir las propiedades del suelo.

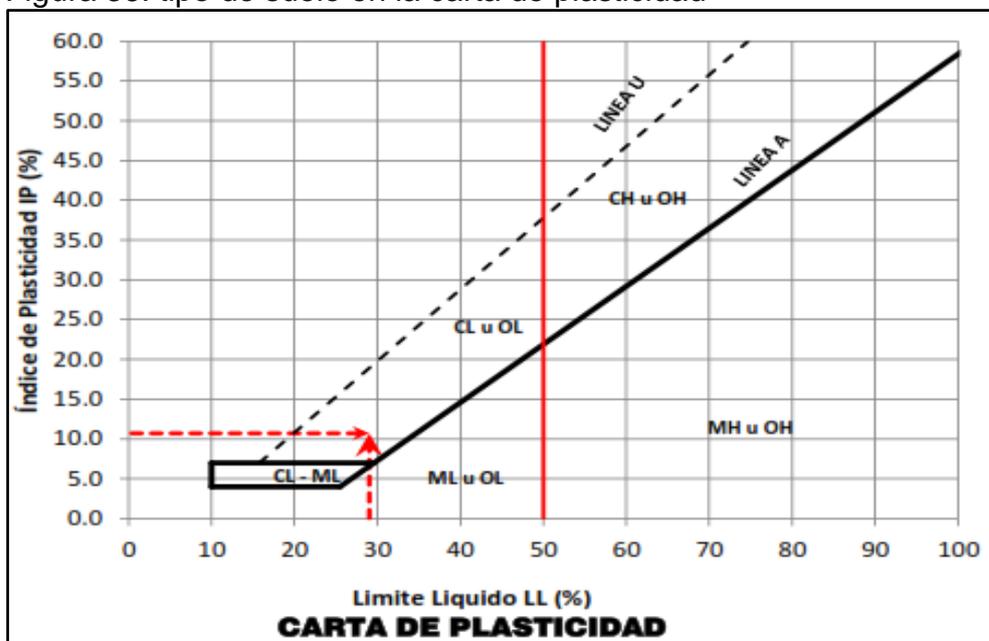
Tabla 6. Ubicación de calicata

calicata	progresiva	profundidad (m)	coordenadas	
			Norte (m)	Este (m)
C-01	0+700	1.50	8546523.15	584064.74

Fuente: Elaboración propia

Según los ensayos realizados se obtuvo los resultados tales como: mediante el ensayo granulométrico por tamizado se determinó lo siguiente, grava 50.5%, arena 42.4% y 7.2% de finos. Asimismo, se realizó la clasificación del suelo según la guía AASHTO y SUCS, dando como resultado A-2-6 (0) y GW-GC Grava bien Graduada con Arcilla y Arena.

Figura 36. tipo de suelo en la carta de plasticidad

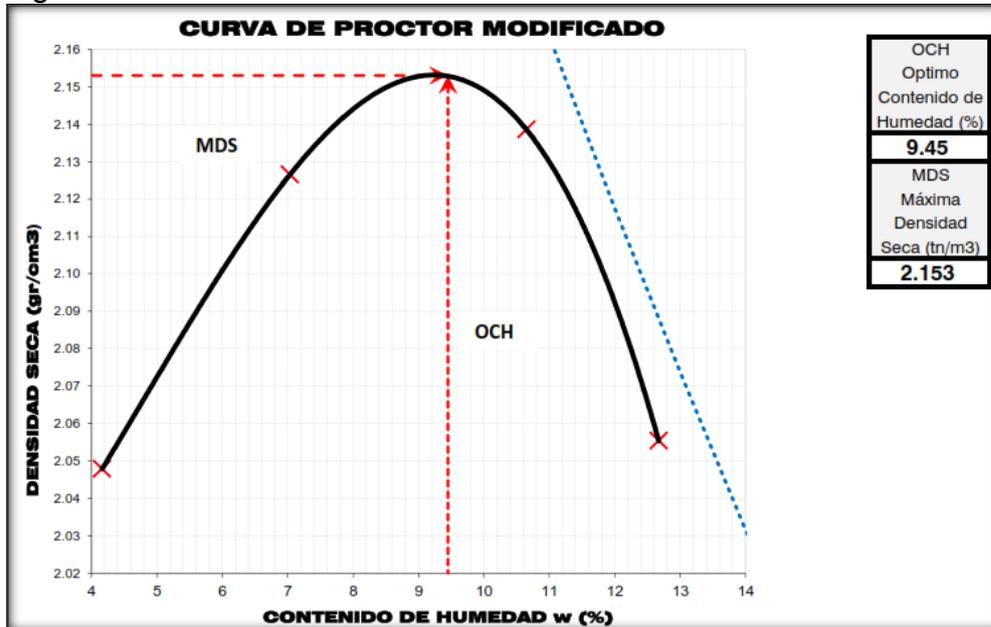


Fuente: Elaboración propia

En seguida también se realizó el ensayo de límites de atteterberg, el cual se obtiene los resultados de Límite Plástico (LP) 18.3%, Límite Liquido (LL) 29.0% y Índice de

Plasticidad (IP) 10.78%. Asimismo, se realizó compactación de suelos utilizando una energía modificada para determinar Proctor y CBR de la subrasante.

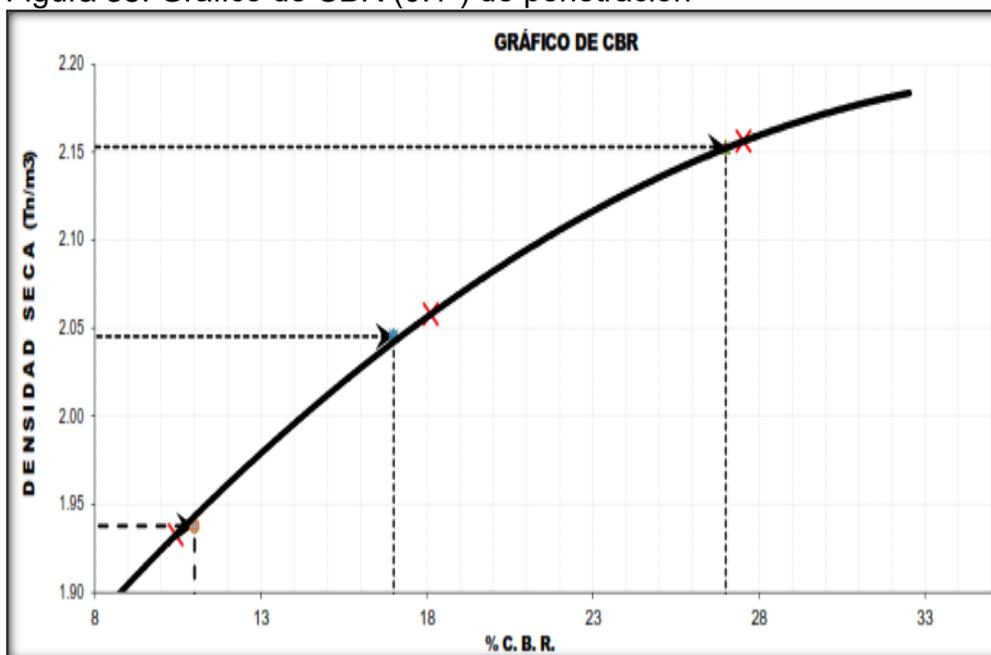
Figura 37. Curva de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo para (0.1" de penetración) se muestra de la siguiente manera: CBR al 100% de MDS es 27.0%, CBR al 95% de la MDS 17.0% y CBR al 90% 11.0%.

Figura 38. Gráfico de CBR (0.1") de penetración



Fuente: Elaboración propia

En relación a lo obtenido, se determinó que la estructura de la vía está configurada de la siguiente manera, espesor de losa de concreto hidráulico 25 cm (10") y el espesor de la subbase de 20 cm (8"). Asimismo, la subbase se conforma con material granular de afirmado apoyado sobre un suelo Grava bien Graduada con Arcilla y Arena, clasificando los suelos según AASHTO A-2-6 (0), un suelo con óptimas características mecánicas y físicas.

Figura 39. pavimento rígido existente



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. Método a Proponer Para la Reutilización de Losas de Concreto en la Rehabilitación de Pavimento Rígido

El método que se propondrá para la reutilización de losas de concreto en la rehabilitación de pavimentos rígidos, en el tramo en estudio ubicado en la avenida independencia es la técnica de "Rubblizing" (Fragmentado) utilizando la maquina rompedora resonante y conformando la superficie de rodamiento con pavimento flexible, para lograr una calzada de alto función estructural, con un periodo de servicio que sea mayor a los 10 años desde el día de rehabilitar, elimina los daños de reflexión por fisuramiento y reduciendo los defectos superficiales de rodadura y ofreciendo extraordinario condición de majo para los usuarios.

##### 4.5.1. Equipos Utilizados

El equipo a utilizar, para la reutilización de losas de concreto en servicio es el equipo rompedor resonante de modelo RB-500, ésta deberá estar facilitado con una viga resonante y martillo rompedor, para que pueda pegar a las losas de concreto que existe a una frecuencia alta entre 30 - 50 Hertz y con la ampliación baja entre 10 - 25 mm. La masa del martillo variara según espesor de la pavimentación y de

acuerdo a las premisas del equipo en particular y el ancho del martillo rompedor es de 20 o 25 cm.

Figura 40. Equipo rompedor resonante RB-500



Fuente: Resonant Machines Inc. RMI

El equipo de compactación logra ser de rodillo liso vibratorio simple, con amplitud, con una frecuencia distinta. No obstante, dicho rodillo vibratorio deberá contener un peso menor de 10 TN y debiendo estar en correctas condiciones mecánicas.

Figura 41. Rodillo liso vibratorio simple de 10 Tn



Fuente: Resonant Machines Inc. RMI

Figura 42. Rodillo liso vibratorio tándem de 10 Tn



*Fuente: Resonant Machines Inc. RMI*

#### **4.5.2. Proceso de Pulverizado/Triturado (fragmentado)**

El equipo rompedor resonante RB-500 pulverizará y triturará en la sección de las losas de concreto existente en su espesor completo, en la parte superior de 5-8 cm realiza el triturado y pulverizado mientras en la parte inferior restante lo fragmenta o fractura en ángulos de 30-45 grados, que avanza de manera longitudinal a lo largo del eje del camino vibrando el martillo rompedor a una amplitud y frecuencia fijada por el operador según respuesta que esté entregando el pavimento. En casos muy singulares el equipo podría trabajar también de forma transversal al pavimento.

Figura 43. Triturado y pulverizado, fragmentación de losas de concreto



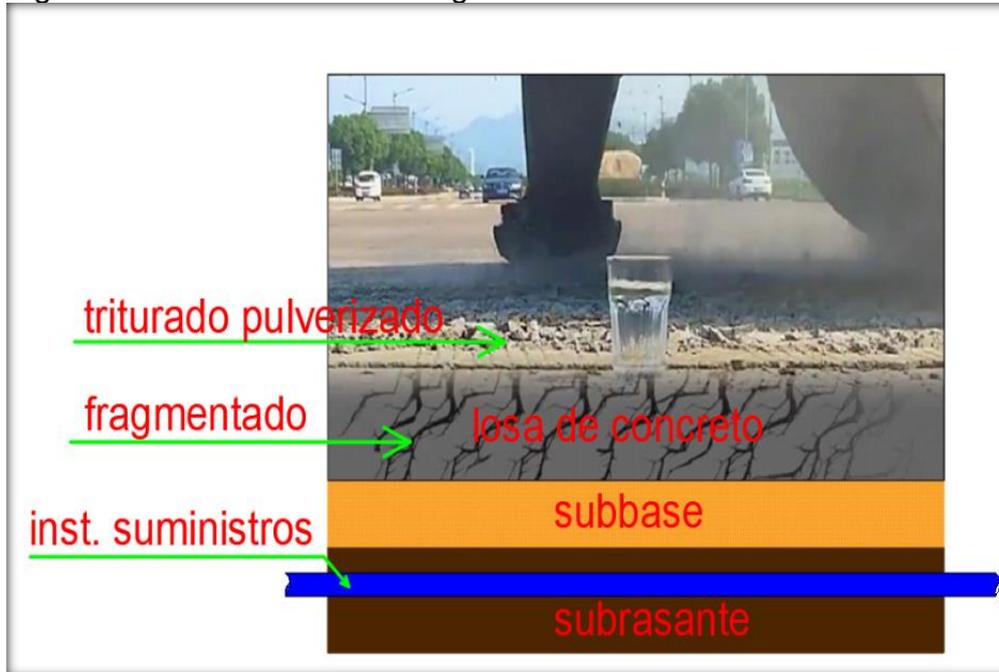
*Fuente: Resonant Machines Inc. RMI*

El pulverizado y triturado se realizará en toda la calzada disponible. Si esto no es posible debido a condiciones de proyecto o de tránsito, el equipo deberá siempre pulverizar y triturar losas hasta sus juntas longitudinales (y transversales). Se permite pulverizar y triturar hasta 1,5 veces el ancho de rueda de la losa adyacente, siempre y cuando esta también vaya a ser pulverizada y triturada dentro del mismo proyecto de construcción. Es recomendable que el proceso de pulverizado comience en el borde libre de la losa de concreto, no obstante, si las condiciones constructivas del proyecto lo recomiendan, el operador podrá determinar a realizar el proceso desde el eje de la calzada.

La técnica rubblizing mediante el equipo de rompedor resonante, realiza el triturado/pulverizado en toda la sección de la losa, la carga dinámica que efectúa la viga de resonancia es absorbida por todo el espesor de la losa, de manera que, en la parte inferior de la losa se fractura en trozos uniformes en ángulos de 30-40 grados con respecto al adyacente de la capa de la losa. Asimismo, ofrece ventajas ya que, nos permite la reutilización de la losa de concreto deteriorado en su mismo lugar, al realizar la fragmentación la capa de la losa se convierte en una base granular de alto modulo elástico, al ser fragmentada en trozos uniformes estas se entrelazan como rompecabezas trabándose fuertemente, dado que, este material fragmentado posee un rango de coeficiente estructural de pavimento rígido

sometido al proceso de rublizing el cual para espesores de la losa mayores a 22 cm están entre (0.25 - 0.30) 1/plg Además, la fuerza inducida por el equipo no afecta a las instalaciones subterráneas de servicios de suministros ni a las capas inferiores que se encuentran debajo de la losa.

Figura 44. Característica de fragmentación



Fuente: Adaptado de Resonant Machines Inc. RMI

Figura 45. Losa de concreto triturado pulverizado



Fuente: Resonant Machines Inc. RMI

### 4.5.3. Experimentación

Se realizó la experimentación empleando el equipo de roto martillo demoledor GSH 16-28, las especificaciones del equipo se adjuntan al anexo de esta investigación.

La experimentación se realizó en el tramo de la avenida Independia, para lo cual se ubicó en sector que presenta bastantes fisuras, para realizar la experimentación se requirió de la energía eléctrica para el funcionamiento de equipo martillo demoledor, con el equipo y energía suministrada se procedió a realizar la demolición de losa de concreto que tiene un espesor 25 cm obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la figura siguiente.

Figura 46. Fractura de losa de concreto con el martillo demoledor



*Fuente: Elaboración propia.*

En la imagen se muestra que, al inducir la vibración del martillo demoledor podemos observar que se fractura en forma diagonal desde el punto de impacto del martillo en diferentes direcciones.

Por la vibración del martillo la capa de la losa empieza a fisurarse en la parte superficie, al mismo tiempo al continuar con la vibración del martillo se logra fragmentar en forma perpendicular hasta alcanzar en todo su espesor de la losa,

asimismo, por la vibración del martillo primeramente en la parte superficie de la losa de concreto se empieza a pulverizarse/triturarse y luego en la parte inferior se fragmenta en trozos uniformes.

Figura 47. Pulverizado de la losa de concreto



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 48. Losa de concreto fragmentado



*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura la losa de concreto se ha logrado a fragmentarse en todo su espesor, por el impacto y vibración del martillo se logró agrietarse en forma vertical en tamaños diferentes.

Figura 49. Triturado de la losa en fragmentos



*Fuente: Elaboración propia*

Con la experimentación que se realizó se ha logrado el pulverizado/triturado y fragmentado en su parte inferior, como se puede observar en las figuras se lograron fracturarse en fragmentos de tamaños uniforme, sin embargo, no se asemeja a la particularidad de fragmentación que hace el equipo rompedor resonante mediante la técnica rubblizing, pero si se pudo entender de que, al pulverizar y triturar en partículas pequeñas, estas se acomodan y se entrelazan en las ranuras de los fragmentos.

#### **4.5.4. Compactación**

El desarrollo de compactado consiste en máximo 4 veces la misma sección con el rodillo liso vibratorio de 10 Toneladas. El número de pasadas de rodillo dependerá de las características del árido que conforma el pavimento de hormigón. A mayor contenido de material rodado, menor es el número de pasadas requeridas. Se recomienda que el número de pasadas definitivas sea ajustado en terreno, basado

en la apariencia superficial de la terminación (el compactado no persigue incrementar densidad, sólo alisar la superficie para recibir el equipo de colocación de mezcla asfáltica).

El compactado se realizará con menos amplitud y baja frecuencia. La velocidad del rodillo no podrá superar los 6.5 km/hora (1.8 m/seg). En dicho efecto del rodillo, debe ser lenta e impedir rotaciones, con aceleraciones, así como frenados bruscos.

Una vez culminado el compactado del elemento se puede colocar la capa de asfalto. Se recomienda realizar la construcción de la primera capa de asfalto durante la misma jornada en que se realizó el compactado para evitar dejar expuesta la superficie ya preparada.

#### **4.6. Diseño de pavimento**

El diseño de la configuración estructural se realizará mediante la metodología AASHTO y Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, para lo cual consideramos los siguientes datos de diseño.

##### **a. Datos del tráfico y propiedades de la subrasante**

- $W_{18} = 1,746,475.00$  Ejes Equivalentes
- $Tp6 =$  tipo de tráfico pesado expresado en EE
- Periodo de diseño = 10 años
- CBR de subrasante = 17%
- Módulo de resiliencia de subrasante  $M_r = 15663$ psi
- Confiabilidad (R) = 90%
- Coeficiente de desviación estándar para un periodo de 10 años ( $Z_r$ ) = -1.645
- Desviación estándar combinado ( $S_o$ ) = 0.45
- Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) = 4
- Serviciabilidad Final ( $P_f$ ) = 2.50
- Variación de la serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) = 1.5

##### **b. Coeficientes Estructurales de las Capas**

- Carpeta asfáltica en caliente  $a_1 = 0.17/\text{cm}$  capa superficial recomendada para todo tipo de tráfico.
- Rubblizing = 0.25 – 0.30, para espesor < 22 cm
- Base granular 40%, compactado al 100% de la MDS  $a_2 = 0.054/\text{cm}$
- Subbase granular 40%, compactado al 100% de la MDS  $a_3 = 0.050$

### c. Coeficientes de Drenaje de Capa

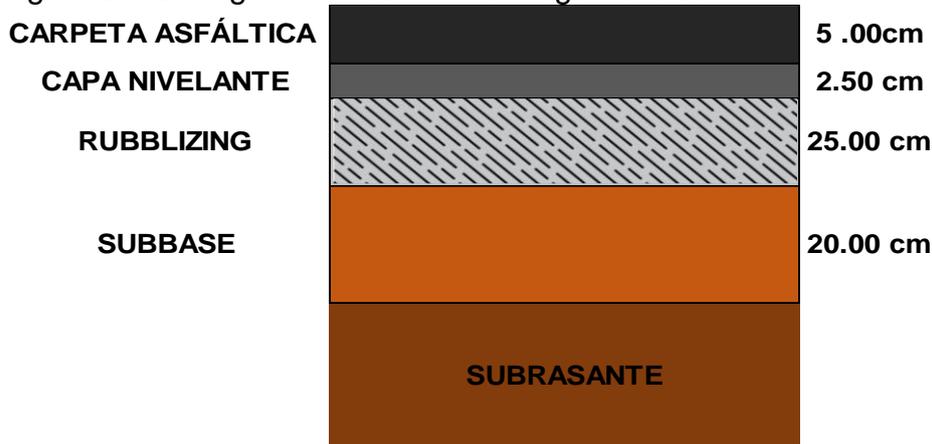
- Coeficiente de drenaje de Rubblizing = 1
- Coeficiente de drenaje de subbase (m2) = 1
- Coeficiente de drenaje de base (m3) = 1

Figura 50. Ecuación para cálculo de SN estructural

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Fuente: AASHTO

Figura 51. Configuración estructural según el diseño



Fuente: Elaboración propia

### 4.7. Costos de rehabilitación tradicional y rubblizing

siguiendo el procedimiento de análisis de costos unitarios se determinó el presupuesto, para realizar la rehabilitación de la avenida independencia empleando

la metodología tradicional considerando todas las partidas necesarias para una rehabilitación.

Tabla 7. Presupuesto mediante rehabilitación tradicional

**PROYECTO** : "REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA"

**REGIÓN** : AYACUCHO

**PROVINCIA** : HUAMANGA

**DISTRITO** : AYACUCHO

**LUGAR** : AV. INDEPENDENCIA

**AÑO** : 2021

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/)
01	OBRAS DE PAVIMENTACIÓN	5,586,409.70
02	REPOSICIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE, SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE REGISTRO Y CANAL	1,264,154.31
03	SEÑALIZACIÓN VIAL Y PINTADO	85,036.21
04	MITIGACIÓN AMBIENTAL	3,489.95
05	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	32,847.62
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>6,971,937.49</b>
	GASTOS GENERALES (8.07% CD)	562,621.43
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>7,534,558.92</b>
	GASTOS DE SUPERVISIÓN (5.04% CD)	351,638.39
	GASTOS DE LIQUIDACIÓN	15,000.00
	<b>PRESUPUESTO TOTAL DE OBRA</b>	<b>7,901,197.31</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 8. Presupuesto mediante rubblizing

ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio \$	Parcial \$	Parcial S/.
	Rehabilitación					
01	con Rubblizing	Km	1.5	680,000.00	1,020,000.00	4,202,400.00

*Fuente: Resonant Machines Inc. RMI*

se muestra en la siguiente tabla y al Determinaremos el costo en las partidas de requerimiento de agregados para la conformación de la nueva losa, demolición de losas de concreto existente, traslado de losas demolidas (escombros), hacia el depósito de materiales excedentes (DME).

En el tramo a rehabilitar tiene una longitud de 1,500.00 m con ancho de 8 m cada calzada, el espesor de la losa de concreto es 0.25 m, entonces el volumen total del concreto para conformar la nueva losa sería 6000 m<sup>3</sup>. Asimismo, el 70% del volumen conforman agregado grueso entre piedra chancada y arena gruesa que, sería la cantidad de 4200 m<sup>3</sup>.

Tabla 9. Costo de colocación de nueva losa por m<sup>3</sup>

Partida	01.03.03.03 CONCRETO f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup> CON 0.60 kg/m <sup>3</sup> DE FIBRA DE POLIPROPILENO PARA PAVIMENTO E=0.25 M.						
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>			581.64
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	21.75	34.80	
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	17.20	27.52	
0147010004	PEON	hh	10.0000	8.0000	15.53	124.24	
						<b>186.56</b>	
<b>Materiales</b>							
0205000041	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m <sup>3</sup>		0.7100	65.01	46.16	
0205010004	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.5200	60.00	31.20	
0221000001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bis		10.5000	26.50	278.25	
0230320008	FIBRA DE POLIPROPILENO 600g/bols	bis		1.0000	15.00	15.00	
0239050000	AGUA	m <sup>3</sup>		0.2100	0.50	0.11	
						<b>370.72</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	186.56	9.33	
0348010008	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 p3 18 HP	hm	1.0000	0.8000	5.81	4.65	
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	2.0000	1.6000	6.49	10.38	
						<b>24.36</b>	

Fuente: Elaboración propia

El costo que, asciende en esta partida de colocación de nueva losa de concreto es de S/. 3,489,840.00.

Tabla 10. Costo de demolición por m3 de losa de concreto

Partida	01.02.02	DEMOLICION DE ESTRUCTURA EXISTENTE (PAVIMENTO, CUNETAS, VEREDAS, ÁREAS VERDES, OTROS)				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m3		5.85
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0400	15.53	0.62
						<b>0.62</b>
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.62	0.03
0349040094	EXCAVADORA SOBRE ORUGA 235-195 HP	hm	1.0000	0.0200	259.99	5.20
						<b>5.23</b>

Fuente: Elaboración propia

En seguida el costo de demolición de volumen 6000 m3 resulta S/. 31,500.00.

El volumen para transportar producto de demolición de lasas de concreto (escombros) sería 7500 m3 considerando 25% de esponjamiento.

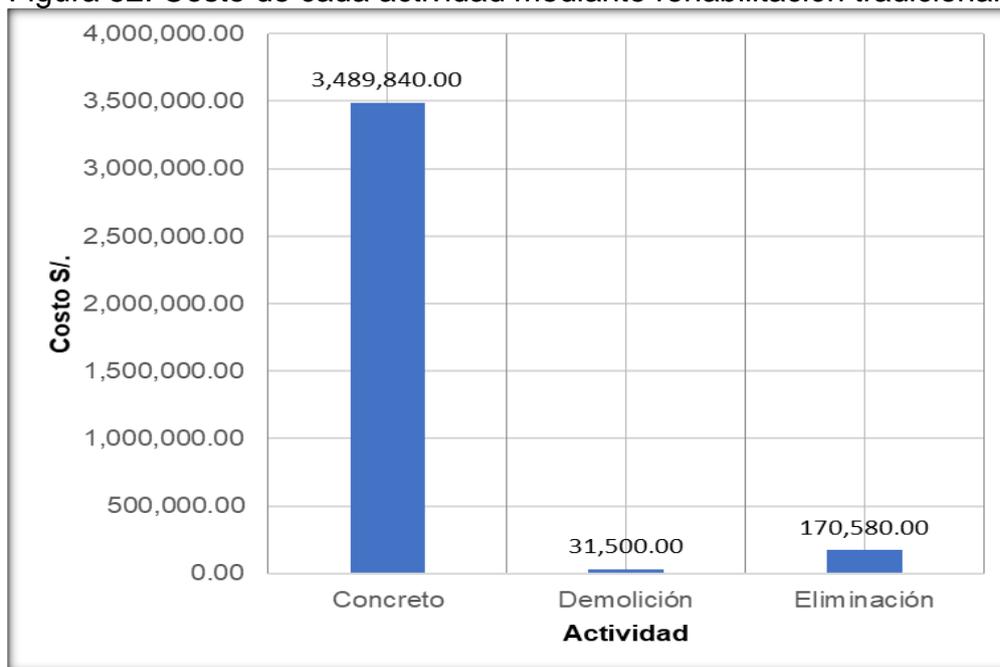
Tabla 11. Costo de eliminación de escombros

Partida	01.03.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 240.0000	EQ. 240.0000	Costo unitario directo por : m3		28.43
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.1000	0.0033	17.20	0.06
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.1000	15.53	1.55
						<b>1.61</b>
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.61	0.08
0348040037	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	4.0000	0.1333	200.60	26.74
						<b>26.82</b>

Fuente: Elaboración propia

En seguida el costo de transporte de material demolido (escombros), hacia los depósitos de materiales excedentes es S/.213,225.00

Figura 52. Costo de cada actividad mediante rehabilitación tradicional



Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de costos mediante la rehabilitación tradicional nos ocasiona en un 25% - 30 % del presupuesto inicial en relación a costo directo. Sin embargo, al emplear otros métodos como es Rubblizing nos permitiría el ahorro en estas actividades mencionados reduciendo los costos.

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Con los resultados obtenidos se puede afirmar que, al utilizar las técnicas innovadoras como es la técnica rubblizing, nos permite reutilizar las losas de concreto existente en su mismo sitio, y al mismo tiempo no permite optimizar recursos, por lo tanto, la hipótesis general es válida.

Además, al emplear la técnica rubblizing en esta rehabilitación de pavimento rígido evita el requerimiento de agregados para la conformación de nuevas losas de concreto, la cual nos permite reducir la sobreexplotación de las canteras y por ende se acepta la hipótesis específica 1.

Al mismo tiempo, la metodología rubblizing nos permitió en esta rehabilitación al reutilizar las losas de concreto, nos permitió a controlar y mitigar el impacto ambiental, por la razón de que, ya no será necesario la eliminación del material demolido (escombros), por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 2.

Finalmente, con la técnica empleada para la rehabilitación nos permitió evitar el transporte de material demolido de las losas de concreto (escombros), hacia los botaderos por lo que, se está reutilizando los materiales de losas de concreto, reduciendo los sobrecostos de transporte de material demolido, por lo tanto, la hipótesis específica 3 es válida.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, se desarrolla el objetivo general se planteado como objetivo innovar el procedimiento de reutilización de losas de concreto mediante la técnica de Rubblizing la misma que será aplicada en la avenida Independencia con fines de rehabilitación, para lo cual se indica que en el caso de pavimentos urbanos con bordes de soleta, se permitirá que la máquina suba un neumático, sobre ella siempre y cuando se compruebe en terreno que esto no cause algún tipo de daño, asimismo que la alta altura de la soleta con respecto al pavimento sea menor a 20 cm, para lo cual en el caso que no sea posible realizar esta operación debido a limitaciones físicas se permitirá que la faja de pavimento adyacente a dicha solera no sea pulverizada y triturada en un ancho de 50 cm, mientras que en el aporte de Horna (2020) contemplan que la técnica rubblizing es la mejor alternativa, para la rehabilitación de pavimentos rígidos, logrando disminuir la sobreexplotación de fuentes de materiales, mitigar y controlar el medio ambiente reduciendo de tal forma la eliminación de materiales excedentes de la misma forma se redujo el costo de transporte de materiales demolidos en un 15,03% del presupuesto en relación al costo directo. No obstante, Gómez (2015) empleando la metodología de Rubbilizing para la rehabilitación de pavimento rígidos, donde señala que mediante dicha técnica de triturado de pavimentos de concreto hidráulico tales como Rubblizing, presenta una idea conveniente para que se realice la rehabilitación de pavimentos, desde el ámbito técnico y ambiental, además se presenta una respuesta efectiva para el inconveniente necesario de las técnicas rehabilitación de pavimentos rígidos a través de su carpeta de concreto asfáltico, la reflexión de grietas y fisuras. Por otro lado, Noste et al. (2016) demostraron la necesidad del proyecto ejecutivo, donde la respuesta estructural surge mediante el análisis “in situ” de la capa de rubblizing con el propósito asimilar a la de un granular cementado, con procesos de elasticidad que superan los 1.350 Mpa (alcanzados valores de más de 5.000 Mpa) y valores que son de aportes estructurales asociados (Witczak) superiores a 0,12 cm-1.

En lo que respecta al primer objetivo específico iimplementar la técnica del rubblizing para reutilizar las losas de concreto en la rehabilitación de la avenida independencia, señala que la técnica de rehabilitación rubblizing evitará el

transporte de materiales excedentes de demolición y de otros, que permiten el ahorro en el presupuesto logrando la disminución en los costos de inversión pública de las entidades, asimismo evitara los sobrecostos consecuencia del transporte del material demolido en proyecto hacia el DME, lo cual asciende con esta técnica a un 15,07% del costo directo del presupuesto, mientras que en el aporte de Honra (2020) logró emplear la técnica Rubblizing en rehabilitar la pavimentación rígida es más eficiente económica técnica y con mejor resultado de nivel de servicio, con respecto al método de rehabilitar tradicional. Además, en su aporte de Matos (2016) desarrollo un análisis comparativo de las alternativas propuestas, evaluando en base a los aspectos técnico, respecto a la parte económica y respecto a la serviciabilidad, indicando que el ámbito técnico, económico, así como en lo constructivo, implementar la rehabilitación de pavimentos rígidos empleando la técnica Rubbliing, es una alternativa ideal en comparación con el método tradicional. r.

El segundo objetivo específico evitar la sobreexplotación de fuentes de materiales empleando técnicas de rehabilitación de pavimentos que reutilicen los materiales existentes, abarca en el tramo a rehabilitar tiene una longitud de 1,500.00 m con ancho de 8 m cada calzada, el espesor de la losa de concreto es 0.25 m, entonces el volumen total del concreto para conformar la nueva losa sería 6000 m<sup>3</sup>. Asimismo, el 70% del volumen conforman agregado grueso entre piedra chancada y arena gruesa que, sería la cantidad de 4200 m<sup>3</sup>; mientras que en el aporte de Aguilar e Infanzón (2020) pusieron en marcha la carpeta de asfalto con el 10%, 20%, 30% y 40% de RAP, siendo que el diseño con el 30% de RAP, el que se cumplió con las características que señala la norma, además mantuvo un ahorro en el porcentaje de agregados nuevos del 14% de agregados gruesos y el 16% de agregados finos, con un 1,52% de cementos asfáltico. También en el aporte, Rodríguez y Soto (2019) realizó una data de daños del pavimento hidráulico presente en la carretera a un análisis del PSI del valor 2, señalando que la infraestructura vía en imperfecto estado con múltiples deterioros severas. Finalmente, se tiene el aporte teórico de Ecuclid (2017) lo cual señala que el rodillado del material resultante (fracturado), consta inmediatamente después de la jornada de publicación se procede con la compactación y/o aplana el material

que resulta de los equipos de rodillos vibratorios de 10 tn, el planchado o rodillado consiste en realizar por lo menos 4 veces sobre el material rublizado del desarrollo de fracturado, empleando un equipo de rodillo liso que vibra a baja amplitud y frecuencia alta, maniobrando que la velocidad no sobrepase los 6,5 kilómetros por hora y debe realizar lentamente y evitar giros, así mismo el aceleramiento y bruscos frenados. Además, el aporte teórico Boflex (2010) señala que el comportamiento de las secciones del pavimento y cargas, se encuentran estrechamente ligadas, tales como el número de repeticiones conforme a los ejes de carga de distintas magnitudes y disposiciones. Finalmente, el MTC (2013) en su manual de carreteras plasma dicha selección para las dimensiones del pavimento, por los métodos más generales del uso en la actualidad en el país.

Tercer objetivo específico, mitigar y controlar los impactos ambientales generados por los procedimientos tradicionales de rehabilitación de pavimentos rígidos, se otorga que el costo asciende en esta partida de colocación de nueva losa de concreto es de S/. 3,489,840.00, asimismo que el costo de demolición de volumen 6000 m<sup>3</sup> resulta S/. 31,500.00, donde el volumen para transportar producto de demolición de lasas de concreto (escombros) sería 7500 m<sup>3</sup> considerando 25% de esponjamiento, seguido del costo de transporte de material demolido (escombros), hacia los depósitos de materiales excedentes es S/.170,580; mientras que en el aporte Fano y Chávez (2017) logró hacer uso de la metodología AUSTROADS, que concierne a los perfiles de pavimentos con rango espesores de 150CM sin requerir mejora alguna con cemento, que logra superar a los resultados encontrados con la metodología de AASHTO, considerando los espesores de 20 – 25 cm con mejora de cemento del 1 al 2%, donde los requerimiento existentes en base al contrato que se estableció para el diseño final se obtuvo una mejora con 1% de cemento portland.

Finalmente, en el cuarto objetivo específico, disminuir los costos de inversión pública de las entidades en la rehabilitación de pavimentos rígidos, conformado por el compacta se realizará a baja amplitud y baja frecuencia, donde la velocidad del rodillo no podrá superar los 6.5 km/hora (1.8 m/seg). Las maniobras del rodillo deberán ser lentas y evitar giros, aceleraciones y frenados bruscos, como también el compactado del material se podrá colocar la capa asfáltica. Se recomienda

realizar la construcción de la primera capa de asfalto durante la misma jornada en que se realizó el compactado para evitar dejar expuesta la superficie ya preparada mientras que Mahecha y Ramos (2020) en su aporte obtuvieron que con el presupuesto lograron comprobar el beneficio económico y ambiental ya que con esto se abre debate para interpretar lo que sucede con la aplicación de pavimentos rígidos convencional y las aplicaciones novedosas para mitigar el impacto al medio ambiente, asimismo que a la sección total evaluada se encontró que el 46,7% de las fallas corresponde a un tipo de severidad alta, el 18.18% y 2.2% representan un nivel de severidad baja y media respectivamente. Para Méndez y Ramírez (2017) indicaron que el tramo es homogéneo para la realización de las otras pruebas, se programó la evaluación deflectométrica con la utilización de la viga Benkelman, se midió la deflexión máxima del pavimento bajo la acción de una carga estática o de muy lenta aplicación, determinándose que el pavimento presenta deflexiones muy pequeñas casi nulas bajo la presencia de las cargas del tránsito. Por otro lado, se tiene el sustento teórico de Burgos (2019) indicando que el reciclado de pavimentos de hormigón, consta de firmes de concreto hidráulico o de pavimentos rígidos, cuando se realiza la demolición de firmes en piezas de fragmentos manejables empleando equipos de martillos hidráulicos entre otros, el reciclado se realiza a las losas de concreto deteriorado o cuando ya perdió sus prestaciones iniciales, de igual manera en los pavimentos flexibles se puede realizar el reciclado fresando la carpeta asfáltica dañada.

## VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo expuesto en el presente trabajo, se puede concluir que la técnica rubblizing empleando la maquina demoledora de pavimentos, permite reutilizar losas de concreto en la rehabilitación de la avenida Independencia.
2. La principal característica de la rublización mediante vibración resonante es que pulveriza y fragmenta la losa fatigada, destruyendo en todo su espesor para reutilizar en el mismo sitio y evitar la sobreexplotación de fuentes de materiales (canteras).
3. Al emplear esta técnica permite reducir la contaminación ambiental, evitando el traslado de materiales demolidos (escombros) al DME.
4. En la rehabilitación de la avenida Independencia mediante esta técnica propuesta se obtuvo ahorros entre 15% y a un 25% en el transporte de materiales disminuyendo los costos de inversión pública.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a las entidades públicas y privadas implementar esta técnica de rubblizing para la rehabilitación de pavimentos rígidos, como una nueva alternativa ya que permite reutilizar los materiales.
2. Se recomienda emplear técnicas innovadoras de rehabilitación, frente al método tradicional para reducir la sobreexplotación de fuentes de materiales.
3. Se debe buscar nuevas alternativas de reciclaje para la reutilización de losas de concreto, ya que, cada año son desechados en grandes cantidades y son perjudiciales para el medioambiente.
4. Se recomienda considerar esta técnica en la elaboración del presupuesto para una rehabilitación, ya que, permite disminuir costos de inversión pública.

## REFERENCIAS

- [1] Pérez Porto, j., & Gardey, A. (2009). *Definición de pavimento*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/pavimento/>
- [2] AASHTO. (1993). *Guide for Desing of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C. USA.
- [3] Abal Garcia, B. J. (2019). *mitigación de los impactos ambientales por la reutilización de residuos de construcción y demolición en obras civiles en el distrito de Pillco Marca, Provincia Y Región Huanuco*.
- [4] ASPHALT INSTITUTE. (1995). "Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation" Manual Series, n° 17 (MS-17). USA.
- [5] BOFLEX. (25 de junio de 2010). *Microsoft Word - A5*. Obtenido de pavimento y diseño : <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/529/A5.pdf>
- [6] Burgos, J. (11 de Mayo de 2019). *Catálogo de Residuos Reutilizables en Construcción*. Obtenido de Reciclado de Pavimentos de Hormigón: <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/34/reciclado-de-pavimentos-de-hormigon/>
- [7] Casaño Ordoñez, P. C. (2021). *Diseño de mezcla para pavimento rígido incorporando concreto reciclado en la avenida las Torres, Lurigancho-Chosica 2021*.
- [8] Castro Segura, L. V. (2019). *Propuesta para la reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) en construcción de vías de tráfico liviano*. (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- [9] cata. (2008). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/capitulo2.pdf>

- [10] Da Silva Barbosa, U. S. (2018). reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro. Unipac ISSN, 2178, 6925.*
- [11] Estolano, V. F. (2018). Avaliação dos módulos de elasticidade estático e dinâmico de concretos produzidos com agregados reciclados oriundos de resíduos de pré-fabricados de concreto. *Matéria (Rio de Janeiro),, 23.*
- [12] Euclid Group Toxement. (2017). *Guía de reparacion de pavimentos rígidos.* Bogotá, Colombia. Obtenido de [https://www.toxement.com.co/media/3410/documento\\_pavimentos\\_rigidos.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3410/documento_pavimentos_rigidos.pdf)
- [13] Fundacion MAXAM. (Octubre de 2017). *Soluciones de voladura en canteras de áridos.* Obtenido de [https://www.fundacionmaxam.com/es/fundacion/catedra\\_maxam/soluciones\\_voladura/canteras\\_aridos](https://www.fundacionmaxam.com/es/fundacion/catedra_maxam/soluciones_voladura/canteras_aridos)
- [14] Gomez Cote, G. E. (2015). *Estimación de Coeficiente Aporte AASSHTO Mediante FWD Para la Técnica de Reciclados de Pavimentos Rígidos, Rubblizing. Un Caso de Estudio en el Distrito de san Félix, Panamá .*
- [15] Horna Roca, P. (2020). *Rehabilitación de pavimentos rígidos con técnica Rubblizing para mejorar el nivel de servicio de la calle Real-Huancayo.*
- [16] Infante Rodríguez, N. &. (2018). *Aplicación de agregados reciclados de concreto RCA en mezclas asfálticas drenantes.*
- [17] Instituto de Construcción y Gerencia. (2015). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos.* Fondo Editorias ICG.
- [18] Juan Pérez, J. I. (Mayo-Junio de 2017). Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México Cerro de Coatepec, Toluca México. *Acta Universitaria, 27(3), 36-56.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/416/41652062005.pdf>

- [19] Khatri, W. A. (2021). Rubblization: A Practical, Cost Effective and Sustainable Option for Repairing Deteriorated Airfield Pavement in the Empty Quarter Desert of Saudi Arabia. *Open Journal of Civil Engineering*, 11(2), 216-234.
- [20] Mahecha Laiton , J. A., & Ramos Morales, Y. L. (2020). *Alternativas apara la rehabilitación del pavimento rígido (concreto hidráulico) en u tramo de 100 metros entre la calle 78C Sur #18-44, y la calle 78C Sur #17J-92, ubicada en la localidad de ciudad Bolívar, Bogotá*. Pregrado, Bogotá. Obtenido de <http://186.28.225.13/bitstream/123456789/2909/3/2020YonierLeonardoRamosRoa.pdf>
- [21] Majer, S. &. (2018). UTILIZATION OF RECYCLED MATERIALS IN ROAD CONSTRUCTION. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 18(4.2), 247-252.
- [22] Mamani, V., Pancca, D., & Huara, R. (2018). Métodos de evaluación superficial de pavimento. *Scietitic paper*, 1-6. Obtenido de <https://www.udocz.com/pe/read/98446/8-plantilla-de-articulo-de-investigacion-dp-i-trabajo-oficial-2>
- [23] Mario, Noste, Diana Calnelli, Juan Pablo Raffaelli. (2020). Rehabilitacion de pavimentos rigidos con tecnología Rubblizing: Experiencia local. *Carreteras*(237), 68-69. Obtenido de [https://issuu.com/asociacionargentinadecarreteras/docs/237-\\_carreteras\\_final](https://issuu.com/asociacionargentinadecarreteras/docs/237-_carreteras_final)
- [24] Matos Sánchez, A. E. (2016). *Implementación de Rehabilitación de Pavimentos Rígidos Empleando la Técnica Rubblizing Para Mejorar el Nivel de Servicio de vías con alto Deterioro en la Ciudad de Huancayo*.
- [25] Mejía Leiva, E. (2018). *Estudio de Mejor Alternativa para Rehabilitación de Pavimentos Rígidos Aplicando Técnicas: Rubblizing y Tradicionales en la Ciudad de Chota*.
- [26] Mendez Rojas, C. A., & Ramirez Angulo, H. (2017). *Diseño y rehabilitacion de la estructura de un atramo de la vía terciaria Coello Llano de la Virgen*,

*localizada en el Municipio de Coello-Departamento del Tolima. Pregrado ,  
Ibague. Obtenido de  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15405/2/2019\\_diseno\\_rehabilitacion\\_estructura.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15405/2/2019_diseno_rehabilitacion_estructura.pdf)*

- [27] MTC, Manual de Carreteras . (2013). *Manual de Carreteras* . Obtenido de Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion (EG-2013): <https://portal.mtc.gob.pe/>
- [28] Nair, H. D. (2019). Evaluation of the Terminal Boulevard (SR 406) Concrete Rubblization Project. (No. FHWA/VTRC 19-R30). *Virginia Transportation Research Council*.
- [29] NAPA. (2006). *"National Asphalt Pavement Association Information Series - 132, Design and Construction Guidelines on Rubblizing and Overlaying PCC Pavements with HMA" USA* .
- [30] Onofre Bendezu, W. H. (2021). *Reducción del Impacto Socioeconómico en la Rehabilitación de Pavimentos Rígidos con Concreto Fast Track en la Ciudad de Huancayo, 2016*.
- [31] Ortiz, D. V. (2020). *Concreto Hidráulico Utilizando Agregados de Reciclado de Pavimento Asfáltico para un Pavimento Rígido*.
- [32] RMI Resonant Machines . (2019). *RMI Resonant Machines*. doi:<https://resonantmachines.com/es/rubblizing/>
- [33] Rodríguez Bordonave, B. H. (2019). *Método de reciclaje para rehabilitar pavimentos hidráulicos incrementando su tiempo de servicio*.
- [34] Salinas Seminario, M., & Huerta Amoretti, G. (2018). *Costos y Presupuestos de Obra*. Lima: ICG.
- [35] Silva-Urrego, Y. &.-A. (2021). Uso de residuos de construcción y demolición como material cementicio suplementario y agregado grueso reciclado en concretos autocompactantes. *Informador Técnico*, 85(1), 20-33.

- [36] Thenoux, G., González, Á., & Gonzáles, M. (02 de Setiembre de 2004). Estudio, diseño y evaluación económica de la técnica de trituración/Pulverización (rubblizing) de pavimentos de hormigón mediante vibración resonante. *ingeniería de construcción*, 19(3), 149-152.
- [37] Torres Herrera, C. I. (2014). *Estudio, Diseño Análisis Técnico y Económico en la Rehabilitación de Pavimentos de Hormigón Mediante la Tecnología de Trituración (Rubblizing) con Rompedor Resonante*.
- [38] Uribe García, M. (10 de junio de 2016). *Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C.* Obtenido de Geotecnia y Pavimentos: [http://www.amivtac.org/spanelWeb/file-manager/Biblioteca\\_Amivtac/Cursos%20AMIVTAC/curso-geotecnia/Curso-Geotecnia-y-Pavimentos-Qro.pdf](http://www.amivtac.org/spanelWeb/file-manager/Biblioteca_Amivtac/Cursos%20AMIVTAC/curso-geotecnia/Curso-Geotecnia-y-Pavimentos-Qro.pdf)
- [39] Vásquez Varela, L. (febrero de 2002). *Ingepap ingeniería de pavimentos*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia.
- [40] Walbeck, T. &. (2019). Rubblizing to Rehabilitate Existing Pavements. *Asphalt*, 34(2).

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO:	Reutilización de losas de concreto en servicio mediante la técnica del rubblizing en la avenida independencia, Ayacucho - 2021				
AUTOR:	Pozo Sarmiento, Ercilio				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>Variable Dependiente:</b> Rehabilitación de pavimentos rígidos	Los proyectos de rehabilitación de pavimentos rígidos han tratado históricamente de conservar condiciones seguras de transitabilidad direccionando las inversiones básicamente en reparaciones parciales de la calzada en el espesor de las capas inferiores que fuese necesario para alcanzar estratos firmes. En algún caso más crítico se ha adoptado la demolición total del pavimento rígido y la ejecución de una nueva estructura. (Mario, Noste, Diana Calnelli, Juan Pablo Raffaelli, 2020)	Consiste en la trituración y fracturación de las losas de hormigón existentes en todo su espesor, de manera de convertirlas en una capa granular de alta capacidad estructural, de este modo crear una nueva plataforma sobre la cual construir directamente las capas asfálticas de refuerzo. (Gerbaudo, José Bucciarelli, Jorge Ramoneda, Raul Yarpez, 2016)	Diseño estructural	Espesor de losa	Razón
			Rubblizing	Fragmentación	Razón
<b>Variable Independiente 1:</b> Explotación de canteras	La explotación de los áridos se realiza habitualmente a cielo abierto en canteras o en graveras. La concepción y el diseño de las explotaciones, así como la técnica operativa a emplear varía según se trate de extraer rocas masivas o materiales sin consolidar, en vía seca o en vía húmeda. El método de explotación minera más habitual en la industria de áridos es la cantera, generalmente a cielo abierto. El proceso de explotación se inicia con el uso controlado y seguro de productos energéticos en voladuras controladas.	Es fragmentar la roca en un tamaño y distribución específicos, de tal forma que optimice el proceso posterior de transporte y machaqueo, sin comprometer la seguridad y minimizando o eliminando los posibles efectos ambientales. Tras la carga se conduce el material a las plantas de tratamiento. En esta pasa por sucesivas fases de reducción de tamaño mediante equipos como trituradoras de mandíbulas, de impactos o giratorias y conos. Finalmente, una vez reducido el material saliente es distribuido por tamaños a través de cribas y clasificadores para ajustarse a las especificaciones granulométricas de los productos comercializables. En cuanto al tamaño, los áridos se designan mediante la fracción granulométrica d/D comprendida entre el tamaño inferior (d) y el tamaño superior (D)	Volumen de explotación	Metro cúbico	Razón
<b>Variable Independiente 2:</b> Impacto ambiental	El impacto ambiental (IA) es la alteración favorable o desfavorable que se presenta en alguno o todos los componentes del ambiente, en la salud humana o en el bienestar de la sociedad, esto como consecuencia de la realización de una acción o actividad humana.	El impacto de un proyecto sobre el ambiente es la diferencia entre la situación del ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto y la situación del ambiente futuro tal como habría evolucionado de una manera normal sin tal actuación. Es importante que durante las fases de un proyecto sean identificados y evaluados los impactos ambientales que provocan las actividades.	Alteración de calidad ambiental	ruido, aire, suelo y vibraciones	Nominal
<b>Variable Independiente 3:</b> Presupuesto	De acuerdo con Salinas señala que los Costos y Presupuestos son dos términos estrechamente relacionados dado que no puede haber presupuesto sin costos; y un costo por sí solo aplicado a una cantidad o metrado de determinada unidad constituye ya un presupuesto (2018).	El presupuesto es una herramienta que tiene por objeto determinar anticipadamente el costo de la ejecución material de una obra. Se realiza a base de planos, especificaciones técnicas, condiciones de ejecución, metrados de los trabajos a ejecutar, análisis de precios unitarios de cada partida, análisis de los costos indirectos y un valor total de la construcción (Salinas Seminario & Huerta Amoretti, 2018)	Costo de demolición y transporte	Costo unitario	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

TÍTULO:	Reutilización de losas de concreto en servicio mediante la técnica del rubblizing en la avenida independencia, Ayacucho - 2021			
AUTOR:	Pozo Sarmiento, Ercilio			
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Metodología
<p>En la actualidad los gobiernos regionales y locales, toman acciones de rehabilitar los pavimentos con métodos tradicionales, por lo general, en caso de pavimentos rígidos eligen la opción de retirar la losa de concreto que ya cumplió su vida útil, con la finalidad de construir un nuevo pavimento para un nuevo periodo de servicio. <b>¿Mediante qué metodología se podría reutilizar las losas de concreto existentes para la rehabilitación de pavimentos rígidos en la avenida independencia, Ayacucho?</b></p>	<p>Implementar la técnica del rubblizing para reutilizar las losas de concreto en la rehabilitación de la avenida independencia, Ayacucho.</p>	<p>Una metodología para reutilizar las losas de concreto existente en la rehabilitación de pavimentos rígidos sería mediante la técnica del rubblizing, la misma que permitiría optimizar recursos.</p>	<p><b>VD:</b> Rehabilitación de pavimentos rígidos</p>	<p><b>Tipo de Investigación Aplicada</b></p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	<p><b>Enfoque Cuantitativo</b></p> <p><b>Diseño No experimental</b></p> <p><b>Nivel Descriptivo - explicativo</b> <b>Método selección muestra:</b> No probabilístico</p>
<p>En la ciudad de Ayacucho al rehabilitar un pavimento rígido de manera tradicional se requiere de materiales de cantera para la conformación de la subbase y para una nueva losa de concreto, obligando a los contratistas a la explotación de las canteras, ya que éstas, por la demanda que existe están sobreexplotadas, por lo cual los contratistas buscan nuevas fuentes de materiales, las mismas que en algunas ocasiones se encuentran alejadas del proyecto, con el consecuente incremento de costos de transporte. <b>¿De qué manera se puede evitar la sobreexplotación de las canteras cuando se aplican metodologías tradicionales para la rehabilitación de pavimentos rígidos?</b></p>	<p>Evitar la sobreexplotación de fuentes de materiales empleando técnicas de rehabilitación de pavimentos que reutilicen los materiales existentes.</p>	<p>Mediante la reutilización de la losa de concreto existente, se evitaría el requerimiento de mayores materiales para la construcción de pavimento, evitando la sobreexplotación de las canteras.</p>	<p><b>VI1:</b> Explotación de canteras</p>	
<p>Al rehabilitar pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho por metodologías tradicionales es necesario la demolición de la losa existente con martillo hidráulico logrando fragmentar la losa en piezas manejables generando grandes escombros en la zona de rehabilitación, para luego ser trasladado hacia los depósitos de materiales excedentes (DME), los mismos que cada vez se encuentran más alejados de las ciudades debido al crecimiento poblacional. <b>¿De qué manera se puede evitar el impacto ambiental que generan grandes volúmenes de escombros y creación de nuevos DME en la rehabilitación de pavimentos rígidos?</b></p>	<p>Mitigar y controlar los impactos ambientales generados por los procedimientos tradicionales de rehabilitación de pavimentos rígidos.</p>	<p>Mediante técnicas innovadoras de rehabilitación de pavimentos con la reutilización de materiales (escombros) se pueden mitigar y controlar los impactos ambientales generados por las técnicas tradicionales de rehabilitación de pavimento rígido.</p>	<p><b>VI2:</b> Impacto ambiental</p>	
<p>En la ciudad de Ayacucho cuando se rehabilitan pavimentos rígidos siguiendo técnicas tradicionales, es necesario considerar en el análisis de costos el transporte de escombros hacia los DME, lo cual eleva el presupuesto inicial del proyecto en aproximadamente 20% con relación a procedimientos de rehabilitación que reutilizan los materiales existentes. <b>¿De qué manera se puede evitar los sobrecostos de transporte de materiales existentes (escombros) hacia los DME empleados en las metodologías tradicionales de rehabilitación de pavimentos rígidos?</b></p>	<p>Disminuir los costos de inversión pública de las entidades en la rehabilitación de pavimentos rígidos.</p>	<p>Para evitar los sobrecostos consecuencia del transporte del material demolido en proyecto hacia el DME sería fundamental la reutilización de materiales.</p>	<p><b>VI3:</b> Presupuesto</p>	

### Anexo 3. Plano del tramo en estudio Av. Independencia



Anexo 4. Panel fotográfico de la calzada de la Av. Independencia



*Pavimento con fisura longitudinal*



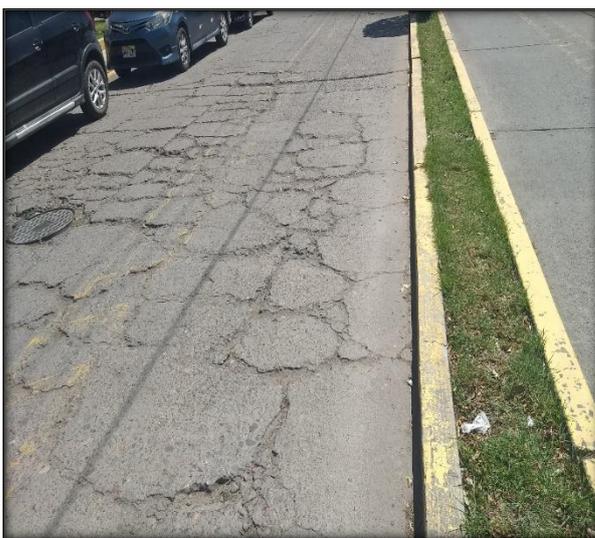
*Pavimento con grieta transversal*



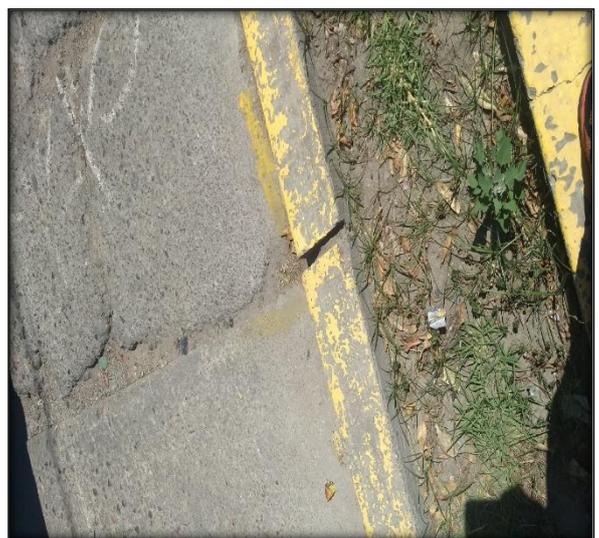
*Fisura alrededor de Bz*



*Fisuras longitudinales*



*Fisuras de tipo piel de cocodrilo*



*No hay sello en las juntas*



*Separación de las juntas*



*Pavimento despostillado*



*Grieta transversal*



*Superficie con presencia de fisuras*



*Fractura en bloques*



*Fractura en bloques*

Anexo 5. Panel fotográfico de la experimentación en la Av. Independencia



*Pulverizado en superficie*



*Impacto de roto martillo*



*Fractura en verticalidad*



*Múltiples fracturas*



*Tamaño de triturado*



*pulverizado*

## Anexo 6. Especificaciones del martillo demoledor



### Ficha de datos del producto

Herramientas eléctricas para la construcción y la industria

Martillo demoledor

GSH 16-28



Potencia de arranque un 40% mayor en la categoría de 16 kg

#### Los datos más importantes

Potencia absorbida	1.750 W
Potencia de percusión	41 J
Peso	18,3 kg

Número de pedido 0 611 335 0E0

[> Más información del producto](#)

### Datos técnicos

#### Datos adicionales

Potencia absorbida	1.750 W
Potencia de percusión	41 J
Dimensiones de herramienta (longitud)	260 mm
Número de impactos en velocidad nominal de rotación	1.300 bpm
Peso	18,3 kg
Dimensiones de herramienta (anchura)	255 mm
Portaherramientas	Hexágono interior 28 mm null

#### 'Niveles de vibración totales (Cincelar)'

Nivel de vibraciones generadas ah	13 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K	2 m/s <sup>2</sup>

### Información de ruido/ vibración

#### Cincelar

Nivel de vibraciones generadas ah	13 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K	2 m/s <sup>2</sup>

## Ficha de datos del producto

Herramientas eléctricas para la construcción y la industria

---

### Ventajas:

- Potencia extrema, con capacidad para extraer 13 toneladas de material por día.
  - Remueve 1.700 kg/h de hormigón de dureza mediana.
  - Sistema Vibration Control: reduce las vibraciones y aumenta la productividad.
- 



### Anexo 7. Hoja de cálculos de conteo vehicular

Carretera		AVENIDA INDEPENDENCIA				Año de estudio		2021		<table border="1"> <tr> <td>Modificar datos:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cálculos automáticos:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resultados:</td> <td></td> </tr> </table>				Modificar datos:		Cálculos automáticos:		Resultados:					
		Modificar datos:																					
Cálculos automáticos:																							
Resultados:																							
Tramo		AVENIDA INDEPENDENCIA				Tiempo de estudio a la ejecución de proyecto		1		TIPO DE PAVIMENTO				Pavimento rígido									
Cod Estación		E-1				Ubicación		HUMANGA - AYACUCHO				Sentido				AMBOS N  S							
Estación		INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS INDEPENDENCIA Y UNIVERSITARIA				Factor de corrección estacional		Veh. Livianos		fe:		0.9394		Veh. Pesados		fe:		1.0234					
Día		Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers					Traylers				
				Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
Domingo 03/10/2021	SUR - NORTE	321	156	184	23	56	152	1	2	1	45	32			1			1	6			1	1
	NORTE - SUR	298	125	132	19	52	136	2	3	0	25	28						2	5			2	2
	<b>Total</b>	<b>619</b>	<b>281</b>	<b>316</b>	<b>42</b>	<b>108</b>	<b>288</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Lunes 04/10/2021	SUR - NORTE	351	98	145	15	36	142	1	5	2	32	25			1			3	3			2	3
	NORTE - SUR	278	102	153	23	56	123	1	3	1	14	24						2	2			2	3
	<b>Total</b>	<b>629</b>	<b>200</b>	<b>298</b>	<b>38</b>	<b>92</b>	<b>265</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
Martes 05/10/2021	SUR - NORTE	251	98	164	15	38	135	3	8	2	25	31						4	5			1	4
	NORTE - SUR	235	91	123	13	41	147	4	4	0	54	29			2			1	3			2	4
	<b>Total</b>	<b>486</b>	<b>189</b>	<b>287</b>	<b>28</b>	<b>79</b>	<b>282</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>79</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
Miércoles 06/10/2021	SUR - NORTE	298	67	98	11	28	165	3	1	1	23	21			1			5	4			3	5
	NORTE - SUR	160	65	103	9	31	174	5	3	1	45	41						3	2			2	6
	<b>Total</b>	<b>458</b>	<b>132</b>	<b>201</b>	<b>20</b>	<b>59</b>	<b>339</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>11</b>
Jueves 07/10/2021	SUR - NORTE	265	97	102	23	27	145	4	5	2	56	32						3	5			1	3
	NORTE - SUR	281	68	98	38	21	121	2	1	0	48	21			2			2	1			2	3
	<b>Total</b>	<b>546</b>	<b>165</b>	<b>200</b>	<b>61</b>	<b>48</b>	<b>266</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>104</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
Viernes 08/10/2021	SUR - NORTE	186	56	89	15	35	98	1	6	1	56	18			1			1	2			1	4
	NORTE - SUR	209	45	76	21	25	105	5	5	0	35	15						2	3			1	5
	<b>Total</b>	<b>395</b>	<b>101</b>	<b>165</b>	<b>36</b>	<b>60</b>	<b>203</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>91</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>9</b>
Sábado 09/10/2021	SUR - NORTE	204	61	52	11	21	132	1	7	3	26	12			1			2	2			2	2
	NORTE - SUR	175	98	98	8	36	142	1	4	1	21	24						1	2			2	4
	<b>Total</b>	<b>379</b>	<b>159</b>	<b>150</b>	<b>19</b>	<b>57</b>	<b>274</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
IMDs	SUR - NORTE	268.0	90.4	119.1	16.1	34.4	138.4	2.0	4.9	1.7	37.6	0.0	24.4	0.0	0.7	0.0	0.0	2.7	3.9	0.0	0.0	1.6	3.1
	NORTE - SUR	233.7	84.9	111.9	18.7	37.4	135.4	2.9	3.3	0.4	34.6	0.0	26.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.9	2.6	0.0	0.0	1.9	3.9
	<b>Total</b>	<b>501.7</b>	<b>175.3</b>	<b>231.0</b>	<b>34.9</b>	<b>71.9</b>	<b>273.9</b>	<b>4.9</b>	<b>8.1</b>	<b>2.1</b>	<b>72.1</b>	<b>0.0</b>	<b>50.4</b>	<b>0.0</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.6</b>	<b>6.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.4</b>	<b>7.0</b>
IMDa	SUR - NORTE	251.76	84.95	111.92	15.16	32.34	130.04	2.05	4.97	1.75	38.45	0.00	25.00	0.00	0.73	0.00	0.00	2.78	3.95	0.00	0.00	1.61	3.22
	NORTE - SUR	219.55	79.71	105.08	17.58	35.16	127.22	2.92	3.36	0.44	35.38	0.00	26.61	0.00	0.58	0.00	0.00	1.90	2.63	0.00	0.00	1.90	3.95
	<b>Total</b>	<b>471.31</b>	<b>164.66</b>	<b>217.00</b>	<b>32.74</b>	<b>67.50</b>	<b>257.26</b>	<b>4.97</b>	<b>8.33</b>	<b>2.19</b>	<b>73.83</b>	<b>0.00</b>	<b>51.61</b>	<b>0.00</b>	<b>1.32</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.68</b>	<b>6.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.51</b>	<b>7.16</b>
IMDa	<b>2021</b>	<b>Total vehículos</b>	<b>471</b>	<b>165</b>	<b>217</b>	<b>33</b>	<b>68</b>	<b>257</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos	r:	1.18 %
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.60 %
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)	n:	1

$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$

$T_n$  = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día  
 $T_0$  = Tránsito actual (año base) en veh/día  
n = año futuro de proyección  
r = tasa anual de crecimiento de tránsito

<b>Población futura de vehículos</b>																							
IMDa	<b>2022</b>	<b>Total</b>	<b>471</b>	<b>165</b>	<b>217</b>	<b>33</b>	<b>68</b>	<b>257</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

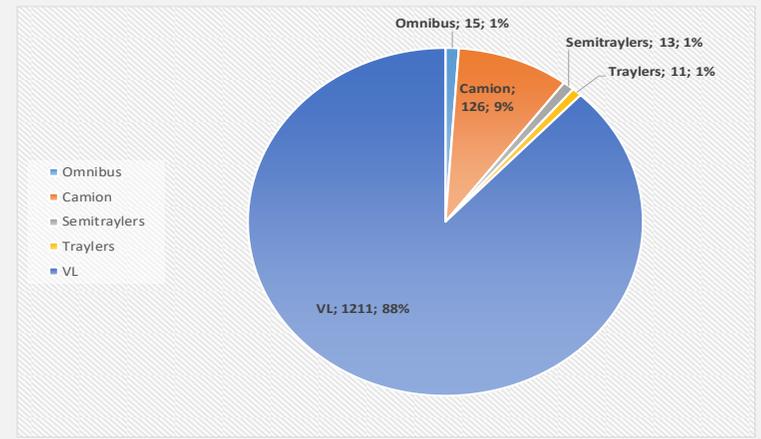
TIPO DE VEHICULO	IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"I" P.	f. IMDA	
	2022						EJE
VEHICULOS LIGEROS	Autos	471.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.205537359
		471.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.205537359
	S. Wagon	165.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.072003533
		165.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.072003533
	Pick Up	217.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.094695556
		217.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.094695556
	Panel	33.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.014400707
		33.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.014400707
	Rural	68.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.029674183
		68.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.029674183
Micros	257.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.112150958	
	257.00	SIMPLE	2	1	0.000436385	0.112150958	
OMNIBUS	2E	5.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	6.364170889
		5.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	16.67413137
	3E	8.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	10.18267342
		8.00	TANDEM	6	16	2.342740494	18.74192396
	2.00	TANDEM	4	14	2.240081404	4.480162809	
	2.00	TANDEM	6	16	2.342740494	4.685480989	
CAMION	2E	74.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	94.18972915
		74.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	246.7771442
	3E	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	TANDEM	8	18	3.458004411	0
	52.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	66.18737724	
	52.00	TRIDEM	10	23	3.685352143	191.6383114	
SEMITRAYERS	2S1	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
	2S2	1.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	1.272834178
		1.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	3.334826273
		1.00	TANDEM	8	18	3.458004411	3.458004411
	2S3	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	TRIDEM	12	25	4.164931279	0
	3S1	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	TANDEM	8	18	3.458004411	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
	3S2	5.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	6.364170889
		5.00	TANDEM	8	18	3.458004411	17.29002206
		5.00	TANDEM	8	18	3.458004411	17.29002206
	>=3S3	7.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	8.909839244
	7.00	TANDEM	8	18	3.458004411	24.20603088	
	7.00	TRIDEM	12	25	4.164931279	29.15451895	
TRAYLERS	2T2	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
	2T3	0.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	0
		0.00	TANDEM	8	18	3.458004411	0
	3T2	4.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	5.091336711
		4.00	TANDEM	8	18	3.458004411	13.83201765
		4.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	13.33930509
		4.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	13.33930509
	>=3T3	7.00	SIMPLE	2	7	1.272834178	8.909839244
		7.00	TANDEM	8	18	3.458004411	24.20603088
		7.00	SIMPLE	4	11	3.334826273	23.34378391
		7.00	TANDEM	8	18	3.458004411	24.20603088

2032

Pavimento rígido			
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados		r:	2.60 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)		n:	10
Factor Fca vehículos pesados	$Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	11.25
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido			2 calzadas con separador central, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)		Fc*Fd	0.40
Número de ejes equivalentes (ESAL)	$\#EE = 365 * (\sum f. IMDa) * Fd * Fc * Fca$	ESAL	1 476 475

VEHICULOS IDENTIFICADOS CON CORREC. IMD:

vehiculo	tipo	cantidad	total
Omnibus	2E	5	15
	3E	8	
	4E	2	
Camion	2E	74	126
	3E	0	
	4E	52	
	>=3S3	0	
Semitrayers	2S1	0	13
	2S2	1	
	2S3	0	
	3S1	0	
	3S2	5	
Traylers	2T2	0	11
	2T3	0	
	3T2	4	
	>=3T3	7	
VL	Automóvil	471	1211
	S. Wagon	165	
	Pick Up	217	
	Panel	33	
	Rural	68	
	Micro	257	
	TOTAL		



## Anexo 8. Diseño de Refuerzo de Carpeta de Rodadura

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>				
<b>PROYECTO :</b>		<b>TRAMO :</b>	Av. Independencia	
<b>SECCION 4 :</b>	km - km	<b>FECHA :</b>	Noviembre 2021	
<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>				<b>DATOS</b>
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)				300.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)				50.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)				35.00
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)				<b>7.41E+06</b>
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)				95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)				-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)				0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)				<b>5.00</b>
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)				4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)				1.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)				10
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a1)				0.45
Base granular (a2)				0.14
Subbase (a3)				0.13
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m2)				1.00
Subbase (m3)				1.00
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>2.68</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>0.45</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0.83</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>1.40</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>				
	TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN <sub>FINAL</sub>
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	2.5	3.0	5.0	0.89
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	15.1	20.0	20.0	1.10
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	27.4	30.0	30.0	1.54
ESPESOR TOTAL (cm)		53.0		<b>3.52</b>
<b>RESPONSABLE :</b>				

## Anexo 9. Certificados de laboratorio de los ensayos

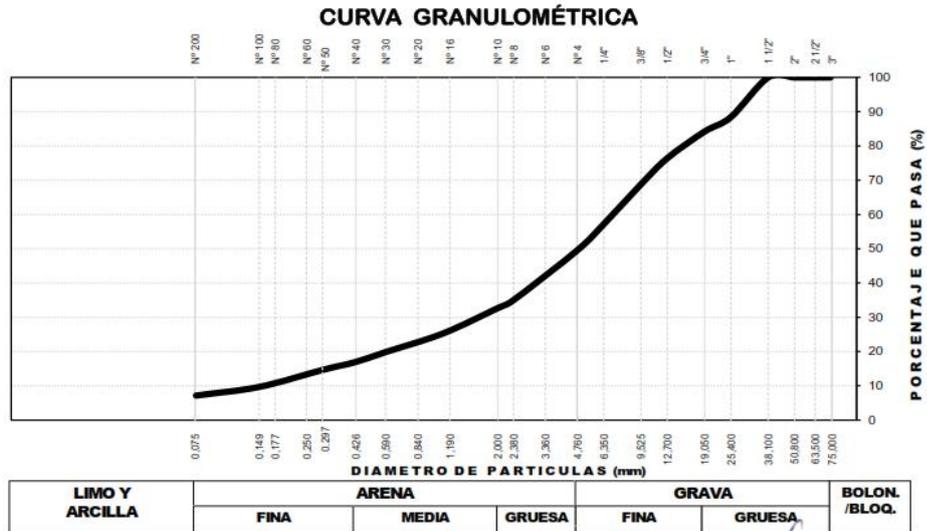
 <b>INGEOTECON</b> GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</b>	Código del formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento: REG-OPE-12.00

Proyecto : "REUTILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO EN SERVICIO MEDIANTE LA TÉCNICA RUBBLIZING EN LA AVENIDA INDEPENDENCIA, AYACUCHO - 2021.

Trazabilidad :  
Solicitante : POZO SARMIENTO, ERCILIO  
Exploración : C-01  
Estrato/Nivel : E-1 (SUBRASANTE)

Región/Provinc. : AYACUCHO/HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO  
Lugar : AVENIDA INDEPENDENCIA  
Fecha : 12 OCTUBRE DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
	3"	75.000	-	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)
2"	50.800	-	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)
1"	25.400	238.20	11.55	11.55	88.45	Humedad (%)	5.64
3/4"	19.000	19.000	88.60	4.30	15.85	% Grava	50.5
1/2"	12.700	159.40	7.73	23.58	76.42	% Grava gruesa	15.9
3/8"	9.500	158.90	7.71	31.29	68.71	% Grava fina	34.6
1/4"	6.350	238.20	11.55	42.84	57.16	% Arena	42.4
Nº 4	4.760	157.20	7.62	50.47	49.53	% Arena gruesa	16.9
Nº 8	2.360	302.60	14.68	65.14	34.86	% Arena media	15.7
Nº 10	2.000	45.40	2.20	67.34	32.66	% Arena fina	9.8
Nº 16	1.100	152.90	7.42	74.76	25.24	% de Finos	7.2
Nº 30	0.590	111.40	5.40	80.16	19.84	D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> =	0.1588
Nº 40	0.425	59.90	2.91	83.07	16.93	D <sub>30(mm)</sub> =	1.6777
Nº 50	0.297	47.50	2.30	85.37	14.63	D <sub>60(mm)</sub> =	7.1247
Nº 100	0.149	102.20	4.96	90.33	9.67	Cu =	44.86
Nº 200	0.075	51.80	2.51	92.84	7.16	Cc =	2.49
Lavado		147.6	7.16	100.00			
TOTAL		2061.8	100.0				
<b>GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA</b>							
<b>CLASIFICACIÓN</b>							
AASHTO							<b>A-2-6 (0)</b>
Clasificación SUCS							<b>GW-GC</b>



  
**HERNÁN AUCCASI ESPILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 219158

Proyecto : "REUTILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO EN SERVICIO MEDIANTE LA TÉCNICA RUBBLIZING EN LA AVENIDA INDEPENDENCIA, AYACUCHO - 2021.

Trazabilidad : Región/Provinc : AYACUCHO/HUAMANGA

Solicitante : POZO SARMIENTO, ERCILIO Distrito : AYACUCHO

Exploración : C-01 Lugar : AVENIDA INDEPENDENCIA

Estrato / Nivel : E-1 (SUBRASANTE) Fecha : 12 OCTUBRE DEL 2021

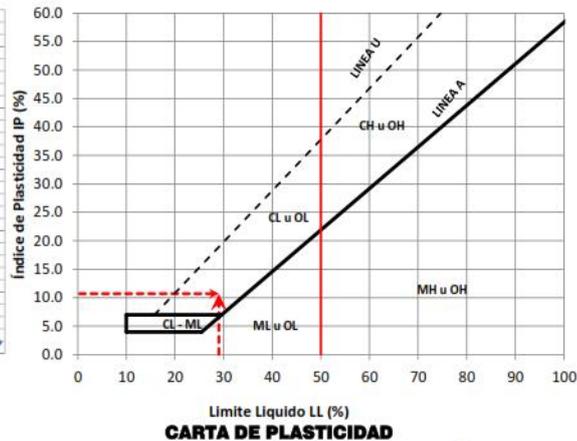
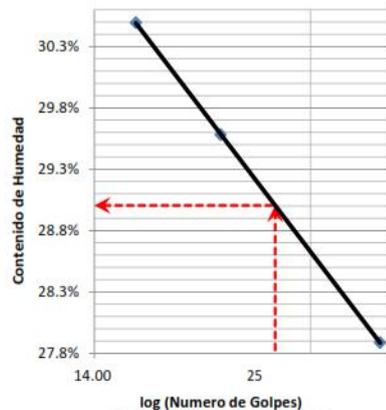
**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	144	143		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	26.670	26.550		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	25.970	25.840		
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.075	22.031		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.70	0.71		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	3.89	3.81		
6	HUMEDAD	%	17.97%	18.64%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>			<b>%</b>		<b>18.3%</b>	

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			59	53	140	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	33.280	34.760	33.320	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	30.850	31.950	30.770	
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.136	22.450	22.407	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.430	2.810	2.550	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	8.714	9.500	8.363	
6	HUMEDAD	%	27.89%	29.58%	30.49%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	21	16	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>%</b>		<b>29.0%</b>	

**ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 10.7%**



*Hernán*  
HERNÁN ALCASÍ ESPILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 219158

	<b>COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento REG-OPE-35.00

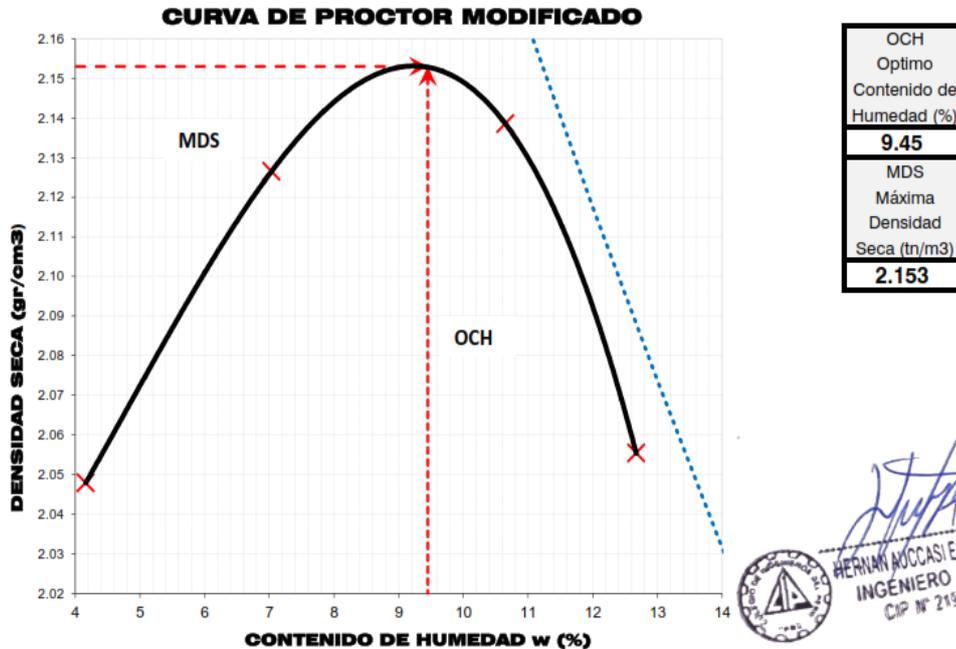
Proyecto : "REUTILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO EN SERVICIO MEDIANTE LA TÉCNICA RUBBLIZING EN LA AVENIDA INDEPENDENCIA, AYACUCHO - 2021.

Trazabilidad : Región/Provinc. : AYACUCHO/HUAMANGA  
 Solicitante : POZO SARMIENTO, ERCILIO Distrito : AYACUCHO  
 Exploración : C-01 Lugar : AVENIDA INDEPENDENCIA  
 Estrato/Nivel : E-1 (SUBRASANTE) Fecha : 12 OCTUBRE DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	GW-GC GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA Y AR	METODO C	
Clasificación AASHTO :	A-2-6 (0)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 56
% Retenido acumulado malla N° 4 :	50.5	Material Pasante a usar PASA 3/4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	31.3	Molde (Pulg) 6	Código MG
% Retenido acumulado malla 3/4" :	15.9	Peso Molde (gr) : 6318.00	Volumen : 2139.20

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10,881	11,187	11,380	11,272
Peso de la muestra compactada	gr	4,563.0	4,869.0	5,062.0	4,954.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.13	2.28	2.37	2.32
Densidad seca	gr/cc	2.05	2.13	2.14	2.06

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		32.0	35.0	32.0	35.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	740.40	707.30	762.20	790.80
Peso de tarro + suelo seco	gr	711.80	664.00	691.20	707.30
Peso del tarro	gr	24.487	48.402	24.487	48.402
Peso del agua	gr	28.60	43.30	71.00	83.50
Peso del suelo seco	gr	687.31	615.60	666.71	658.90
Contenido de humedad	%	4.16	7.03	10.65	12.67



TRAZABILIDAD: HORNO MARCA PINGUAR PG190 SERIE 298 CALIBRACION CERTIF. T-3015, BALANZA OHAUS R21P302H SERIE 8336290394 CALIBRACION CERT. M-6556 ISO 17025 / BALANZA MARCA OHAUS FAJA1102 SERIE D64018613 CALIBRACION CERT. M-6578 ISO 17025, BALANZA OHAUS AXK201E SERIE D644227517 CERT. N° 062-2019 GLM / BALANZA ELECTRONIC/ING-021 CERT. N° 063-2019 GLM



**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento  
REG-OPF-50.00  
Página 1 de 2

Proyecto : "REUTILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO EN SERVICIO MEDIANTE LA TÉCNICA RUBBLIZING EN LA AVENIDA INDEPENDENCIA, AYACUCHO - 2021.

Trazabilidad : Región/Provi: AYACUCHO/HUAMANGA  
Solicitante : POZO SARMIENTO, ERCILIO Distrito : AYACUCHO  
Exploración : C-01 Lugar : AVENIDA INDEPENDENCIA  
Estrato/Nivel : E-1 (SUBRASANTE) Fecha : 12 OCTUBRE DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR									
MOLDE Nº	12			13			14		
CAPAS Nº	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	56			26			12		
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO		
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	12,634			12,554			12,643		
PESO DEL MOLDE gr	7,829.00			7,722.00			8,085.00		
PESO SUELO HÚM. gr	5,005.00			4,832.00			4,558.00		
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,121.38			2,119.18			2,127.84		
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	2.36			2.28			2.14		
DENSIDAD SECA gr/cm3	2.16			2.06			1.93		
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº Nro.	237	356	348	237	356	281	237	356	350
TARRO+SUELO HÚM. gr	959.2	919.8	1,320.3	959.2	919.8	1,145.8	959.2	919.8	1,097.9
TARRO+SUELO SECO gr	883.5	848.1	1,181.1	873.3	838.8	1,024.5	873.3	838.2	981.7
PESO DEL TARRO gr	78.48	87.97	96.05	78.48	87.97	66.50	78.48	87.97	87.03
% DE HUMEDAD %	9.40	9.43	12.83	10.81	10.79	12.66	10.81	10.88	12.99
HUMEDAD %	9.42		12.83	10.80		12.66	10.84		12.99
ABSORCION %	3.41			1.86			2.15		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		1.07	1.07	0.55	0.67	0.67	0.34	0.50	0.50	0.26
1.270	0.050		1.96	1.96	1.01	1.28	1.28	0.66	0.89	0.89	0.46
1.900	0.075		2.80	2.80	1.45	1.91	1.91	0.98	1.17	1.17	0.60
2.540	0.100	6.9	3.64	3.64	1.88	2.50	2.50	1.29	1.39	1.39	0.72
3.170	0.125		4.60	4.60	2.38	3.01	3.01	1.56	1.59	1.59	0.82
3.810	0.150		5.59	5.59	2.89	3.45	3.45	1.78	1.76	1.76	0.91
4.445	0.175		6.62	6.62	3.42	3.83	3.83	1.98	1.90	1.90	0.98
5.080	0.200	10.35	7.35	7.35	3.80	4.19	4.19	2.17	2.01	2.01	1.04
7.620	0.300		10.33	10.33	5.34	5.28	5.28	2.73	2.45	2.45	1.26

  
HERNÁN AUCCASI ESPILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 219138

Proyecto : "REUTILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO EN SERVICIO MEDIANTE LA TÉCNICA RUBBLIZING EN LA AVENIDA INDEPENDENCIA, AYACUCHO - 2021.

Trazabilidad :  
Solicitante : POZO SARMIENTO, ERCILIO  
Exploración : C-01  
Estrato/Nivel : E-1 (SUBRASANTE)

Región/Provinc. : AYACUCHO/HUAMANGA  
Distrito : AYACUCHO  
Lugar : AVENIDA INDEPENDENCIA  
Fecha : 12 OCTUBRE DEL 2021

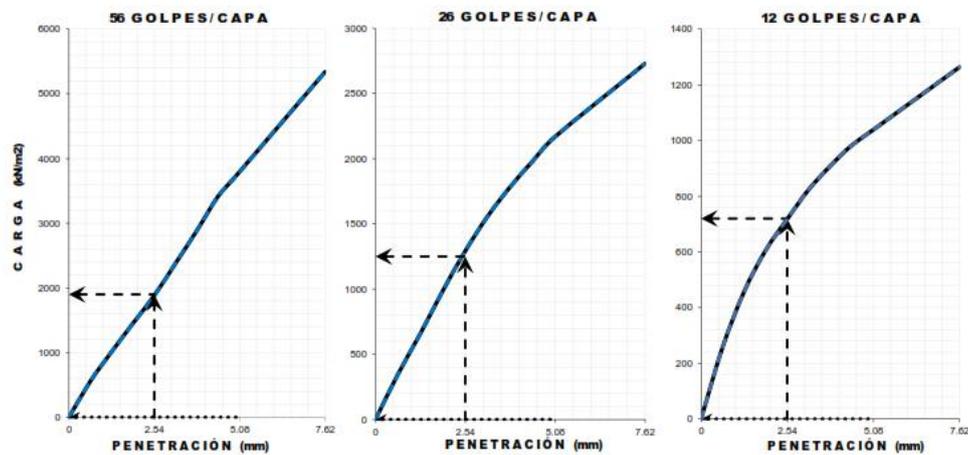
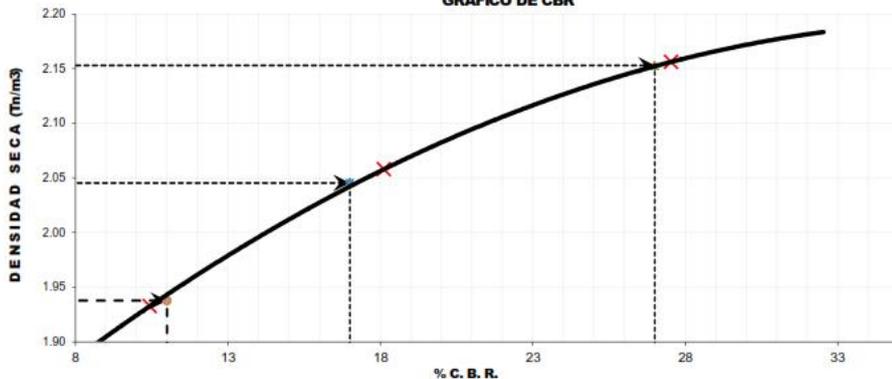
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	GW-GC	GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA	AASHTO :	A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (tr/m <sup>3</sup> ) :	2.15	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	9.45	
% Grava =	50.5	% Arena =	42.4	% Finos = 7.2
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 10.7%
		LL % =	29.0%	LP % = 18.3%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 27.0      CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 17.0      CBR AL 90% MDS = 11.0

**GRÁFICO DE CBR**



*[Handwritten Signature]*  
HERNAN ALCASÍ ESPILCO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 219158

# Anexo 10. Certificado de calibración del equipo



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-22933-001 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	AXB201/E
Número de Serie <i>Serial Number</i>	B644227517
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	BLZ - 006
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	8200 g
Solicitante <i>Customer</i>	INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.
Dirección <i>Address</i>	Mza. P2 Lote 8 A.H. Covadonga Aysucho - Huamanga - Ayacucho
Ciudad <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 26
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos  
*Number of pages of the certificate and documents attached* 04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

Firmas que Autorizan el Certificado  
*Signatures Authorizing the Certificate*

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Vtq. Víctor Portales Quichua  
Métrólogo Laboratorio de Metrología

  
VICTOR PORTALES QUICHUA  
MÉTRÓLOGO  
REG. COLOMBIANO 11723

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 18 #1029-72 | FPN 57 (1) 745-6586 - 2174233640 | lab@tecnologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	B644227517
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 006
<b>Resolución</b>	0,1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 8200 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una pre carga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4.5.6.7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,00	1,0	1,0	0,00	0,00	0,14	2,12
500,00	500,0	500,0	0,00	0,00	0,14	2,11
1 000,00	1 000,0	1 000,0	0,00	0,00	0,14	2,11
2 000,00	2 000,0	2 000,0	0,00	0,00	0,15	2,10
3 000,00	3 000,0	3 000,0	0,00	0,00	0,15	2,08
3 999,99	4 000,0	4 000,0	0,01	0,01	0,16	2,06
5 000,00	5 000,0	5 000,0	0,00	0,00	0,17	2,05
6 000,00	6 000,0	6 000,0	0,00	0,00	0,19	2,03
7 000,00	7 000,0	7 000,0	0,00	0,00	0,20	2,03
8 200,00	8 200,1	8 200,0	0,10	0,00	0,22	2,02

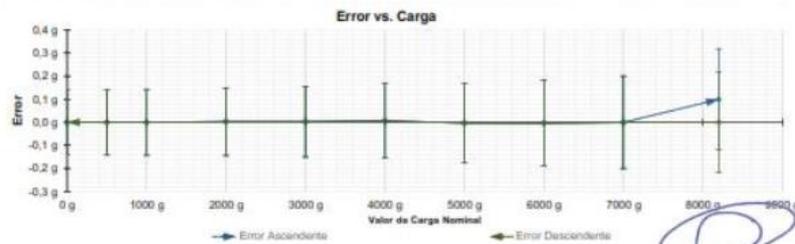


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup>Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R24

VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO EN METROLOGÍA  
REG. COG. 11133

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 700 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
---	g	g
1	699,97	---
2	699,97	0,00
3	699,93	-0,04
4	699,93	-0,04
5	699,99	0,02
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,04</b>

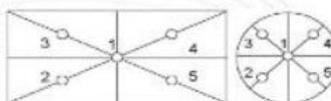


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	1000 g	2000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1000,02	2000,16
2	1000,00	2000,16
3	999,99	2000,14
4	1000,01	2000,16
5	1000,00	2000,17
6	1000,03	2000,16
7	1000,01	2000,17
8	1000,02	2000,16
9	1000,01	2000,16
10	1000,01	2000,15
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,011 g</b>	<b>0,008 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.; Huamanga - Ayacucho. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

**Temperatura Máxima:** 18,0 °C  
**Humedad Máxima:** 50 % HR  
**Presión Barométrica Máxima:** 1000,1 hPa

**Temperatura Mínima:** 17,0 °C  
**Humedad Mínima:** 49 % HR  
**Presión Barométrica Mínima:** 1000,0 hPa

LM-PC-04-F-01 R 0 0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 1 8 #1135 72 | Pbx. 57 (1) 745 4525 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com | WWW.PINZUAR.COM | REP. 0561 440 71433

 VICTOR PORTIL GUICARÁ  
 INGENIERO EN PESAJE  
 REP. 0561 440 71433



#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,58 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,50 E-04 + 5,42 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/igc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-002**

VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO EN CIVIL  
REG. COL. 11217 7133

# Anexo 11. Presupuesto de rehabilitación tradicional

S10

Página

1

## Presupuesto

Presupuesto **0403013** REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA, DISTRITO AYACUCHO PROVINCIA HUAMANGA REGIÓN YACUCHO  
 Subpresupuesto **003** REHABILITACIÓN DE AVENIDA INDEPENDENCIA  
 Cliente **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA-AYACUCHO** Costo al **19/11/2021**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS DE PAVIMENTACION</b>				<b>5,586,409.70</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>14,280.46</b>
01.01.01	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN	mes	8.00	1,200.00	9,600.00
01.01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	und	2.00	1,420.23	2,840.46
01.01.03	CASETA PIGUARDIANA	und	4.00	460.00	1,840.00
01.02	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>508,420.03</b>
01.02.01	MOVILIZACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA OBRA	und	1.00	9,370.80	9,370.80
01.02.02	DEMOLICION DE ESTRUCTURA EXISTENTE (PAVIMENTO, CUNETAS, VEREDAS, ÁREAS VERDES, OTROS)	m3	11,657.58	5.85	68,196.84
01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	15,154.85	28.43	430,852.39
01.03	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>3,537,163.24</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>48,873.95</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	12,447.53	1.35	16,804.17
01.03.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	10,654.41	1.70	18,112.50
01.03.01.03	CONTROL TOPOGRÁFICO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	m2	10,654.41	1.31	13,957.28
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,041,264.29</b>
01.03.02.01	CORTE EN MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	13,612.01	4.14	56,353.72
01.03.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	17,015.01	28.43	483,736.73
01.03.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	4,094.58	5.04	20,636.68
01.03.02.04	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE H=0.15M CON MATERIAL CLASIFICADO	m2	508.15	12.39	6,295.98
01.03.02.05	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE H=0.40M CON MATERIAL CLASIFICADO	m2	6,665.90	25.17	167,780.70
01.03.02.06	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE H=1.30M CON MATERIAL CLASIFICADO	m2	1,170.87	72.84	85,286.17
01.03.02.07	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.20M.	m2	12,439.50	17.78	221,174.31
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTO RIGIDO E=0.25M</b>				<b>2,375,987.64</b>
01.03.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO	m2	1,597.00	73.24	116,964.28
01.03.03.02	DOWELS PARA JUNTAS DE PAVIMENTO L=0.50m @ 0.30M C/6M	m	5,798.00	74.90	434,270.20
01.03.03.03	CONCRETO f <sub>cc</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> CON 0.60 kg/m <sup>3</sup> DE FIBRA DE POLIPROPILENO PARA PAVIMENTO E=0.25 M.	m3	3,109.88	581.64	1,808,830.60
01.03.03.04	CURADO DE CONCRETO	m2	12,439.50	1.28	15,922.56
01.03.04	<b>JUNTAS</b>				<b>71,037.36</b>
01.03.04.01	JUNTAS ASFALTICAS	m	5,779.40	8.57	49,529.46
01.03.04.02	CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCION	m	2,373.94	4.03	9,566.98
01.03.04.03	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION, E=6mm	m	2,373.94	5.03	11,940.92
01.04	<b>CUNETA COMPUESTA</b>				<b>810,538.81</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>3,032.49</b>
01.04.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	1,783.82	1.70	3,032.49
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>72,455.20</b>
01.04.02.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL C/MAQUINARIA	m3	1,341.75	2.59	3,475.13
01.04.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION MANUAL	m2	1,783.82	3.12	5,565.52
01.04.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dm <sub>x</sub> <= 50 m	m3	1,677.19	9.38	15,732.04
01.04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	1,677.19	28.43	47,682.51
01.04.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>393,919.72</b>
01.04.03.01	CONCRETO 1:10 PARA SOLADOS E=2"	m2	1,161.13	27.28	31,675.63
01.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	2,969.05	33.60	99,760.08
01.04.03.03	CONCRETO FC=175KG/CM2	m3	542.89	476.04	258,437.36
01.04.03.04	CURADO DE CONCRETO	m2	3,781.92	1.07	4,046.65
01.04.04	<b>JUNTAS</b>				<b>81,500.18</b>
01.04.04.01	JUNTA DE CONSTRUCCION CON WATER STOP DE 6"	m	5,160.57	13.48	69,564.48
01.04.04.02	JUNTAS ASFALTICAS	m	1,392.73	8.57	11,935.70
01.04.05	<b>PASE VEHICULAR EN CRUCE CON CALLES TIPO CAJON</b>				<b>162,583.60</b>
01.04.05.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	231.98	1.35	313.17

Fecha : 15/12/2021 09:21:06a. m.

## Presupuesto

Presupuesto	0403013	REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA, DISTRITO AYACUCHO PROVINCIA HUAMANGA REGIÓN YACUCHO		
Subpresupuesto	003	REHABILITACIÓN DE AVENIDA INDEPENDENCIA		
Cliente	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA-AYACUCHO		Costo al	19/11/2021
Lugar	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.05.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	231.98	1.70	394.37
01.04.05.03	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL C/MAQUINARIA	m3	185.58	2.59	480.65
01.04.05.04	NIVELACION Y COMPACTACION MANUAL	m2	231.98	3.12	723.78
01.04.05.05	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	231.98	9.38	2,175.97
01.04.05.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	289.97	28.43	8,243.85
01.04.05.07	CONCRETO 1:10 PARA SOLADOS E=4"	m2	231.98	36.97	8,576.30
01.04.05.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	271.30	33.60	9,115.68
01.04.05.09	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	17,516.78	5.74	100,546.32
01.04.05.10	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	60.89	520.97	31,721.86
01.04.05.11	CURADO DE CONCRETO	m2	272.57	1.07	291.65
01.04.06	<b>PASE VEHICULAR DOMICILIARIA SOBRE CUNETAS COMPUESTA</b>				<b>82,960.91</b>
01.04.06.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	220.00	1.70	374.00
01.04.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	82.00	33.60	2,755.20
01.04.06.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,067.98	5.74	11,870.21
01.04.06.04	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	130.00	520.97	67,726.10
01.04.06.05	CURADO DE CONCRETO	m2	220.00	1.07	235.40
01.04.07	<b>PASE PEATONAL SOBRE CUNETAS COMPUESTA</b>				<b>14,086.71</b>
01.04.07.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	161.70	33.60	5,433.12
01.04.07.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	877.74	5.74	5,038.23
01.04.07.03	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	6.80	520.97	3,542.60
01.04.07.04	CURADO DE CONCRETO	m2	68.00	1.07	72.76
01.05	<b>SARDINEL DE CONCRETO SIMPLE</b>				<b>9,631.26</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>38.15</b>
01.05.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	22.44	1.70	38.15
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,123.24</b>
01.05.02.01	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	m3	11.06	47.38	524.02
01.05.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION MANUAL	m2	24.58	3.12	76.69
01.05.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	13.82	9.38	129.63
01.05.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	13.82	28.43	392.90
01.05.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>8,397.88</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	90.11	33.60	3,027.70
01.05.03.02	CONCRETO FC=175KG/CM2	m3	11.06	476.04	5,265.00
01.05.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	98.30	1.07	105.18
01.05.04	<b>JUNTAS</b>				<b>71.99</b>
01.05.04.01	JUNTAS ASFALTICAS	m	8.40	8.57	71.99
01.06	<b>VEREDAS DE CONCRETO</b>				<b>502,369.86</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>16,830.36</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	5,518.15	1.35	7,449.50
01.06.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	5,518.15	1.70	9,380.86
01.06.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>44,726.02</b>
01.06.02.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL C/MAQUINARIA	m3	551.81	2.59	1,429.19
01.06.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION MANUAL	m2	5,518.15	3.12	17,216.63
01.06.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	689.77	9.38	6,470.04
01.06.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	689.77	28.43	19,610.16
01.06.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>423,776.32</b>
01.06.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	297.79	33.60	10,005.74
01.06.03.02	CONCRETO FC=175KG/CM2	m3	551.81	476.04	262,683.63
01.06.03.03	ACABADO Y BRUÑADO EN VEREDAS	m2	5,518.15	26.31	145,182.53
01.06.03.04	CURADO DE CONCRETO	m2	5,518.15	1.07	5,904.42
01.06.04	<b>JUNTAS</b>				<b>17,037.16</b>
01.06.04.01	JUNTAS ASFALTICAS	m	1,988.00	8.57	17,037.16

## Presupuesto

Presupuesto	<b>0403013</b>	<b>REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA, DISTRITO AYACUCHO PROVINCIA HUAMANGA REGIÓN YACUCHO</b>		
Subpresupuesto	<b>003</b>	<b>REHABILITACIÓN DE AVENIDA INDEPENDENCIA</b>		
Cliente	<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA-AYACUCHO</b>		Costo al	<b>19/11/2021</b>
Lugar	<b>AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO</b>			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.07	<b>RAMPA PARA DISCAPACITADOS EN VEREDA</b>				<b>3,978.64</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>194.71</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	63.84	1.35	86.18
01.07.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	63.84	1.70	108.53
01.07.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>517.42</b>
01.07.02.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL C/MAQUINARIA	m3	6.38	2.59	16.52
01.07.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION MANUAL	m2	63.84	3.12	199.18
01.07.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	7.98	9.38	74.85
01.07.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	7.98	28.43	226.87
01.07.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>3,266.51</b>
01.07.03.01	CONCRETO FC=175KG/CM2	m3	3.19	476.04	1,518.57
01.07.03.02	ACABADO Y BRUÑADO EN VEREDAS	m2	63.84	26.31	1,679.63
01.07.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	63.84	1.07	68.31
01.08	<b>AREA VERDE</b>				<b>51,863.37</b>
01.08.01	VOLTEO DE TIERRA EN JARDINES	m2	3,158.73	1.07	3,379.84
01.08.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	3,158.73	6.45	20,373.81
01.08.03	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	317.00	28.19	8,936.23
01.08.04	TIERRA NEGRA EN JARDINES	m2	3,158.73	6.07	19,173.49
01.09	<b>PARADERO</b>				<b>78,111.32</b>
01.09.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	97.01	1.70	164.92
01.09.02	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	m3	5.70	47.38	270.07
01.09.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	7.13	9.38	66.88
01.09.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	7.13	28.43	202.71
01.09.05	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	90.65	5.74	520.33
01.09.06	CONCRETO fc=140 kg/cm <sup>2</sup> +30% P.G. (Cimentacion)	m3	5.70	259.78	1,480.75
01.09.07	ANCLAJE DE LA BANCA	und	38.00	221.80	8,428.40
01.09.08	ESTRUCTURA METALICA Y BANCA (INC. INSTALACION)	und	19.00	2,685.78	51,029.82
01.09.09	BASE GRANULAR COMPACTADO CON EQUIPO LIVIANO E=0.15M	m2	97.01	21.27	2,063.40
01.09.10	CONFORMACION DE CAMA DE ARENA FINA PARA ASENTADO DE ADOQUINES E=0.05M	m2	97.01	15.96	1,548.28
01.09.11	ADOQUINES DE CONCRETO 20x10x8 cm	m2	97.01	78.10	7,576.48
01.09.12	TECHO DE POLICARBONATO	m2	96.05	49.55	4,759.28
01.10	<b>TACHO DE BASURA</b>				<b>70,052.71</b>
01.10.01	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	m3	6.21	47.38	294.23
01.10.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	7.76	9.38	72.79
01.10.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	7.76	28.43	220.62
01.10.04	CONCRETO fc=140 kg/cm <sup>2</sup> +30% P.G. (Cimentacion)	m3	6.21	259.78	1,613.23
01.10.05	TACHO DE ESTRUCTURA METALICA SEGÚN DISEÑO (INC. INSTALACION)	und	69.00	983.36	67,851.84
02	<b>REPOSICION DE SISTEMA DE AGUA POTABLE, SISTEMA DE ALCANTARRILLADO Y CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE REGISTRO Y CANAL</b>				<b>1,264,154.31</b>
02.01	<b>REPOSICION DE RED DE SISTEMA DE ALCANTARRILLADO</b>				<b>602,859.60</b>
02.01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>23,381.40</b>
02.01.01.01	PUNTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	30.00	779.38	23,381.40
02.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>186,493.11</b>
02.01.02.01	DEMOLICION DE ALCANTARILLAS EXISTENTES (BUZONES EXISTENTES)	und	16.00	29.16	466.56
02.01.02.02	REMOCION DE TUBERIAS DE ALCANTARRILLADO	m	1,865.50	3.92	7,312.76
02.01.02.03	EXCAVACIÓN DE ZANJA C/MAQUINARIA TUB. 8"-16", ANCHO <=0.80M, ALTURA PROM.=2.05M	m	2,647.00	5.47	14,479.09
02.01.02.04	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA TERRENO NORMAL PITUB. DN 200 MM HASTA 2.0 M DE PROFUNDIDAD	m	2,647.00	2.84	7,517.48
02.01.02.05	CAMA DE APOYO PARA TUBO HASTA 12" CON MATERIAL DE PRESTAMO	m	2,647.00	7.30	19,323.10

## Presupuesto

Presupuesto 0403013 REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA, DISTRITO AYACUCHO PROVINCIA HUAMANGA REGIÓN YACUCHO

Subpresupuesto 003 REHABILITACIÓN DE AVENIDA INDEPENDENCIA

Cliente MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA-AYACUCHO Costo al 19/11/2021

Lugar AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.01.02.06	SOBRECAMA PROTECTORA E=0.30 m C/MAT. DE PRESTAMO, ANCHO <=0.80 m	m	2,647.00	7.12	18,846.64
02.01.02.07	RELLENO COMP. ZANJA (PULSO) P/TUB T-NORMAL DN 200 TODA PROF..	m	2,647.00	14.65	38,778.55
02.01.02.08	ELIMIN. DESMONTE (CARG+V) T- NORMAL D = 20 KM P/TUB. DN 200-250 PARA TODA FORF.	m3	952.92	83.71	79,768.93
02.01.03	<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				<b>103,815.34</b>
02.01.03.01	SUMINISTRO E INST. TUBERIA PVC ALCANTARRILLADO SN-4 UNION FLEXIBLE DE 8" (200 mm)	m	2,647.00	33.82	89,521.54
02.01.03.02	PRUEBA HIDRÁULICA EN TUBERIA DE ALCANTARRILLADO DN 200MM	m	2,647.00	5.40	14,293.80
02.01.04	<b>BUZON</b>				<b>152,817.45</b>
02.01.04.01	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL C/MAQUINARIA	m3	453.64	2.59	1,174.93
02.01.04.02	REFINE LATERAL, NIVELACION EN FONDO DE BUZON	m	301.07	3.20	963.42
02.01.04.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA (50m)	m3	216.91	43.48	9,431.25
02.01.04.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	372.83	26.43	9,853.90
02.01.04.05	SOLADOS CONCRETO f'c=100 kg/cm2 h=2"	m2	133.91	21.73	2,909.86
02.01.04.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MURO P/BUZONES	m2	676.80	37.91	25,657.49
02.01.04.07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN TACHO P/BUZONES	m2	56.05	52.93	2,966.73
02.01.04.08	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	61.27	520.97	31,919.83
02.01.04.09	CONCRETO f'c= 280 kg/cm2 CON 0.80 kg/m3 DE FIBRA DE POLIPROPILENO (EN TAPA DE BUZON)	m3	22.13	581.64	12,871.69
02.01.04.10	CONCRETO DE f'c=140 kg/cm2, PILOSA Y/O MEDIA CAÑA	m3	14.16	429.08	6,075.77
02.01.04.11	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,872.34	5.74	22,227.23
02.01.04.12	SUMINISTRO E INSTALACION DE MARCO Y TAPA P/P P/BUZONES D=0.60M	und	59.00	453.65	26,765.35
02.01.05	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				<b>136,352.30</b>
02.01.05.01	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL P/CONEX. DOMICILIARIA PROM. 1.15	m3	583.20	42.65	24,873.48
02.01.05.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL PARA TUBERIA PVC 8"	m	810.00	4.83	3,912.30
02.01.05.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERIA CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	48.60	41.68	2,025.65
02.01.05.04	RELLENO LATERAL Y ENCIMADO CON MATERIAL SELECCIONADO H=30 CM DE LA CLAVE DE TUBERIA	m3	194.40	52.56	10,217.66
02.01.05.05	RELLENO Y COMPACTADO D ZANJA CON MATERIAL PROPIO	m3	340.20	81.83	27,838.57
02.01.05.06	RECONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARRILLADO	und	135.00	297.95	40,223.25
02.01.05.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA, TAPA PARA DESAGUE	und	135.00	157.18	21,219.30
02.01.05.08	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	194.00	9.38	1,819.72
02.01.05.09	ELIMINACION DE EXCEDENTES	m3	233.28	18.10	4,222.37
02.02	<b>REPOSICION DE RED DE SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>				<b>652,444.71</b>
02.02.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>60,154.16</b>
02.02.01.01	REMOCION DE TUBERIAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	m	2,521.13	3.92	9,882.83
02.02.01.02	EXCAVACIÓN DE ZANJA (PULSO) P/TUB. TERR. NORMAL DN 50-80 MM DE 1.00 M PROF.	m	2,521.13	0.52	1,310.99
02.02.01.03	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB. DN 100-200 MM PARA TODA PROFUNDIDAD	m	2,521.13	4.33	10,916.49
02.02.01.04	CAMA DE APOYO PARA TUBO HASTA 4" CON MATERIAL DE PRESTAMO	m	2,521.13	5.26	13,261.14
02.02.01.05	RELLENO COMP.ZANJA TERR.NORMAL"C"-P/TUB.4"-6" AGUA POTABLE	m	2,521.13	9.83	24,782.71
02.02.02	<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				<b>460,603.67</b>
02.02.02.01	TUBERIA PVC NTP - ISO 4422 UF DN 160MM C-7.5 INCL. ANILLO +2% DESPERDICIOS.	m	553.05	287.73	159,129.08
02.02.02.02	TUBERIA PVC NTP - ISO 4422 UF DN 110MM C-7.5 INCL. ANILLO +2%DESPERDICIO	m	1,986.08	142.66	283,334.17
02.02.02.03	ACCESORIOS EN RED	gib	1.00	5,847.60	5,847.60
02.02.02.04	VALVULA COMPUERTA DE FIERRO HIERRO DUCTIL ø160 MM UNION CAMPANA	und	1.00	463.98	463.98
02.02.02.05	VALVULA COMPUERTA DE FIERRO HIERRO DUCTIL ø110 MM UNION CAMPANA	und	9.00	340.00	3,060.00
02.02.02.06	PRUEBA HIDRÁULICA+DESINFECCION PIAGUA A ZANJA TAPADA	m	2,539.13	3.20	8,125.22
02.02.02.07	CONCRETO DE f'c=140 kg/cm2, P/ANCLAJE Y/O DADOS	m3	1.50	429.08	643.62

## Presupuesto

Presupuesto	0403013	REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA AV. INDEPENDENCIA, DISTRITO AYACUCHO PROVINCIA HUAMANGA REGIÓN YACUCHO		
Subpresupuesto	003	REHABILITACIÓN DE AVENIDA INDEPENDENCIA		
Cliente	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA-AYACUCHO		Costo al	19/11/2021
Lugar	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.02.03	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS AGUA</b>				<b>131,686.88</b>
02.02.03.01	CINTA DE PLASTICO SEÑALIZADORA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	660.00	68.28	45,064.80
02.02.03.02	EXCAVACIÓN DE ZANJA (PULSO) P/TUB. TERR. NORMAL DN 50-80 MM DE 1.00 M PROF.	m	577.50	0.52	300.30
02.02.03.03	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB. DN 100-200 MM PARA TODA PROFUNDIDAD	m	577.50	4.33	2,500.58
02.02.03.04	CAMA DE APOYO PARA TUBERIA CON MATERIAL PRESTAMO	m	577.50	23.86	13,779.15
02.02.03.05	RELLENO LATERAL Y ENCIMADO CON MATERIAL SELECCIONADO H=30 CM DE LA CLAVE DE TUBERIA	m3	103.95	52.56	5,463.61
02.02.03.06	RELLENO Y COMPACTADO D ZANJA CON MATERIAL PROPIO	m3	173.25	81.83	14,177.05
02.02.03.07	RECONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE	und	165.00	182.11	30,048.15
02.02.03.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA, TAPA	und	165.00	103.76	17,120.40
02.02.03.09	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE Dmx <=50 m	m3	103.95	9.38	975.05
02.02.03.10	ELIMINACION DE EXCEDENTES	m3	124.74	18.10	2,257.79
02.03	<b>CONSTRUCCION DE CAJAS DE REGISTRO Y CANAL</b>				<b>8,850.00</b>
02.03.01	<b>CAJAS DE REGISTRO</b>				<b>2,360.00</b>
02.03.01.01	CONSTRUCCION DE CAJA DE REGISTRO	und	1.00	2,360.00	2,360.00
02.03.02	<b>CANAL</b>				<b>6,490.00</b>
02.03.02.01	CONSTRUCCION DE CANAL	m	10.00	649.00	6,490.00
03	<b>SEÑALIZACION VIAL Y PINTADO</b>				<b>85,036.21</b>
03.01	EXCAVACION Y COLOCACION R=30 und/día	und	167.00	69.40	11,589.80
03.02	SEÑALES PREVENTIVAS	und	118.00	206.85	24,408.30
03.03	SEÑALES INFORMATIVAS (NOBRE DE CALLES)	und	42.00	211.62	8,888.04
03.04	SEÑALES INFORMATIVAS 3.20*0.95 (INFORMACION DE LUGAR)	und	4.00	454.39	1,817.56
03.05	SEÑALES INFORMATIVAS ADOSADOS EN PARED	und	35.00	88.40	3,094.00
03.06	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	1,653.47	15.47	25,579.18
03.07	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	587.10	3.34	1,960.91
03.08	PINTURA DE TRANSITO EJE CENTRAL DEL PAVIMENTO	m2	166.20	3.04	505.25
03.09	PINTURA EN SARDINEL	m2	800.13	8.99	7,193.17
04	<b>MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>3,489.65</b>
04.01	RIEGO EN OBRA DURANTE EJECUCIÓN	m3	1,500.00	0.67	1,005.00
04.02	LIMPIEZA DE FINAL DE OBRA	m2	9,556.33	0.26	2,484.65
05	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>				<b>32,847.62</b>
05.01	IMPLEMENTACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	gib	1.00	308.34	308.34
05.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	100.00	229.83	22,983.00
05.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	gib	1.00	4,130.00	4,130.00
05.04	SEÑALIZACIÓN EN OBRA DURANTE EJECUCIÓN	m	1,332.00	2.76	3,676.32
05.05	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIA EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	gib	1.00	1,749.96	1,749.96
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>6,971,937.49</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>6,971,937.49</b>
	<b>GASTOS GENERALES (8.07% CD)</b>				<b>562,621.43</b>
	=====				=====
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>7,534,558.92</b>
	<b>GASTOS DE SUPERVISION (5.04% CD)</b>				<b>351,638.39</b>
	<b>GASTOS DE LIQUIDACIÓN</b>				<b>15,000.00</b>
	=====				=====
	<b>PRESUPUESTO TOTAL DE OBRA</b>				<b>7,901,197.31</b>

SON : SIETE MILLONES NOVECIENTOS UNO MIL CIENTO NOVENTISIETE Y 31/100 SOLES

Anexo 13. Certificado de Validez de Contenido del Instrumento



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE** los resultados de la presente investigación

N°	VARIABLES / DIMENSIONE / INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Rehabilitación de pavimentos rígidos</b>							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	Si	No	
1	Diseño estructural	X		X		X		
2								
	DIMENSIÓN 2.	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Rubblizing	X		X		X		
4								
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 1: Explotación de canteras</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1:	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Volumen de explotación	X		X		X		
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 2: Impacto ambiental</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1:	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Alteración de calidad ambiental	X		X		X		
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 3: Presupuesto</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1:	Si	No	Si	No	Si	No	
7	Costo de demolición y transporte	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [ X ]**            **Aplicable después de corregir [ ]**            **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./ Mg: **Jorge Richard Olarte Pinares**            DNI: **40752422**

Especialidad del validador: .....

**14 de diciembre del 2021**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

-----  
**Firma del Experto Informante.**