



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Análisis del pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 de Noviembre - Huaraz, 2021”

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

AUTORES:

Fernandez Robles, Sandra Carmen (ORCID: 0000-0003-0023-087X)

Reyes Chiuca, Cristian Oliver (ORCID: 0000-0001-5979-5002)

ASESOR:

Mgtr. Ing. Cornejo Saavedra, Gustavo Ivanovich (ORCID: 0000-0002-7673-5148)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

HUARAZ – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres David Fernandez y Olinda Robles, quienes me apoyaron incondicionalmente y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se les debo a ustedes en la que incluye este. A mis hermanos Richerd y Pamela, por acompañarme y darme su apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento gracias. A mi familia por sus consejos y palabras de aliento que me acompañan en mis metas y sueños.

Fernandez Robles, Sandra Carmen

La presente investigación es dedicada a mis padres (Rufino Reyes y Eugenia Chiuca); por ser el pilar fundamental en mi vida, en mi educación; por sus enseñanzas y lecciones para ser una mejor persona, por animarme moralmente, por hacerme creer que el logro de todo objetivo y meta, está en uno mismo.

Reyes Chiuca, Cristian Oliver

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a mi arequipeño David Fernandez por su esfuerzo y dedicación a lo largo de mi vida; por su infinito apoyo incondicional mi madre Olinda Robles, gracias madre por tus sabias palabras. De igual forma, agradezco a mis docentes, por colaborar durante todo este proceso, quienes con sus conocimientos y enseñanzas me permitió seguir con el desarrollo de este trabajo. Finalmente a mis amistades les agradezco por su apoyo moral y dedicación.

Fernandez Robles, Sandra Carmen

A Dios por todas sus bendiciones, por brindarme de todo su amor y acompañarme siempre; agradecer a mis Padres por brindarme de su ejemplo de trabajo y honradez a lo largo de estos años, que sin ayuda de ellos no sería posible que hoy en día estoy por culminar mi carrera profesional de Ingeniería Civil. También agradecer a mis asesores de la tesis por brindarme de sus conocimientos y enseñanzas.

Reyes Chiuca, Cristian Oliver

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Astract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Variables y operacionalización.....	11
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimientos	13
3.6 Método de análisis de datos.....	15
3.7 Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
4.1 Tipos de patologías en la Avenida 27 De Noviembre.....	17
4.2 Índice de condición de la Avenida 27 De Noviembre	19
4.3 Resultados de Proctor modificado	20
4.4 Resultados de CBR.....	20
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	26

VII. RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Porcentaje total de patologías	17
Tabla 1.	Resumen y rango del PCI de cada tramo.....	19
Tabla 2.	Resultados de Proctor modificado	20
Tabla 3.	Resultados de CBR	21
Tabla 4.	Obtención del máximo valor reducido corregido (CDV).....	43
Tabla 5.	Niveles de severidad de las patologías en el pavimento rígido	43
Tabla 6.	Rangos de calificación del PCI	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1.	Representación de los porcentajes totales según los tipos del pavimento rígido.....	18
<i>Figura 1.</i>	Resultado final de PCI para la Avenida 27 de Noviembre.....	19
<i>Figura 2.</i>	Hoja de inspección para el pavimento rígido.....	42
<i>Figura 3.</i>	Requisitos para ensayo de CBR Norma Técnica CE.10	47
<i>Figura 4.</i>	Categorías de sub rasante Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014).....	47
<i>Figura 5.</i>	Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Propiedades de los Suelos con el Módulo de Resiliente - Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014).....	48
<i>Figura 6.</i>	Blowup / Buckling	48
<i>Figura 7.</i>	Grieta de Esquina.....	48
<i>Figura 8.</i>	Grieta de Durabilidad “D”.....	49
<i>Figura 9.</i>	Escala.....	49
<i>Figura 10.</i>	Sello de Junta	49
<i>Figura 11.</i>	Desnivel Carril / Berma	50
<i>Figura 12.</i>	Grietas Lineales	50
<i>Figura 13.</i>	Parqueo grande.....	50
<i>Figura 14.</i>	Pulimento de Agregados	51
<i>Figura 15.</i>	Popouts	51
<i>Figura 16.</i>	Bombeo.....	51
<i>Figura 17.</i>	Grietas de Retracción	52
<i>Figura 18.</i>	Descascaramiento de Esquina.....	52
<i>Figura 19.</i>	Descascaramiento de Junta.....	52
<i>Figura 20.</i>	Delimitación de la muestra	53
<i>Figura 21.</i>	Análisis del pavimento rígido de la Av. 27 de Noviembre	53

<i>Figura 22.</i>	Cuarteo de la muestra.....	54
<i>Figura 23.</i>	Análisis de granulometría de la muestra	54
<i>Figura 24.</i>	Resultados del ensayo de Proctor Modificado	55
<i>Figura 25.</i>	Resultados del ensayo de CBR	56
<i>Figura 26.</i>	Resultados del ensayo de CBR	57
<i>Figura 27.</i>	Hoja de inspección del tramo 1	58
<i>Figura 28.</i>	Hoja de inspección del tramo 2.....	59
<i>Figura 29.</i>	Hoja de inspección del tramo 3.....	60
<i>Figura 30.</i>	Hoja de inspección del tramo 4.....	61
<i>Figura 31.</i>	Hoja de inspección del tramo 5.....	62
<i>Figura 32.</i>	Hoja de inspección del tramo 6.....	63
<i>Figura 33.</i>	Hoja de inspección del tramo 7.....	64
<i>Figura 34.</i>	Hoja de inspección del tramo 8.....	65

RESUMEN

La presente investigación titulada “Análisis del pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 de Noviembre - Huaraz, 2021”, posee por objetivo analizar el pavimento rígido aplicando la técnica PCI. Posee una metodología a utilizar es de manera aplicada cuantitativa. La muestra posee 8 tramos. El procedimiento comenzó con una calicata, correspondiente a la norma, para pavimento rígido se excavo 1.50 m como mínimo, después se procedió al análisis en un laboratorio de suelos, resultando los valores de Proctor modificado en compactación densidad máxima seca 2.13 (Tn/m³) y la humedad optima 8.73%, finalmente se obtuvo CBR al 95% que es 19.28%; clasificando según la categoría de sub rasante Bueno. Como siguiente procedimiento se tomó datos a través de la hoja de inspección, analizando los tipos de fallas y su severidad en cada losa de los tramos, considerando los cálculos en una hoja Excel y basándose con la norma ASTM D6433 para la técnica PCI; en la cual resultó un valor promedio PCI de 57 y clasificándolo como un pavimento Bueno. Concluyendo, el pavimento posee ciertos tramos en gran deficiencia por lo que se debe realizar un mantenimiento para su conservación.

Palabras clave: ASTM D6433, PCI, CBR, Proctor Modificado

ABSTRACT

The present investigation entitled "Analysis of the rigid pavement by the method pavement condition index (PCI) in Avenida 27 de Noviembre - Huaraz, 2021", aims to analyze the rigid pavement applying the PCI technique. It has a methodology to use is applied quantitatively. The sample has 8 sections. The procedure began with a test pit, corresponding to the standard, for rigid pavement at least 1.50 m was excavated, then the analysis was carried out in a soil laboratory, resulting in modified Proctor values in maximum dry density compaction 2.13 (Tn / m³) and optimum humidity 8.73%, finally 95% CBR was obtained which is 19.28%; classifying according to the category of sub-grade Good. As the following procedure, data was taken through the inspection sheet, analyzing the types of failures and their severity in each slab of the sections, considering the calculations in an Excel sheet and based on the ASTM D6433 standard for the PCI technique; which resulted in an average PCI value of 57 and classifying it as a Good pavement. In conclusion, the pavement has certain sections in great deficiency so maintenance must be carried out for its conservation.

Keywords: ASTM D6433, PCI, CBR, Modified Proctor

I. INTRODUCCIÓN

Félix (2020) La localidad de Huaraz se encuentra en una altitud de 3052 m. s. n. m., presenta un clima variado y con épocas de mucha lluvia, está ubicada en la zona andina, pertenece al Callejón de Huaylas. En la página del INEI en el año 2018, se mostró que existía un exceso de uso de vehículos por parte de los pobladores, dando como una cifra del 4.1% de incremento a comparación del año 2017, resultando una gran congestión de vehículos en las vías de Huaraz. La Avenida 27 de Noviembre es una de las afectadas, ya que transitan diversos vehículos y es una de las avenidas más concurridas en la ciudad; actualmente la vía está compuesta por un pavimento rígido, además se observa un gran desgaste y deterioro de la estructura según lo observado de la zona.

De acuerdo a la Asociación de Productores de Cemento (2016) muchas de las estructuras de pavimento están en un estado deplorable e incluso poseen un diseño inadecuado para el tipo y lugar que se encuentra. El pavimento de una vía puede durar muchos años considerablemente si esta posee un mantenimiento adecuado, de no ser así podría sufrir diversos factores que dañen su estructura. Según Costa (2018) en su revista titulada “Asfalto y pavimentación”, menciona que el pavimento no cumple su vida útil por ciertas características a la cual está sometida, las más comunes son los malos cálculos en su diseño, los materiales inadecuados en su elaboración y el clima que es un factor muy común en todo pavimento. La recomendación principal del autor, es que se deba analizar adecuadamente y en su debido momento, para así evitar cualquier incomodidad durante el viaje y sobre todo a la población aledaña de la vía.

El tipo de pavimento se selecciona de acuerdo a la zona en la que se encuentra, la cual puede sufrir diversos factores y presentar patologías según el tipo. En la norma ASTM D6433 (2004), menciona que el pavimento rígido presenta patologías como fisura, rotura de esquina, estallidos y otros más. Por lo que estas características pueden generar diversas consecuencias como problemas en los transeúntes, la población y también los conductores de vehículos que circulan la vía. De tal manera se considera como factor importante el estudio del pavimento a lo largo de su vida, originando el **problema general**: ¿Es posible evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021? De tal forma se

formuló los **problemas específicos**, el primero: ¿Cuáles son las patologías que presenta el pavimento rígido según el método pavement condition index (PCI) de la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021? El segundo: ¿Cuál es el índice de condición que presenta el pavimento rígido en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021, mediante la norma ASTM D6433? El tercero: ¿Es posible analizar el resultado de ensayo CBR en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021? Por último: ¿Es posible analizar el resultado de ensayo Proctor Modificado en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021?

Para demostrar el argumento de la investigación, se consideró diversos puntos de vista; comenzando con la **justificación teórica**, esta investigación aspira analizar y demostrar el estado de la vía por medio de la observación y estudio del pavimento, proporcionando una solución y optimizar su rendimiento de diseño establecido, tratando de ser práctico para su alcance y correcta utilización, con el fin de generar la integridad del pavimento.

De acuerdo a la **justificación ambiental**, debido al desgaste y deterioro del pavimento, ocasiona problemas en el tránsito vehicular, ya que al momento de las congestiones provoca el aumento de ruido y polvo de la zona; en las épocas de lluvia, es una gran complicación ya que ocasiona charcos y la propagación de insectos.

Siguiendo desde la **justificación económica**, la inspección del pavimento a través del método PCI no formará algún gasto adicional, ya que solo se necesitan los instrumentos necesarios para la investigación, dando como resultado el estado de severidad del pavimento, generando una disminución de gastos en la conservación de la estructura.

De acuerdo con la **justificación práctica**, se pondrá en ejecución la técnica PCI, dando como conclusión un mejor desarrollo, por lo que la investigación se tomará en cuenta parámetros que brinde un tránsito vehicular adecuado y mejorar la utilidad del pavimento rígido, a través de la evaluación en la vía por medio de una inspección visual y con instrumentos básicos.

Por último, con respecto a la **justificación social**, para el análisis se utilizará métodos eficaces, con el fin de generar beneficios a la población de Huaraz con

respecto al tráfico de vehículos, reduciendo el tiempo de tránsito y sobre todo disminuir gastos adicionales que puedan generar la vía, resultando un mejor desarrollo y bienestar para la sociedad.

Generando la trascendencia de la investigación, en analizar el estado superficial del pavimento rígido en el año 2021. De tal forma se consideró el **objetivo general**: Evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021. Concordando con el problema se consideró los **objetivos específicos**, el primero: Determinar las patologías que presenta el pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021. El segundo: Calcular el índice de condición que presenta el pavimento rígido de la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021, mediante la norma ASTM D6433. El tercero: Realizar y analizar el ensayo de CBR en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021. Por último: Realizar y analizar el ensayo de Proctor Modificado en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021.

La presente investigación, considero como **hipótesis general**: La evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre, se obtiene que la condición del pavimento es bueno - Huaraz, 2021. **Hipótesis específicas**, el primero: Las patologías que presenta el pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) son controlables en la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021. El segundo: El índice de condición que presenta el pavimento rígido de la Avenida 27 De Noviembre, es óptimo según los parámetros de la norma ASTM D6433 - Huaraz, 2021. El tercero: Los resultados del ensayo de CBR en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021. Por último: Los resultados del ensayo de Proctor Modificado en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes a nivel internacional**, en Irak, Rubaee, Shubber y Khaleefaht (2020) en su artículo de investigación “Estudio del pavimento utilizando PCI, siguiendo la norma ASTM D6433”, se consideró como objetivo general examinar el pavimento por medio del cálculo manual PCI y el software Micro Paver, posee una metodología aplicada experimental. Se trabajó con una muestra en la carretera Salah Al-Deen Road y del aeropuerto internacional, en la cual miden de 8km y 7.25 km respectivamente, el área de estudio es de 23.25km. Los resultados de acuerdo al método PCI son de 64.3 y 61.5 para los dos lados de la carreta Salah Al-Deen Road, para el Bagdad International Airport Road es de 80.9. Los resultados con el software Micro Paver es de 62 y 61 para los lados 1 y 2 de Salah Al-Deen Road respectivamente, 80 es el resultado para el segmento de Bagdad International Airport Road. Los autores llegaron a la conclusión de acuerdo a los valores PCI manual, se da una clasificación de bueno para la vía Salah Al-Deen Road y para la pista del aeropuerto se considera en una clasificación de muy bueno; mientras que en la utilización del Micro PAVER, los valores PCI para el Salah Al-Deen Road dio una clasificación de regular y Bagdad International Airport Road se clasifica como bueno.

En Ecuador, Pucha y Zarate (2020) en su artículo de investigación “Evaluación del pavimento rígido mediante orto imágenes” se consideró como objetivo general indagar el pavimento por medio del vehículo aéreo no tripulado (VANT) para el estudio del índice de condición, posee una metodología no experimental cuantitativa y transversal. La muestra consiste entre la abscisa 5+256,00 a la 5+936,00 de la vía Catamayo-San Pedro de la Bendita, el área de unidad de muestreo posee entre las 20 a 8 losas; a fin de obtener un nivel de confianza del 95 % del PCI, se analizaron 17 muestras de pavimento rígido con una dimensión de 40 m cada una. De acuerdo a los resultados, la vía posee condiciones pobres (M1) a condiciones excelentes (M5, M7, M8) con patologías como grieta de esquina, losa dividida, grietas lineales y de durabilidad, parches y punzonamiento, con severidades desde bajas hasta altas. Para los resultados de PCI, presento 6 tipos de patologías con un mayor número y densidad de daño de tipo grieta lineal en las 17 muestras evaluadas. Los autores llegaron a la conclusión como medida de manteamiento se debe realizar un sellado de grieta,

parqueo profundo, remplazo de losa y remplazo de parche; la metodología PCI resulto como bueno en la condición del pavimento.

Por otra parte, Puga (2018) en su artículo de investigación “Determinación de las fallas presentadas en el pavimento Rígido de la Avenida Loja - Ecuador”. Tuvo como objetivo, determinar el funcionamiento de los pavimentos rígidos, mediante la técnica PCI. En ello se evaluó la situación de la superficie de los pavimentos, generando soluciones a los problemas presentados en la vía. Se consideró la muestra 2.5 km de la avenida Loja, en la que resultó el 40% del pavimento está en un estado excelente, el 31% posee un estado muy bueno y el 3% equivale a un estado grave. De esa manera concluyó que al realizar los estudios de la investigación, las fallas encontradas fueron el parche grande con 60%, la losa dividida con 42%, y la grieta lineal con 70%; las cuales requieren de un mantenimiento antes que se pongan en un estado más grave.

En Cuba, Caballero y Fernandez (2018) en su artículo de investigación “Propuesta de evolución en pavimento por la metodología PCI”, tuvo por objetivo general analizar el pavimento a través de la técnica PCI en la carreta central entre Seminario Bautista-Loma de la Cruz, posee una metodología aplicada experimental. Se trabajó con una muestra de 14 unidades que equivale a un área de 250 m², en la cual resultó valores numéricos de 35 a 80 de PCI, mientras que los valores menores son la unidad 14 con 2 de PCI y la unidad 10 con 25 de PCI; las patologías más detectables en este camino son el agrietamiento de bloques, parqueo, grietas longitudinales y algunos desprendimientos del pavimento lo que significa un 66% de daños encontrados. Se concluyó que las grietas fueron a consecuencia de la fatiga de la capa del pavimento, esto es debido a la repetición de esfuerzos en tracción por flexión, además estas causas es por la tanta demanda de coches pesados que transitan por la vía; la patología de desprendimientos, son causadas por la deficiencia de los componentes y la exposición climatológica; de acuerdo a los resultados se deduce que el pavimento presenta una clasificación de regula, en la cual recomiendan en realizar una intervención superficial a corto plazo.

Los **antecedentes a nivel nacional**, según Anaya y Patricio (2020) realizaron una investigación titulada “Diseño de la vía con pavimento rígido en la Avenida Raymondi – Huaraz” se planteó como objetivo realizar el diseño del pavimento

rígido para la Avenida Raymondi; posee una metodología de tipo aplicada cuantitativa. La muestra es de 1.6 km, primero realizaron la recopilación de la información a través de la observación, análisis de campo y por último el análisis de laboratorio, en la cual uno de sus ensayos es el CBR y Proctor modificado; los investigadores realizaron una calicata y lo analizaron en el laboratorio de suelos con el objetivo principal de estudiar el ensayo de CBR para obtener el resultado del espesor del pavimento. Se determinó el análisis de granulometría por tamizado de grava 19.12%, arena 27.47% y finos 53.40%, se determinó humedad promedio 4.95 %, los límites e índice de plasticidad de suelos, Proctor modificado en compactación densidad máxima seca (kg/cm^3) 1.82 y la humedad óptima 7.08%, también se obtuvo peso específico relativo de sólidos (Gs) 2.65 y finalmente se obtuvo CBR en 100 y 95%, según norma se utiliza al 95% que es 22.62%. Concluyendo que el resultado obtenido es un suelo bueno para la sub rasante de acuerdo a la norma del ministerio de transportes para pavimentos urbanos.

Según Quinto y Jorge (2019) en su artículo de investigación titulado “Consecuencia de la sobrecarga vehicular con respecto al CBR del suelo en la vía Huancavelica-Plaza pata” tiene por objetivo hallar el efecto del CBR por la sobrecarga del vehículo. Posee una metodología de tipo aplicada y enfoque explicativo. La muestra de la investigación está conformada por 6 calicatas cada 4 km, su procedimiento se inició en la recolección de datos a través del IMD y se procedió a llevar muestra de suelo al laboratorio para determinar el porcentaje final de CBR. De acuerdo a los resultados con respecto al ensayo de Proctor Modificado, dio el resultado en la calicata 4 de acuerdo a su densidad máxima seca un valor de valor de 2.13 gr/cm^3 , en la cantera 06 se observa un mayor valor con una densidad seca máxima de 2.05 gr/cm^3 , asimismo la en la cantera (CA-04) la humedad óptima es 11.97% y la menor humedad óptima se encuentra en la calicata (C-05). Para los resultados de CBR al 95% se determinó para la C-01 de 25.30%, para la C-02 de 16.2%, para la C-03 de 17.80%, para la C-04 de 41.10%, para la C-05 de 39.50%, para la C-06 de 17.20%, para la CA-01 de 31.5%, para CA-02 de 31.2%, para la CA-03 de 29.9%, para la CA-04 de 16.30%, para la CA-05 de 44.10% y para la CA-06 de 27.90%. De acuerdo a la normativa MTC E-132 para el diseño de CBR esta se debe ser realizada al 95 %, se muestra el CBR de diseño, en donde para las canteras evaluadas solo la cantera 05 cumple ya que el CBR al 95% es mayor al 40% como

menciona en la norma; para las calicatas cumplan con el CBR mínimo de acuerdo a la norma MTC E 132, esta tiene que ser mayor a 20%, en el cual solo cumplen las calicatas: 01, 04 y 05 siendo sus valores 25.30 %, 41.10 % y 39.50 % respectivamente. En conclusión para el procedimiento de cálculos se consideró un CBR de diseño al 95% y tomando en cuenta que las canteras tienen que tener un mínimo valor de CBR de 40%, solo la cantera 05 cumple por poseer un valor de 44.10%.

Según Medina (2018) en su artículo de investigación “Índice de estado superficial del pavimento rígido del Jirón 28 de Julio – Huánuco, utilizando el ASTM D6433 y MTC”, tuvo por objetivo general determinar la condición del pavimento rígido en el Jirón 28 de Julio, usando las normas MTC y ASTM D6433, para establecer su intervención. El nivel de investigación es de manera aplicada con un enfoque mixto. Se consideró como muestra a todo el pavimento rígido, que posee 15 cuadras con una sección de 5 m, en la cual se analizó en su 100% con el método PCI, dando como resultado un valor numérico de 38 PCI y clasificando al pavimento en un estado Malo. De acuerdo a la conclusión de la investigación, se consideró al pavimento rígido del Jirón 28 de Julio, aplicando la norma del MTC en la que resultó que este pavimento necesita una rehabilitación; además posee 9 tipos de patologías que presentan una severidad de alta, media y baja.

La investigación plantea las siguientes teorías:

Respecto al **análisis del pavimento rígido**, la superficie de rodamiento está constituida por cada losa de concreto hidráulico, además presenta una mayor rigidez ya que distribuyen las cargas del vehículo hacia el grupo de las losas adyacentes en la cual recibe directamente la carga, a comparación de los bordes de la losa y sus juntas. Este tipo de pavimento comúnmente su mantenimiento es mínimo y los mayores desgastes son en las juntas de las losas. (Norma MTC, 2018)

Correspondiente a la **clasificación de las patologías** del pavimento rígido, según el ingeniero Vásquez (2002), sustenta que el análisis de las patologías se considera de acuerdo con las características observables del pavimento. Además los tipos de daños son determinadas por leves o más graves. Fundamentando de manera leve,

cuando la falla esta presenta en la capa de rodadura que ocasiona incomodidad durante el tránsito vehicular, estas son visibles y las más comunes tenemos: losa dividida, pulimiento de agregados, sello de junta, grieta de esquina, parcheo grande y pequeño, grietas lineales. Por otra parte, se considera la falla estructural más grave, cuando la capa de rodadura está en un deficiente estado para la circulación de los vehículos. Según el ingeniero Vasquez (2002, p. 2), el PCI analiza el nivel de severidad de daño presentado en el pavimento, lo cual se evalúa por valores numéricos, en la que establece la clase, severidad y cantidad de las patologías presentadas, además están en función a sus causas de daño con la relación que se obtiene por las cargas y el clima.

De acuerdo a Seo (2019), la **mecánica de suelos** es un procedimiento de las leyes mecánicas e hidráulicas en los problemas geotécnicos del suelo, lo cual se encarga de estudiar las propiedades y el comportamiento como un material estructural, para así determinar o adecuar una durabilidad, estabilidad y seguridad en las estructuras de obras; por lo tanto, se puede deducir que es de vital importancia este tipo de proceso ya que es la base de toda infraestructura. Los elementos básicos de la mecánica de suelos son el contenido de humedad, la granulometría, límites de consistencia, la clasificación de suelo y los métodos de inspección.

De acuerdo al Manual De Ensayo De Laboratorio (2014) concerniente al **Proctor Modificado** consiste en la compactación del suelo realizadas en el laboratorio, así poder hallar la relación entre Contenido de Agua y Peso Unitario Seco del suelo (curva de compactación), la cual es compactado en unos moldes de 4-6 pulgadas (101,6 - 152,4 mm) de diámetro, con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que es golpeada de una altura de 18 pulgadas (457 mm), originando Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³), se utilizan las normas ASTM D-1557 y MTC E115.

El CBR de suelos es la técnica de ensayo para analizar la resistencia potencial de la sub-rasante, sub base y base; lo cual se puede añadir materiales reciclados para el pavimento. Este valor conforma diversos métodos de diseño; además determina la relación de peso unitario con la humedad, usando un equipo modificado (MTC E132, 2016, p. 252).

(Norma ASTM D6433, 2004), concerniente a las diferentes patologías que se puede encontrar en la losa de un pavimento rígido es causado por factores ambientales, cargas excesivas, deficiencia constructiva o la combinación de estos factores; para un pavimento rígido puede poseer hasta 19 tipos de patologías. Para la evaluación de un pavimento se realiza a través del análisis de cada etapa del trabajo realizado en el campo, con un fin de establecer sus clases, gravedades y características de cada patología, así determinar con un detalle mayor y preciso del PCI. Los deterioros que se hallan en la losa representan la gravedad del estado crítico del pavimento, dentro de ello se puede encontrar diversidad de patologías y diferentes características, la cual implica un estudio de acuerdo a su condición. Se puede describir: Leve (L), si solo se siente una vibración pequeña en un vehículo, se puede considerar los abultamientos y los hundimientos en este nivel. Moderado (M), es cuando ya la vibración es un poco más fuerte, por ende algunos conductores pueden perder la estabilidad del manejo, en este caso podemos encontrar los baches y los hundimientos de mayor espesor. Alto (H), las vibraciones son mayores, cada salto ocasionado de la falla hacia los vehículos es más fuerte y frecuente, eso implica una reducción en la velocidad. Para hallar el estado del pavimento, la técnica Paviment Condition Index (PCI) lo define con un índice numérico, de esta manera se consigue el valor de la irregularidad en la rodadura del pavimento y también su estado de operacionalidad. El índice de Condición de Operacionalidad varía de 0 (pavimento en estado grave) y 100 (pavimento en estado excelente). Para realizar los cálculos adecuados con respecto al método del PCI es de suma importancia considerar cada resultado obtenido con la encuesta realizada, para así dar con fallas encontradas en el pavimento, de esa manera determinar el grado de su mantenimiento adecuado de cada patología.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que se utilizó los parámetros mínimos determinados por la normativa vigente y se empleó fórmulas con sus respectivos procesos, concluyendo en un mejor resultado de la investigación.

Según los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) se considera aplicada, cuando se utiliza los conocimientos adquiridos junto a las informaciones preliminares, con el fin de mejorar la argumentación de una investigación.

Según lo establecido en la investigación, se consideró desde el punto de vista cuantitativo; ya que se utilizó normas y ensayos tomando en cuenta valores numéricos y porcentajes de categorización, con el fin de generar resultados del problema observado en el pavimento rígido.

El enfoque cuantitativo se utiliza mediante la recolección de datos, para probar las hipótesis en base a las observaciones estadísticas y la medición numérica, con el objetivo de comprobar las teorías y constituir pautas de comportamiento (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.3).

Diseño de investigación

Para la investigación se consideró de manera no experimental, argumentando con Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 154), se tomará a la variable como un punto de estudio pero sin necesidad de cambiar ni modificarla, por lo que la investigación solo se analizó en el tiempo establecido y no se manipuló ningún otro factor.

Se consideró de forma descriptiva, argumentando con Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 157) cual definen que por medio de un problema existente se genera el objeto de estudio y así generar una investigación. Dando por conclusión el problema de las patologías observadas en el pavimento rígido, creando ciertos problemas para la sociedad y el ecosistema, de tal manera se genera el objetivo principal y por medio de un análisis llegar a un resultado admisible para la solución y mejora de este inconveniente.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Método pavement condition index (PCI)

- **Definición conceptual:** Es el nivel de estado y la condición operacional que presenta el pavimento rígido de la vía. (Norma ASTM D6433,2004,p.5)
- **Definición operacional:** Se evalúa el deterioro del pavimento rígido a través del ensayo de laboratorio de suelo y la norma ASTM D6433.
- **Dimensión:** índice de condición operacional del pavimento rígido
- **Indicadores:** ensayo Proctor Modificado, ensayo CBR y Patologías en el pavimento rígido
- **Escala de medición:** Intervalos (número decimal).

Variable Dependiente: Análisis del Pavimento Rígido

- **Definición conceptual:** Es el análisis de las diferentes fallas producidas en el pavimento rígido por los diversos factores al cual fue sometida, concluyendo con la determinación de su estado (Gamboa, 2009).
- **Definición operacional:** Se concluye de acuerdo a los resultados del rango de clasificación obtenidos en la programación Excel.
- **Dimensión:** Clasificación del estado del pavimento
- **Indicadores:** excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado
- **Escala de medición:** Intervalo (números decimales).

Ver Anexo N°3 operacionalización de variables

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

Tamayo (2009), considera la población a la agrupación de cosas, individuos o actos en un determinado lugar y tiempo, generando una investigación. La población de esta investigación está conformada por 1.7 km que conforma la Avenida 27 de Noviembre ubicada en la ciudad de Huaraz, en la cual se encuentra entre las vías de la Avenida Antonio Raymondi hasta la Avenida Rio Seco. Se seleccionó por el

criterio de exclusión ya que es el tramo más concurrido y una de las entradas centrales a la ciudad.

Muestra

De acuerdo con Tamayo (2009), define a la muestra como la agrupación de individuos que esté constituida dentro de la población. Para la investigación se tomará como muestra a 8 tramos del pavimento rígido de la Avenida 27 de Noviembre, en la cual se encuentra entre las vías de la Avenida Antonio Raymondi hasta la Avenida Pedro Villon.

Muestreo

Según Spiegel, Schiller y Alu (2003), consideran al muestreo como una sucesión de pasos que se realiza en un determinado periodo, con el fin de generar resultados que estén relacionados de acuerdo a la población. Para la investigación es considerado de tipo probabilístico ya que se utilizan diversas fórmulas y una serie de pasos en la Avenida 27 de Noviembre de la ciudad de Huaraz, de tal manera se obtendrá los datos a través de la visualización directa de cada losa que divide los tramos del pavimento rígido.

Unidad de análisis

Según Tamayo (2009), la unidad de análisis lo define como la cantidad mayor y medición exacta del objeto de estudio. Por lo que la unidad de análisis de la investigación es considerada las cuadras que conforman el pavimento rígido ubicado en la Avenida 27 de Noviembre- Huaraz, tomando en cuenta la mínima cantidad de la muestra; las cuadras serán establecidas según su largo y ancho con (unidad de medida m²).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se define por técnica a los métodos específicos de recopilación de datos que le permiten coleccionar y editar la información disponible, con el fin de generar una indagación (Carrasco, 2005)

Esenciales técnicas para utilizar:

- Observación directa
- Análisis documentario
- Ensayo de suelos

Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas a utilizar para la inspección, son:

- Ficha de inspección según la técnica PCI
- Programación Excel
- Norma ASTM D6433, técnica PCI
- Límite de Consistencia (ASTM D4318 – NTP 339.129)
- Compactación Proctor Modificado ASTM D-1557 – MTC E115
- Ensayo CBR ASTM D 1883 – M E132
- Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014)

Validez

Se hace mención de la cualidad de las herramientas utilizadas en el estudio y constan de las imparcialidades, determinaciones, sinceridad y autenticidad de los que se va medir en las variables de estudio. (Carrasco, 2005).

Confiabilidad

Para tener un proyecto de investigación confiable, se realizan diferentes instrumentos y técnicas que fueron mencionadas; habiendo expertos para validar y aprobar de instrumentos a:

- Formatos normalizados según la norma MTC

3.5 Procedimientos

Con una finalidad de lograr muestras, la exploración del suelo se llevó a cabo en la Avenida 27 de Noviembre, se realiza la calicata a una profundidad mínima de 1.50m correspondiente a la profundidad activa de las solicitaciones vehiculares para pavimento. La calicata fue ubicada y excavada a un costado de la vía, en las que se ha encontrado una capa de suelo, la cual debe ser retirado y remplazado por un material de afirmado en un espesor mínimo de 0.20m, este afirmado debe colocarse

compactando en capas delgadas a su óptimo contenido de humedad hasta alcanzar mínimo el 95% de su M.D.S. del ensayo Proctor Modificado.

Con las muestras representativas de la sub rasante lograda de la calicata, se han realizado ensayos de clasificación de suelo en el laboratorio, de acuerdo con la norma ASTM D1557 y MTC E115 para Proctor Modificado. Cuyos valores se determina que en general el sub-suelo con respecto a la sub-rasante según los valores de CBR obtenidos, en la que utilizó la norma ASTM D1883 y MTC E132.

Los resultados de laboratorio en relación con el ensayo de CBR son de 100-95%; según la norma técnica CE.10 para pavimento urbano, de acuerdo al tipo de pavimento rígido se debe considerar al 95 % de compactación (Ver Figura 4).

Clasificando el resultado final según el Manual de Carretera: suelo, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014) los valores de CBR para el rango de categoría en la sub rasante, según el cuadro de clasificación para pavimento rígido. Se considera como material apto para la capa de la sub rasante del suelo con CBR \geq 6%. (Ver Figura 5).

Para la observación de la muestra, se debe conocer el lugar y el plano de la ciudad de Huaraz, en la cual detalla las calles y cuadras de la Avenida 27 de Noviembre. Después se realiza la salida a campo, en la cual se adjunta los datos a través de la observación directa del pavimento rígido.

Tomados los datos del estudio del pavimento, se realiza a través de una hoja de inspección clasificándola según su tipo y severidad, de acuerdo a lo recaudado se investiga según la norma ASTM D6433 (2004). Para pavimento rígido, la norma clasifica a las patologías que comúnmente presenta la estructura dañada, también se clasifica su severidad y valor de deducción (Ver Figura 2).

Para la descripción de daños de un pavimento rígido, se presenta 19 tipos de patologías en la cual son fundamentadas según la norma ASTM D6433 (2004), estableciendo su nivel de severidad que puede variar de leve, media y alto; además en el cuadro se detalla las medidas variables que presenta cada falla según a las circunstancias que estuvo expuesta (Ver Tabla 4).

Para realizar los trabajos en gabinete, se formuló una hoja Excel para realizar los cálculos, empezando con la valoración de unidades de muestreo. Consiste en el estudio de la muestra, esta se puede dividir en diversas unidades, por lo que se realiza un resumen numérico de la unidad de muestra, esta genera una fórmula en la cual se aproxima en un ± 5 del promedio del PCI, con un valor de confianza del 95%, después se eligió de forma aleatoria, ya que es la más recomendable de acuerdo a la unidad del pavimento.; luego a cada tipo de falla encontrada en el pavimento, se halla el cálculo del valor deducido, contabilizando la cantidad de losas, su nivel y tipo de daño encontrado. Los valores se deben calcular de forma individual y ascendentemente. Se itera los cálculos obtenidos anteriormente, sumando cada valor deducido para determinar el "Deducido Valor Total" y el "Deducido Valor Absoluto". Esto tiene una reducción a dos al menor de los "Valores Deducidos". (Ver Tabla 3)

Se halla el valor numérico PCI de la unidad de acuerdo a la formula, restando 100 al número máximo CDV deducido. Clasificando su estado del pavimento de acuerdo al resultado final según el rango de clasificación PCI. De acuerdo al valor numérico PCI se clasifica desde el número cero (0), que es calificado como un mal estado del pavimento, hasta el número cien (100), que es un pavimento en perfecto estado. (Ver Tabla 5)

3.6 Método de análisis de datos

Para un determinado estudio del pavimento, existen diversos tipos y técnicas a utilizar, a modo que en la investigación del pavimento rígido en la Avenida 27 De Noviembre- Huaraz se utilizará la técnica PCI, ya que esta vía posee diversas patologías que son perjudiciales para el tránsito vehicular; además se realizó los ensayos en laboratorio de suelos para determinar el valor de CBR y Proctor Modificado, con el fin de aplicar un excelente método de análisis.

Muy aparte de existir diversas técnicas, la norma ASTM D6433 (2004) considera a la técnica PCI como una buena evaluación de pavimento rígido, ya que a través de un cálculo numérico se desarrolla y analiza el estado del pavimento según su rango

de clasificación; además este método fue utilizado en lugares más desarrollados y fundamentados adecuadamente, dando un resultado óptimo para la sociedad.

Para la toma de datos, se realizará en las hojas de inspecciones y después se realizó el cálculo en gabinete, en la cual se programa una hoja Excel para determinar el resultado final. Por lo que será muy eficaz y beneficioso utilizarla en esta investigación, generando un resultado de análisis, si el pavimento requiere una rehabilitación o mantenimiento.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación, se consideró todos los estándares establecidos por la Universidad Cesar Vallejo; considerando la originalidad, innovación y ética de la investigación.

Para el análisis se consideró diversos autores en la cual se tomó en cuenta cada punto de vista sobre el tema, respetando la integridad de sus opiniones. Para la elaboración del estudio, se citarán adecuadamente según la norma ISO y respetando la guía de productos observables en la investigación titulada “Análisis del pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 de Noviembre - Huaraz, 2021”.

El fin de la investigación es informar a la sociedad sobre el estado del pavimento, por lo que cada integrante se comprometió en la investigación considerando la responsabilidad, honestidad y respeto durante el estudio del tema.

IV. RESULTADOS

Posteriormente de analizar la muestra en los tramos seleccionados de la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, resultó lo siguiente:

4.1 Tipos de patologías en la Avenida 27 De Noviembre

Tabla 1. *Porcentaje total de patologías*

TIPOS DE PATOLOGIAS	%
Grietas de esquina	4
Grietas de Durabilidad "D"	1
Escala	1
Grietas Lineales	14
Parche Grande>0.45m2	3
pulimientos de agregados	4
Popoust	18
Bombeo	3
Mapa de grietas	5
Grietas de retraccion	10
Descascaramiento de esquina	3
descascaramiento de junta	14
Pavimento sin patologias	20
TOTAL	100.00

Fuente: Elaboración propia.

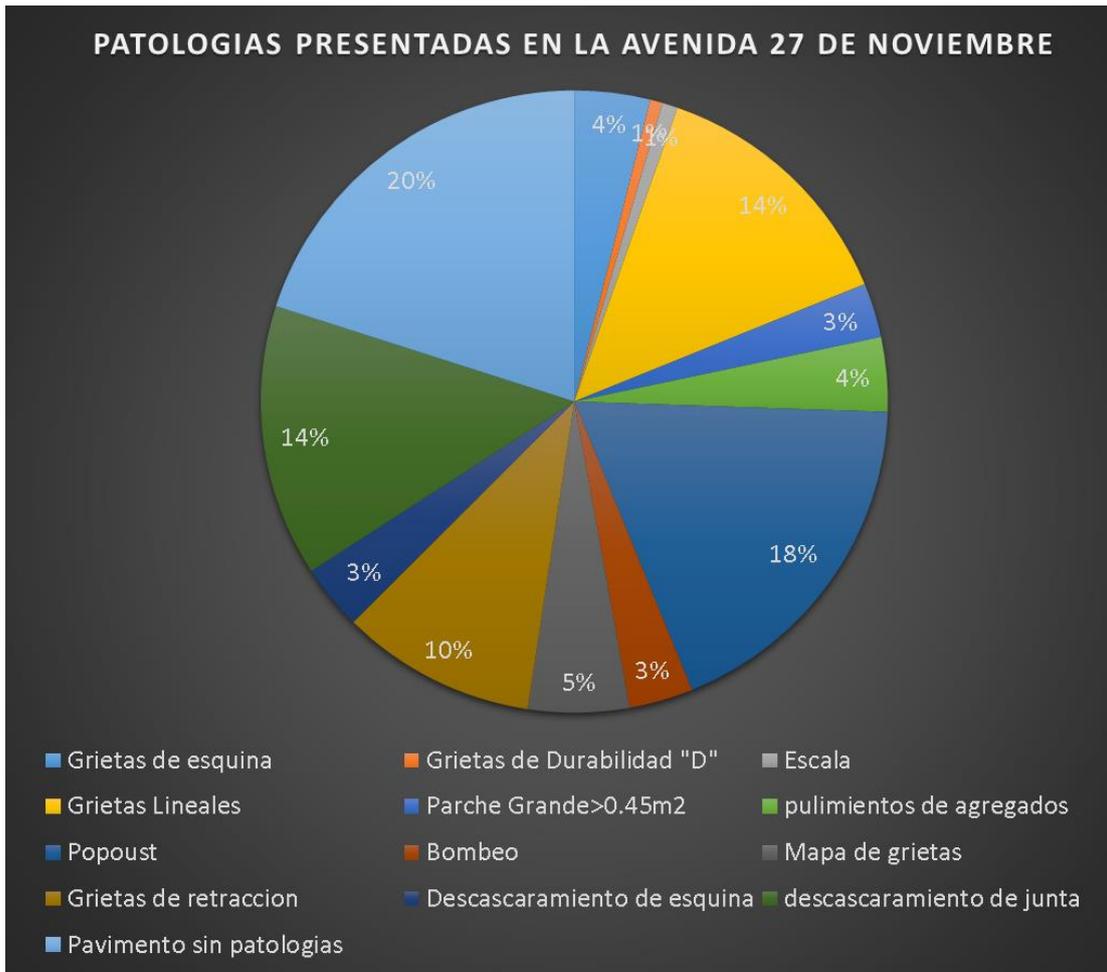


Gráfico 1. Representación de los porcentajes totales según los tipos del pavimento rígido

Interpretación:

Según el promedio total de porcentajes de las patologías presentadas en la muestra, resulto el porcentaje más alto 18% para Popouts, 14% para grietas lineales y descascaramiento de juntas, mientras que la patología menos evidente es grieta de durabilidad y escala con 1%. De la muestra solo se obtuvo 20% de pavimento rígido sin ninguna patología.

4.2 Índice de condición de la Avenida 27 De Noviembre

Tabla 1. Resumen y rango del PCI de cada tramo

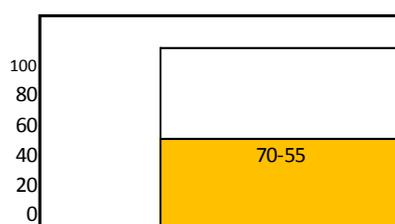
Tramo	PCI	Rango de clasificación
TRAMO 1	63	BUENO
TRAMO 2	77	MUY BUENO
TRAMO 3	60	BUENO
TRAMO 4	64	BUENO
TRAMO 5	54	REGULAR
TRAMO 6	45	REGULAR
TRAMO 7	31	MALO
TRAMO 8	24	MUY MALO

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Resultado final de PCI para la Avenida 27 de Noviembre

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	
RANGO	CALIFICACION
100-85	EXCELENTE
85 - 70	MUY BUENO
70 - 55	BUENO
55 - 40	REGULAR
40 - 25	MALO
25. - 10	MUY MALO
10 - 0	FALLADO

Por lo tanto el tramo evaluado esta en el rango de clasificacion PCI=57



CLASIFICACION = BUENO

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Para la muestra de la Avenida 27 de Noviembre dio un resultado 57 de PCI, clasificándolo según el rango se determina que posee un estado BUENO, pero de acuerdo al valor numérico está cerca a poseer un estado regular.

4.3 Resultados de Proctor modificado

CALICATA C-01:

Calicata	Profundidad	Ubicación
C-01	1.50 m.	Progresiva Km 1+010.

Con la muestra representativa de la sub-rasante obtenida de la calicata, se han realizado los ensayos de clasificación de suelos y CBR (ver Figura 27), obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 2. *Resultados de Proctor modificado*

Contenido de humedad óptima	Peso volumétrico seco máximo
8.73%	2.13 Tn/m ³

Interpretación:

De acuerdo a la norma técnica CE 10, se eligió Proctor Modificado para pavimento rígido con respecto al ensayo de suelos en la sub rasante, lo cual resultó del ensayo del Proctor modificado en compactación densidad máxima seca 2.13 (Tn/m³) y la humedad óptima 8.73%. Clasificando según la categoría de sub rasante como un suelo BUENO.

4.4 Resultados de CBR

CALICATA C-01:

Calicata	Profundidad	Ubicación
C-01	1.50 m.	Progresiva Km 1+010.

Con la muestra representativa de la sub-rasante obtenida de la calicata, se han realizado del ensayo de clasificación de suelo y CBR (ver Figura 28 y 29), obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 3. Resultados de CBR

Ubicación	CBR al 95%	CBR al 100%
C-01	19.98	26.99 %

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo con la norma técnica CE 10 para pavimento rígido con respecto al ensayo de suelos en la sub rasante, se tuvo CBR en 100 y 95%, según la norma se utiliza al 95% que es 19.28%. Clasificando según la categoría de sub rasante estipulado en el Manual de Carretera: suelo, geología, geotecnia y pavimento, se clasifica como BUENO.

V. DISCUSIÓN

Pucha y Zarate (2020) en su artículo de investigación “Evaluación del pavimento rígido mediante orto imágenes del tramo Catamayo-San Pedro en la Bendita”, a fin de lograr un porcentaje de confianza del 95 % para la técnica PCI, evaluaron 17 tramos del pavimento rígido que costa de 40 m de longitud cada tramo, referente al resultado obtenido, de la vía de muestra existe desde condición pobre (M1) a condición excelente (M5, M7, M8) con diferente tipo de deterioro las cuales son losa dividida, grieta de esquina, grietas de durabilidad, grietas lineales, punzonamiento y parches, con severidad desde baja hasta alta. El resultado de los tipos de daños analizados mediante la técnica PCI hace mención que presenta 6 tipos de patologías, con un mayor número y densidad de daño de grieta lineal en los 17 tramos analizados. Según el estudio, el mayor número de las muestras están en un estado aceptable para el pavimento.

Siendo la hipótesis: **“Las patologías que presenta el pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) son controlables en la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021”**, para la verificación de la hipótesis se realizó el análisis en campo apoyándose de la hoja de inspección fundamentado en la norma ASTM D6433 por cada tramo considerado en la muestra, indicando las patologías existentes por cada losa del pavimento, además se determinó su nivel y tipo de severidad que poseen cada una; en la cual resulto las patologías con más porcentaje o resaltante en el pavimento que son grietas lineales, popouts, grietas de retracción y descascamiento de junta; mientras que el porcentaje menor de patologías presentadas son de grietas de durabilidad, grietas de esquina, escala, parche grande, pulimiento de agregados, bombeo, mapa de grietas y descascamiento de esquina. Deduciendo de tal manera que las patologías en la Avenida 27 De Noviembre por ciertos tramos están en un estado controlable, mientras que otros presentan patologías muy visibles, de tal manera se debe considerar una rehabilitación. Por lo tanto la hipótesis es aceptada ya que si se pueden controlar las patologías.

Rubae, Shubber y Khaleefaht (2020) en su artículo de investigación “Estudio del pavimento utilizando PCI siguiendo la norma ASTM D6433 de la carretera Salah Al-Deen Road y del aeropuerto internacional”, en la cual miden de 8 km y 7.25 km

respectivamente, el área de estudio es de 23.25 km. Los resultados de acuerdo al método PCI son de 64.3 y 61.5 para los dos lados de la carretera Salah Al-Deen Road y para el Bagdad International Airport Road es de 80.9. Deduciendo a los valores PCI se da una clasificación de bueno para la vía Salah Al-Deen Road, mientras que para la pista del aeropuerto se considera en una clasificación de muy bueno.

Siendo la hipótesis: **“El índice de condición que presenta el pavimento rígido de la Avenida 27 De Noviembre, es óptimo según los parámetros de la norma ASTM D6433 - Huaraz, 2021”**, de acuerdo a la hipótesis se realizó el análisis en una programación Excel, considerando los pasos fundamentados en la norma ASTM D6433 con la técnica PCI, deduciendo por cada tramo considerado en la muestra en la cual divide en 8 unidades, resultado para el tramo 1 un valor de PCI 63, tramo 2 un valor de PCI 77, tramo 3 un valor de PCI 60, tramo 4 un valor de PCI 64, tramo 5 un valor de PCI 54, tramo 6 un valor de PCI 45, tramo 7 un valor de PCI 31 y tramo 8 un valor de PCI 24. Considerando según el rango de clasificación del PCI en el tramo 2 poseen un rango muy bueno; para los tramos 1, 3 y 4 poseen un rango bueno; para el tramo 5 y 6 un rango regular; para el tramo 7 de malo y el tramo 8 en un rango muy malo. Calculando los resultados de los tramos de acuerdo a la fórmula del PCI promedio, en la cual resultó un valor numérico de 57 y de acuerdo su estado según el rango de clasificación como bueno, por lo que la hipótesis planteada es aceptada.

Según Quinto y Jorge (2019) en su artículo de investigación titulado “Consecuencia de la sobrecarga vehicular con respecto al CBR del suelo en la vía Huancavelica-Plaza pata”. La muestra de la investigación está conformada por 6 calicatas cada 4 km, su procedimiento se inició en la recolección de datos a través del IMD y se procedió a llevar muestra de suelo al laboratorio para determinar el porcentaje final de CBR. Para los resultados de CBR al 95% se determinó para la C-01 de 25.30%, para la C-02 de 16.2%, para la C-03 de 17.80%, para la C-04 de 41.10%, para la C-05 de 39.50%, para la C-06 de 17.20%, para la CA-01 de 31.5%, para CA-02 de 31.2%, para la CA-03 de 29.9%, para la CA-04 de 16.30%, para la CA-05 de 44.10% y para la CA-06 de 27.90%. De acuerdo a la normativa MTC E-132 para el diseño de CBR esta se debe ser realizada al 95 %, se muestra el CBR de diseño, en donde para las canteras evaluadas solo la cantera 05 cumple ya que el CBR al 95% es

mayor al 40% como menciona en la norma; para las calicatas cumplan con el CBR mínimo de acuerdo a la norma MTC E 132 esta tiene que ser mayor a 20%, en el cual solo cumplen las calicatas: 01, 04 y 05 siendo sus valores 25.30 %, 41.10 % y 39.50 % respectivamente.

Siendo la hipótesis: **“Los resultados del ensayo de CBR en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021”**, para la verificación de la hipótesis se realizó una calicata al costado de la vía, se excavo 1.5 m de profundidad según lo que estipula la norma Ministerio de Transportes y Comunicaciones para pavimentos urbanos, en la cual se llevó a estudiar en un laboratorio de suelos; resultando dos tipos, al 95% resulto 19.28% y al 100% resulto 26.99%; de acuerdo a la Norma Técnica CE.10 se debe elegir al 95% de compactación para el tipo de pavimento rígido, por lo que se tomó en cuenta el resultado 19.28% al 95 %. Considerando con la norma del MTC con respecto al Manual de carreteras el resultado para sub rasante es de buena calidad, por lo que la hipótesis planteada es aceptada.

Anaya y Patricio (2020) realizaron una investigación titulada “Diseño de la vía con pavimento rígido situado en la Avenida Raymondi – Huaraz”. La muestra es de 1.6 km, realizaron una calicata y se analizó en el laboratorio de suelo con el objetivo principal de estudiar el ensayo de CBR para obtener el resultado de grosor del pavimento. Se realizó el estudio de granulometría por cada tamizado de grava de 19.12%, en arena 27.47% y finos 53.40%, resultado la humedad promedio de 4.95 %, de acuerdo a los límites e índice de plasticidad de suelos el Proctor modificado en compactación densidad máxima seca es de 1.82 (kg/cm³) y la humedad óptima 7.08 %, asimismo se obtuvo el peso específico relativo de sólidos (Gs) 2.65 y en último lugar se obtuvo CBR en 100 y 95%. Se utilizó al 95% que es 22.62% considerando con la norma un suelo bueno.

También siendo la hipótesis: **“Los resultados del ensayo de Proctor modificado en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021”**, para la verificación de la hipótesis se realizó una calicata al costado de la vía, en la cual se excavo 1.5 m de profundidad según lo que estipula la norma Ministerio de Transportes y Comunicaciones para pavimentos urbanos, en la que se llevó a estudiar en un laboratorio de suelos; según la Norma Técnica CE.10 para

un elemento de sub rasante se ejecutó el ensayo de Proctor Modificado; por lo que dio los resultados a compactación densidad máxima seca es de 2.13 (Tn/m³) y la humedad optima 8.73%,concluyendo a una clasificación del suelo según la categoría de sub rasante como BUENO, por lo que la hipótesis planteada es aceptada.

VI. CONCLUSIONES

Los diferentes tipos de patologías o fallas encontrados en el pavimento evaluado son grieta lineal, popouts, grietas de retracción, descascaramiento de juntas, grietas de durabilidad, grieta de esquinas, escala, parche grande, bombeo, pulimiento de agregados, mapa de grietas y descascaramiento de esquina en la cual estos tipos de fallas están relacionados con la falta de mantenimiento de la zona y la congestión vehicular que se genera en la Avenida 27 De Noviembre de la ciudad de Huaraz, algunas de esos tipos de fallas también son producto de la mala ejecución del pavimento o su incorrecto mantenimiento, lo cual en el peor de los casos terminan empeorando las condiciones del pavimento.

De acuerdo a la evaluación del pavimento se consideró en 8 tramos de estudio, resultando de tal manera para el tramo 1 un valor de PCI 63, tramo 2 un valor de PCI 77, tramo 3 un valor de PCI 60, tramo 4 un valor de PCI 64, tramo 5 un valor de PCI 54, tramo 6 un valor de PCI 45, tramo 7 un valor de PCI 31 y tramo 8 un valor de PCI 24. Calculando los resultados de los tramos de acuerdo a la fórmula del PCI promedio, en la cual resulto un valor numérico de 57 y clasificándolo en un estado de Bueno, pero si prosigue con las patologías sin ningún mantenimiento el pavimento podría llegar a un estado Regular ya que está cercano a los intervalos 55-40.

Se hizo el análisis geotécnica en el laboratorio de suelo y pavimento, utilizando la norma ASTM D1883 y MTC E132, analizando el suelo en la calicata (C-1) mediante el ensayo de CBR, resultando la capacidad portante de la muestra, al 95% arrojo 19.28% y al 100% resulto 26.99%; fundamentando de acuerdo a los requisitos para ensayo de CBR Norma Técnica CE.10 para un elemento de sub rasante se debe considerar al 95 % de compactación para el tipo de pavimento rígido; por lo tanto se consideró el valor CBR de 19.28% al 95% de su máxima densidad seca, por lo cual se puede concluir que es un material aceptable para la sub rasante ya que el valor de CBR mínimo es 6%.

Se realizó la evaluación geotécnica en el laboratorio de suelos, utilizando la norma ASTM D1557 y MTC E115, analizando el suelo en la calicata (C-1) mediante la Norma Técnica CE.10 se determinó realizar el ensayo de Proctor Modificado para un elemento de sub rasante; en la cual dio los resultados en compactación

densidad máxima seca es de 2.13 (Tn/m³) y la humedad optima 8.73%,concluyendo a una clasificación del suelo según la categoría de sub rasante como BUENO, por lo tanto se puede decir que el error de la falla en ese pavimento podría ser por el diseño del pavimento o los materiales al cual fue construido.

VII. RECOMENDACIONES

Para la conservación de la vía, se debe considerar de mucha importancia una inspección del pavimento con el fin de analizar su estado actual y verificar el tipo de mantenimiento al cual esta debe estar sometida; de acuerdo al resultado de tipos de grietas se recomienda realizar un parcheo profundo para los casos de severidad alta o un sellado de grietas si la severidad es media; para la patología de parche grande se recomienda realizar si su severidad es media un sellado de grietas y si su severidad es alta realizar un remplazo completo del parche; para la falla de descascaramiento de junta se recomienda realizar un resellado de junta; para las losas que posee pulimiento de agregados se recomienda realizar una sobre capa de la superficie; para la patología de bombeo se recomienda hacer un sellado de juntas y en las grietas, además una reparación de transferencias de cargas al suelo.

De acuerdo a los resultados de número de PCI encontrado en la zona estudiada, sobre todo del tramo 7 y 8 que son resultados críticos, se recomienda realizar un estudio mejorado de diseño del pavimento con respecto a sus cargas, ya que en la vía se observaron vehículos de carga pesada en gran cantidad por lo cual se debe considerar en el IMD del diseño; otro factor a considerar es la gran variación del clima de la ciudad, ya que cambian bruscamente por ciertas temporadas. Para finalizar es recomendable orientar a la población aledaña de la zona por medio de la Municipalidad Distrital de Huaraz para advertir y corregir las actividades realizadas en el pavimento, para así brindar un estado óptimo a través de su conservación.

Acorde al estado encontrado en el pavimentado, es recomendable realizar una intervención de tipo rehabilitación, ya que se encontraron diversas patologías y en consideración de los resultados encontrados en cada tramo. Además este tipo inspección con la técnica PCI es muy recomendable y se sugiere su uso a los especialistas ya que da resultados muy eficaces y detallados para la inspección de un pavimento, además se puede realizar una programación Excel para la facilidad en el procesamiento de datos.

Es recomendable realizar un buen estudio de tráfico IMD para el diseño de un pavimento, también considerar las circunstancias de drenaje y el diseño con respecto a la transferencia de cargas hacia el suelo. Con respecto a los ensayos de

laboratorio de suelos, se deben considerar las normas vigentes, para así establecer el resultado final de interpretarla de forma adecuada.

REFERENCIAS

MORALES, Cristian y ORTEGA, Johan. Evaluación Funcional Del Pavimento Rígido Mediante El Método PCI. Caso Estudio: En La Carrera 18 Entre La Calle 15 Al 22. Tesis (Para Optar Al Título De Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Piloto De Colombia, Facultad De Ingeniería, Programa Ingeniería Civil, 2019. 133 pp.

American Society for Testing and Materials. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos. 2004. 81 pp

GRANADOS, Francisco y RODRÍGUEZ, Álvaro. Auscultación Visual de Pavimentos Rígidos en San Miguel, El Salvador. Tesis (Título de Ingeniería Civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura, carrera de Ingeniería Civil, 2016. 206 pp.

PUGA, Cecilia. Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca). Tesis (Título Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, 2018. 128 pp.

HIGUERA, Viviana. El estado de las vías de pavimento rígido y su incidencia en la circulación del tráfico pesado de la planta de Holcim Lacatunga del 102 Cantón Lacatunga Provincia de Cotopaxi. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil, 2015. 240 pp.

SILVA, Noé. Patologías del Pavimento Rígido Existente en la Calle Tahuantinsuyo, Entre las Cuadras n° 1 y n° 11, del Sector Pueblo Libre de la Ciudad de Jaén, al año 2016. Tesis (Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil, 2016. 97 pp.

MEDINA, Karla. Índice De Condición De Pavimento Rígido Del Jr. 28 De Julio - Huánuco, Aplicando Normas ASTM D6433 Y del MTC, para su tipo de intervención, 2016. Tesis (Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de ingeniería civil y arquitectura escuela académico profesional de ingeniería civil, 2016. 92 pp.

VÁSQUEZ, Edgar. Evaluación De La Condición Operacional Del Pavimento Rígido, Aplicando El Método Del Pavement Condition Index (Pci), En Las Pistas Del Barrio Yanachaca, Distrito De Caraz, Provincia De Huaylas, Región Ancash, Abril Del 2016. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil). Huaraz: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2016. 103 pp.

TORRES, Lucy. Evaluación Superficial del pavimento rígido aplicando el método pavementcondition index (PCI), en las calles del distrito de Yanama – Yungay, región. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 97 pp.

VÁSQUEZ, Luis. Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras. 2002. 90pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5.ta ed. México: Mc Graw Hi, 2010. 656 pp. ISBN: 978-607-15-0291-9.

ROBLES, FRANCIA. Los 24 Tipos de Investigación Científica y sus Características [en línea]. Líder com. Venezuela.2019. [fecha de consulta: 08 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.lifeder.com/tipos-investigacioncientifica/#_Investigacion_aplicada

GODOY, Álvaro, RAMÍREZ, Raúl. Patología de Pavimentos Rígidos de la Ciudad de Asunción. [En línea] 2017. Acceso 27 de setiembre del 2020. Disponible en: <http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/01pa-vi01.pdf>

TAMAYO, Mario. El Proceso de la Investigación científica. México, Limusa, 2009. [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://evirtual.uaslp.mx/ENF/220/Biblioteca/Tamayo%20Tamayo-EI%20proceso%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica2002.pdf>

GIRALDO, Nicolás. Autorreparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos mediante la adición de bacterias bioprecipitadoras de carbonato de calcio - estado del arte y diseño experimental. Tesis (Magíster en Ingeniería - Geotecnia). Bogotá:

Universidad Nacional de Colombia, facultad De Ingeniería, Unidad De Posgrados Área Curricular De Ingeniería Civil y Agrícola, 2017. 320 pp.

ALATRISTA, Pablo. Aplicación del Diseño del MTC 2014 para Optimizar la Transpirabilidad Vehicular en Pavimentos Rígidos. Proyecto Plazas de peaje Vía Expresa Línea Amarilla. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. 117 pp.

ALTAMIRANO, Luis. Deterioro de Pavimentos Rígidos Metodología de Medición, Posibles Causas de Deterioro y Reparaciones [en línea]. Lima: 2007. [Fecha de consulta: 12 de septiembre del 2020]. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/TESPE030924.pdf&ved=2ahUKEwiGnoiBw7vqAhVQJ7kGHWcFAHYQFjABegQIAxAB&usg=AOvVaw3agk0jB6-hT4jVpUaz5Bpa>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Reglamento Nacional de vehículos. Lima: 2003. 34 pp. 103

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Lima: 2010. 79 pp.

BRIONES, Guillermo. Métodos y técnicas de Investigación para las ciencias sociales, México, Trillas. 2003. [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-guillermo-briones.pdf>

GIRALDO, Juan. Evaluación de las patologías del pavimento rígido del pasaje Agustín Loli, urb. Soledad, Huaraz – Ancash-2016. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. 68 pp.

AGUILERA, Andrés. Evaluación De Las Patologías Existentes En El Pavimento Flexible De La Avenida Don Bosco, Cuadras 28, 29,30 Y 31 Del AA- HH. Santa Rosa, Distrito Veintiséis De octubre, Departamento De Piura, Octubre – 2017. Tesis (Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Civil). Piura: Universidad Católica

Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2017. 28 pp.

AGUILAR, y MORALES. JE. Investigación Cuantitativa y Cualitativa. México, Asociación Oaxaqueña de psicología, A.C. 2011. [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2020]

GONZALES, Randy. Diseño de Pavimento Rígido Fibroreforzado con Acero para el mejoramiento de la Av. Gambetta, tramo refinería pampilla, Callao – 2018. Tesis (Para Obtener El Título De: Ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. 39 pp.

U.S. Army Engineer Research and Development Center. Manual: Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI). United States of America. 2001. 114 pp.

PILLPE, Luis. Aplicación de un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbano Local a Nivel de Red Mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como variable de condición en la red vial del distrito de concepción-Junín. Tesis (Título Profesional Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 240 pp.

RIVERA, Evert. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI-RUPAP. Maestrías en vías terrestres, curso gestión de conservación vial medición del PCI en el pavimento [en línea] módulo 4. 18 de agosto del 2011 [2 de junio del 2020]. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://docplayer.es/amp/68562910-Maestria-en-vias-terrestre-modulo-iv.html&ved=2ahUKEwj2wK_AyLvqAhVBLLkGHZCzA58QFjAAegQIARAB&usg=A0vVaw1cTkaHakjQLEaWahU841SH&cf=1

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS, Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (CATÁLOGO DE FALLAS) 1990 [en línea]. REPUBLICA DOMINICANA: DIRECCIÓN GENERAL DE REGLAMENTOS Y SISTEMAS., 2016 [17 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%25C3%25B3n->

fallas.pdf&ved=2ahUKEwj1xYqdybvqAhVyHrkGHRYXAn0QFjAAegQIAhAB&usg=AOvVaw0iFF76Dd5YIM0nIR8biDBI

HERNÁNDEZ, Jessica. Análisis y Evaluación de las Patologías del Pavimento Rígido y mejorar el Índice Operacional de la Calle Buenos Aires cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, del AA. HH 28 de julio, Distrito de Punchana, Provincia de Maynas – Departamento de Loreto. Tesis (Proyecto Para Optar El Título De: Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote, Facultad De Ingeniería Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2017. 250 pp.

GALLEGO, Juan y VAL, Miguel. Sobre las enfermedades de los pavimentos de las carreteras Recientes [en línea]. Grupo de investigación de Ingeniería de Carreteras. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, 2010 [Fecha de consulta: 14 de septiembre del 2020] Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://oa.upm.es/8611/&ved=2ahUKEwjD0OSayrvqAhUiLbkGHZEJB1MQFjAAegQIAxAB&usg=AOvVaw1Xqd_lvJJPbfg5jMETF7BX

REVISTA INFRAESTRUCTURA VIAL, LanammeUCR. *Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos Para Municipalidades y Gobiernos Locales* [en línea]. 2014., Volumen 16. Número 28. Octubre, 2014, nº 13-24. [Fecha de Consulta: 13 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/14582&ved=2ahUKEwi1sLjdyrvqAhUMHrkGHVZyASkQFjAAegQIBhAB&usg=AOvVaw1KWomzZDEfTa1iaxBeNn0t>

RUITON, Marcos. Aplicación de los Métodos Vizir y PCI y su incidencia en la Evaluación del Estado de la Carretera San Marcos-Ichocan 2018. Trabajo de investigación (Bachiller en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, Facultad De Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, 2018. 103 pp.

PORTELLA, Lucy. Evaluación Superficial del pavimento rígido aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), en las calles del Distrito de Yanama – Yungay, región Ancash. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. 21 pp.

AQUINO, Omar. Determinación y evaluación de las patologías en la capa de rodadura del pavimento flexible en la Av. Condorcanqui -Carabayllo, 2018. Tesis (Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería Civil, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. 176 pp.

NÚÑEZ, Yonel. Propuesta de Rehabilitación de Pavimento de Concreto Utilizando Sobrecapas de Refuerzo en la Avenida Todos los Santos de la Ciudad de Chota. Tesis (Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 52 pp.

GIRALDO, Juan. Evaluación de las patologías del pavimento rígido del pasaje Agustín Loli, urb. Soledad, Huaraz – Ancash-2016. Tesis (para obtener el título profesional de ingeniero civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 40 pp.

VÁSQUEZ, Piero y PRADO, Joy. Patología del Pavimento Rígido en la Calle Pablo Rosell en el año 2016. Tesis (Para optar el título profesional de ingeniero civil). Iquitos – Perú: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería civil, 2016. 36 pp.

MEJIA, Milagros. Evaluación de los Pavimentos rígidos en la Ciudad de Mancos, Distrito de Mancos, Provincia de Yungay, Departamento de Ancash en el año 2014. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Facultad De Ingeniería Civil, Escuela profesional de Ingeniería Civil, 2017. 28 pp.

RAMIREZ, Branco. Evaluación Patológica Del Pavimento Rígido De La Calle Brasil Cuadras 8 A 12 Y Técnicas De Reparación – Iquitos 2017. Tesis (Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Loreto: Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería Programa Académico de Ingeniería Civil, 2018. 39 pp.

SALAS, Juan. Evaluación de los pavimentos rígidos del Distrito de Taricá – Provincia de Huaraz – Ancash. Tesis (para obtener el título profesional de ingeniero

civil). Huaraz: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 39 pp.

CHAVEZ, Alexander. Análisis Comparativo Entre El Pavimento Flexible Y Pavimento Rígido En El Tramo Mullaca A Chavín. Tesis (Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 18 pp.

FLORES, Hugo. Inventario De Condición De La Carretera Huaraz –Paria – Willcahuain, Con Fines De Mantenimiento, Aplicando El Manual De Mantenimiento Y/O Conservación MTC - Año 2018. Tesis (Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Facultad de Ingeniería Civil Escuela académico profesional de Ingeniería Civil, 2018. 116 pp.

SALAZAR, Anghelo. Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca – Tumán. Tesis (Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2019. 13 pp.

CONDORCHOA, Ceferino. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención en Carreteras, Puentes y Túneles. “Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019”. Tesis (Maestro en Ingeniería Vial con mención en Carreteras, Puentes y Túneles). Lima: Universidad Ricardo Palma, Escuela De Posgrado en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles, 2019. 34 pp.

CCASANI, Mayra y FERRO, Yadelis. Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos. Tesis (optar al título o grado académico de: Ingeniería Civil). Apurímac: Universidad Tecnológica De Los Andes, Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 18 pp.

MTC. 2018. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos [En línea]. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2018. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

DÍAZ Gantú, Ronal. Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las calles del barrio de palmira alto, distrito de independencia, provincia de Huaraz, región Ancash. Tesis (optar al título de Ingeniero civil). Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 53 pp.

LÓPEZ, Lila. Determinación y evaluación del índice de las fallas y patologías de los pavimentos rígidos de las calles del Barrio los Olivos, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Ancash. Tesis (optar al título de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Civil, 2016. 25 pp.

VÁSQUEZ Moreno, Yovanny. Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio Yanachaca, distrito de Caraz, provincia de Huaylas, región Ancash. Tesis (optar al título Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de ingeniería Civil, 2016. 56 pp.

Norma ASTM A820-04. Standard Specification for Steel fiber for fiber – reinforced concrete [en línea]. 1ª Ed EE. UU: American Society for Testing and Materials, 2016 [fecha de consulta: 27 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/A820.htm>

NIETO, Jhonny. Comparación entre los Métodos de Diseño de Pavimentos en Colombia, España e Italia. Tesis (optar al título de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, facultad de Ingeniería Civil, 2016. 71 pp.

BERNAOLA, Roberto. Evaluación y Determinación del Índice de Condición del Pavimento Rígido en la Av. Huancavelica, Distrito Chilca, Huancayo. Tesis (Para obtener el título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, 2014.

Vásquez, L. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras [En línea]. Primera edición. Colombia: Universidad Nacional

de Colombia [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2020]. Disponible: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Norma ACI 360R-06. Design of Slabs on Ground. 1ª Ed EE. UU: America Concrete institute [en línea]. 2010 [fecha de consulta: 27 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.nicfi.org/files/Design%20of%20Slabs-on-Ground.pdf> ISBN 978-0-87031-371-4.

REVISTA DE AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA. PUCHA, Pablo Y ZÁRATE, Belizario, Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado [en línea]. 2020. Volumen 17. Número 2. Octubre, 2020 [Fecha de consulta: 24 de Octubre del 2020] Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6599/6161>

CABALLERO, Pilar y GONZÁLEZ, Hilda. Propuesta de Metodología para la Evaluación de Pavimentos Mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) [en línea]. Cuba: 2018. [Fecha de consulta: 30 Setiembre 2018]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358738015/>

ANAYA, Maycol y PATRICIO, Lorena. Diseño de infraestructura vial con pavimento rígido para transitabilidad de la Avenida Raymondi - Huaraz - Ancash – 2019. Tesis (Para obtener el título de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020.

QUINTO, Erik y JORGE, Pablo. Efecto de la Sobrecarga Vehicular Actual en el CBR del Suelo Tramo: Huancavelica - Plazapata – 2019. Tesis (Para obtener el título de Ingeniero Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, 2019.

REVISTA ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN. COSTA, Andrés, Patologías de los Pavimentos [en línea]. 2018. Volumen VIII. Número 29, ISSN: 2174-2189 [en línea]. Disponible en: <https://asefma.es/wp-content/uploads/2018/06/Revista-Asfalto-y-Pavimentaci%c3%b3n-29-ilovepdf-compressed.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p align="center">VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p align="center">Método pavement condition index (PCI)</p>	<p>Es el nivel de estado y la condición operacional que presenta el pavimento rígido de la vía. (Norma ASTM D6433,2004,p.5)</p>	<p>Se evalúa el deterioro del pavimento rígido a través de los ensayos del laboratorio de suelos y la norma ASTM D6433.</p>	<p>Índice de condición operacional del pavimento rígido</p>	<p align="center">Ensayo Proctor Modificado</p>	<p align="center">Intervalo</p>
				<p align="center">Ensayo CBR</p>	
				<p align="center">Patologías del Pavimento Rígido</p>	
<p align="center">VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p align="center">Análisis del Pavimento Rígido</p>	<p>Se entiende como el análisis de las fallas producidas en el pavimento rígido por los diversos factores al cual fue sometida, concluyendo con la determinación de su estado (Gamboa, 2009).</p>	<p>Se concluye de acuerdo a los resultados del rango de clasificación obtenidos en la programación Excel.</p>	<p>Clasificación del estado del pavimento</p>	<p align="center">Excelente</p>	<p align="center">Intervalo</p>
				<p align="center">Muy bueno</p>	
				<p align="center">Bueno</p>	
				<p align="center">Regular</p>	
				<p align="center">Malo</p>	
				<p align="center">Muy malo</p>	
<p align="center">Fallado</p>					

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL MARCO METODOLÓGICO

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Es posible evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las patologías que presenta el pavimento rígido según el método pavement condition index (PCI) de la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021? • ¿Cuál es el índice de condición que presenta el pavimento rígido en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021, mediante la norma ASTM D6433? • Es posible analizar el resultado de ensayo CBR en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021? • ¿Es posible analizar el resultado de ensayo proctor modificado en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021? 	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las patologías que presenta el pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021. • Calcular el índice de condición que presenta el pavimento rígido de la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021, mediante la norma ASTM D6433. • Realizar y analizar el ensayo de CBR en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021. • Realizar y analizar el ensayo de proctor modificado en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2021. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL: La evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en la Avenida 27 De Noviembre, se obtiene que la condición del pavimento es bueno - Huaraz, 2021.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las patologías que presenta el pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) son controlables en la Avenida 27 De Noviembre – Huaraz, 2021. • El índice de condición que presenta el pavimento rígido de la Avenida 27 De Noviembre, es óptimo según los parámetros de la norma ASTM D6433 - Huaraz, 2021 • Los resultados del ensayo de CBR en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021. • Los resultados del ensayo de proctor modificado en la Avenida 27 De Noviembre, son óptimos según norma del MTC - Huaraz, 2021. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Método pavement condition index (PCI)</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Análisis del Pavimento Rígido</p> <p>UNIDAD DE ANÁLISIS: Cuadras del pavimento rígido</p> <p>UNIVERSO: Combinando todo el pavimento rígido de la ciudad de Huaraz</p> <p>POBLACIÓN: Está constituida por 1.7 km de pavimento rígido en la Avenida 27 de Noviembre ubicada en la ciudad de Huaraz</p> <p>MUESTRA: Se consideró a los 8 tramos del pavimento rígido de la Avenida 27 de Noviembre, en la cual se encuentra entre las vías de la Avenida Antonio Raymondi hasta la Avenida Pedro Villon,</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada, cuantitativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental, descriptiva</p> <p>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación directa • Análisis documental • Ensayo de suelos <p>INSTRUMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de inspección según la técnica PCI • Programación Excel • Norma ASTM D6433, técnica PCI • Límites de Consistencia (ASTM D4318 – NTP 339.129) • Compactación Proctor Modificado ASTM D-1557 – MTC E115 • Ensayo CBR ASTM D 1883 – M E132 • Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

hoja de inspeccion de condiciones para unidad de muestra																													
DIRECCION			MUESTRA																										
NIVEL DE USO		LOCALIDAD		DEPARTAMENTO		Nº DE PAÑOS		TOTAL DE AREA																					
ORIENTACION			FECHA																										
DISTRITO		PROVINCIA		EVALUADOR																									
ENCARGO			TIEMPO DE CONSTRUCCION			DIMENSION DE LOS PAÑOS																							
						AREA																							
Indice de condicion de pavimento						DIAGRAMAS DE BLOQUES																							
						101	51		1																				
Tipo de Falla						102	52		2																				
						103	53		3																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">1 Blowup-Bucling</td> <td style="width: 25%;">10 Parche pequeño <0.45 m2</td> </tr> <tr> <td>2 Grietas de esquina</td> <td>11 pulimientos de agregados</td> </tr> <tr> <td>3 Losa Dividida</td> <td>12 Popoust</td> </tr> <tr> <td>4 Grietas de Durabilidad "D"</td> <td>13 Bombeo</td> </tr> <tr> <td>5 Escala</td> <td>14 Punzonamiento</td> </tr> <tr> <td>6 Daño del Sellado de la Junt</td> <td>15 Cruce de via ferrea</td> </tr> <tr> <td>7 Desnivel carril/berma</td> <td>16 Mapa de grietas</td> </tr> <tr> <td>8 Grietas Lineales</td> <td>17 Grietas de retraccion</td> </tr> <tr> <td>9 Parche Grande>0.45m2</td> <td>18 descascaramiento de esquina</td> </tr> <tr> <td></td> <td>19 descascaramiento de junta</td> </tr> </table>						1 Blowup-Bucling	10 Parche pequeño <0.45 m2	2 Grietas de esquina	11 pulimientos de agregados	3 Losa Dividida	12 Popoust	4 Grietas de Durabilidad "D"	13 Bombeo	5 Escala	14 Punzonamiento	6 Daño del Sellado de la Junt	15 Cruce de via ferrea	7 Desnivel carril/berma	16 Mapa de grietas	8 Grietas Lineales	17 Grietas de retraccion	9 Parche Grande>0.45m2	18 descascaramiento de esquina		19 descascaramiento de junta	104	54		4
						1 Blowup-Bucling	10 Parche pequeño <0.45 m2																						
2 Grietas de esquina	11 pulimientos de agregados																												
3 Losa Dividida	12 Popoust																												
4 Grietas de Durabilidad "D"	13 Bombeo																												
5 Escala	14 Punzonamiento																												
6 Daño del Sellado de la Junt	15 Cruce de via ferrea																												
7 Desnivel carril/berma	16 Mapa de grietas																												
8 Grietas Lineales	17 Grietas de retraccion																												
9 Parche Grande>0.45m2	18 descascaramiento de esquina																												
	19 descascaramiento de junta																												
Severidad de la Falla						105	55		5																				
						106	56		6																				
L: bajo M: medio H: Alto						107	57		7																				
						108	58		8																				
Densidad de Falla						109	59		9																				
						110	60		10																				
111	61		11																										
112	62		12																										
113	63		13																										
114	64		14																										
115	65		15																										
116	66		16																										
117	67		17																										
118	68		18																										
119	69		19																										
120	70		20																										
121	71		21																										
122	72		22																										
123	73		23																										
124	74		24																										
125	75		25																										
126	76		26																										
127	77		27																										
128	78		28																										
129	79		29																										
130	80		30																										
131	81		31																										
132	82		32																										
133	83		33																										
134	84		34																										
135	85		35																										
136	86		36																										
137	87		37																										
138	88		38																										
139	89		39																										
140	90		40																										
141	91		41																										
142	92		42																										
143	93		43																										
144	94		44																										
145	95		45																										
146	96		46																										
147	97		47																										
148	98		48																										
149	99		49																										
150	100		50																										
a		b		a		b																							

Figura 2. Hoja de inspección para el pavimento rígido

Tabla 4. Obtención del máximo valor reducido corregido (CDV)

Nº	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Fuente: Norma ASTM D6433 (2004)

Tabla 5. Niveles de severidad de las patologías en el pavimento rígido

NIVELES DE SEVERIDAD DE LAS PATOLOGÍAS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO					
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	“Análisis del pavimento rígido por el método pavement condition index (PCI) en la Avenida 27 De Noviembre - Huaraz, 2020”				
INVESTIGADORES	Fernandez Robles, Sandra Carmen y Reyes Chiuca, Cristian Oliver				
PATOLOGÍA	SIMBOLO	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD		
			BAJA (L)	MEDIA(M)	ALTA(H)
BLOWUP / BUCKLING	BL/BU	m2	Una calidad de tránsito de baja severidad.	Una calidad de tránsito de severidad media.	Una calidad de tránsito de alta severidad.
GRIETA DE ESQUINA	GE	m2	Sólo tiene una grieta de esquina.	Contiene 1 o más de una grieta de una severidad particular.	Contiene 2 o más grietas de severidades diferentes.
LOSA DIVIDIDA	LD	m2	Nº de grietas: (4 o 5) es “L” (6 o 8) es “L” (8 o más) es “M”	Nº de grietas: (4 o 5) es “M” (6 o 8) es “M” (8 o más) es “H”	Nº de grietas: (4 o 5) es “M” (6 o 8) es “M” (8 o más) es “H”
GRIETA DE DURABILIDAD “D”	GD	m2	La grieta de durabilidad que solo cubre el 15% el área de las losas, la mayor parte de	- Cubre menos de 15% del espacio de las losas, donde la mayor parte fueron	La grieta de durabilidad que cubre más de 15% del espacio de las losas, donde un

			la grita está cerrada.	desprendidos o se puede remover de manera fácil. - Cubre más de 15% del espacio de las losas, y la mayor parte está cerrada, donde un poco de los pedazos están desprendidos.	poco de los pedazos está desprendidos o que se puede removérseles de manera fácil.
ESCALA	ES	m2	Escala entre 3 a 10 mm	Escala 10 a 19 mm	Escala Mayor que 19 mm
SELLO DE JUNTA	SJ	m2	solo posee un daño menos si se observa el sellante este en buena condición	posee una condición regular y solo tiene daños moderados	posee una condición buena pero con algún daño ya mencionado, esta necesita un cambio inmediato.
DESNIVEL CARRIL / BERMA	DC	m2	La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.	La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm	La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.
GRIETAS LINEALES	GL	m2	Grieta que no está sellada con una anchura de 3.00mm y 25.00mm, y grieta sellada con diferente anchura.	-Grieta no sellada con anchura de 25.00mm y 76.00mm. -Grieta no sellada de diferentes anchuras hasta 76.00 mm con una escala menores a 10.00 mm.	-Grieta no selladas con una anchura mayor a 76.00 mm. -Grieta sellada / no selladas de diferente anchura que son mayores a 10.00 mm.

				-Grieta sellada de diferentes anchuras con una escala de 10.00mm.	
PARCHEO GRANDE	PG	m2	El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.	El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.
PARCHEO PEQUEÑO	PP	m2	El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.	El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.
PULIMENTO DE AGREGADOS	PA	m2	Se considera referencialmente, no hay una definición de las severidades. Pero, se debe tener en cuenta los grados de los pulimientos para ser incluidas en el inventario.		
POPOUTS	PO	m2	Se considera referencialmente, no hay una definición de las severidades. Pero, se debe tener en cuenta los grados del popouts para hacer un mantenimiento.		
BOMBEO	BO	m2	Es referencialmente, no hay una definición de las severidades. Pero, se debe tener en cuenta los grados del bombeo para intervenir en su mantenimiento.		
PUNZONAMIENTO	PU	m2	N° de pedazos: (2 a 3) es "L" (4 a 5) es "L" (Más de 5) es "M"	N° de pedazos: (2 a 3) es "L" (4 a 5) es "M" (Más de 5) es "H"	N° de pedazos: (2 a 3) es "M" (4 a 5) es "H" (Más de 5) es "H"
CRUCE DE VÍA FÉRREA	CVF	m2	Es cuando el daño es mínimo, que no	El daño de la vía es moderado, que ya requiere	El daño del cruce de la vía ya es mayor, la

			requiere un mantenimiento	de un mantenimiento.	cual requiere de un mantenimiento.
DESCONCHAMIENTO	DS	m2	Los craquelados están en mayor proporción en la losa, la condición de la capa de rodadura está en buenas condiciones.	Las losas se encuentran descamadas, menor a 15 % de las losas afectadas.	Las losas están descamadas mayor a 15 % de su totalidad.
GRIETAS DE RETRACCIÓN	GR	m2	Se considera referencialmente, no hay una definición de las severidades, solo deben indicarse que están ahí.		
DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	DE	m2	Menor de 25.0 mm	> 25.0 mm a 51.0 mm	Mayor de 51.0 mm
DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	DJ	m2	Menores a 102 mm	Igual a 102 mm	Mayores a 102 mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Rangos de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 75	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 – 0	Fallado

Fuente: ASTM D6433 (2004)

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm ² (3,4 MPa)	f _c ≥ 380 Kg/cm ² (38 MPa)

Figura 3. Requisitos para ensayo de CBR Norma Técnica CE.10

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Figura 4. Categorías de sub rasante Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014)

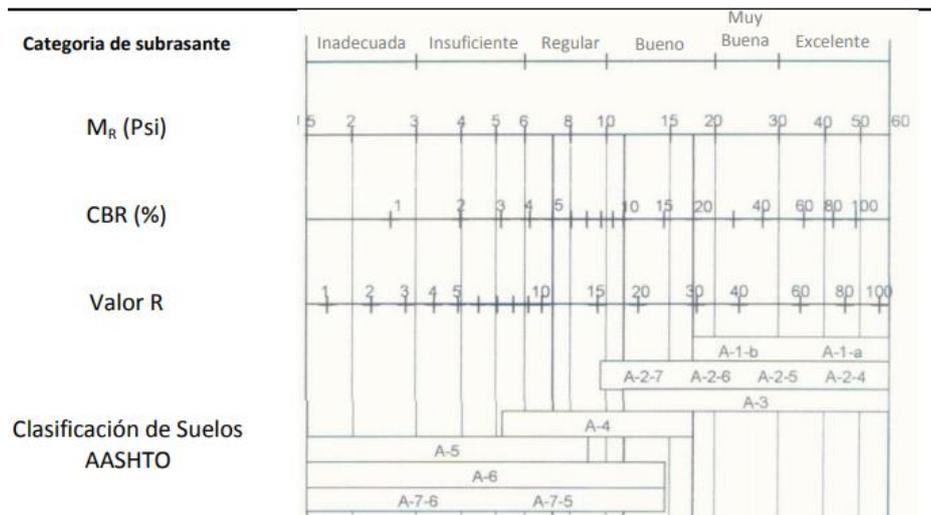


Figura 5. Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Propiedades de los Suelos con el Módulo de Resiliente - Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014)

ANEXO N° 4 TIPOS DE PATOLOGIAS



Figura 6. Blowup / Buckling



Figura 7. Grieta de Esquina



Figura 8. Grieta de Durabilidad "D"

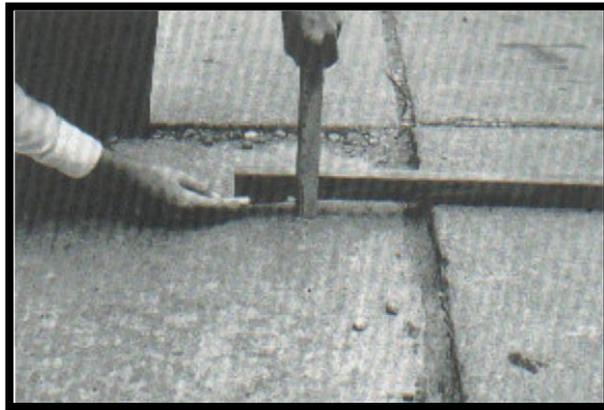


Figura 9. Escala



Figura 10. Sello de Junta



Figura 11. Desnivel Carril / Berma



Figura 12. Grietas Lineales



Figura 13. Parcheo grande



Figura 14. Pulimento de Agregados



Figura 15. Popouts

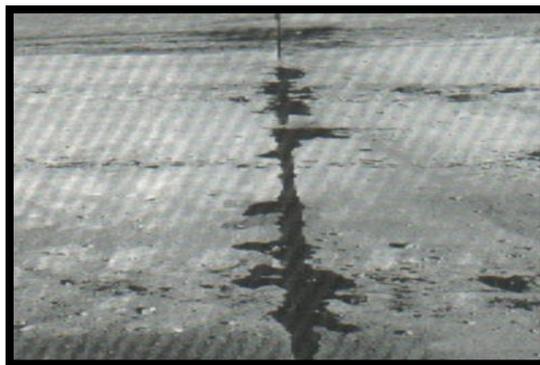


Figura 16. Bombeo



Figura 17. Grietas de Retracción



Figura 18. Descascaramiento de Esquina

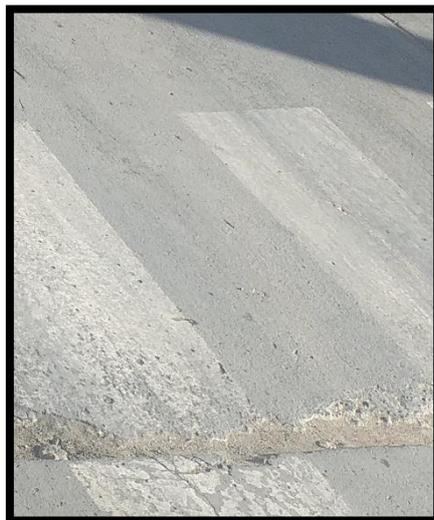


Figura 19. Descascaramiento de Junta

ANEXO N° 5 PLANO DE UBICACIÓN DE LA MUESTRA



Figura 20. Delimitación de la muestra

ANEXO N° 6 FOTOGRAFÍAS DEL ESTUDIO DE LA AVENIDA 27 DE NOVIEMBRE



Figura 21. Análisis del pavimento rígido de la Av. 27 de Noviembre



Figura 22. Cuarteo de la muestra



Figura 23. Análisis de granulometría de la muestra

ANEXO N° 7 RESULTADOS DE ENSAYOS

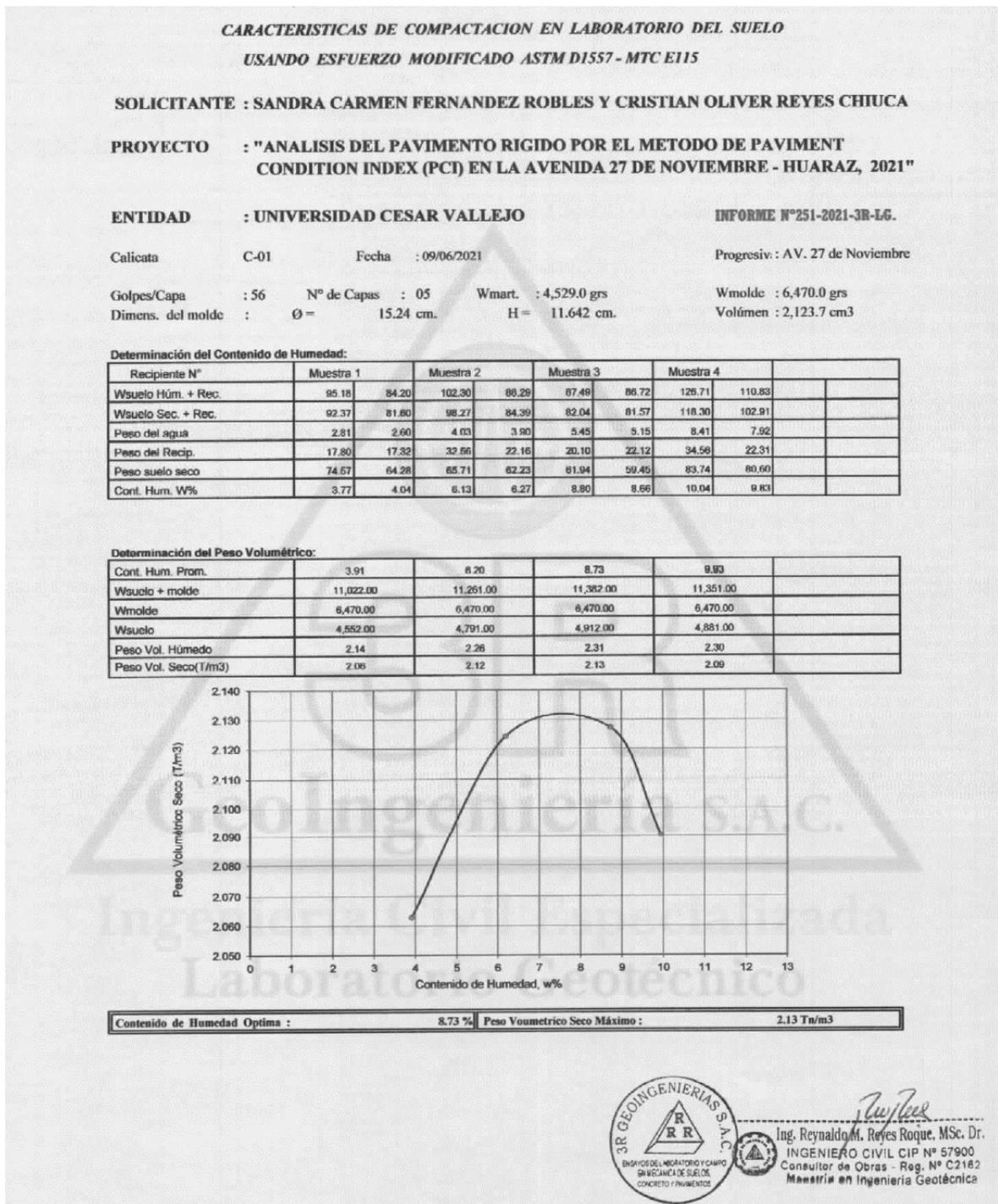


Figura 24. Resultados del ensayo de Proctor Modificado

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D1883 - MTC E132)

SOLICITANTE : SANDRA CARMEN FERNANDEZ ROBLES Y CRISTIAN OLIVER REYES CHIUCA

PROYECTO : "ANALISIS DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL METODO DE PAVIMENT
CONDITION INDEX (PCI) EN LA AVENIDA 27 DE NOVIEMBRE - HUARAZ, 2021"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **INFORME N°251-2021-3R-LG.**

Calicata : C-01 Porgresiva : AV. 27 de Noviembre
Muestra : Mab-01 Fecha : 09/06/2021

Molde	1				2				3			
	5				5				5			
Capas	56				25				12			
Golpes por capa	56				25				12			
Condicion de la muestra	Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada	
Peso Molde + Suelo hum.	9,080.90	13,873.29	9,106.23	13,973.50	9,109.26	13,833.28	4,700.00	9,560.00	4,380.90	4,373.29	4,406.23	4,373.50
Peso del molde (gr.)	4,380.90	4,373.29	4,406.23	4,373.50	4,329.26	4,273.28	1,894.00	1,894.00	1,894.00	1,894.00	1,894.00	1,894.00
Peso del Suelo humedo	2.31	2.31	2.33	2.31	2.29	2.26	8.74	9.72	11.06	12.50	13.32	14.60
Volumen del Molde (cm ³)	2.13	2.10	2.09	2.05	2.02	1.97	1	2	3	4	5	6
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	104.10	107.10	111.48	111.48	110.07	109.24	107.97	107.97	106.33	108.16	108.97	108.97
% de humedad	98.13	100.78	104.27	104.27	102.21	100.81	99.23	99.23	97.25	99.03	98.71	98.71
Peso Vol. Seco (gr/cc)	5.97	6.32	7.21	7.21	7.86	8.43	8.74	8.74	9.08	9.13	10.26	10.26
Tarro N°	29.12	29.15	30.11	30.11	28.55	27.12	29.33	29.33	30.32	29.15	28.45	28.45
Tarro + suelo humedo	69.01	71.63	74.16	74.16	73.66	73.69	69.90	69.90	66.93	69.88	70.26	70.26
Tarro + suelo seco	8.65	8.82	9.72	9.72	10.67	11.44	12.50	12.50	13.57	13.07	14.60	14.60
Peso de Agua	29.12	29.15	30.11	30.11	28.55	27.12	29.33	29.33	30.32	29.15	28.45	28.45
Peso del Tarro	69.01	71.63	74.16	74.16	73.66	73.69	69.90	69.90	66.93	69.88	70.26	70.26
Peso del suelo seco	8.65	8.82	9.72	9.72	10.67	11.44	12.50	12.50	13.57	13.07	14.60	14.60
% humedad	8.74	9.72	11.06	12.50	13.32	14.60	Promedio de Humedad					
Promedio de Humedad	8.74	9.72	11.06	12.50	13.32	14.60						

Molde N°	Fecha	Tiempo	Hora	EXPANSION								
				1		2		3				
				Dial	Expansión	Dial	Expansión	Dial	Expansión			
				mm	%	mm	%	mm	%			
	Jun-21	0.0 hrs.	9.00 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Jun-21	24.0 hrs.	9.00 a.m.	1.65	0.016	0.011	2.12	0.021	0.014	2.60	0.025	0.017
	Jun-21	48.0 hrs.	9.00 a.m.	2.60	0.025	0.017	3.50	0.034	0.023	4.10	0.040	0.026
	Jun-21	72.0 hrs.	9.00 a.m.	3.90	0.038	0.025	4.90	0.048	0.032	4.50	0.044	0.029
	Jun-21	96.0 hrs.	9.00 a.m.	5.80	0.057	0.037	6.50	0.063	0.042	5.30	0.052	0.034

Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm ²)	PENETRACION C.B.R.					
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
		Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)
0.025		122.43	6.33	104.94	5.42	78.71	4.07
0.050		236.12	12.20	192.39	9.94	139.92	7.23
0.075		288.59	14.91	253.61	13.10	174.90	9.04
0.100	70.30	367.29	18.98	323.57	16.72	262.35	13.55
0.200	105.45	568.43	29.37	498.47	25.75	419.76	21.69



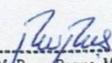
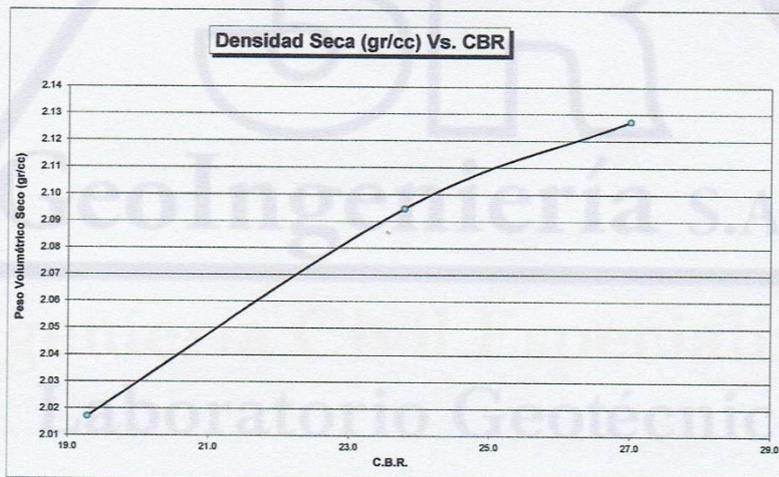
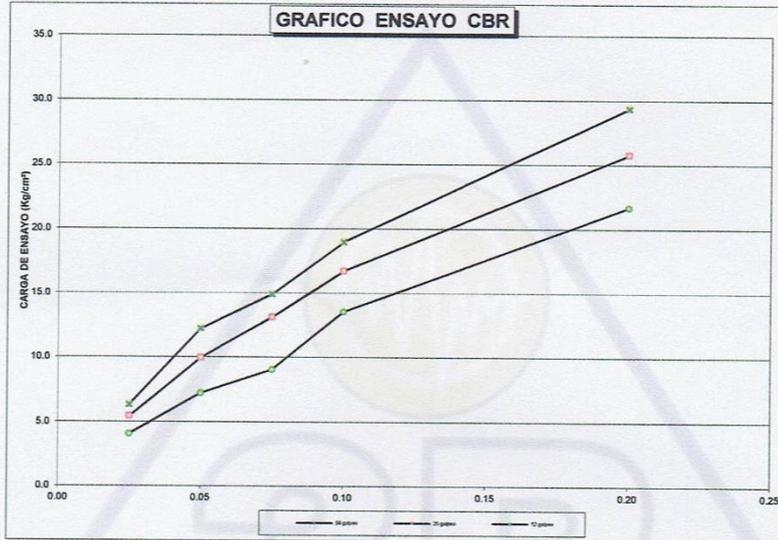

 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
 Consultor de Obras - Reg. N° C2162
 Maestría en Ingeniería Geotécnica

Figura 25. Resultados del ensayo de CBR

SOLICITANTE : SANDRA CARMEN FERNANDEZ ROBLES Y CRISTIAN OLIVER REYES CHIUCA
 PROYECTO : "ANALISIS DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL METODO DE PAVIMENT
 CONDITION INDEX (PCI) EN LA AVENIDA 27 DE NOVIEMBRE - HUARAZ, 2021"

Calicata : C-01 Porgresiva : AV. 27 de Noviembre
 Muestra : Mab-01 Fecha : 09/06/2021



C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	26.99 %
C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	19.28 %

RRR GEOINGENIERIAS S.A.
 INGENIEROS DE LABORATORIO Y CAMPO
 EN MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
 Consultor de Obras - Reg. N° C2182
 Maestría en Ingeniería Geotécnica

Figura 26. Resultados del ensayo de CBR

TRAMO 1		Av. Antonio Raymondi - Jr. Cayetana Requena						
Hoja de inspección de condiciones para unidad de muestra								
DIRECCION	Av. 27 de Noviembre		MUESTRA	PAVIMENTO RIGIDO				
NIVEL DE USO	Vehicular		Nº DE LOSAS	94	TOTAL DE AREA	1297		
DISTRITO	Huaraz	PROVINCIA	Huaraz	DEPARTAMENTO	Ancash	EVALUADOR		
			DIMENSION DE LOS PAÑOS		4.6	X	3.0	
			AREA		13.8			
Indice de condicion de pavimento				DIAGRAMAS DE BLOQUES				
Tipo de Falla								
1	Blowup-Bucding	10	Parche pequeño <0.45 m2	101		51	11M-19L	1
2	Grietas de esquina	11	pulmientos de agregados	102		52	19L	11L-19L
3	Losa Dividida	12	Popoust	103		53	12M	
4	Grietas de Durabilidad "D"	13	Bombeo	104		54		19L
5	Escala	14	Punzonamiento	105		55	19L-8L	19L-11M
6	Daño del Sellado de la Junta	15	Cruce de via ferrea	106		56	19L	
7	Desnivel carril/berma	16	Mapa de grietas	107		57		12L
8	Grietas Lineales	17	Grietas de retraccion	108		58	12L	
9	Parche Grande>0.45m2	18	Descascaramiento de esquina	109		59	19L	11L-12L
		19	descascaramiento de junta	110		60	9L-19L	8L-19M
Severidad de la Falla				111		61	9L	19L
L:	Bajo	M:	Medio	H:	Alto	112		19L
Densidad de Falla				113		63	8L	
Tipo	Severidad	Nº de losa	Densidad	Valor de reducción	114		18L	
8	L	6	6.383%	11.0	115			19L
9	L	4	4.255%	1.9	116			19L
11	L	4	4.255%	8.0	117		12L	
11	M	2	2.128%	1.8	118			
12	L	11	11.702%	1.6	119		19L	
12	M	1	1.064%	6.0	120		19L	11L
16	L	9	9.574%	9.0	121			11L
18	L	4	4.255%	1.5	122		9L-19L	12L
19	L	35	37.234%	7.0	123			9L-19L
19	M	1	1.064%	4.0	124			
					125		16L	
					126			19L
					127		19L	18L-19L
					128		19L	12L-19L
					129			19L
					130			19L
					131		19L-8L	
					132		12L-19L	12L
					133		18L-19L	12L
					134		19L	16L
					135		19L	
					136		16L	18L-19L
					137			
					138			
					139		16L	8L
					140		19L	
					141			12L-19L
					142		16L	19L
					143		8L	
					144		12L-19L	
					145		16L	19L
					146			16L
					147		16L	16L
					148			
					149			
					150			
					a	b	a	b
					a	b	a	b

Figura 27. Hoja de inspección del tramo 1

TRAMO 2		Jr. Cayetana Requena - Jr. Mariscal Andres Avelino Cáceres						
Hoja de inspección de condiciones para unidad de muestra								
DIRECCION	Av. 27 de Noviembre		MUESTRA	PAVIMENTO RIGIDO				
NIVEL DE USO	Vehicular		Nº DE LOSAS	62 TOTAL DE AREA 856				
DISTRITO	Huaraz	PROVINCIA	Huaraz	DEPARTAMENTO	Ancash			
			FECHA					
			EVALUADOR					
			DIMENSION DE LOS PAÑOS	4.6 X 3.0				
			AREA	13.8				
Indice de condicion de pavimento			DIAGRAMAS DE BLOQUES					
Tipo de Falla								
1	Blowup-Buding	10	Parche pequeño <0.45 m2	101	51	18L-2L	12M-19M	1
2	Grietas de esquina	11	pulimientos de agregados	102	52			2
3	Losa Dividida	12	Popoust	103	53	12L-19L		3
4	Grietas de Durabilidad "D"	13	Bombeo	104	54		11L-19L	4
5	Escala	14	Punzonamiento	105	55	8L-19M	16L	5
6	Daño del Sellado de la Junta	15	Cruce de via ferrea	106	56	11L-19L		6
7	Desnivel carril/berma	16	Mapa de grietas	107	57	16L	11L-19L	7
8	Grietas Lineales	17	Grietas de retraccion	108	58		12L-19L	8
9	Parche Grande>0.45m2	18	Descascaramiento de esquina	109	59			9
		19	descascaramiento de junta	110	60		8L-19M	10
Severidad de la Falla								
L:	Bajo	M:	Medio	H:	Alto			
Densidad de Falla								
Tipo	Severidad	Nº de losa	Densidad	Valor de reducción				
2	L	1	1.613%	1.9	111	61	12L-19L	11
8	L	2	3.226%	9.0	112	62		12
11	L	5	8.065%	7.0	113	63		13
12	L	9	14.516%	15.0	114	64	16L	14
12	M	2	3.226%	1.5	115	65		15
12	H	2	3.226%	1.4	116	66	12L-19L	16
13	L	1	1.613%	1.2	117	67		17
16	L	7	11.290%	11.0	118	68	12L-19L	19L
19	L	17	27.419%	5.0	119	69		18
19	M	4	6.452%	4.0	120	70		19
					121	71		20
					122	72	13L	21
					123	73	16L	22
					124	74	12L-19L	23
					125	75		24
					126	76		25
					127	77	12H	26
					128	78	12H	27
					129	79	11L-19L	28
					130	80	16L	29
					131	81	16L	30
					132	82		31
					133	83	12L	32
					134	84	12L	33
					135	85		34
					136	86		35
					137	87		36
					138	88		37
					139	89		38
					140	90		39
					141	91		40
					142	92		41
					143	93		42
					144	94		43
					145	95		44
					146	96		45
					147	97		46
					148	98		47
					149	99		48
					150	100		49
								50
					a	b	a	b
					a	b	a	b

Figura 28. Hoja de inspección del tramo 2

TRAMO 6		Psje Octavio Hinostroza - Psje Antonio Alva					
Hoja de inspección de condiciones para unidad de muestra							
DIRECCION	Av. 27 de Noviembre		MUESTRA	PAVIMENTO RIGIDO			
NIVEL DE USO	Vehicular		Nº DE LOSAS	48	TOTAL DE AREA	662	
DISTRITO	Huaraz	PROVINCIA	Huaraz	DEPARTAMENTO	Ancash	EVALUADOR	
			DIMENSION DE LOS PAÑOS		4.6	X	3.0
			AREA		13.8		
Indice de condicion de pavimento				DIAGRAMAS DE BLOQUES			
Tipo de Falla							
1	Blowup-Buding	10	Parche pequeño <0.45 m2	101			
2	Grietas de esquina	11	pulimientos de agregados	102			
3	Losa Dividida	12	Popoust	103			
4	Grietas de Durabilidad "D"	13	Bombeo	104			
5	Escala	14	Punzonamiento	105			
6	Daño del Sellado de la Junta	15	Cruce de via ferrea	106			
7	Desnivel carril/berma	16	Mapa de grietas	107			
8	Grietas Lineales	17	Grietas de retraccion	108			
9	Parche Grande>0.45m2	18	Descascaramiento de esquina	109			
		19	descascaramiento de junta	110			
Severidad de la Falla							
L:	Bajo	M:	Medio	H:	Alto		
Densidad de Falla							
Tipo	Severidad	Nº de losa	Densidad	Valor de reducción			
2	L	3	6.250%	7.0	111		
2	H	2	4.167%	8.0	112		
4	M	1	2.083%	1.7	113		
4	H	1	2.083%	1.9	114		
8	L	7	14.583%	12.0	115		
8	M	7	14.583%	15.0	116		
8	H	8	16.667%	27.0	117		
9	L	2	4.167%	1.6	118		
11	M	2	4.167%	5.0	119		
12	L	7	14.583%	7.0	120		
12	H	2	4.167%	1.7	121		
13	L	2	4.167%	4.0	122		
13	M	1	2.083%	1.6	123		
13	H	2	4.167%	5.0	124		
17	H	4	8.333%	0.3	125		
19	L	1	2.083%	1.5	126		
19	H	2	4.167%	1.9	127		
					128		
					129		
					130		
					131		
					132		
					133		
					134		
					135		
					136		
					137		
					138		
					139		
					140		
					141		
					142		
					143		
					144		
					145		
					146		
					147		
					148		
					149		
					150		
					a	b	
					a	b	
					a	b	

Figura 32. Hoja de inspección del tramo 6

TRAMO 8		Psje Alejandro Tafur - Av Pedro Villón						
Hoja de inspección de condiciones para unidad de muestra								
DIRECCION	Av. 27 de Noviembre		MUESTRA	PAVIMENTO RIGIDO				
NIVEL DE USO	Vehicular		Nº DE LOSAS	82	TOTAL DE AREA	861		
DISTRITO	Huaraz	PROVINCIA	Huaraz	DEPARTAMENTO	Ancash	EVALUADOR		
			DIMENSION DE LOS PAÑOS		3.5	X	3.0	
			AREA		10.5			
Indice de condicion de pavimento				DIAGRAMAS DE BLOQUES				
Tipo de Falla								
1	Blowup-Buding	10	Parche pequeño <0.45 m2	101		51	8M 16M-12L	1
2	Grietas de esquina	11	pulimientos de agregados	102		52	9M-8M 17M-2M	2
3	Losa Dividida	12	Popoust	103		53	8H 17M-12M	3
4	Grietas de Durabilidad "D"	13	Bombeo	104		54	8H 17M-12M	4
5	Escala	14	Punzonamiento	105		55	8M 17H-19H	5
6	Daño del Sellado de la Junta	15	Cruce de via ferrea	106		56	8M 17H-19H	6
7	Desnivel carril/berma	16	Mapa de grietas	107		57	8M 17H-19H	7
8	Grietas Lineales	17	Grietas de retraccion	108		58	17M-13M 17H-13M	8
9	Parche Grande>0.45m2	18	Descascaramiento de esquina	109		59	18M-17H 17H-13M	9
		19	descascaramiento de junta	110		60	17M 17H	10
Severidad de la Falla								
L:	Bajo	M:	Medio	H:	Alto			
Densidad de Falla								
Tipo	Severidad	Nº de losa	Densidad	Valor de reducción				
2	L	2	2.439%	6.0	111	61	16M 17H	11
2	M	9	10.976%	13.0	112	62	8M 17H	12
8	L	9	10.976%	7.0	113	63	17M 17H	13
8	M	15	18.293%	0.8	114	64	17L 17M-19M	14
8	H	11	13.415%	25.0	115	65	8L 17M-18M	15
9	M	3	3.659%	1.9	116	66	17M 8M-2M	16
12	L	2	2.439%	2.0	117	67	8L 8H	17
12	M	5	6.098%	5.0	118	68	8H 8M	18
16	M	2	2.439%	1.7	119	69	8L 17M-12L	19
17	L	1	1.220%	0.4	120	70	8H 17H	20
17	M	19	23.171%	0.5	121	71	8M-12M 17H	21
17	H	19	23.171%	0.8	122	72	8M-2M 17H-19L	22
18	M	3	3.659%	1.2	123	73	8M-19M 17M-19L	23
18	H	2	2.439%	1.6	124	74	8L-2M 8H-18M-12M	24
19	L	4	4.878%	1.0	125	75	8H 8L	25
19	M	4	4.878%	1.0	126	76	17H 8L	26
19	H	7	8.537%	9.0	127	77	17M-2M 12M	27
					128	78	17H-19H 8L	28
					129	79	8H-9H 8L	29
					130	80	8H 8L	30
					131	81	17M-19M 12M	31
					132	82	8H-2M 8L	32
					133	83	13L-8L 8M	33
					134	84	19H-8M-2M 19H-17M	34
					135	85	2M-8M 8H	35
					136	86	17H-2M 8M-19L	36
					137	87	17H-13H 17M-19L	37
					138	88	18H-17M 17H-19M	38
					139	89	17M 17M-7M	39
					140	90	17H-2L-19H 9M-12L	40
					141	91	17H-13M 9M-2M	41
					142	92		42
					143	93		43
					144	94		44
					145	95		45
					146	96		46
					147	97		47
					148	98		48
					149	99		49
					150	100		50
					a	b	a	b

Figura 34. Hoja de inspección del tramo 8