

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI
en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash-
2020**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bernuy Mendoza, Yofre Darwin

Asesor:

Mejía Oncoy, Elencio Melchor

ORCID: 0000-0002-1860-6874

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

Tema	Evaluación de pavimento
Especialidad	Pavimentos

Keywords

Subject	Pavement evaluation
Specialty	Pavements

Línea de investigación	Transporte
Área	Ingeniería
Subárea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería del transporte

Título de la investigación

Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en el
sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash-2020

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como principal propósito evaluar la condición del pavimento rígido en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., el presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo con diseño no experimental transversal, para ello se tuvo como población al sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, y la muestra fue Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, las técnicas fueron la observación y el diagnóstico, para lo cual se tuvo los instrumentos de los formatos del PCI, los resultados obtenidos fueron de 54.851 para el tramo del Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, y de 50.97 para el tramo de Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, lo que evidencia que el pavimento del sector vial es malo según la clasificación de rango de la metodología PCI, asimismo, se obtuvo que el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en este tramo es la falla 28 y 29 (Grieta lineal y Parcheo grande) ocupando el 29% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 22 (Grieta de esquina) ocupando el 18% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 12% la falla 37 (Retracción) y con una densidad de 6% la falla 27 (Desnivel de carril/berma). Llegando a la conclusión que el pavimento rígido del sector vial urbano de Shupluy, Ancash, es MALO debido a que cae en el intervalo 55-40 del rango de clasificación.

Abstract

The main purpose of this research work was to evaluate the condition of the rigid pavement in the urban road sector of the city of Shupluy, Ancash. The present research work is of a descriptive type with a non-experimental cross-sectional design, for this the population was considered to the urban road sector of the city of Shupluy, Ancash, and the sample was Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo and Jr. Garcilaso de la Vega, the techniques were observation and diagnosis, for which had the instruments of the PCI formats, the results obtained were 54,851 for the section of Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, and 50.97 for the section of Jr. Angamos, Calle Tramposo and Jr. Garcilaso de la Vega, which shows that the pavement of the road sector is bad according to the rank classification of the PCI methodology, likewise, it was obtained that the type of fault that occupies the highest density in this section is fault 28 and 29 (Linear Crack and Patching large) occupying 29% of the inspected slabs, followed by fault 22 (Corner Crack) occupying 18% of the inspected slabs. With a density of 12%, fault 37 (Retraction) and with a density of 6%, fault 27 (Rail / berm slope). Concluding that the rigid pavement of the urban road sector of Shupluy, Ancash, is BAD because it falls in the 55-40 interval of the classification range.

Índice

Tema	Página N°
Palabras clave.....	i
Título de la investigación	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
Introducción	1
Metodología	25
Resultados	28
Análisis y discusión	40
Conclusiones	42
Recomendaciones	43
Referencias bibliográficas	44
Agradecimientos	47
Anexos y apéndice	48

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	24
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación.....	26
Tabla 3 Características geométricas del sector vial urbano de Shupluy, Ancash	28
Tabla 4 Fallas observadas en el pavimento del el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.	29
Tabla 5 Evaluación del método PCI del tramo Jr. Pachacútec y Jr. Alfonso Ugarte del sector vial urbano de Shupluy, Ancash	31
Tabla 5 Evaluación del método PCI del tramo Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la vega del sector vial urbano de Shupluy, Ancash	32

Índice de figuras

Figura 1. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+00 – 0+60.....	33
Figura 2. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+240 – 0+300.....	34
Figura 3. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+300 - 0+360.....	34
Figura 4. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+480 – 0+600.....	35
Figura 5. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 1+0 – 1+60.....	36
Figura 6. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 0+0 – 0+60.....	36
Figura 7. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 1+180 – 1+300	37
Figura 8. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 1+300 – 1+600	38

Introducción

En la actualidad al referirnos a pavimentos es tener presente la problemática que se vive a nivel mundial, en el cual la mayoría de los países en aras de desarrollo presentan pavimentos en pésimas condiciones, en lo cual, el problema más serio que se puede identificar son las fallas superficiales del pavimento ya sea rígido, flexible o mixto, esto se puede evitar con los mantenimientos programados o periódicos que se debe tener presente al momento de la construcción, pero este problema se complica con la falta de programación de tales mantenimientos por falta de estudios que presenten una recomendación técnica para mantener dicha vía, es por ello que muchas veces los pavimentos instalados no cumplen con el tiempo para el cual ha sido diseñado y con ello se crea malestar en las pobladores que deben pagar las consecuencias de una mala gestión en la construcción de los pavimentos.

Este tipo de investigaciones es importante porque presenta resultados amplios de estudio y evaluación de las patologías presentes en el pavimento rígido que se encuentra ubicado en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash – 2020, para la realización de la evaluación se utilizó el método del índice de condición de pavimento (PCI, por sus siglas en ingles). Para la realización del presente trabajo de investigación se realizó a través de etapas secuenciales para llevar a cabo la aplicación de dicho método, entre lo que se tuvo los principales análisis de muestreo aleatorio de la unidad analizada que fue extraída directamente del pavimento rígido en estudio, en dicha se investigación se desarrolló en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy; luego se realizó la inspección detallada de campo que sirvió de base para tener datos de campo necesario para este tipo de trabajo de evaluación de condiciones y las principales patologías, para luego realizar trabajo de gabinete y la posterior determinación final del PCI a través de los distintos ábacos que se encuentran debidamente estandarizados y los cuales están regulados por la normativa vigente, principalmente por la Norma ASTM-D: 6433-07.

Para ello se estudió a varios investigadores en el ámbito internacional tales como el investigador Baque (2020), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método PCI de la carretera puerto –*

aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí, en dicho artículo científico el autor tuvo por objetivo general la determinación y diagnóstico de las causas que inciden negativamente en las condiciones de la operatividad de la mencionada carretera, para ello utilizó la metodología, con un diseño no experimental, del tipo descriptiva, la población constó de 3600 metros de largo y 17,50 metros de ancho, ubicada entre el parque del Marisco y el Aeropuerto y la técnica que utilizó para la recolección de datos fue la observación con el apoyo del formato del método PCI. Los resultados obtenidos fueron regular con un puntaje de 49 para el pavimento rígido, además determinó 12 tipos diferentes de fallas en las 26 analizadas. De lo cual llegó a la conclusión que entre de las principales patologías que deterioran el pavimento son desprendimiento de agregados, piel de cocodrilo, agregados pulidos, grietas de bloque y otras fallas con un porcentaje de 78,28%, 4,51%, 4,11%, 3,96% y 9,14% respectivamente y por ello se necesita realizar un mantenimiento.

Según Mendoza (2019), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación del estado del pavimento rígido mediante la metodología del PCI de la Avenida La Paz*, el investigador tuvo por objetivo general evaluar las características que afectan el estado del pavimento rígido de la citada carretera, para ello siguió la metodología con un diseño no experimental, descriptivo, para lo cual eligió una población que consistió en 11 cuadras desde las 09 hasta la 20, en ellas se muestrearon 35 unidades. Los resultados obtenidos fueron que identificó 14 diferentes tipos de fallas, en las que destacaron el pulimiento de superficie, descascamiento de juntas, grietas longitudinales, grietas de retracción y otros tipos de patologías con una probabilidad de incidencia de 29,18%, 21,87%, 9,99%, 9,49% y 29,47% respectivamente, con lo cual llegó a la conclusión que el índice PCI presenta una calificación de bueno con una ponderación de 67,91 y a pesar de ello se debe realizar un mantenimiento programado para el pavimento de la Avenida La Paz.

Según Salazar (2019), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el método PCI contrastado con la guía PMBOK en la Avenida Independencia, Cajamarca 2017*, en dicho trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general determinar la evaluación de las

características del estado del pavimento flexible en la citada vía, la metodología que utilizo fue un diseño no experimental, descriptiva, la cual lo complemento con el método PCI, además para ello utilizo 75 unidades de muestreo, entre los resultados obtuvo que las fallas que más frecuencia presentan y que inciden en el estado del pavimento flexible de la Avenida Independencia, la calificación del pavimento es regular, con un promedio de PCI 49,09%, para el mejoramiento de la vía se necesita un presupuesto aproximado de S/. 176,076.41, llegando a la conclusión que las principales fallas que presenta el pavimento flexible tiene incidencia con severidad baja y media, lo cual sirve para el mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Independencia, Cajamarca.

Según Espinoza & Liñan (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en el Jirón Augusto B. Leguía, Distrito Independencia, Huaraz, 2018*, en dicho trabajo de investigación los autores tuvieron por objetivo general evaluar y calificar técnicamente el pavimento rígido en el Jirón Augusto B. Leguía, Distrito Independencia, para ello utilizaron la metodología cuya investigación fue no experimental, tipo descriptivo y además del alineamiento con la metodología del método PCI, la cual se divide fundamentalmente en la recolección de los datos y el procesamiento y análisis de dicha información. La población para su estudio fue el pavimento del Jirón Augusto B. Leguía, por ser una vía bastante circulada, en el cual realizaron la evaluación, esto les llevo a obtener los resultados de las principales patologías, tales como daño de sello de junta, losa dividida, grietas lineales, grieta de esquina, parcheo grande y otros, con un porcentaje de 74,88%, 8,96%, 6,22%, 4,73%, 2,74% y 2,47% respectivamente, concluyendo que el estado del pavimento rígido tiene una calificación mala.

Según Vásquez (2018), en su trabajo de investigación titulada *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) y VIZIR*, en dicho trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición de las calles del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca para lo cual utilizo el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), la metodología que

empleo fue un diseño no experimental y de tipo descriptiva además de seguir la metodología del método PCI, todo esto lo realizo utilizando formatos y visitas visuales, la población lo delimito del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca y la muestra lo tomo como 12 jirones de las cuales obtuvo 39 muestras, el resultado que obtuvo fue que principales patologías fueron parcheo grande, pulimiento de agregados, grieta lineal, descascaramiento de junta, otros, los cuales tuvieron un porcentaje de 42,30%, 12,70%, 11,90%, 7,00% y 13,30% respectivamente. Llegando a la conclusión que estado del pavimento es regular con un valor PCI de 43,92.

Según Dávila, Huangal & Salazar (2017), en su trabajo de investigación titulado *Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía Canal de la Avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016*, en dicho trabajo de investigación los investigadores tuvieron como objetivo general, la determinación de las principales patologías que se presentan en la carretera interconexión vial Chiclayo. La metodología utilizada se basa principalmente en una investigación no experimental y descriptiva, la recolección de datos lo realizaron de acuerdo al método PCI, también tuvieron como población la vía canal y para un estudio más detallado lo dividieron en seis (06) tramos, en las cuales analizaron 12 muestras por cada kilómetro de carretera, además 10 tipos de fallas que se encuentren en el manual PCI. Los principales resultados que obtuvieron fueron la presencia de patologías que influían en el mantenimiento de la carretera, por lo que les llevo a la conclusión de que se debe realizar el estudio de patologías por el método PCI para recomendar el mantenimiento de la vía.

Y por último según Rodríguez (2015), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del Pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash*, el investigador en dicho trabajo de investigación tuvo por propósito principal evaluar y determinar las condiciones de operación del pavimento rígido ubicado en las avenidas del barrio El Triunfo, en Ancash, para ello el autor utilizó la metodología que utilizo fue no experimental, descriptiva, para ello realizo inspecciones al pavimento rígido de donde pudo

recolectar los datos, los resultados de dicha investigación indican que se logró el identificar las principales patologías del pavimento rígido y con ello pudo calcular el valor del índice PCI, esto lo hizo considerando los diagramas estandarizados, los ábacos para cada tipo de falla presente en el citado pavimento, llegando a obtener un índice PCI =45,20 de una calificación sobre un valor de 100, lo cual indico que el pavimento presenta una calificación Regular, de lo que concluyó que el pavimento rígido de El Triunfo debe dársele mantenimiento para una mejor transitabilidad y que el parque automotor sufra daños severos, además de disminuir los tiempos de transporte.

Para ello se debe estudiar las diferentes teorías o **fundamentación científica** del trabajo, entre los cuales tenemos a Montejo (2002), quien definió a los **pavimentos** como el conjunto de capas que se sobrepone de forma relativamente horizontales, los cuales deben realizarse con diseños técnicos y de ingeniería, utilizando para ello materiales apropiados que deben estar adecuadamente compactados los cuales deben estar apoyados sobre la subrasante de la vía, también según el MEF (2015) afirmo que el pavimento es una estructura que es construida con elementos característicos como la subrasante, por una capa de rodadura, por una fuerte base y subbase, estos elementos que componen el pavimento deben soportar los esfuerzos generados u ocasionados el parque automotor, además deben presentar condiciones para soportar las diferentes condiciones climáticas, como el cambio brusco de temperatura, entre otros y por último según Morales (2005), afirmo que, la principal característica de un pavimento rígido, es que la losa de este tipo de pavimento presenta alta resistencia a las cargas distribuidas que se presentan, su tiempo de duración es más prolongada, pero sus costos de instalación son mayores inicialmente.

En ese mismo sentido según Morales (2005), afirmo que los **elementos del pavimento rígido** son variados, pero entre los más representativos se tiene a la subrasante, es la parte fundamental del pavimento rígido en donde se da lugar los tratamientos del terreno tales como la compactación, y labores que contribuyen a la vida útil del pavimento rígido, además sirve como una capa que soporta la distribución uniforme de los esfuerzos que imprimen el parque automotor de diferente categoría

que circula por el pavimento rígido, es por ello que se debe tener vital importancia en los estudios realizados a las características del suelo, tal como su expansión del suelo, y otros elementos como la subbase, este elemento se encuentra entre la losa rígida y la subrasante para darle consistencia y mayor capacidad de soporte a la estructura del pavimento rígido, también Montejó (2002), afirmó que los pavimentos deben tener la característica de ofrecer resistencia a las cargas que se dan a través del tráfico vehicular, ya sea intenso o moderado, además de ser tolerante a los cambios de temperatura, la capa de rodadura debe presentar resistencia a las tracciones de velocidades generadas por el parque automotor de distinta categoría de rodaje, además debe tener la superficie de rodadura con una regularidad superficial con corte mixto ya sea transversal como longitudinal, y por último debe presentar regularidades para las condiciones climatológicas y tener una vida útil que sea sostenible en el tiempo, económicamente factible y que presente seguridad vial a los conductores.

Según Montejó (2002) afirmó que, los **pavimentos se clasifican** en pavimentos flexibles, los cuales están constituidos por una carpeta bituminosa, material granular y un ligante asfáltico, estos elementos son apoyados son dos capas que se les conoce como base y subbase, los pavimentos semirrígidos, son los pavimentos en el cual una capa ha sido rigidizado con otros elementos tales como asfalto, cal, cemento, entre otros, los pavimentos rígidos, los cuales están constituidos principalmente por una losa compuesta de concreto hidráulico, la cual está sobre la subrasante o sobre la subbase de pavimento rígido su principal característica es que presentan alta rigidez y un alto coeficiente de elasticidad y los esfuerzos a la tensión se distribuyen en una área amplia y por último los pavimentos articulados, los cuales lo conforma una capa de rodadura, la cual está constituida principalmente con bloques que están hechos a base de concreto prefabricado, que se conocen generalmente como “adoquines”, cuyas dimensiones son homogéneas es decir iguales entre sí, estos elementos estructurales deben estar asentados sobre arena y de base granular o a veces directamente sobre la subrasante.

Además Montejó (2002) afirmó que en los pavimentos rígidos se sabe que deben estar formados con elementos que doten de estabilización y compactación del suelo en donde se realizara la instalación del pavimento rígido, si en dicho terreno se

presentan fallas o bombeo se debe realizar estudios complementarios para determinar la capacidad portante y con ello determinar el diseño de la mezcla y capas que debe tener para soportar el tráfico distribuido de del esfuerzo variable del parque automotor de vehículos livianos y pesados, este espesor de cemento para el diseño es influyente en los costos que se incurre en la construcción del pavimento rígido, además se tiene que incluir materiales estabilizantes, y concreto que tenga la capacidad de aire incorporado con la finalidad de soportar las gradientes de las anomalías climáticas que se presentan por las distintas áreas de construcción de los pavimentos, estos elementos mejoran las condiciones de transitabilidad de las vías y a su vez alargan la vida útil del pavimento rígido construido.

También Morales (2005), afirmo que los pavimentos se pueden clasificar en pavimentos rígidos, pavimentos flexibles, pavimentos mixtos y pavimentos estructurado, dentro del pavimento rígido se realiza a base de concreto hidráulico tipo simple, no siendo necesaria la armadura de la losa y los espaciamientos entre las juntas deben presentar distancias mínimas, además no es de obligación la inclusión de dovelas que se consideran dispositivos para transferir cargas, para tener un control y resistencia sobre juntas de separación mayor a la mínima se debe utilizar concreto reforzado, esto con el propósito general de mantener unidas las juntas y así disminuir la contracción que se genera por las fisuras del pavimento rígido, así mismo cabe destacar también la inclusión de concreto hidráulico reforzado continuo cuya finalidad es mantener constante las fisuras entre las losas del pavimento rígido; este proceso para la construcción del pavimento se realiza con los estudios técnicos necesarios para la correcta utilización y es reforzado con acero en caso de terrenos con pobre capacidad de soporte de cargas.

Además según ASTM (2007), menciono los **materiales necesarios para la construcción de un pavimento rígido**, detallando que son: el cemento o cemento portland que es obtenido de la pulverización o proceso del clinker, en este proceso se debe agregar componentes necesarios y en la relación que sea de acuerdo a los métodos de diseño de mezcla estandarizados por la normativa vigente, es por ello que se debe realizar los análisis necesarios a todos los componentes que se involucran en la mezcla,

tales como el agua, este elemento debe ser de calidad dependiendo de la obra, debe ser utilizada para hormigones y morteros según el requerimiento, materiales pétreos, estos materiales son necesarios para satisfacer la calidad de los contratantes, el manejo y procesamiento es por parte del contratista, dentro de estos elementos tenemos a la grava, la cual es el resultado de triturar el agregado grueso que no debe presentar sustancias perjudiciales y el resultado debe ser de 38 mm de diámetro y la arena, la cual el diámetro no debe exceder en 9,51 mm con la secuencia granulométrica. De estos elementos depende la resistencia del concreto que se está elaborando para la construcción del pavimento rígido.

También según MTC (2014) afirmo que para dotar de propiedades características al concreto se encuentran a los aditivos, cuyo propósito principal es acelerar el secado o fraguado del concreto, dotar de mayor resistencia a la compresión, mejorar la trabajabilidad entre otras propiedades del concreto final que se requiere en las distintas obras que se realizan, para lo cual se tienen distintos aditivos, ya sean químicos o naturales, entre los más representativos y requeridos en las obras se tiene a los acelerantes, retardantes de fraguado, los reductores de agua y de alto rango, reductores de agua y acelerantes y/o retardantes, inclusores de aire y los impermeabilizantes; el acero de refuerzo es un elemento necesario y fundamental para la construcción del pavimento, este elemento es utilizado en las juntas, ya sea como pasadores de cortante o pasa juntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos y por último el sellador de juntas, el cual es un material que sirve para sellar las juntas transversales como las longitudinales que debe ser elástico, resistente a agentes externos como combustibles y aceites automotrices, además deben presentar propiedades que desarrollen características de durabilidad y trabajabilidad del concreto.

Para el **diseño de pavimentos**, según Vásquez (2016), que existen métodos tales como el **método de diseño de la asociación de cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés)**, el cual se basa principalmente en la cuantificación de las características de ingeniería como el espesor mínimo del pavimento, el cual hace que el pavimento sea económicamente viable tanto en ornato, resistencia, y duración o vida

del pavimento evitando mantenimientos más intermitentes que eleven el costo del pavimento, este tipo de diseño es aplicado en pavimentos rígidos de todo tipo, en el cual se tiene en cuenta los parámetros para el diseño tales como el módulo de rotura (MR), a la resistencia a la flexión del concreto, también a la resistencia de la subrasante, o la subbase (K) en donde será asentado el pavimento rígido, además de características físicas que dependen mucho de las características de fluido vehicular o las condiciones meteorológicas, con ello se logra una vida del pavimento de más o menos 20 años de diseño.

Además Vásquez (2016), afirmó que el **método de diseño de la asociación Americana de oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO por sus siglas en inglés)**, este método se basa fundamentalmente en el nivel de servicio de un pavimento, en el cual el nivel de servicio es alto al momento de la instalación del pavimento y de acuerdo a su uso y transitabilidad el nivel de servicio tiende a disminuir, para ello se fija un nivel de servicio que debe ser igual al tiempo de diseño del pavimento, se utiliza métodos matemáticos que se deben hacer iterar hasta que el espesor haga que la ecuación de diseño llegue al equilibrio, para pavimentos rígidos el tiempo de diseño no debe ser menos de 20 años, los principales factores que se debe tener en cuenta para el diseño es el número de equivalentes de las cargas axiales de aproximadamente 80000 N, el espesor que se desea en la losa, los niveles de confiabilidad y de serviciabilidad del pavimento, también el módulo de rotura del concreto, los coeficientes de drenajes y factores amortiguadores de las condiciones climatológicas.

Según Dávila, Huangal & Salazar (2017), afirmaron que es imprescindible conocer los **tipos de evaluación de pavimentos**, los cuales son importantes para la evaluar los distintos tipos de pavimentos, que identifican las distintas patologías con el propósito de proponer mejoras técnicas para el mantenimiento, reparación o cambio de los distintos pavimentos dependiendo de la severidad de la falla, la evaluación se basa principalmente en tres aspectos que se relacionan íntimamente y es la evaluación funcional, que consiste en las inspecciones superficiales que se realizan directamente al pavimento con el objetivo de determinar las fallas que afectan al conductor, como

la comodidad de la rodadura o los costos que se incurre en ello, entre los principales indicadores de la evaluación del estado superficial del pavimento tenemos a la serviciabilidad presente y al índice de regularidad internacional; la evaluación de la capacidad estructural, el cual se enfoca directamente en los tramos de pavimento que ha perdido la capacidad de soportar carga para lo que ha sido diseñado, para ello se pueden realizar ensayos destructivos y no destructivos, y completando la trilogía la técnica observacional a través de una inspección visual.

También dichos autores afirmaron que dentro de los principales métodos de inspección visual se tiene al índice de condición del pavimento (PCI, por sus siglas en ingles), que consiste en determinar todas las fallas de forma superficial del pavimento rígido, el método VIZIR o método desarrollado por el laboratorie central des Ponts et Chaussés, con el cual se puede evaluar las condiciones de los pavimentos flexibles, encontramos también a la evaluación y calificación superficial del pavimento (PASER, por sus siglas en ingles), el consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAl), entre otros métodos, los cuales son métodos sencillos que se pueden aplicar en cualquier tipo de vía que sea pavimentada, que no se requiere equipos sofisticados como los de Diamantina, u otros, es ir directamente al pavimento y realizar una inspección visual, que por lo general consiste en dos etapas bien definidas, una inicial de diagnóstico y otro con detalle de todos los aspectos que consiste en caminar sobre el pavimento para identificar in situ todas las fallas o patologías que se presentan en la vía pavimentada, entre las principales fallas se puede clasificar de acuerdo a la severidad y a su peligrosidad de la patología.

En ese mismo sentido también Armijos (2009), afirmo que existen distintos **tipos de evaluación de pavimentos**, tales como: el VIZIR, el cual es un indicador que se utiliza en países en vías de desarrollo para evaluar los pavimentos de una forma simple que diferencia claramente los tipos de fallas las cuales los clasifica en fallas estructurales y funcionales, este índice además indica la degradación o deterioro del pavimento de forma superficial y susceptible a los sentidos, al ser de fácil aplicación es muy utilizado en países con climas tropicales y de temperaturas cambiantes; con este método se logra diferenciar las falencias que tiene el pavimento desde una

perspectiva estructural y funcional, con ello se puede realizar un mantenimiento adecuado al pavimento con la finalidad de aumentar la durabilidad y uso del pavimento rígido construido, otro tipo de evaluación es el FHWA/OH99/004, el cual es un índice que clasifica las fallas del pavimento y realiza una ponderación de acuerdo a la falla que se presenta con mayor frecuencia debido a climas muy definidos a excepción de áreas que presenten climas tropicales y el método ASTM D 6433 – 99, es conocido también como índice de condición del pavimento (PCI por sus siglas en inglés), este índice es de utilidad pues presenta las patologías superficiales que tienen los pavimentos ya sean flexibles, rígidos, mixtos o estructurados.

De los métodos anteriores tenemos al usado en el presente trabajo, el cual es el **método PCI para pavimentos rígidos**, el cual fue desarrollado y aplicado inicialmente en los trabajos del escuadrón o grupo de ingeniería que pertenecen a la fuerza aérea de los Estados Unidos, el cual fue utilizado por diferentes ingenieros hasta nuestros días, y en la actualidad es considerado como la inspección más detallada para la evaluación de los distintos pavimentos rígidos, debido a que es un método que se puede realizar de forma visual sin la necesidad de equipos sofisticados, y permite determinar el deterioro del pavimento rígido, a través de la práctica estándar y parametrizada para la inspección visual de los diferentes pavimentos en carreteras y también en algunos estacionamientos. En ese sentido se puede considerar al método PCI como el más extenso y completo para el estudio detallado de los pavimentos rígidos y flexibles, de lo que se considera solamente las patologías que causan deterioro de los pavimentos en función de la clase de la falla, la severidad con la que se presenta y la densidad o frecuencia de las distintas fallas.

Según Vásquez (2002), afirmo que el método PCI es un índice que indica a través de una escala la calificación de un tipo de pavimento, en el cual es el pavimento rígido, en el cual tiene un intervalo de aplicación el cual va desde un puntaje de 0 hasta un máximo de 100, siendo ese rango de trabajo que se da en una escala cualitativa, de esta escala de trabajo se puede tener una calificación de bueno, satisfactorio, regular, malo, muy malo, grave y por último la calificación de colapsado, los cuales también pueden representarse en colores característicos que van desde un gris hasta un verde

oscuro para el pavimento colapsado y bueno respectivamente, es por ello que este método es de uso comercial y de fácil aplicación en cualquier pavimento de alto tránsito y bajo tránsito, así mismo su costo de evaluación es bajo y las conclusiones a las que se llega son bastantes utilizadas a la hora de tomar una decisión del tipo de intervención o mantenimiento que se le dará al pavimento que se le aplico el método Pavement condition index o comúnmente llamado índice de condición del pavimento o PCI.

También Armijos (2009), definió a la **evaluación de pavimentos**, como el conjunto de etapas que se realizan en el pavimento y esto es plasmado y explicado en un informe técnico que se realiza después de la inspección visual del tramo de la carretera que se va a analizar, con el objetivo de alargar su vida de uso con una intervención oportuna para el mantenimiento o reemplazo total del pavimento y así disminuir el tiempo de transporte, el desgaste del parque automotor, evitar accidentes, entre otros problemas debido al mal estado del pavimento; es por ello que esta inspección y su informe técnico deben ser los más reales posibles y analizados de una manera objetiva y cuantitativa, de allí la necesidad de utilizar métodos y técnicas que analicen y plasmen de forma objetiva y veraz las condiciones del tramo de pavimento en estudio, pues la decisión que se tome involucra costos de operación y mantenimiento que en muchas ocasiones se recauda de los impuestos de los pobladores y por ello se merecen condiciones de los pavimentos de acuerdo a las necesidades de la población de impacto, evitando así costos excesivos en la construcción, operación y mantenimiento del pavimento.

Según Vásquez (2002) afirmo que el método de evaluación de la condición del pavimento o PCI es en la actualidad uno de los métodos de inspección de pavimentos más difundidos y utilizados, pues se centra principalmente en evaluar in situ a través de la inspección visual las diferentes patologías que están normalizadas en el método PCI, es por ello que no se requiere de un alto presupuesto, ni de técnicas experimentales para que se determinen las distintas patologías encontradas en el pavimento y que están enmarcadas en el manual PCI, y además solo basta con determinar o encontrar visualmente la patología o falla presente en un determinado

número de losas de un pavimento rígido y con ello determinar la severidad y la frecuencia que se presenta en un determinado tramo del pavimento, con ello se realiza los cálculos pertinentes como los valores deducidos que fueron incluidos en el modelo por la excesiva cantidad de fallas, su respectiva severidad, entre otros, así mismo no hay necesidad de ensayos destructivos lo que le permite a este método ser de fácil aplicación y a bajos costos, permitiendo que los países en vías de desarrollo lo usen con mucha frecuencia en sus distintos pavimentos que tienen en su territorio.

Por otro lado según Vásquez (2002) afirmo que los daños, fallas o patologías que se encuentran presentes en un pavimento rígido está enmarcado principalmente a 19 fallas, de las cuales hace referencia a: **Blowup – Buckling**, estos daños se dan a casusa que no se ha dejado suficiente espacio en la junta transversal para la expansión de la losa en un clima cálido, es por ello que cuando la temperatura supera la del ambiente de instalación, empieza la dilatación o expansión, la cual al no encontrar espacio lo suficientemente necesario se origina este tipo de falla clasificada en el método PCI, otro factor que también puede ocasionar esta falla es la instalación de algunos servicios básicos, internet, etc, además de presentarse esta falla se debe tener en cuenta el nivel de severidad, entre los principales niveles de severidad se tiene los siguientes: baja severidad (L), severidad media (M) y alta severidad (H), así mismo el autor indica que cuando se encuentra en el pavimento rígido una severidad alta y una alta densidad en una determinada área se debe tomar la decisión de cambiar en su totalidad el pavimento, pues es una falla de consideración y en muchos casos dependiendo de la severidad deja inservible al tramo de pavimento o losa estudiada.

Vásquez (2002) afirmo la falla denominada **grieta de esquina**, la cual es un tipo de falla característica en pavimentos rígidos que se presenta principalmente cuando al momento de la instalación del pavimento no se ha previsto las juntas de las losas y se da una grieta a una distancia que no debe ser menor a la mitad de ambas losas que se está estudiando, es por ello que se debe tener en consideración de esta falla explicada en el manual PCI, también se debe tener en cuenta que dicha falla se presenta con la frecuencia y la severidad dependiendo del suelo en donde está ubicado el pavimento, indicando que se presentan distintos niveles de severidad de acuerdo a

la afectación del pavimentos, entre las cuales son: bajo, medio y alto. Además también se debe tener presente las medidas de la losa, para ello se presentan los casos tales como identificar una sola grieta de esquina en una determinada losa, dos fallas en la losa o más de tres patologías en la losa, con lo cual se analiza su severidad, y su densidad y con el ello se determina la afectación al pavimento y dependiendo de la afectación se realiza una intervención del área estudiada, es por ello que para un nivel de severidad H se hace un parcheo profundo.

También Menéndez (2009) afirmo que para la falla de **losa dividida** se da por acción de las malas condiciones de instalación o estudios de suelos no representativos para dicho terreno, cabe indicar que cuando se presenta el caso de que la falla presente en la losa se ha quedado como grietas ocasionadas por la rotura en varios fragmentos de cuatro a más se dice que se tiene un caso de grieta de esquina con una clasificación de severidad alta, y para evaluar este tipo de falla se realiza de acuerdo al nivel de severidad que representan las grietas en su mayoría y además de la cantidad de fragmentos que sean han encontrado en la losa, es por ello que se presentan las situaciones siguientes: L y 4 a 8 pedazos, resulta L; L y 8 ó más resulta M; M y 4 a 8, resulta M; M y 8 ó más resulta H; H y 4 a 8 pedazos resulta M y por último una severidad de H y 8 ó más pedazos en la losa agrietada resulta H. Se debe tener presente que el tipo de falla losa dividida es un tipo de patología que anula a otros tipos de fallas para la contabilización, esto quiere decir que si su severidad es de nivel medio o nivel alto no se debe anotar otro tipo de patología, así mismo para la intervención en el pavimento debe realizarse de acuerdo al nivel de severidad: L, por lo general no se toma ninguna acción, para una severidad M y H, se debe realizar el sellado de las grietas a causa de la losa dividida para ambos casos, respectivamente.

Otra falla también presentada por una losa según Vásquez (2002) afirmo que es la **grieta de durabilidad "D"**, dichas fallas es causada por el clima atípico de ciertos lugares de la construcción del pavimento, es por ello que se debe tener en cuenta los climas extremos como el congelamiento y descongelamiento repentinos de los lugares, es por ello que se produce este tipo de patologías, lo cual se puede identificar visualmente como una fractura gradual y progresiva del concreto del pavimento rígido

a través del tiempo, esto se da cuando el concreto sobrepasa la saturación natural y lleva a la fractura y en muchos casos la destrucción del 100% de la losa estudiada y con ello la inoperatividad del pavimento rígido, para ello se pueden presentar distintos tipos de afectación que se expresan a través de niveles de severidad de las patologías, teniendo el nivel de severidad L, las cuales son identificables si en la losa estudiada las grietas D cubren no más del 15,00% del total de la losa estudiada, y además deben cumplir que las grietas se mantengan cerradas, para los niveles de severidad Medio (M) y Alto (H) pueden removerse con facilidad. La intervención para L, M y H es no hacer nada, parcheo profundo y reemplazo de losa, respectivamente.

Según Orozco (2004) y Varela (2018) afirmaron que patología de un pavimento rígido o la falla llamada escala, se debe a los desniveles que se da en las losas del pavimento, ello se da a la deficiente instalación inicial del pavimento, y además es causa por las diferentes condiciones del suelo que se ha al momento de la instalación, y la afectación que se presenta en la losa es debido a la severidad y la frecuencia o densidad que se presenta dicha falla o en la muestra que se toma para el análisis y también se calcula la diferencia en la elevación de las juntas lo que contribuye a decir que el nivel de severidad es bajo, medio o alto, denotado por L, M y H respectivamente, en donde la elevación de las juntas debe estar en el rango desde 3 mm a más de 19 mm, denotando la agresividad de la patología y en donde se tiene la información necesaria para dar mantenimiento o un cambio total del pavimento rígido, es por ello que para la intervención del pavimento rígido se da de acuerdo al nivel de severidad de la falla, las cuales pueden ser L, M y H, y en esos casos no se hace nada o fresado, fresado para ambos casos respectivamente.

También según Vásquez (2002) afirmo que la patología que se puede encontrar en el pavimento rígido es una falla o daño del sello de la junta, esto se da principalmente por el mal material del sello de junta, esto ocasiona daños de acumulación de sustancias o elementos no deseados en el pavimento rígido, lo cual deteriora progresivamente la transividad del pavimento, daña su infiltración, impide que las losas se expandan por el efecto de la temperatura y las condiciones climáticas, y dependiendo del lugar puede deberse también a la vegetación que se puede presentar

en las juntas debido a la lluvia o desbordes de ríos, entre otros, para evitar este tipo de falla se debe agregar un sellante de junta de buena calidad y un mantenimiento periódico para analizar la operatividad del pavimento rígido, y esta patología afecta al pavimento de acuerdo al nivel de severidad y la frecuencia o densidad de la falla presente en la losa estudiada, es por ello que se tienen 3 niveles de severidad tales como bajo, medio y alto, se representan por L, M y H, respectivamente en los cuales el sellante cumple correctamente su función y presenta daños que no son considerables los cuales pueden ser reemplazados en máximo 2 años, y el sellante requiere reemplazo inmediato, respectivamente. Las medidas de intervención para los niveles de severidad L, M y H son: no se hace nada y resellado de juntas para ambos casos respectivamente.

Otra falla presente en el pavimento según Vásquez (2002) es la patología denominada desnivel de carril o berma, para la cual afirmo que se puede apreciar visualmente cuando se presentan desniveles en el pavimento rígido causado principalmente por el aumento considerable de la infiltración del terreno en donde está ubicado el pavimento rígido, es por ello que esta falla se debe principalmente a las condiciones climatológicas y erosiones del suelo y son bastante peligrosas para el parque automotor que transita por el pavimento, la afectación de dicha patología se mide por el nivel de severidad de la falla y por la cantidad o frecuencia con la que se presenta en una determinada losa, estas fallas presentan 3 niveles de severidad tales como son el bajo, medio y alto y se representan simbólicamente como: L, M y H, respectivamente y para lo cual se tiene desniveles entre la berma y el pavimento se tiene rango que van desde 25 mm hasta más de 102 mm, generando así una condición no apta para la transitabilidad del pavimento rígido, esto además impulsa al mantenimiento e intervención recomendada para los niveles de severidad, L, M y H son de realizar una inmediata renivelación del pavimento y las bermas con el objetivo de tener el mismo nivel o un desnivel no perceptible para el transporte ligero y pesado.

Según Vásquez (2002) también afirmo que la falla de que comúnmente se presenta en los pavimentos rígidos son las grietas lineales, las cuales pueden ser longitudinales, transversales y grietas diagonales, estas fallas se presenta a causa de las gradientes de temperatura, humedad o condiciones adversas que se presentan en el

lugar de instalación del pavimento rígido y que además se produce el alabeo constante, y el hundimiento del terreno por la constante distribución de las cargas imprimidas al pavimento, entre estas fallas se puede encontrar patologías leves que no causan daño al pavimento hasta afectaciones que ocasionan agrietamientos que causan problemas severos a los vehículos de carga, así mismo se identifican 3 niveles de severidad los cuales son severidad baja, media y alta, representados por L, M y H respectivamente, llegando a la intervención de acuerdo a este tipo de severidad y densidad de estas fallas en la losa de estudio, teniendo así que los niveles de la severidad se miden para losas que no presentan esfuerzo y para losas con esfuerzo, y se da de acuerdo al ancho de la grieta. La intervención para L, M y H, se debe realizar, con ello dependiendo del nivel de severidad se interviene el pavimento desde sellados superficiales o refacciones a cambios profundos o reemplazo de la losa respectivamente.

La falla **parche grande (mayor a 0,45 m²)** y acometidas de servicios públicos, según Vásquez (2002), afirmo que es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cut) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular, además también se presentan niveles de severidad L, M y H, El parche está funcionando bien con poco o ningún daño, el parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes y parche está muy dañado o exige reemplazo respectivamente. Para la medida se debe observar si la losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad, la intervención recomendada para L, M y H, no se hace nada, sellado de grietas y reemplazo del parche respectivamente.

También para la falla de **parche pequeño (menor de 0,45 m²)**, según Vásquez (2002), afirmo que, es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno, presenta niveles de severidad L, M y H, en los cuales se presenta el parche está funcionando bien, el parche esta moderadamente

deteriorado y el parche está muy deteriorado respectivamente, para la medida se debe observar la losa que presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, y luego se debe registrar como una losa que tiene ese daño, además si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original. Para las medidas de intervención para niveles de severidad L, M y H, se debe realizar las acciones de no hacer nada, reemplazo del parche para ambos niveles respectivamente.

Según Vásquez (2002), definió a la falla de **pulimento de agregados** como la causada por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas. Los niveles de severidad no está definido para estas falla, sin embargo el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto. La intervención que se realiza de acuerdo al nivel de severidad L, M y H es de ranurado de la superficie y sobrecarpeta en todos los casos.

La falla **popouts**, según Vásquez (2002) es una patología que se caracteriza por el desprendimiento progresivo del pavimento rígido, el cual se puede dar a través de pequeños trozos de algunas partículas que han sido deterioradas por el uso y el cambio de las condiciones del terreno, estos fragmentos presentan tamaños variables respecto a su diámetro teniendo lo más común a diámetros que van desde los 25,00 mm hasta los 102,00 mm y además se complementan con su espesor que se encuentra en un rango que va desde los 13,00 mm hasta valores de 51,00 mm dependiendo del tipo de afectación de la falla, esta afectación al pavimento rígido depende del nivel de severidad la cual no tiene una escala de clasificación por grados, pero es bastante estudiado respecto a la frecuencia o densidad de carga que se presenta en cada losa

estudia, es decir en una losa que se encuentra una falla popouts se encuentra en mejor estado que una losa que presentan en esa misma área 2 o más fallas popouts, con lo cual se decide realizar o no una intervención al pavimento rígido, esta falla es inusual pues cuando se presentan estas fallas sin importar el nivel de severidad no se puede realizar ninguna acción.

Según Vásquez (2002) afirmo que la patología o falla bombeo que se origina principalmente por la deflexión de las losas a causa de la distribución de las cargas de los vehículos de transporte pesado, en lo cual se combina con el agua que se almacena en las juntas y mezclado con los materiales de construcción se origina una erosión del agua y dichas partículas, este tipo de patología se observa y se presenta a través de algunas manchas en la superficie del pavimento rígido, así como también por la presencia de base o presencia de la subrasante a simple vista, las cuales están ubicadas a una distancia mínima de las grietas o juntas que se encuentran en la superficie del pavimento, el nivel de afectación se debe a los niveles de severidad de las losas, las cuales pueden presentar severidad baja, media y alta, cuyas representaciones son L, M y H respectivamente, dependiendo de la severidad presente en el pavimento se pueden realizar acciones de intervención del pavimento, es así como las acciones de operación para los niveles de severidad bajo (L), medio (M) y alto (H) que van desde una simple operación de sellado de juntas, hasta una reestructuración o redistribución de las cargas en el pavimento rígido.

Según Darío y Fuentes (2015) afirmaron que la patología que se presenta en el pavimento rígido es la falla de punzonamiento, la cual se identifica rápidamente debido a que en la losa inspeccionada se puede observar como la losa ha sido dividida en varios fragmentos que a veces generan diferentes formas y tamaños y a su vez el daño que se localiza en la losa o pavimento a veces cambia la forma de las grietas o juntas de grietas, su principal origen es que el pavimento está soportando cargas para el cual no ha sido diseñado o muchas veces la resistencia del concreto utilizado no ha llegado a la resistencia para la cual ha sido dimensionada, el nivel de afectación de esta patología se puede determinar a través del nivel de severidad de las distintas roturas que se da en la losa, es por ello que se dice para esta falla que el nivel de severidad

está relacionado con la severidad de la mayoría de las grietas y el número de pedazos de la muestra, se realiza la medida identificando la cantidad de punzonamiento que presenta la losa y de acuerdo a ello se le asigna una alta o baja severidad respecto al patrón, con ello se llega a las opciones para el mantenimiento del pavimento o las opciones de intervención se debe tener en cuenta el nivel de severidad de acuerdo a L, M y H, en lo cual no es necesario la intervención o modificación del pavimento a lo más se realiza un sellado de las grietas y un parcheo que por lo general de ser un parcheo profundo en ambos casos respectivamente.

Por último según Montejo (2017) afirmo que en el pavimento rígido se presentan otras fallas tales como la patología de cruce de vía férrea, esta falla es causada principalmente por depresiones o abultamiento que se encuentran alrededor o cercanos de los rieles del tren, también se tienen a los desconchamiento, conocido como mapa de grietas o craquelado, comúnmente son grietas que se observan superficialmente, la cual es una interconexión de grietas expuestas superficialmente en el pavimento las cuales se interceptan en ángulos de 120° , además se tiene a las grietas de retracción, las cuales principalmente son grietas capilares pequeñas que no deben ser muy largas respecto a la losa estudiada, se da por lo general por un mal fraguado o curado del concreto en el pavimento rígido, y cuya dimensión no debe extenderse a través del espesor de la losa que recibe la distribución de la carga y por último se tiene al descascaramiento de esquina y descascaramiento de junta, los cuales son causadas principalmente por la mala capacidad de infiltración de los materiales que se utilizaron en la construcción del pavimento rígido, además que es originada por la presencia de vehículos pesados con excesiva carga o esfuerzo para el diseño del pavimento rígido.

Según Armijos (2009), existen **factores que influyen en el óptimo desempeño del pavimento** entre los cuales tenemos a los elementos siguientes: el tráfico, el clima, las condiciones del terreno, la geometría del trayecto, el tipo de esfuerzos a los que será sometido, la frecuencia o repetición de la carga, las condiciones adversas tales como el congelamiento, la distribución del tráfico en el pavimento, las principales secciones en donde se ha realizado cortes y rellenos, las

condiciones del terreno tales como el estudio de suelos, CBR, capacidad portante, compactación del terreno en donde se va a instalar el pavimento rígido, además de otras condiciones tales como, el escarificado y eliminación de materiales superiores al especificado, la durabilidad de los agregados, entre otros factores más.

Según Vásquez (2002), el procedimiento para el cálculo correcto del índice de condición del pavimento o PCI (por sus siglas en inglés), se debe realizar de forma descriptiva y visual, en donde se realizara una inspección in situ del pavimento elegido y el cual ha sido seccionado en tramos y estos a su vez se han dividido en unidades de muestreo denominadas losas del pavimento rígido, además por ser un método visual se aplica una metodología, inicialmente depende de la experticia del investigador para verificar las fallas o patologías del pavimento rígido y luego compararlo con el manual PCI para determinar la severidad de la falla, luego el valor de deducción y por último el índice que determina la condición del pavimento rígido en una determinado pavimento.

En el mismo sentido según Dávila, Huangal & Salazar (2017), realizaron un procedimiento para la evaluación de los pavimentos, que consiste en el la etapa de trabajo de campo directamente en donde se aprecia e identifica la clase, la severidad y extensión de cada falla ubicada en el pavimento rígido y el trabajo en gabinete que consiste en el cálculo de los datos recolectados en campo. El procesamiento consiste en la clase, la severidad, la cual está representada por lo crítico del deterioro que se relaciona con la valoración del método, de lo que tiene una relación directa entre los daños y la intervención del pavimento rígido, que será más significativa en costos de acuerdo al grado de daño del pavimento rígido. De acuerdo al grado de severidad del pavimento es la percibida por el usuario, y con la calidad de transito puede ser bajo (B), las cuales solo presentan algunas vibraciones de los vehículos menores y mayores, para ello no es necesario una reducción brusca de la velocidad, medio (M), la cual requiere disminuir la velocidad para no sentir las incomodidades del pavimento y la alta (A), se requiere la reducción brusca del vehículo por causa de las vibraciones excesivas del vehículo, ocasionada por la falla en el pavimento rígido.

Para ello se utiliza el procesamiento de los datos a través de una división del pavimento rígido para un mejor estudio, la unidad de muestreo consiste en evaluar la vía, para ello se debe tener en cuenta a los tipos de pavimentos, entre los cuales se tiene a las vías pavimentadas con asfalto de una dimensión con un ancho menor a 7,30 m, en este caso se debe proceder a elegir un área de muestreo que debe estar en un rango del pavimento de $230 \pm 93 \text{ m}^2$, esto es de acuerdo a ASTM D 6433, lo cual es suma importancia para el mejor estudio de las condiciones y características que se relaciona con las patologías presentes en el pavimento rígido, flexible o estructurado de los lugares estudiados.

La justificación brinda la importancia que se estudia en un trabajo de investigación, el cual brinda una base sólida, es por ello que según Hernández, Fernández & Baptista (2014) afirman que la toda investigación debe presentar distintas razones fundamentales que motiven al investigador a efectuar un propósito definido con fuertes motivos que justifiquen la realización del trabajo en estudio y así se comprendido de una forma teoría, epistemológica, práctica y metodológica; estos razones y motivos de justificación deben contribuir a la solución de un problema o a la generación de un conocimiento inédito y a veces completamente nuevo que sea conveniente para la solución de un problema, además debe presentar una amplia relevancia social, es por ello de la importancia de la justificación del trabajo.

A nivel científico el presente trabajo de investigación brindara conocimientos solidos sobre la evaluación de pavimentos a través del método PCI, para la comunidad científica y para las empresas que se beneficiaran con el mantenimiento programado de las vías de pavimentos, este trabajo incidirá directamente en la evaluación de las patologías de la vía y su efecto en la optimización de los recursos, todo esto se desarrollará a través de la aplicación de las herramientas de la ingeniería civil y la metodología del método PCI, esta aplicación serán de una forma racional y seguirá rigurosamente el método científico con el único propósito de obtener datos y resultados de calidad que sean válidos y confiables y que sirvan de guía para futuras investigaciones.

A nivel social el presente trabajo de investigación mejorara las condiciones de estudio de patologías del pavimento, y con ello ayudara a la sociedad a tener estudios más detallados y así proponer a la municipalidad a cumplir con los mantenimientos programados que contribuyan a aumentar la vida útil de la vía pavimentada de en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, además de contribuir con las empresas constructoras que les servirá de guía para la evaluación de la citada vía y con ello aumentara su rentabilidad.

Para ello se formuló el siguiente problema expresado en una **pregunta** ¿Cuál es el efecto de evaluar el pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash aplicando el método PCI?.

Para una mejor comprensión se realizó la operacionalización y conceptualización de las variables; teniendo para ello las variables independiente y dependiente:

Variable independiente: Método PCI. Esto se puede observar en la Tabla 1.

Definición conceptual: Según Armijos (2009), definió al Pavement condition index (PCI), como el índice que es de mucha utilidad pues presenta las patologías superficiales que tienen los pavimentos flexibles y de hormigón, además este método es útil para determinar el índice, además se realiza una corrección en el valor de la densidad de un deterioro.

Definición operacional: Se realizara siguiendo cuidadosamente las etapas de recolección de datos, para obtener los parámetros de evaluación, el índice de la condición y por último se analizara la condición del pavimento.

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Método PCI (X)	Según Armijos (2009), definió al Pavement condition index (PCI), como el índice que es de mucha utilidad pues presenta las patologías superficiales que tienen los pavimentos flexibles y de hormigón, además este método es útil para determinar el índice, además se realiza una corrección en el valor de la densidad de un deterioro.	Se realizara siguiendo cuidadosamente las etapas de recolección de datos, para obtener los parámetros de evaluación, el índice de la condición y por último se analizara la condición del pavimento.	Parámetros de evaluación Índice de condición Condición del pavimento rígido	Clase Severidad Extensión Valor deducido Número máximo admisible del valor deducido Máximo valor deducido Índice PCI Clasificación PCI Condición según escala

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto

También se planteó la siguiente **hipótesis** La evaluación del pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash aplicando el método PCI tiene un efecto positivo. Así mismo se cuenta con el siguiente **objetivo general**: Evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash. Teniendo los siguientes **objetivos específicos**: Diagnosticar la situación actual sobre patologías del pavimento rígido en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., Determinar los niveles de severidad y la cantidad de fallas presentes en el pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash. Propuesta de intervención al pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., a través método PCI en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.,

Metodología

Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación lo definió Hernández, Fernández & Baptista (2014), que los datos se cuantifican y se usan con el propósito de probar la hipótesis de investigación, con datos numéricos que describan un comportamiento, dicho lo anterior el presente trabajo de investigación será del tipo **cuantitativo**. El diseño de investigación en el presente trabajo de investigación será **no experimental** del tipo **descriptivo**, además de acuerdo a la recolección de los datos **transversal** pues se describen los fenómenos, las situaciones y algunos eventos, en un solo momento, con el objetivo de detallar sus propiedades o entender su comportamiento. Presentará el siguiente esquema de investigación:



De donde:

M: Es la muestra que está representada por el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

O: Es la observación de los datos que generaran los resultados.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014) afirman que, un diseño de estudio no experimental, no permite la manipulación de las distintas variables que se manejan en el trabajo, y por ello se debe observar de forma convencional los fenómenos que ocurren de forma natural; y definen al corte transversal, pues en este tipo de investigación se recolectaran los datos en un determinado tiempo y lugar, el cual debe ser único. También afirman que el diseño correlacional mide el grado de asociación que se presentan en las variables de estudio, es por ello que el trabajo de investigación tendrá un diseño no experimental, con un enfoque cuantitativo y el método utilizado será hipotético – deductivo.

Población, muestra y muestreo

La población Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), definieron que, es el macro conjunto de las características del objeto de estudio que se va a analizar,

dichos elementos deben ser los que engloban a todas las características similares o comunes. Es por ello que la población del presente trabajo será el **sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.**

La muestra según Tamayo & Tamayo (2006), definieron que es el conjunto de elementos seleccionados luego de excluir e incluir las condiciones deseadas para la investigación y además esto debe ser representativo de la población de estudio, es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra al **Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega.**

Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizó para la recolección de los datos que permitió evaluar las condiciones superficiales del pavimento rígido aplicando el método PCI en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, todo esto se detallara en la tabla 1.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Método PCI	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales
	Diagnóstico	Guía de entrevista	Encargado del pavimento rígido
		Formatos del método PCI	Sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.
Intervención del pavimento rígido	Observación	Formatos del método PCI	Investigador
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales

Nota: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Procesamiento y análisis de la información

Se entiende por procesamiento de la información como la aplicación sistemática de las principales operaciones que son fundamentales aplicar sobre un

conjunto de datos para comprenderlos y analizarlos detalladamente, es por ello que se aplica estos procesamientos para maximización de la información obtenida de datos cuantitativos y cualitativos para el estudio de investigación abordado.

Además para una mejor comprensión de los resultados se utilizó la estadística descriptiva, la cual nos permitió recopilar, procesar la información e interpretarla sistemáticamente en tablas estadísticas básicas para verificar el porcentaje de patologías más incidentes, además para visualizar mejor el comportamiento de las variables se construirán gráficos que describa fácil y rápidamente las características esenciales de dichos datos como: gráficos de barras, diagrama circular e histograma de frecuencias.

Resultados

Diagnóstico de la situación actual sobre patologías del pavimento rígido en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

El diagnóstico sobre las patologías del pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, inició con la ubicación de la vía de estudio, la cual fue el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., los cuales abarcaron el Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega.

De las características geométricas de la vía de estudio, se obtuvo que es un pavimento rígido con una longitud de 1 km lineal de extensión territorial, el cual cubre los cuatro jirones del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy. En la tabla 2 se muestra las características geométricas de la vía del lugar en análisis.

Tabla 3

Características geométricas del sector vial urbano de Shupluy, Ancash

Características	Cantidad
Número de calzadas	1
Número de carriles por calzada	2
Anchura del carril izquierdo	3.85 m
Anchura del carril derecho	3.85 m
Capa Over	0.35 m
Base granular	0.20 m
Losa de pavimento	0.20 m

Nota: Elaboración propia, basado en la memoria descriptiva del expediente técnico.

Luego de realizar la caracterización geométrica de la vía del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, se realizó la caracterización del tránsito de la vía, la cual está situada dentro de la ciudad y por donde se permite el tránsito de vehículos pesados el cual permite el acceso a la carretera central, asimismo, se identificó las zonas laterales en donde se identificó y se clasificó la zona vial como pavimento flexible el cual es utilizada para el tránsito liviano, y para que los móviles ingresen a los diferentes

jirones de la ciudad, a continuación se detallan alguna fallas identificadas mediante la inspección visual.

Tabla 4

Fallas observadas en el pavimento del el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

Falla en el tramo I y II	Observación
Losa agrietada	Fallas observadas en los primeros 200 metros
División de las losas del pavimento	Fallas observadas en algunos tramos del pavimento
Desnivel de los carriles	Fallas encontradas en algunos intervalos del pavimento
Gritas longitudinales	Fallas observadas en gran parte del pavimento
Losa con hoyos	Falla observada en algunos tramos del pavimento
Losa con hoyos pequeños	Falla observada en gran parte del pavimento
Pulimiento de agregados	Falla observada en algunos tramos del pavimento
Retracción	Falla observada en algunos tramos del pavimento
Descascaramiento de esquina	Falla observada en algunos tramos del pavimento
Descascaramiento de juntas	Falla observada en algunos tramos del pavimento

Nota: Elaboración propia, basado en la observación al tramo del pavimento del el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy

De la tabla 3 se aprecia las fallas obtenidas mediante una inspección visual que se realizó al pavimento del el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., en donde se tuvo al sector del Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, en donde se evidencio que el 48% de las fallas que se observaron en el tramo I (Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte), pertenecen a las fallas de la metodología PCI y el 42% de las fallas que se observaron en el tramo II (Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega), también pertenecen a la metodología PCI es por ello que al tener las fallas que se evidencian en el pavimento estudiado se procede a aplicar la metodología propuesta para determinar los indicadores y parámetros para su respectiva evaluación del pavimento.

Determinación de los niveles de severidad y cantidad de las fallas presentes en el pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

De acuerdo al diseño del pavimento rígido y de las mismas condiciones del sector vial a lo largo de todo el tramo estudiado en diagnóstico del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, se evaluó como una sola sección. Al realizar el conteo de losas en ambos sentidos, dio un total de **340** losas, lo que equivale a 17 unidades de muestreo con un área de 20 losas. Para ello se realizó el cálculo del número mínimo de unidades de muestreo, en donde se aplicó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades. ($\sigma = 15$)

Remplazando datos se tiene:

$$N = \frac{\text{Numero de losas de la sección}}{\text{Losas por unidad de muestreo}} = \frac{340}{20} = 17$$

$$n = \frac{17 * 15^2}{\frac{5\%^2}{4} * (17 - 1) + 15^2} = 17$$

Del resultado se evidencia que se deben realizar como mínimo 17 unidades de muestra por kilómetro de pavimento. Luego se procedió a la distribución de las unidades de muestra que serán inspeccionadas durante el tramo del kilómetro de pavimento, para ello se realizó la selección de las unidades de muestreo in situ para su respectiva inspección visual:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

De la expresión anterior se procede a determinar el intervalo de muestreo.

$$i = \frac{35}{18} = 1.94$$

Luego de obtener el intervalo de muestreo, se procede a contabilizar la primera unidad que fue inspeccionada, el cual será la unidad de muestra 1, es decir $s=1$., los mismos cálculos se realizó para los siguientes tramos del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

A continuación se muestra el valor de PCI para cada unidad de muestreo inspeccionada con su respectiva clasificación del tramo:

De acuerdo a las unidades de muestra que fueron inspeccionadas en los tramos del sector vial urbano de Shupluy, Ancash, los cuales fueron tomados del tramo lineal, conformado por un kilómetro de espacio territorial. A continuación, se presenta los resúmenes de los PCI de las secciones de pavimento, obtenido por tramos. En la evaluación superficial del pavimento rígido del sector vial urbano de Shupluy en el kilómetro 1 se obtuvo los siguientes datos que se detallan a continuación.

Tabla 5

Evaluación del método PCI del tramo Jr. Pachacútec y Jr. Alfonso Ugarte del sector vial urbano de Shupluy, Ancash

Tramo: Jr. Pachacútec Jr. Alfonso Ugarte	Progresiva		Número de losas	Resultado PCI
	Punto inicial	Punto final		
1 – 1	0+000	0+060	20	58.9
1 – 2	0+060	0+120	20	59.55
1 – 3	0+120	0+180	20	67.76
1 – 4	0+180	0+240	20	45.3
1 – 5	0+240	0+300	20	58.6
1 – 6	0+300	0+360	20	57.1
1 – 7	0+360	0+420	20	54.3
1 – 8	0+420	0+480	20	40.9
1 – 9	0+480	0+540	20	48.9
1 – 10	0+540	0+600	20	57.2
			PCI promedio	54.851

Nota: Elaboración propia, basado en la evaluación del método PCI

De la Tabla 5, se obtuvo un valor PCI promedio de 54.85, considerando además la escala de clasificación, de acuerdo al Método del PCI, se clasifica como pavimento malo.

Tabla 6

Evaluación del método PCI del tramo Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la vega del sector vial urbano de Shupluy, Ancash

Tramo Jr. Angamos Calle Tramposo Jr. Garcilaso de la Vega	Progresiva		Número de losas	Resultado PCI
	Punto inicial	Punto final		
2 – 1	0+000	0+060	20	57.47
2 – 2	0+060	0+120	20	54.55
2 – 3	0+120	0+180	20	57.7
2 – 4	0+180	0+240	20	60.8
2 – 5	0+240	0+300	20	35.8
2 – 6	0+300	0+360	20	55.7
2 – 7	0+360	0+420	20	54.2
2 – 8	0+420	0+480	20	40.9
2 – 9	0+480	0+540	20	34.95
2 – 10	0+540	0+600	20	57.2
			PCI promedio	50.97

Nota: Elaboración propia, basado en la evaluación del método PCI

De la Tabla 6, se obtuvo un valor PCI promedio de 50.97, considerando además la escala de clasificación, de acuerdo al Método del PCI, se clasifica como pavimento malo.

A continuación se detallan los tipos de fallas encontradas en los tramos de la zona vial, asimismo, se detalla la densidad de los diferentes tipos, los cuales se seleccionaron por progresiva de la vía.

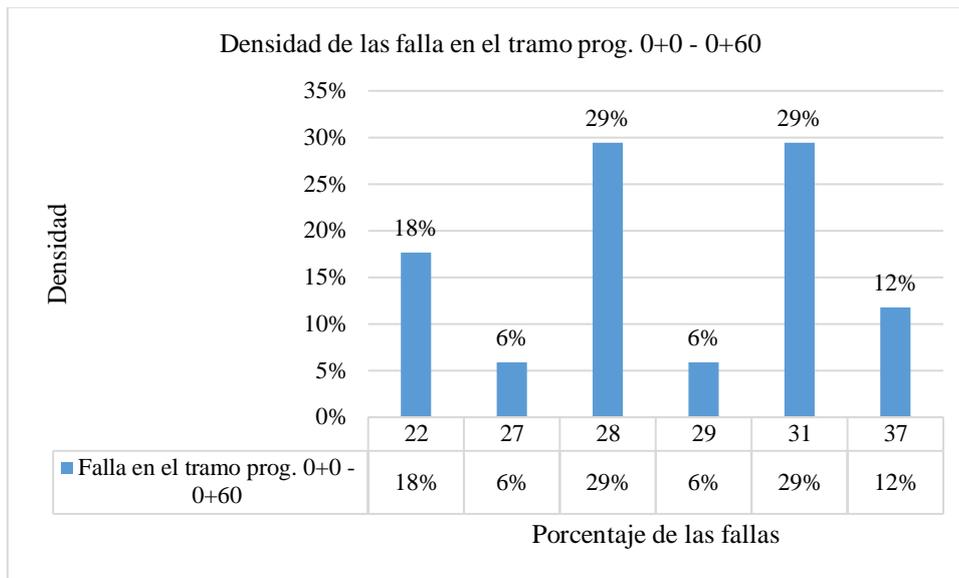


Figura 1. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+00 – 0+60

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 1, se puede observar que en el Tramo 1-2, Progresiva 0+0 al 0+60, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 y 31 (Grieta lineal y Pulimiento de agregado) ocupando el 29% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 22 (Grieta de esquina) ocupando el 18% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 12% la falla 37 (Retracción) y con un densidad de 6% la falla 27 (Desnivel de carril/berma).

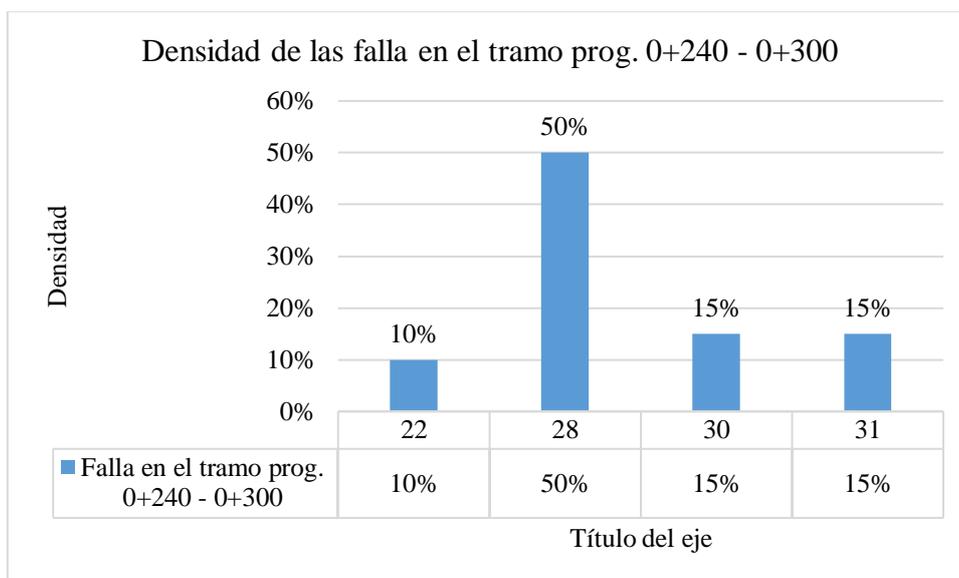


Figura 2. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+240 – 0+300

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 2, se puede observar que en el Tramo 1-2, Progresiva 0+240 al 0+300, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 30 y 31 (Parcheo pequeño y Pulimetro de agregados) con un 15% y a la falla 22 (Grieta de esquina) con un 10%.

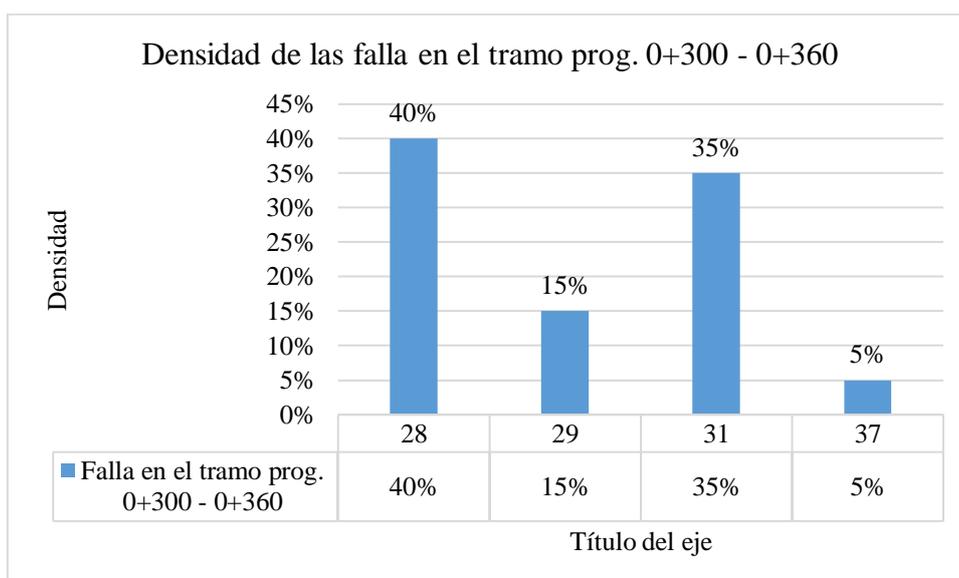


Figura 3. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+300 - 0+360

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 3, se puede observar que en el Tramo 1-2, Progresiva 0+300 al 0+360, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 40% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 31 (Pulimento de agregados) ocupando el 35% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 15% de las losas inspeccionadas, se aprecia a la falla 29 (Parcheo grande) y con un 5% a la falla 37 (Retracción)

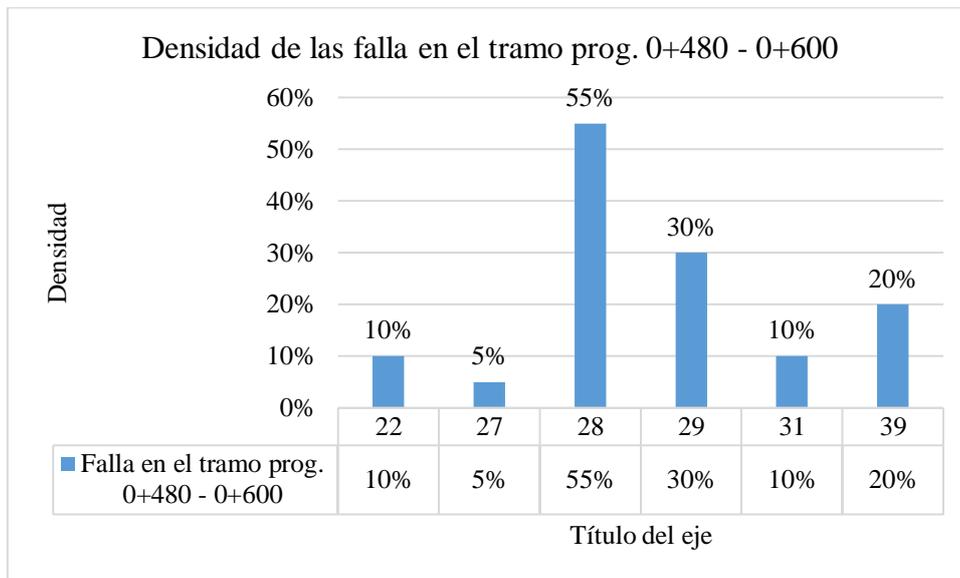


Figura 4. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 0+480 – 0+600

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 4, se puede observar que en el Tramo 1-2, Progresiva 0+480 al 0+600, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 55% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo grande) con 30%, seguido de la falla 39 (descascaramiento de junta) ocupando el 20% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 10% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22 y 31 (Grieta de esquina y pulimento de agregados) y la 27 desnivel de carril con 5%.

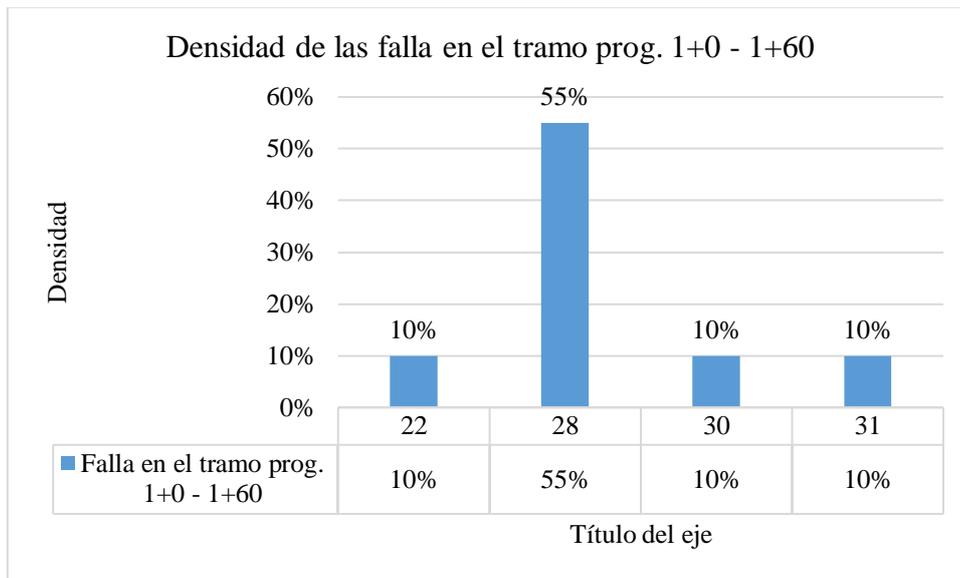


Figura 5. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy 1+0 – 1+60

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 5, se puede observar que en el Tramo 2-2, Progresiva 1+0 al 1+60, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 55% de las losas inspeccionadas, seguida de las fallas 22, 30, 31 (Grieta en esquina, Parcheo pequeño, respectivamente)

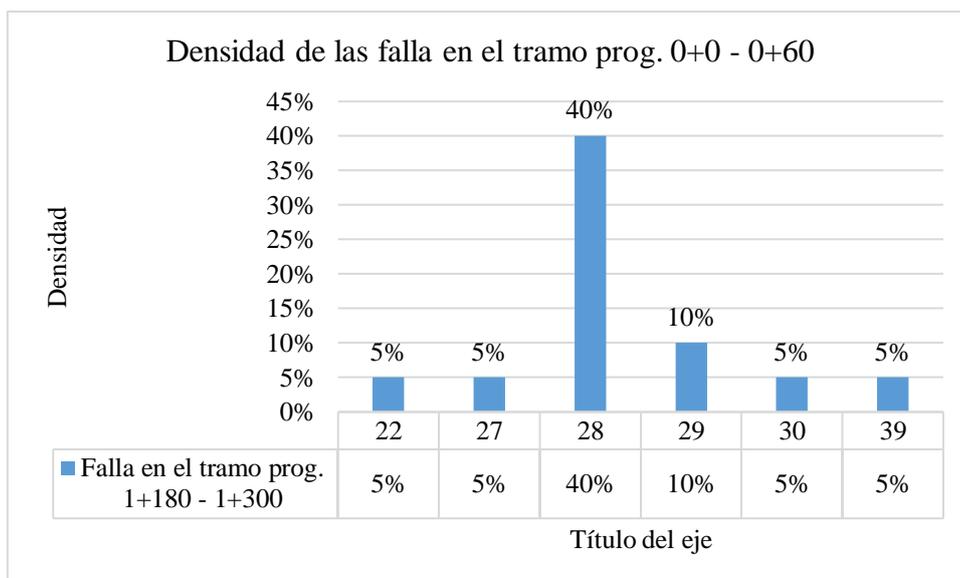


Figura 6. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 0+0 – 0+60

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 6, se puede observar que en el Tramo 2-2, Progresiva 1+180 al 1+300, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 40% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo Grande) ocupando el 10% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 5% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22, 27, 30, 39 (Grieta en esquina, Desnivel de carril, Parcheo pequeño, descascaramiento de junta, respectivamente)

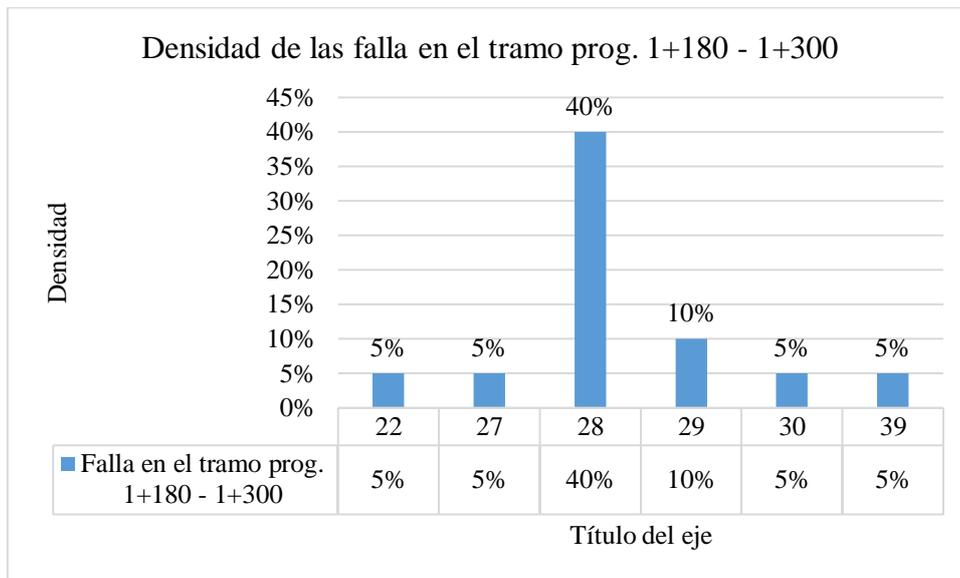


Figura 7. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 1+180 – 1+300

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 7, se puede observar que en el Tramo 2-2, Progresiva 1+180 al 1+300, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 40% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo Grande) ocupando el 10% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 5% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22, 27, 30, 39 (Grieta en esquina, Desnivel de carril, Parcheo pequeño, descascaramiento de junta, respectivamente)

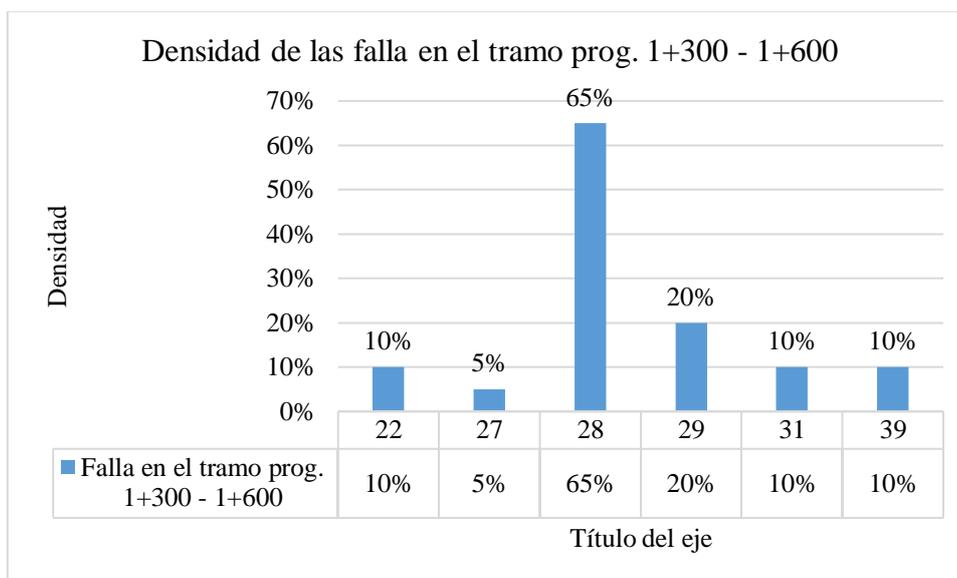


Figura 8. Densidad de las fallas del tramo del sector vial urbano de Shupluy tramo II 1+300 – 1+600

Nota: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 8, se puede observar que en el Tramo 2-2, Progresiva 1+300 al 1+600, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 65% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo Grande) ocupando el 20% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 10% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22, 31, 39 (Grieta en esquina, Desnivel de carril, Parcheo pequeño, descascaramiento de junta, respectivamente) y con una densidad de 5% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 27, 30 (Grieta en esquina, Parcheo pequeño, respectivamente).

Propuesta de intervención al pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., a través método PCI en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.

De la aplicación de la metodología PCI al pavimento del el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash., los cuales fueron el sector del Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, se consideró que a partir de la evaluación que se realizó a dichos tramos, los cuales fueron realizados a base de la inspección superficial mediante la metodología del PCI para pavimentos rígidos, se aprecia que el 68% del pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad

de Shupluy, Ancash, en la actualidad se encuentra en estados críticos, debido a que al evaluar de acuerdo a la metodología aplicada se evidencia fallas constantes por cada tramo del sector vial del pavimento, correspondiéndole de acuerdo al método realizar una rehabilitación alta, la cual va a consistir en desarrollar mejoramientos estructurales de dicho pavimento.

De acuerdo a las indagaciones realizadas para analizar la causa principal, se pudo corroborar que estas fallas obedecían a asentamientos a nivel de subrasante los cuales eran desarrollados de una forma ligera en muchas ocasiones por el tiempo de la ejecución del proyecto, una forma de poder recuperar su capacidad estructural del pavimento sería el hincado de micro pilotes en todo el pavimento del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash, para lo cual es necesario efectuar las coordinaciones con el Gobierno Regional de Ancash, entidad contratante de la obra, a fin de profundizar con estudios geotécnicos requiriendo permisos especiales, por cuanto en la actualidad la obra se encuentra judicializada

Análisis y discusión

En la actualidad existen metodologías que permiten evaluar estructuras de obras civiles en donde se tiene a las edificaciones, puentes, muelles, estructuras hidráulicas, etc., es allí donde se tiene a la metodología PCI, el cual es una herramienta que se enfoca en la evaluación de las fallas que existen en un pavimento rígido, tal es así que al tener la necesidad de **Evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en el sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, Ancash.**, el cual evidencio que los tramos estudiados obtuvieron un valor PCI promedio de 54.85 y 50.97, considerando además la escala de clasificación, de acuerdo al Método del PCI, se clasifica como pavimento malo, así mismo se tuvo las fallas de mayor frecuencia en las losas estudiadas fueron de la clasificación 28 y 29 (Grieta lineal y Parcheo grande), allí se tiene al investigador Baque (2020), el cual tuvo resultados similares debido a que el autor realizo el diagnóstico de las causas que inciden negativamente en las condiciones de la operatividad de la mencionada carretera, en donde se tuvo resultados del PCI de las losas de estudio con un puntaje regular con un puntaje de 49 para el pavimento rígido, además determino 12 tipos diferentes de fallas en las 26 analizadas. De lo cual llego a la conclusión que entro de las principales patologías que deterioran el pavimento son desprendimiento de agregados, piel de cocodrilo, agregados pulidos, grietas de bloque y otras fallas con un porcentaje de 78,28%, 4,51%, 4,11%, 3,96% y 9,14% respectivamente y por ello se necesita realizar un mantenimiento.

De la aplicación de la metodología del PCI, se obtuvo que los rangos están dentro del intervalo de 40-55%, el cual tuvo una clasificación de malo, asimismo, las fallas tenían una frecuencia a la del tipo 28 (Grieta lineal), allí se tiene a Mendoza (2019), el cual tuvo resultados similares en donde identifico 14 diferentes tipos de fallas, en las que destacaron el pulimiento de superficie, descascaramiento de juntas, grietas longitudinales, grietas de retracción y otros tipos de patologías con una probabilidad de incidencia de 29,18%, 21,87%, 9,99%, 9,49% y 29,47% respectivamente, con lo cual llego a la conclusión que el índice PCI presenta una calificación de bueno con una ponderación de 67,91 y a pesar de ello se debe realizar un mantenimiento programado para el pavimento de la Avenida La Paz. Así también se tuvo a Salazar (2019), en su

trabajo de investigación utilizó el método PCI, en donde utilizo 75 unidades de muestreo, entre los resultados obtuvo que las fallas que más frecuencia presentan y que inciden en el estado del pavimento flexible de la Avenida Independencia, la calificación del pavimento es regular, con un promedio de PCI 49,09%, para el mejoramiento de la vía se necesita un presupuesto aproximado de S/. 176,076.41, llegando a la conclusión que las principales fallas que presenta el pavimento flexible tiene incidencia con severidad baja y media, lo cual sirve para el mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Independencia, Cajamarca.

Conclusiones

1. Del diagnóstico superficial que se realizó al sector vial sobre patologías del pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad de Shupluy, los cuales abarcaron el Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, se obtuvo que las fallas presentes en la vía del pavimento, fueron la Losa agrietada, División de las losas del pavimento, Desnivel de los carriles, Gritas longitudinales, Losa con hoyos pequeños, Pulimiento de agregados, Retracción, Descascaramiento de esquina y Descascaramiento de juntas, en donde se obtuvo a la grieta lineal como la falla de mayor frecuencia en todo el tramo del sector vial urbano del pavimento.
2. La aplicación de método PCI brindo una escala promedio de 54.851 para el tramo del Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, y una escala promedio de 50.97 para el tramo Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, lo que se clasifica como un pavimento malo.
3. Las fallas de mayor frecuencia para el tramo del Jr. Pachacútec, Jr. Alfonso Ugarte, evidencia que el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 55% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo grande) con 30%, seguido de la falla 39 (descascaramiento de junta) ocupando el 20% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 10% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22 y 31 (Grieta de esquina y pulimiento de agregados) y la 27 desnivel de carril con 5%.
4. Las fallas de mayor frecuencia para el tramo Jr. Angamos, Calle Tramposo y Jr. Garcilaso de la Vega, evidencia que el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 (Grieta lineal) ocupando el 65% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 29 (Parcheo Grande) ocupando el 10% de las losas inspeccionadas. Con una densidad de 5% de las losas inspeccionadas, se aprecia cada una de las fallas 22, 27, 30, 39 (Grieta en esquina, Desnivel de carril, Parcheo pequeño, descascaramiento de junta, respectivamente).

Recomendaciones

1. Implementar el servicio de mantenimiento rutinario o periódico y la señalización en todas las calles del cercado del distrito de Independencia, para así poder prolongar la vida útil de la estructura.
2. Realizar formas geométricas regulares con ángulos rectos y bordes perpendiculares a la superficie, empleando disco diamantado, y reponerlos con materiales de las mismas características que el pavimento original, para la rehabilitación o instalación de servicios públicos futuros la rotura parcial de pavimentos.
3. Realizar investigaciones similares en periodos de 4 años posteriores al presente, para identificar el estado de deterioro superficial que se presentan en las estructuras en el tiempo.
4. Evaluar el estado vial del pavimento, teniendo en cuenta el tiempo o antigüedad de construcción de las estructuras, las dimensiones de los paños, inclemencias del tiempo (temperatura, humedad, precipitaciones pluviales) y tráfico o uso
5. Realizar el análisis económico para la propuesta de evaluación de la metodología PCI en el pavimento rígido del sector al cual se dirige la investigación.

Referencias bibliográficas

- Armijos, C. (2009). *Evaluación Superficial de Algunas Calles de la Ciudad de Loja*.
- ASTM D 6433-03. (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Pensilvania
- Baque, B. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí*. *Dominio de las Ciencias, 2020* (Artículo Científico), vol. 6, no 2, p. 203-228. Recuperado de <https://cutt.ly/ixlCUfB>
- Darío, W. & Fuentes, L. (2015). *Evaluación de pavimentos flexibles*. (2da edición), España: EAE.
- Dávila, D., Huangal, N. & Salazar, W. (2017). *Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía Canal de la Avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016* (Tesis de Maestría) Universidad Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5855>
- Espinoza, D. & Liñan, M. (2018). *Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en el Jirón Augusto B. Leguía, Distrito Independencia, Huaraz, 2018*. (Tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo. Huaraz, Perú. Recuperado de <https://cutt.ly/dxICMjC>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.
- MEF. (2015). *Pautas Metodológicas para el desarrollo de alternativas en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública en carreteras*. Lima: Servicios Gráficos JMD S.R.L
- Mendoza, A. (2019). *Evaluación del estado del pavimento rígido mediante la metodología del PCI de la avenida La Paz.*, (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3656>

- Menéndez, J. (2009). *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación*. Lima, Perú: ICG.
- MTC. (2014). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura*. Lima.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.
- Montejo, A. (2017). *Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño*. (3era edición). Tomo I. Colombia: UCC.
- Morales, J. (2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando Sobre capas de refuerzo*. (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú .Recuperado de <https://cutt.ly/HxIV12W>
- Orozco, J. (2004). *Pavement evaluation system. Version 2.0. Mexico: Secretary of Communications and Transportation*, Mexican Institute of Transportation.
- Rodriguez, Y. (2017). *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash,, Diciembre 2015* (Tesis de pregrado) Universidad Católica los Ángeles Chimbote. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://cutt.ly/exIVDO6>
- Salazar, C. (2019). *Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el método PCI contrastado con la guía PMBOK en la Avenida Independencia, Cajamarca 2017*. (Tesis de pregrado) Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://cutt.ly/pxIVBw1>
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras*. Recuperado de <http://www.camineros.com> > docs > cam036
- Vásquez M. (2016). *Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en la propiedad autolimpiable del concreto f'c= 210 kg/cm2*. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de: <https://cutt.ly/NxIV5Nn>

Vásquez, A. (2018). *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) y VIZIR..* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://cutt.ly/lxIBhbt>

Varela, A. (2018). *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) y VIZIR..* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://cutt.ly/lxINiyq>

Agradecimientos

A Dios por las bendiciones que ha derramado hacia mi familia y a la USP, Por todas las veces que me acogió en sus aulas como estudiante y ahora como profesional.

A mis padres y compañeros quienes me apoyaron permanentemente para seguir adelante en todo momento, mis más sinceros agradecimientos.

Yofre Darwin Bernuy Mendoza.

Anexos y apéndice

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

Tabla A1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Método PCI (X)	Según Armijos (2009), definió al pavement condition index (PCI), como el índice que es de mucha utilidad pues presenta las patologías superficiales que tienen los pavimentos flexibles y de hormigón, además este método es útil para determinar el índice, además se realiza una corrección en el valor de la densidad de un deterioro.	Se realizara siguiendo cuidadosamente las etapas de recolección de datos, para obtener los parámetros de evaluación, el índice de la condición y por último se analizara la condición del pavimento.	Parámetros de evaluación Índice de condición Condición del pavimento rígido	Clase Severidad Extensión Valor deducido Número máximo admisible del valor deducido Máximo valor deducido Índice PCI Clasificación PCI Condición según escala

Nota: Elaboración propia, basado en el método del proyecto

Anexo 2. Curvas de valores deducidos para pavimentos rígidos, según el método PCI

Tabla A 1. Valores deducidos para la falla Blow up/Buckling

21. Blow up / Buckling. Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.00	0.00	3.00	15.00
5.00	4.40	9.60	37.30
10.00	8.30	17.50	58.40
15.00	12.00	25.40	65.80
20.00	15.15	32.40	71.60
25.00	19.00	40.60	76.70
30.00	22.40	47.20	80.70
35.00	25.80	52.80	84.40
40.00	29.10	57.60	87.80
45.00	32.40	61.90	90.90
50.00	34.90	65.80	93.80
55.00	36.20	69.20	97.00
60.00	37.30	72.50	100.00
65.00	38.40	74.80	
70.00	39.40	76.30	
75.00	40.30	77.60	
80.00	41.20	79.00	
85.00	42.00	80.10	
90.00	42.70	81.20	
95.00	43.50	82.20	
100.00	44.20	83.20	

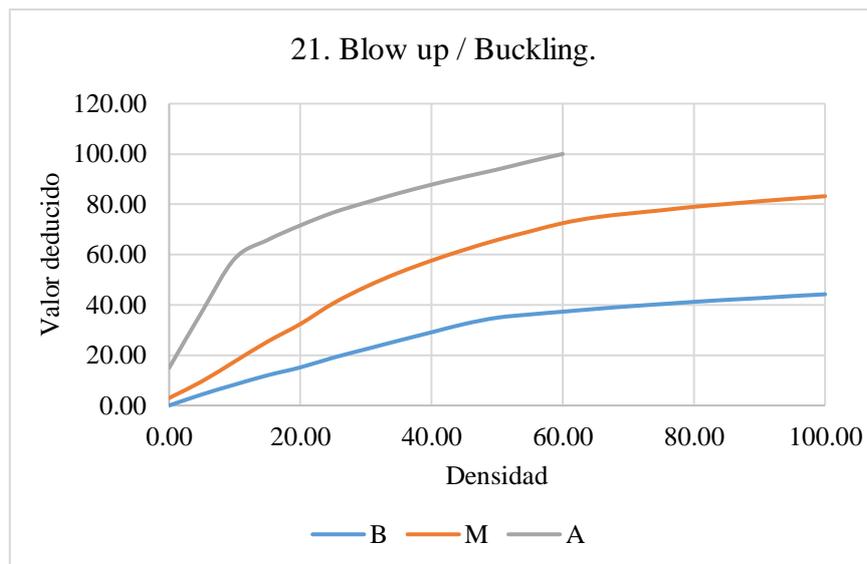


Figura A 1. Curva de los valores deducidos para pavimentos de concreto Blow up/Buckling

Tabla A 2. Valores deducidos para la falla grieta de esquina

22. Grieta de esquina:	Valor Deducido		
Densidad	B	M	A
-	-	-	-
5	3.5	7.2	12.1
10	8.7	14.5	23.4
15	12.6	21.7	34
20	16.4	28.7	41.5
25	20.2	34.4	47.3
30	23.8	39.2	52.1
35	27.4	43.1	56.1
40	31	46.6	60
45	34.5	49.6	64
50	37.5	52.3	67.3
55	39.7	53.8	69.3
60	41.2	55.3	70.9
65	42.6	56.6	72.4
70	43.9	57.8	73.8
75	45.1	58.9	75
80	46.2	60	76.2
85	47.3	61	77.3
90	48.3	61.9	78.3
95	49.2	62.8	79.3
100	50.1	63.7	80.3

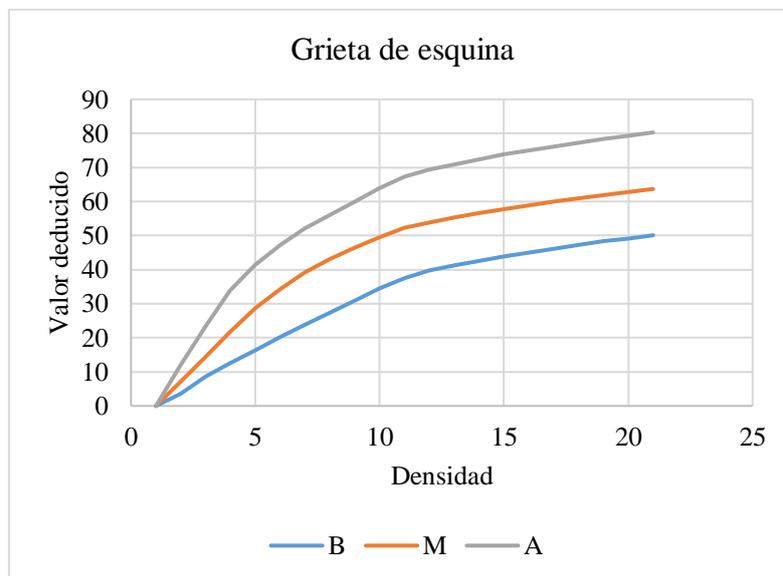


Figura A 2. Curva de los valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de esquina

Tabla A 3. Valores deducidos para la falla losa dividida

23. losa dividida:	Valor Deducido		
Densidad	B	M	A
-	-	-	-
5	5.1	10.7	17
10	9.8	21.5	32
15	14.2	28.2	42.7
20	18.6	33.3	50.3
25	22.9	37.9	56.2
30	27.1	42.2	61
35	31	46.1	65.1
40	34.5	49.9	68.6
45	36.6	53.4	71.8
50	38.5	56.8	74
55	40.2	59.8	76.3
60	41.7	62	78.4
65	43.1	64	80.3
70	44.5	65.8	82.1
75	45.7	67.5	83.7
80	46.8	69.1	85.3
85	47.9	70.5	86.8
90	48.9	71.9	88.1
95	49.9	73.3	89.4
100	50.8	74.5	90.7

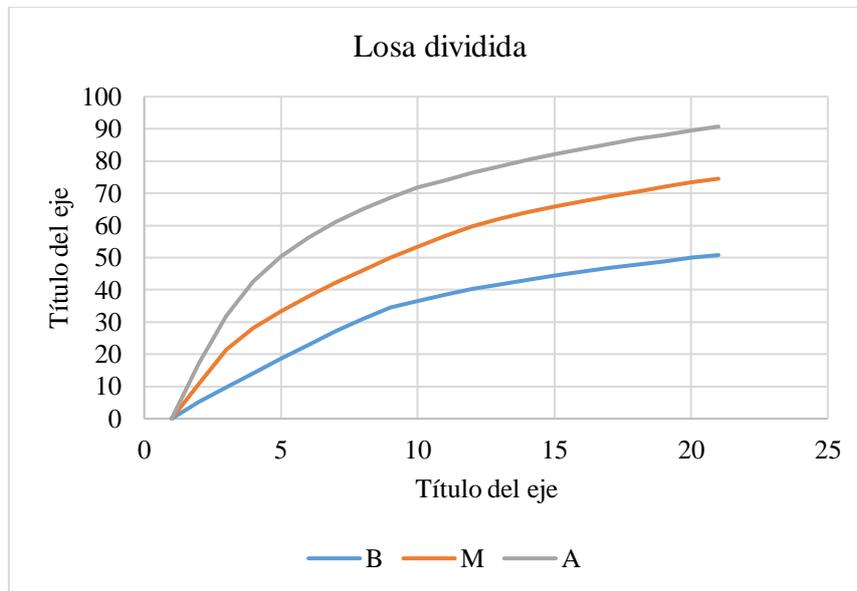


Figura A 3. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Losa dividida

Tabla A 4. Valores deducidos para la falla Grieta de ductilado "D"

24. Grieta de ductilado "D"	Valor Deducido			
	Densidad	B	M	A
-	-	-	-	-
5	2	5	11.7	
10	3.6	10	23.4	
15	5.2	14.5	32.8	
20	6.7	19	39.4	
25	8.3	22.4	44.5	
30	9.9	25.2	48.7	
35	11.5	27.6	52.3	
40	13.2	29.6	55.3	
45	14.7	31.4	58.1	
50	15.7	33	60.4	
55	16.6	34.5	61.7	
60	17.5	35.8	62.9	
65	18.3	37.1	64	
70	19	38.2	65	
75	19.7	39.2	65.9	
80	20.3	40.2	66.8	
85	20.9	41.2	67.6	
90	21.4	42	68.4	
95	22	42.9	69.2	
100	22.5	43.7	69.9	

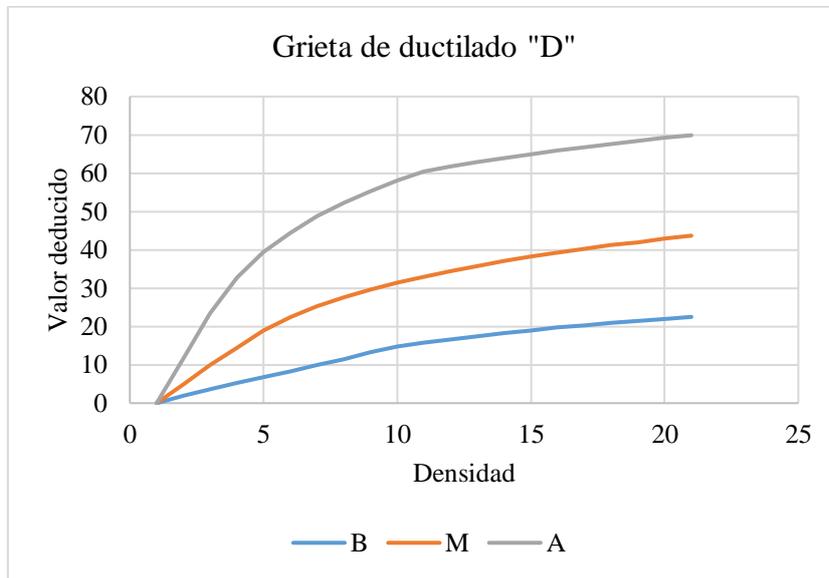


Figura A 4. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Grieta de ductilado "D".

Tabla A 5. Valores deducidos para la falla Escala

25. Escala:	Valor Deducido		
Densidad	B	M	A
-	-	-	-
5	1.5	3.9	7.7
10	3.3	8	15.4
15	5	12	23
20	7.5	16	29.7
25	10.9	20.1	35.3
30	13.7	24.1	40.7
35	16.1	28.1	46
40	18.1	32.2	51
45	19.9	36.2	56.4
50	21.6	39.9	61
55	23	42.4	64.9
60	24	44.1	67.7
65	24.9	45.7	70.3
70	25.8	47.2	72.7
75	26.7	48.6	74.9
80	27.4	49.9	77
85	28.2	51.1	78.9
90	28.9	52.2	80.8

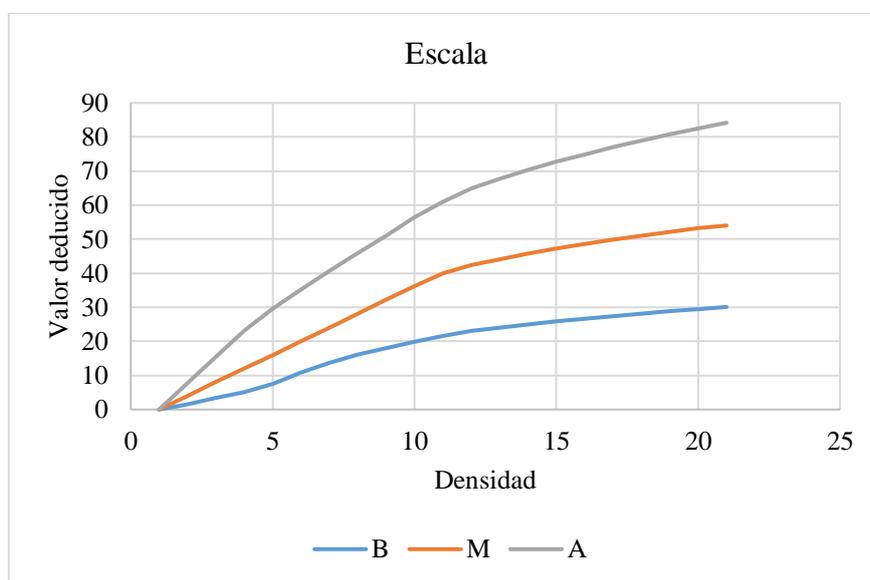


Figura A 5. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Escala

Tabla A 6. Valores deducidos para la falla Sello de junta

26. Sello de junta	Cantidad
Bajo	2 Puntos.
Medio	4 Puntos.
Alto	8 Puntos.

Tabla A 7. Valores deducidos para la falla Desnivel carril/berma

27. Desnivel carril/berma	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5	0.8	2.6	4.1
10	1.3	4.6	7.6
15	1.6	6.4	10.9
20	2	8.4	14.1
25	2.3	10	17.2
30	2.6	11.3	19.5
35	2.8	12.4	21.8
40	3.1	13.3	23.2
45	3.3	14.1	24.3
50	3.5	14.9	25.4
55	3.8	15.6	26.4
60	4	16.2	27.3
65	4.2	16.8	28.1
70	4.4	17.3	28.8
75	4.6	17.8	29.5
80	4.8	18.2	30.2
85	5	18.7	30.8
90	5.2	19.1	31.4
95	5.3	19.4	31.9
100	5.5	19.8	32.5

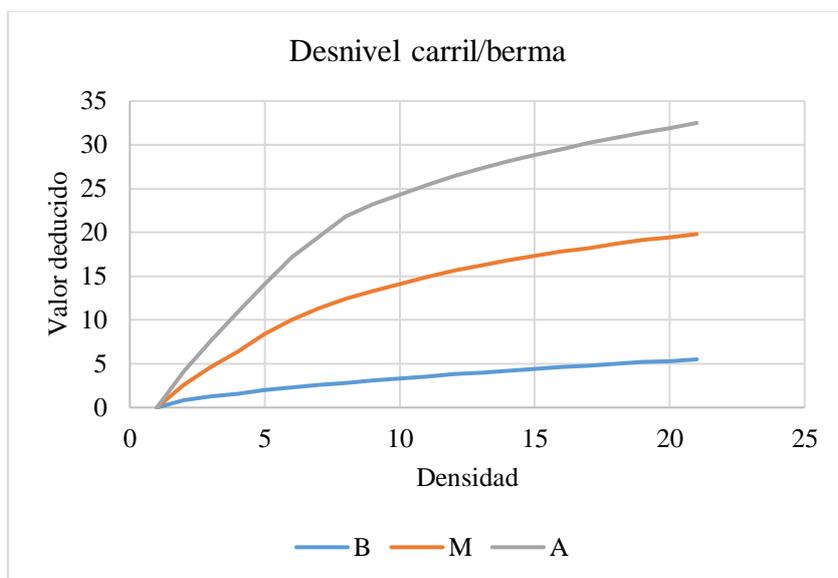


Figura A 6. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Desnivel carril/berma

Tabla A 8. Valores deducidos para la falla Grieta lineal

28. Grieta lineal Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5	3.2	4	9.6
10	5.9	7.8	19.2
15	8.3	11.5	24.2
20	10.6	14.4	28.3
25	12.8	17.6	31.6
30	14.9	20.2	34.7
35	16.2	22.4	37.6
40	17.2	24.3	40.3
45	18.1	26	42.8
50	18.9	27.5	45.2
55	19.6	28.8	47.5
60	20.3	30.1	49.7
65	20.9	31.2	51.8
70	21.4	32.3	53.9
75	22	33.3	55.8
80	22.4	34.2	57.7
85	22.9	35.1	59.6
90	23.3	35.9	61.4
95	23.7	36.7	63.1
100	24.1	37.4	64.8

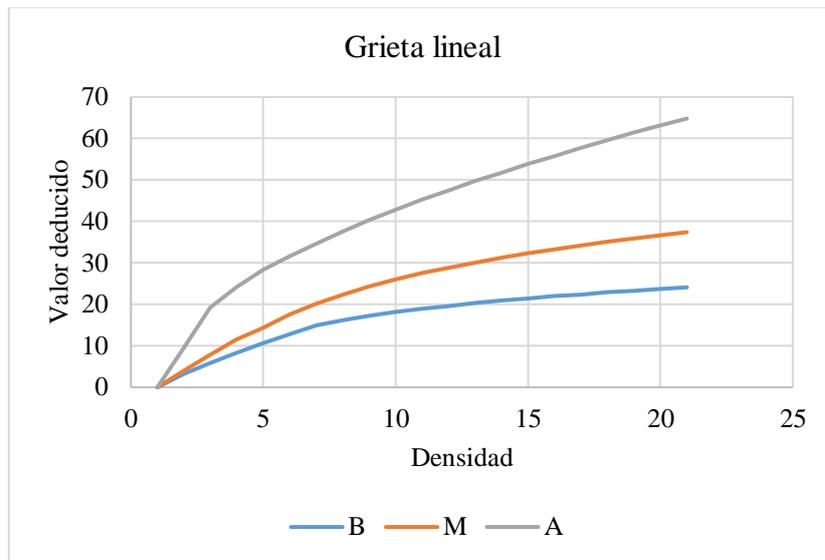


Figura A 7. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Grieta lineal

Tabla A 9. Valores deducidos para la falla Parche grande

29. Parche grande Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5	1.1	2.9	8
10	2.7	5.8	15.7
15	4.3	8.8	23.2
20	6.3	11.7	29.5
25	9.4	16.9	34.6
30	11.9	21.1	39.4
35	14	24.7	43.5
40	15.8	27.8	47
45	17.5	30.5	50.1
50	18.9	33	52.9
55	20.2	35.2	55.4
60	21.4	37.2	57.7
65	22.5	39	59.8
70	23.5	40.7	61.8
75	24.5	42.3	63.6
80	25.4	43.8	65.3
85	26.2	45.2	66.9
90	27	46.6	68.5
95	27.7	47.8	69.9
100	28.4	49	71.2

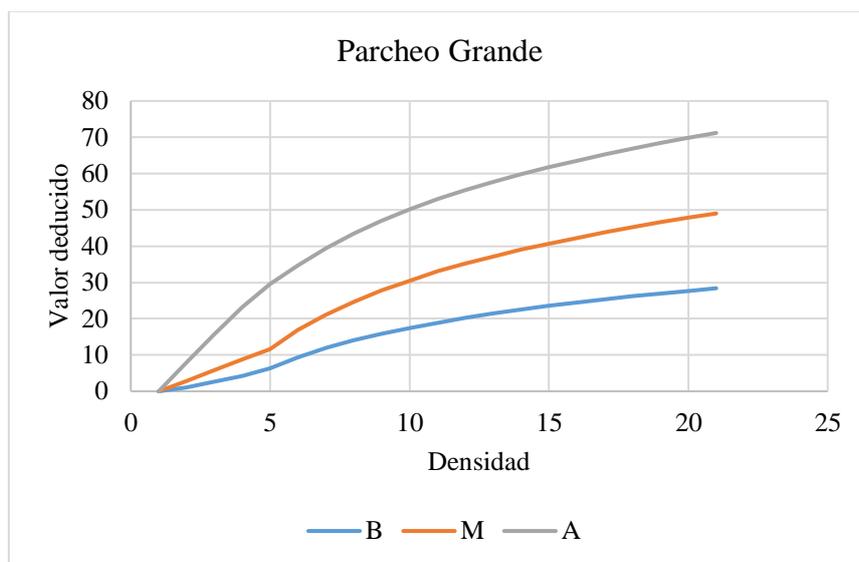


Figura A 8. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Parcheo grande

Tabla A 10. Valores deducidos para la falla Parche pequeño

30. Parcheo pequeño Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5	-	0.9	2.2
10	-	1.7	4.2
15	0.6	2.6	6.3
20	1.1	3	8.4
25	1.5	5	10.5
30	1.8	6.6	12.9
35	2	8	14.5
40	2.2	9.2	15.9
45	2.4	10.2	17.1
50	2.6	11.2	18.2
55	2.7	12	19.2
60	2.9	12.9	20.1
65	3	13.5	21
70	3.1	14.4	21.7
75	3.3	14.4	22.4
80	3.4	14.5	23.1
85	3.5	14.6	23.7
90	3.6	14.7	24.3
95	3.6	14.8	24.9
100	3.7	14.8	25.4

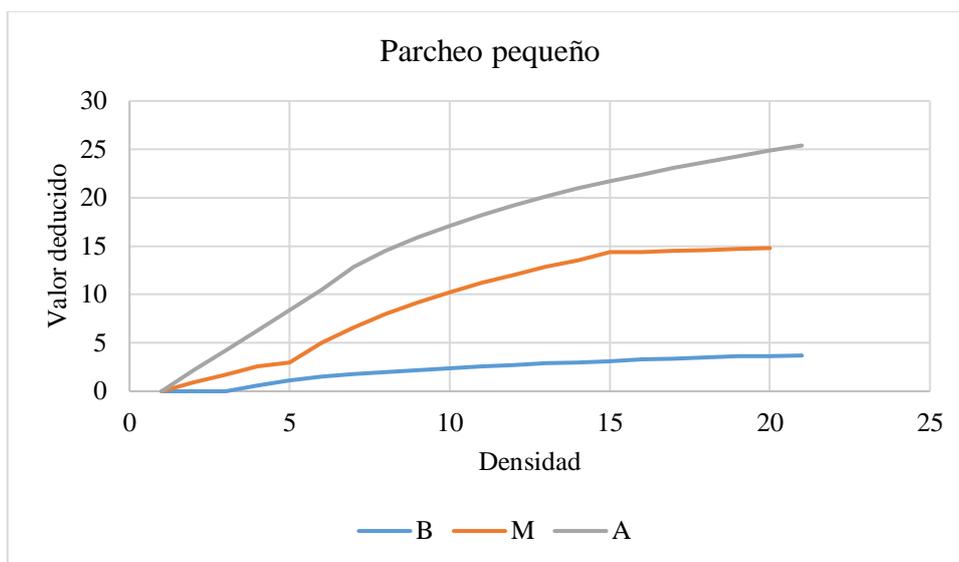


Figura A 9. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Parche pequeño

Tabla A 11. Valores deducidos para la falla Pulimetro de agregado

31. Pulimento de agregado	Valor deducido
Densidad	B M A
-	-
5	0.8
10	1.3
15	2.8
20	3.8
25	4.6
30	5.3
35	5.9
40	6.4
45	6.8
50	7.2
55	7.5
60	7.8
65	8.1
70	8.4
75	8.6
80	8.9
85	9.1
90	9.3
95	9.5
100	9.7

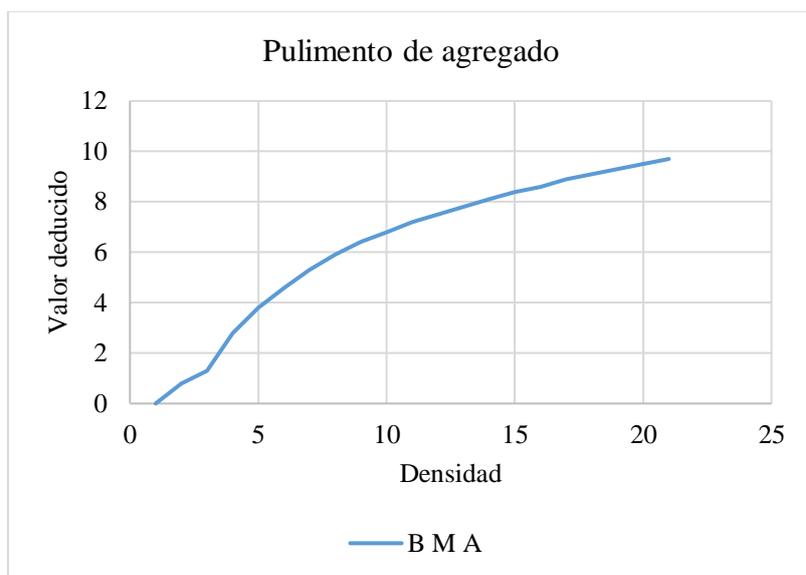


Figura A 10. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Pulimento de agregado

Tabla A 12. Valores deducidos para la falla Popouts

32. Popouts	Valor deducido
Densidad	B M A
-	-
5	0.7
10	1.5
15	2.3
20	3.2
25	4
30	4.8
35	5.7
40	6.7
45	8
50	9.1
55	10.1
60	11.1
65	11.9
70	12.7
75	13.4
80	13.9
85	14.1
90	14.3
95	14.4
100	14.6

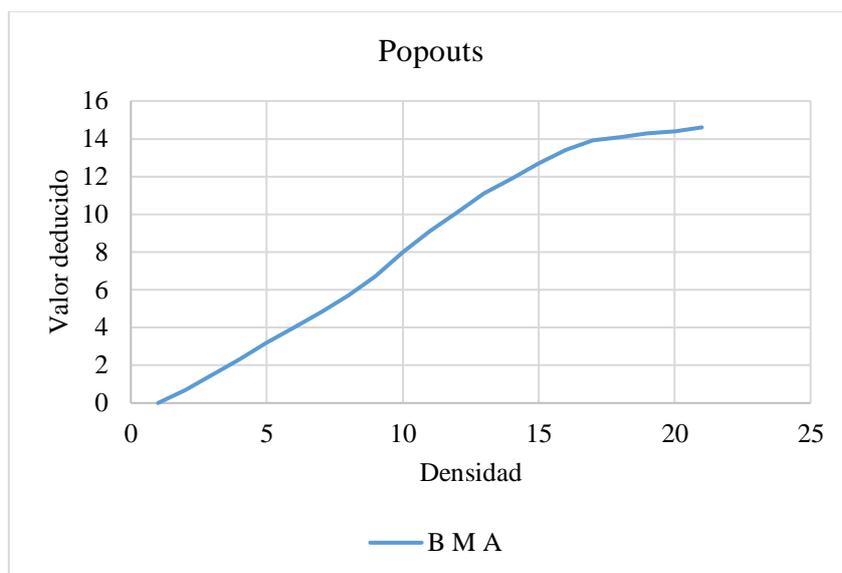


Figura A 11. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Popouts

Tabla A 13. Valores deducidos para la falla Bombeo

Valor deducido	33. Bombeo
Densidad	BM A
-	-
5	3.6
10	6.7
15	9.5
20	12.2
25	14.9
30	17.4
35	19.9
40	22.5
45	24.3
50	26.1
55	27.6
60	29.4
65	30.9
70	32.5
75	34
80	34.9
85	35.7
90	36.5
95	37.2
100	38

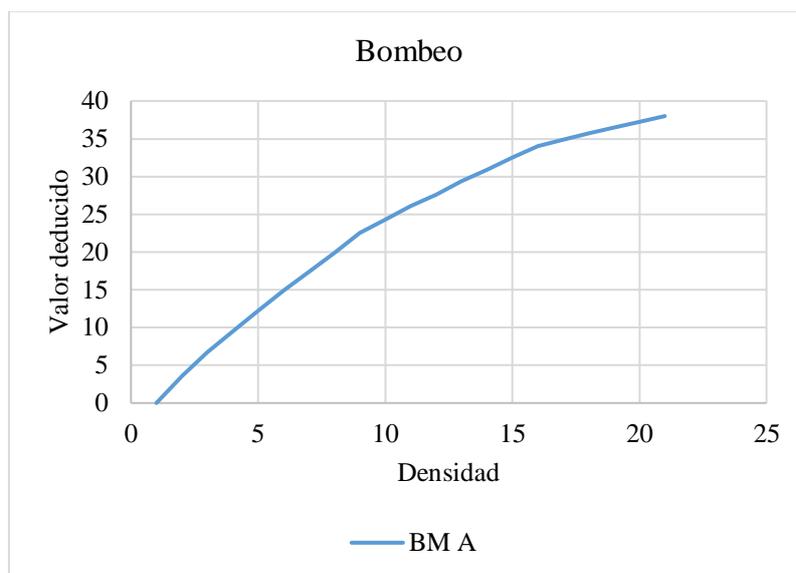


Figura A 12. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Bombeo

Tabla A 14. Valores deducidos para la falla Punzonamiento

34. Punzonamiento	Valor Deducido		
	Densidad.	B	M
-	-	-	-
5	7.3	11.6	15.6
10	14.5	22.9	31.8
15	21.6	32.3	41.9
20	27.3	39	49.1
25	31.9	44.2	54.6
30	35.6	48.4	59.2
35	38.8	52	63
40	41.5	55.1	66.3
45	43.9	57.8	69.3
50	46.1	60.3	71.9
55	48.1	62.5	74.3
60	49.8	64.5	76.4
65	51.5	66.4	78.4
70	52.7	68	80.3
75	53.3	68.9	82
80	53.6	69.4	83.4
85	53.9	69.9	84.3
90	54.2	70.3	85.1
95	54.5	70.8	86
100	54.8	71.2	86.8

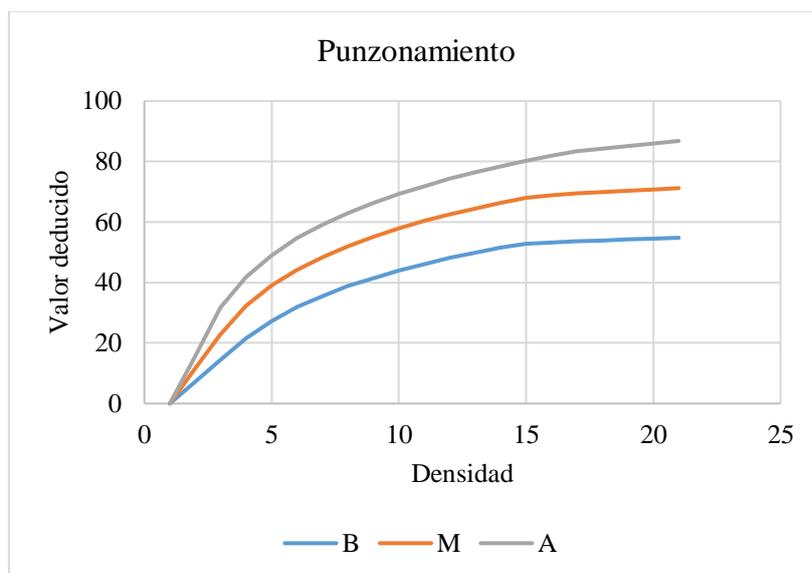


Figura A 13. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Punzonamiento

Tabla A 15. Valores deducidos para la falla Cruce de vía férrea

35. Cruce de vía férrea Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0	0	0	0
5	4.7	9.1	29
10	8.6	17.6	54.3
15	13.2	24.6	63.5
20	16.5	29.5	70
25	19	33.4	75.1
30	21.1	36.5	79.3
35	22.9	39.2	82.8
40	24.4	41.5	85.8
45	25.7	43.5	88.5
50	26.9	45.4	90.9
55	28	47	93
60	29	48.5	95
65	-	-	-
70	-	-	-
75	-	-	-
80	-	-	-
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-
100	-	-	-

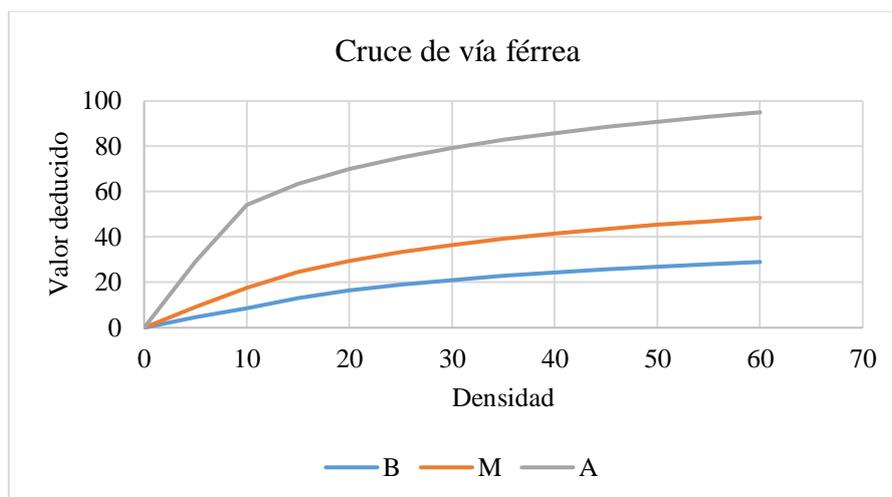


Figura A 14. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Cruce de vía férrea

Tabla A 16. Valores deducidos para la falla Desconchamiento

36. Desconchamiento	Valor Deducido		
Densidad	B	M	A
-	-	-	-
5	1.2	4.2	9.3
10	2.1	8	17.3
15	3.8	11.9	24.2
20	5	14.6	29.1
25	5.9	16.7	33
30	6.7	18.5	36.1
35	7.3	20	38.7
40	7.9	21.2	41
45	8.3	22.4	43
50	8.8	23.4	44.8
55	9.2	24.3	47
60	9.5	25.1	49.2
65	9.9	25.9	51.2
70	10.2	26.6	53.2
75	10.5	27.3	55.2
80	10.7	27.9	57.3
85	11	28.5	59.3
90	11.2	29	61.3
95	11.4	29.5	63.3
100	11.7	30	65.3

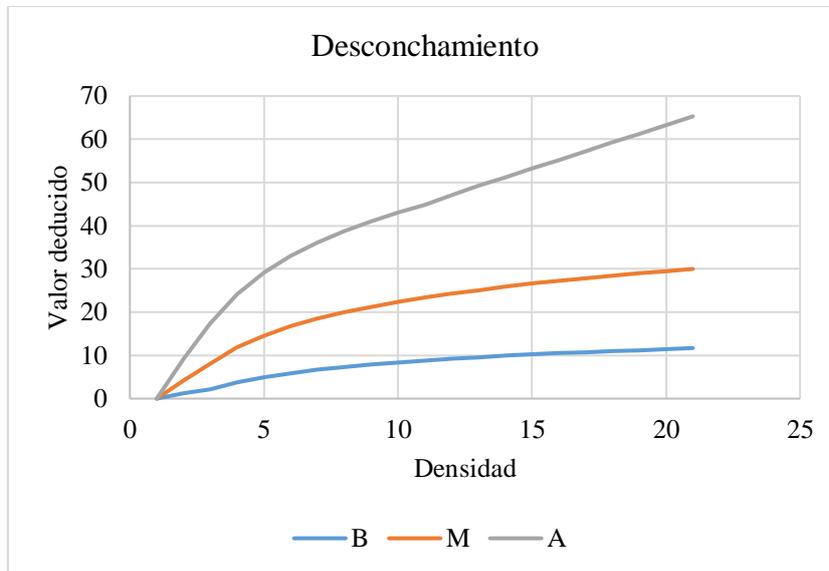


Figura A 15. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Desconchamiento

Tabla A 17. Valores deducidos para la falla Retracción

37. Retracción	Valor Deducido
Densidad	B M A
-	-
5	-
10	-
15	-
20	-
25	0.5
30	1
35	1.4
40	1.8
45	2.1
50	2.4
55	2.6
60	2.9
65	3.1
70	3.3
75	3.5
80	3.6
85	3.8
90	4
95	4.1
100	4.3

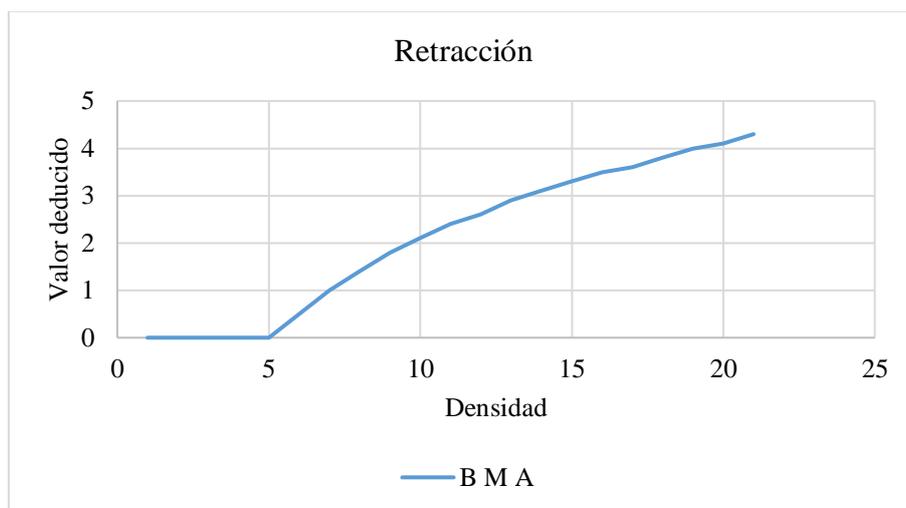


Figura A 16. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Retracción

Tabla A 18. Valores deducidos para la falla Descascaramiento de esquina

38. Descascaramiento de esquina	Valor Deducido			
	Densidad	B	M	A
-	-	-	-	-
5	0.5	1.6	3.3	
10	1.3	3.1	7	
15	2	4.7	10.1	
20	2.7	5.9	13.2	
25	4.4	8.3	15.7	
30	5.8	10.2	17.7	
35	6.9	11.9	19.3	
40	8	13.3	20.8	
45	8.9	14.5	22.1	
50	9.7	15.6	23.2	
55	10.4	16.7	24.3	
60	11.1	17.6	25.2	
65	11.7	18.4	26.1	
70	12.2	19.2	26.9	
75	12.8	19.9	27.6	
80	13.3	20.6	28.3	
85	13.7	21.3	29	
90	14.2	21.9	29.6	
95	14.6	22.4	30.2	
100	15	23	30.8	

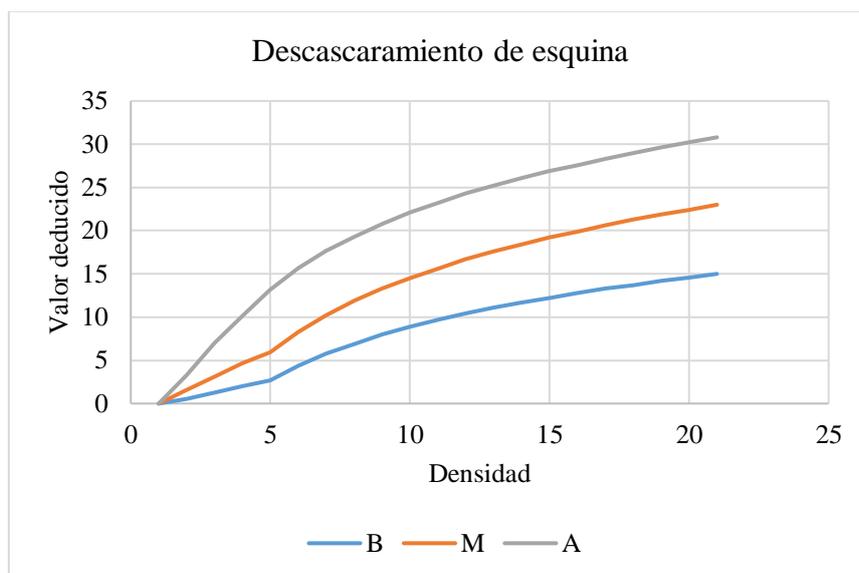


Figura A 17. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Descascaramiento de esquina

Tabla A 19. Valores deducidos para la falla Descascaramiento de junta

39. Descascaramiento de junta	Valor Deducido		
	Densidad	B	M
-	-	-	-
5	1.4	2	7
10	2.4	4	13.4
15	3.2	6.1	19.7
20	4.2	8.3	24.2
25	5.4	10.8	28.5
30	6.5	12.8	31.9
35	7.63	14.5	34.9
40	8.1	16	37.4
45	8.8	17.3	39.7
50	9.4	18.4	41.7
55	9.9	19.5	43.5
60	10.4	20.4	45.2
65	10.9	21.3	46.7
70	11.3	22.1	48.1
75	11.7	22.9	49.4
80	12.1	23.6	50.6
85	12.4	24.2	51.8
90	12.7	24.9	52.9
95	13	25.5	53.9
100	13.3	26	54.9

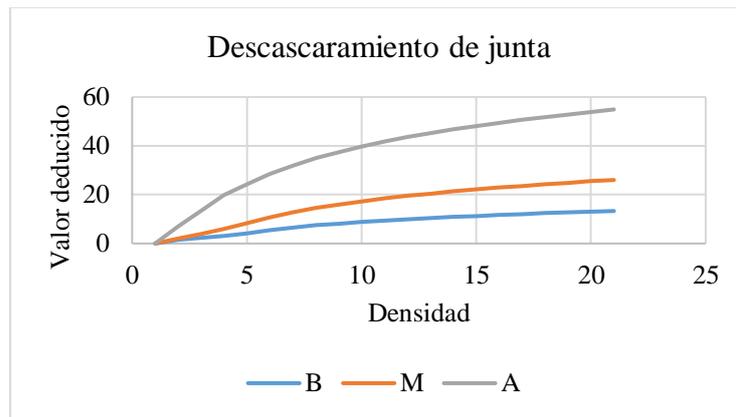


Figura A 18. Curva de Valores deducidos para pavimentos de concreto con falla Descascaramiento de junta.

Tabla A 20. Valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto

Tabla de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto Total de valores deducidos	Valor deducido corregido					
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q6	Q9
0	0					
10	10					
11	11	8				
16	16	12.4	8			
20	20	16	11			
27	27	21.9	15.9	14		
30	30	24.5	18	16		
35	35	28.5	21.7	19.2	15	
40	40	32	25.4	22.5	18	
50	50	39.5	32	29	24	
57	57	44	36.9	33.4	28.2	24
60	60	46	38.5	35.2	30	25
70	70	52.5	45	41	36	30
80	80	58.5	51.4	47	41.5	35
90	90	64.5	57.4	52.5	47	39.5
100	100	70	63	58	52	44
110		75.5	68.5	63	57	49
120		81	74	67.8	62	53.5
130		86	78.9	72.5	66.5	58
140		90.5	84	77	71	62.5
150		95	88.4	81.5	75	67
160		99.5	93	85.5	79	71
161		100	93.4	86	79.4	71.4
170			97	89.6	83	75
177			100	92.6	85.1	77.8
180				94	86	79
190				98	90	82.5
195				99.5	91.5	84.3
200				100	93	86

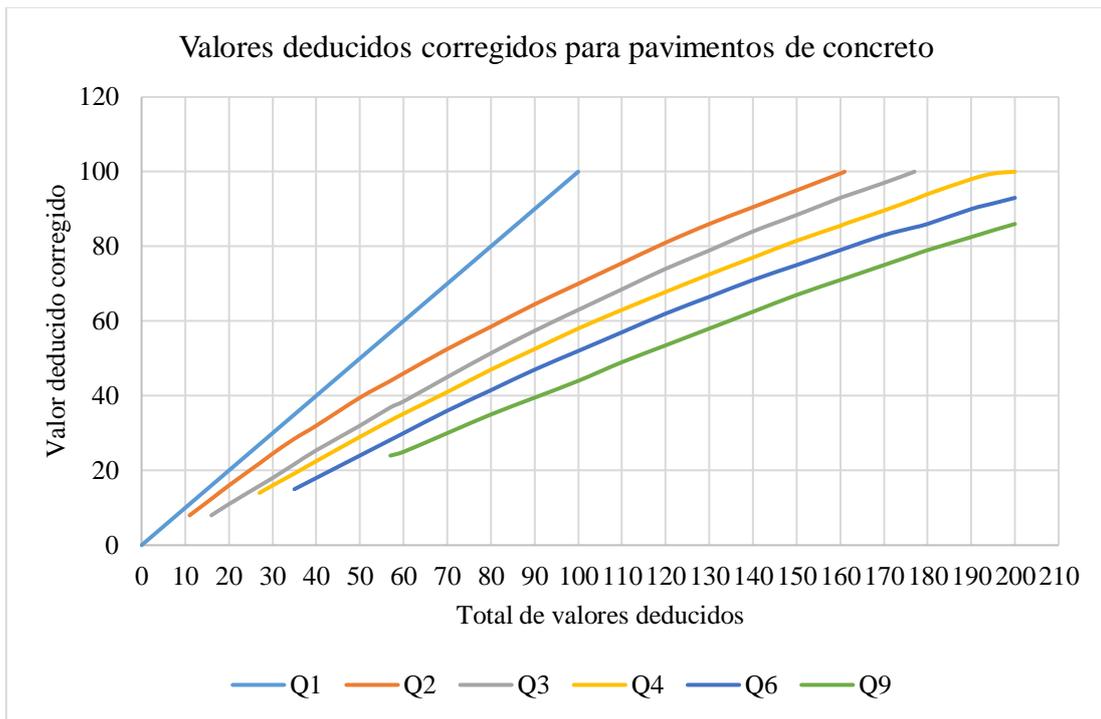
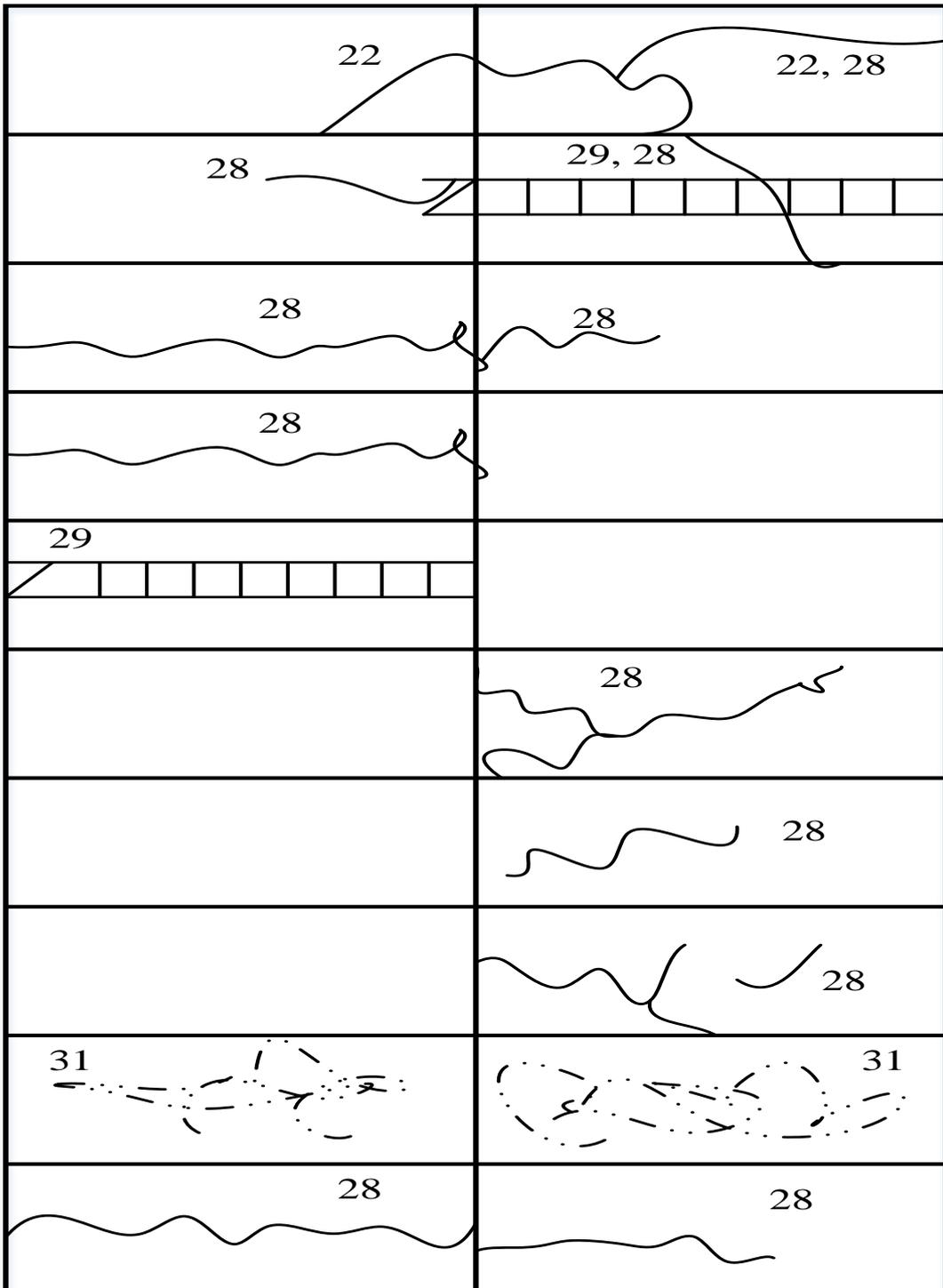


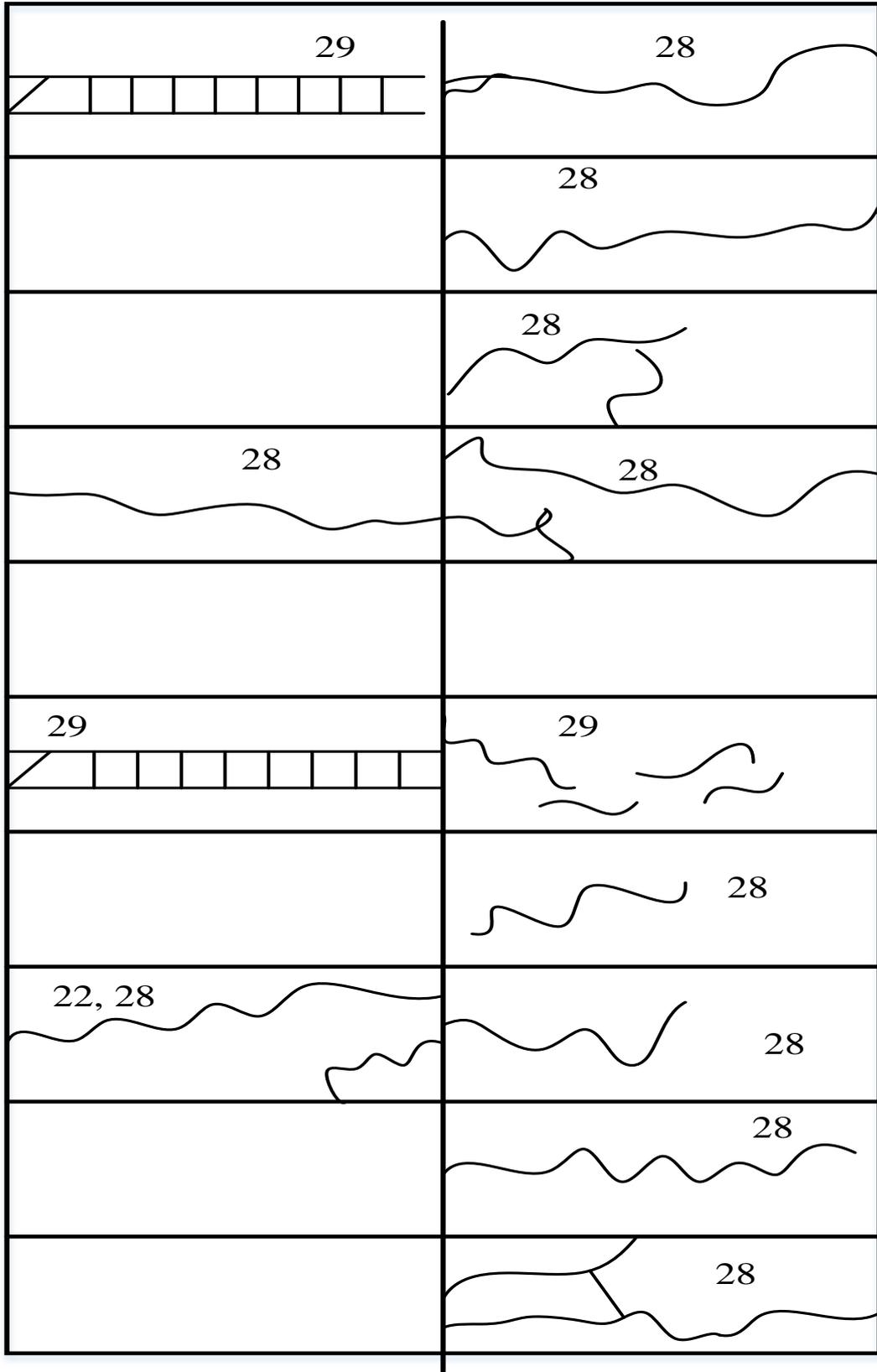
Figura A 19. Valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto

TRAMO I.

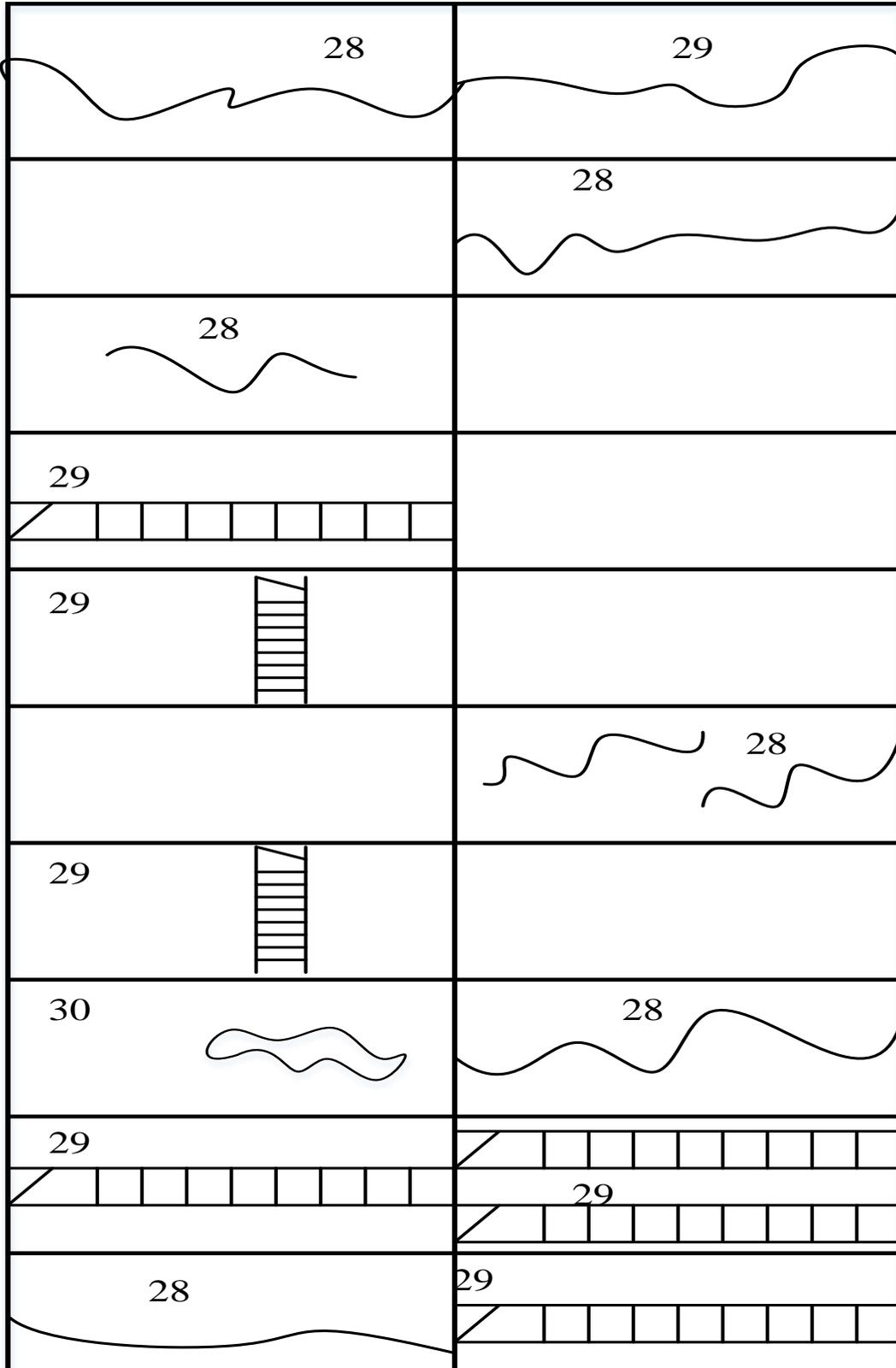
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+00, Progresiva final: 0+60



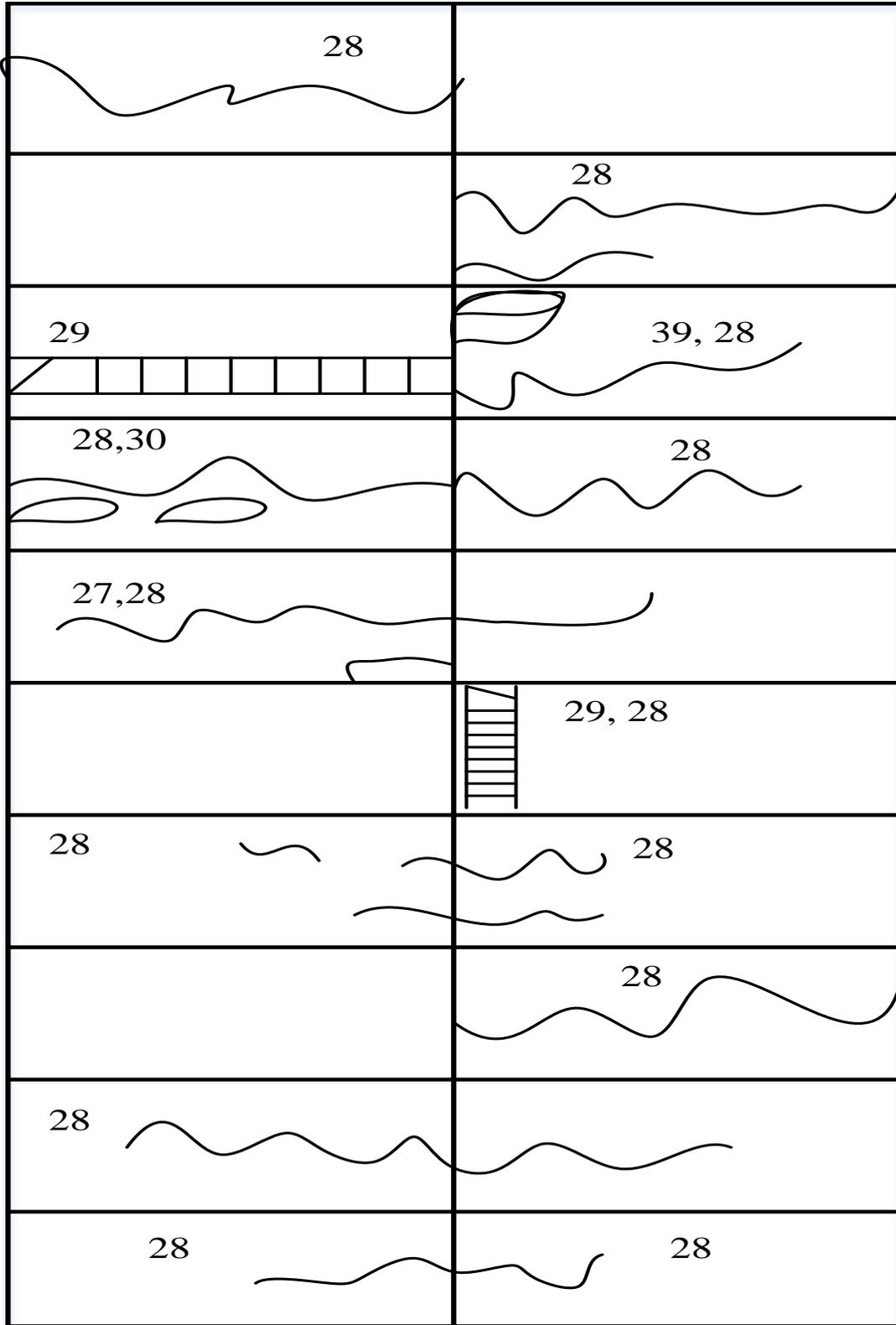
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+60, Progresiva final: 0+120

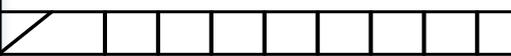
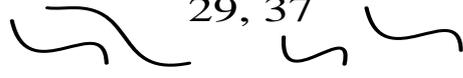


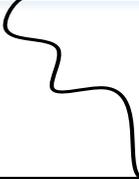
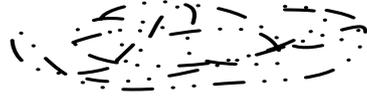
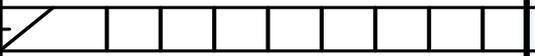
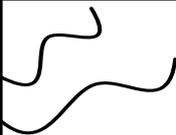
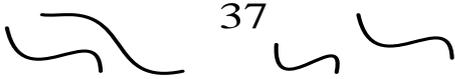
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+120, Progresiva final: 0+180

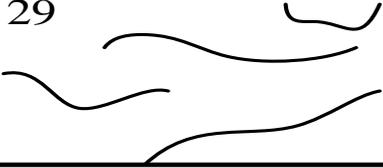
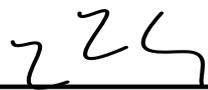
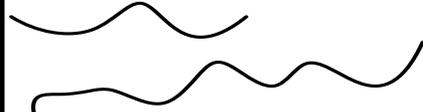
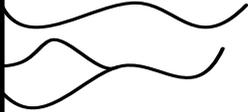
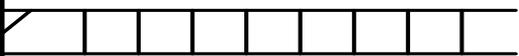
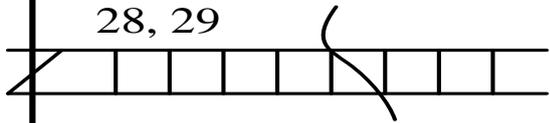
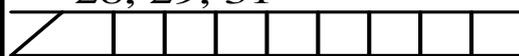


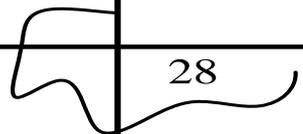
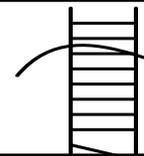
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+180, Progresiva final: 0+240



 37	 37
28 	28 
29 	39 
27,28,31 	27,31 
27,31 	31 
31 	31 
31 	
 28,39	 29, 37
	
28, 29 	29 
28 	28, 31 

28		
31		28,31 
31		29,31 
31		31 
29		29 
31		
		
		37 
28		28 
28		28 

29 	28 
27 	
31 	
27,28,31 	28 
	28 
31 	31 
28 	
28 	28, 29 
	28, 29 
28 	28, 29, 31 

		28
27		
27		28
31		28, 31
28		27
29		28
28		28, 29
		
		28, 29, 31



EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO EL MÉTODO PCI EN EL SECTOR VIAL URBANO DE LA CIUDAD DE SHUPLUY, ANCASH-2020

Evaluado por: Yofre Darwin Bernuy Mendoza	Fecha: Julio 2020
--	----------------------

Progresiva inicial:0+420	Tramo:	1-2
Progresiva final:0+480	Número de losas:	20

Tipos de fallas	0+480	
21. Blow up/Buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de durabilidad "D". 25. Escala. 26. Sello de junta. 27. Desnivel Carril / Berma. 28. Grieta lineal. 29. Parcheo (grande). 30. Parcheo (pequeño)	31. Pulimento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento. 35. Cruce de vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta	

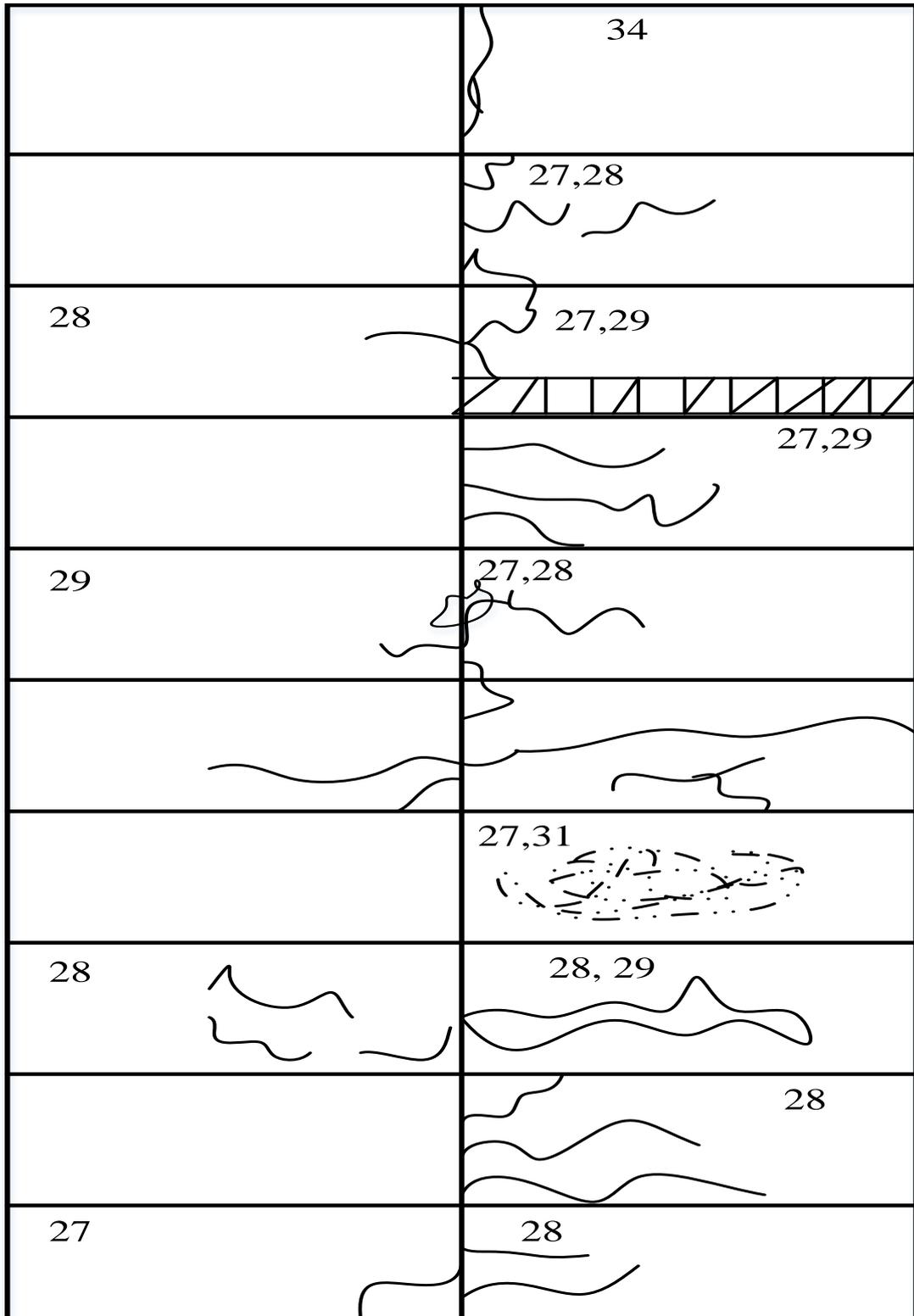
N° de falla	Severidad	N° de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
22	M	2	10	14.5
27	M	1	5	2.6
28	A	13	65	51.8
29	M	4	20	11.7
31	M	2	10	1.3
		HVD	51.8	
		m	5.43	

0+420

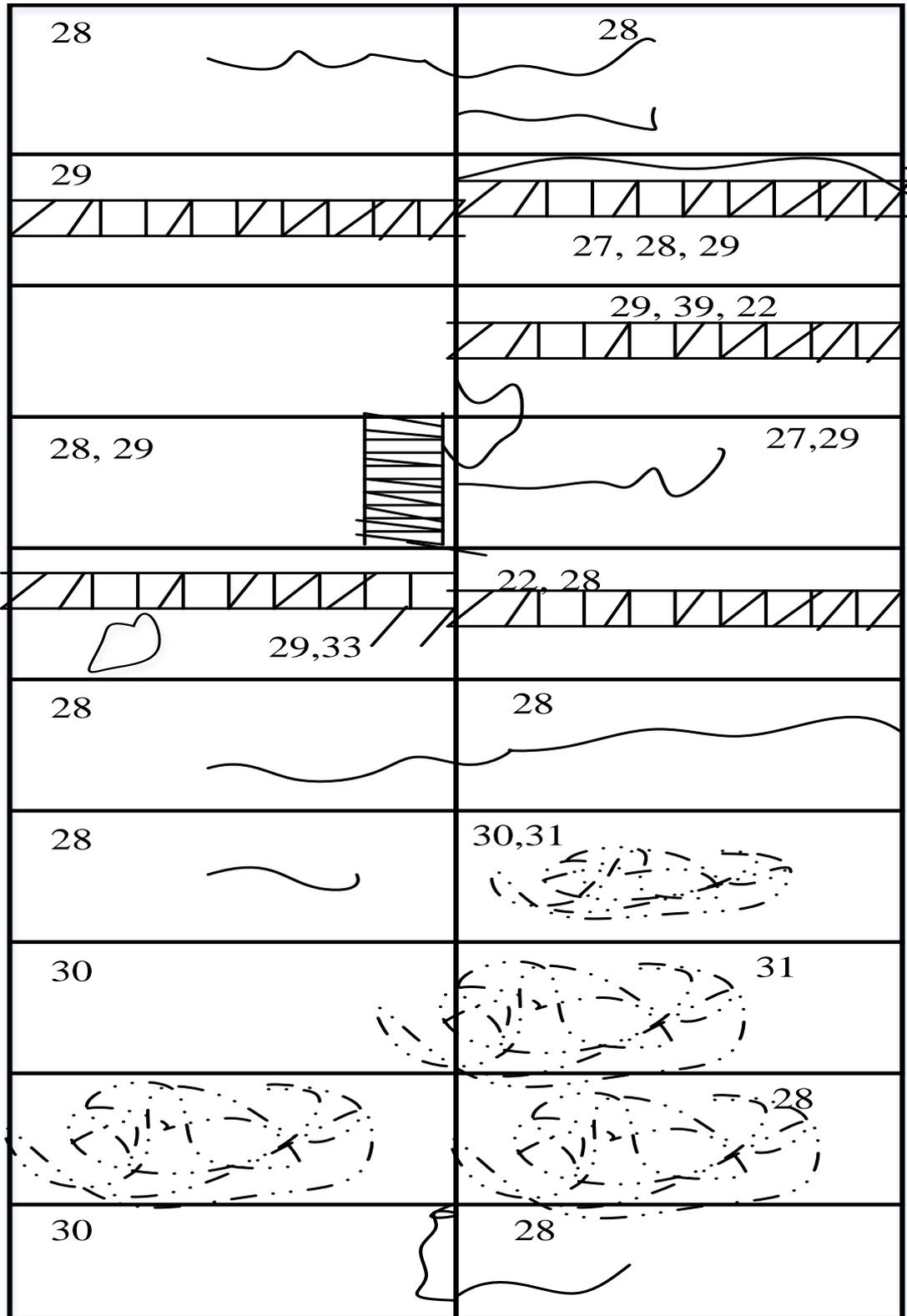
Cálculos del PCI							
N°	Valores deducidos				Total	Q	CDV
1	51.8	14.5	2.6	1.3	81.9	4	48.1
2	51.8	14.5	2	1.3	81.3	3	52.0
3	51.8	14.5	2	1.3	71.6	2	53.7
4	51.8	2	2	1.3	59.1	1	59.1
Max CDV						59.1	

PCI=100 - Max CVD PCI=40.9

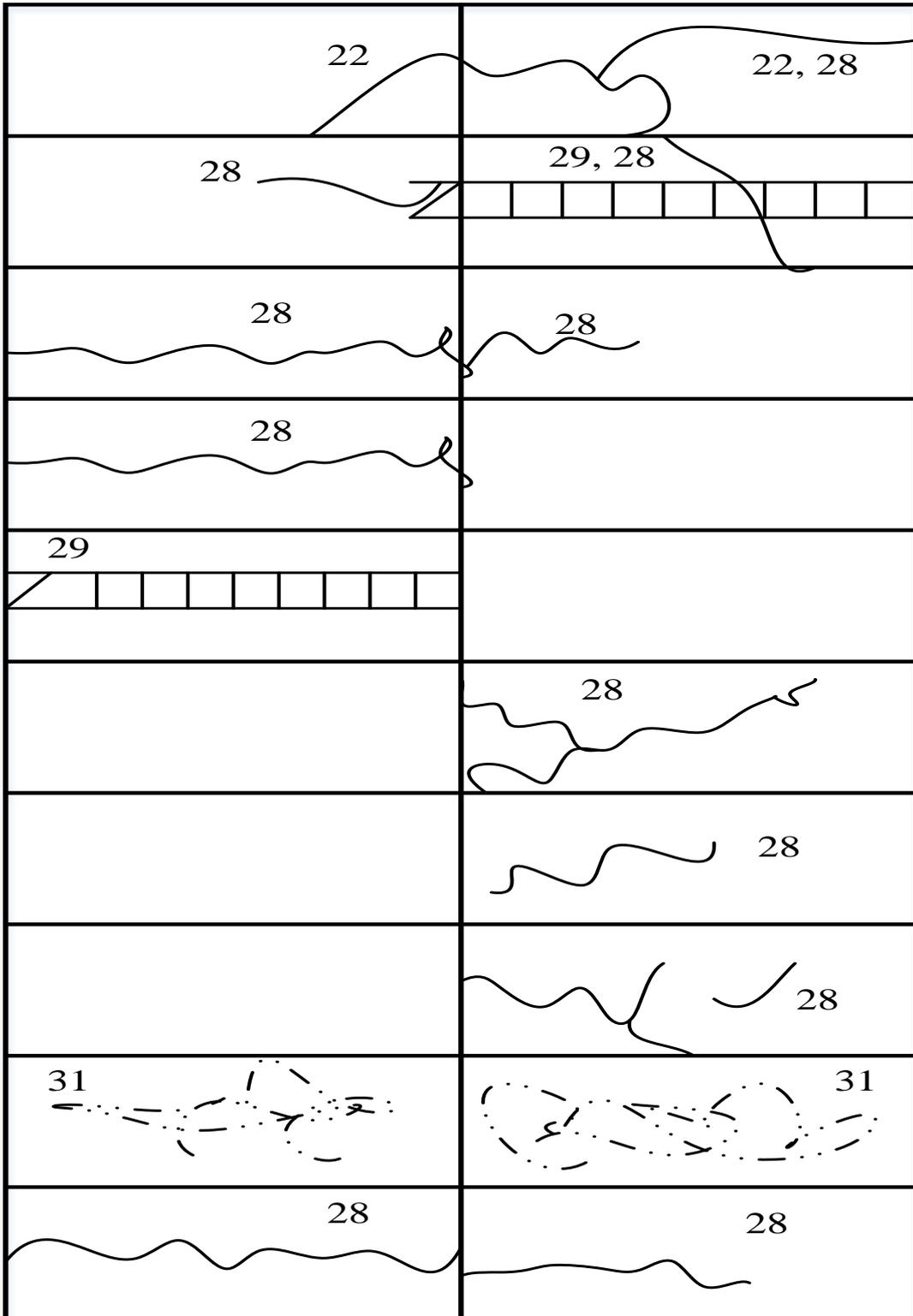
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+480, Progresiva final: 0+540



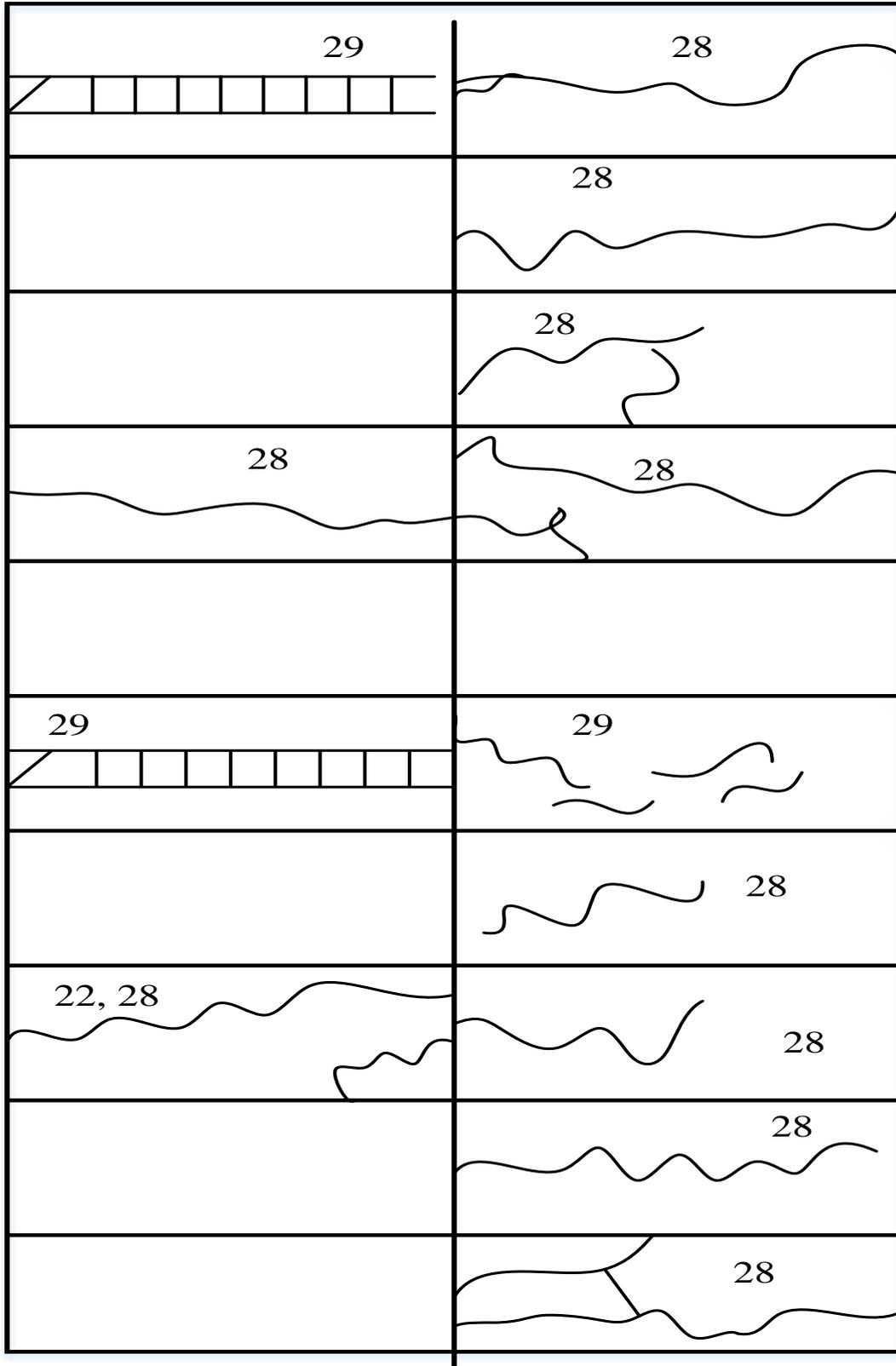
Plano de las fallas en el Tramo 1-2. Progresiva inicial: 0+540, Progresiva final: 0+600



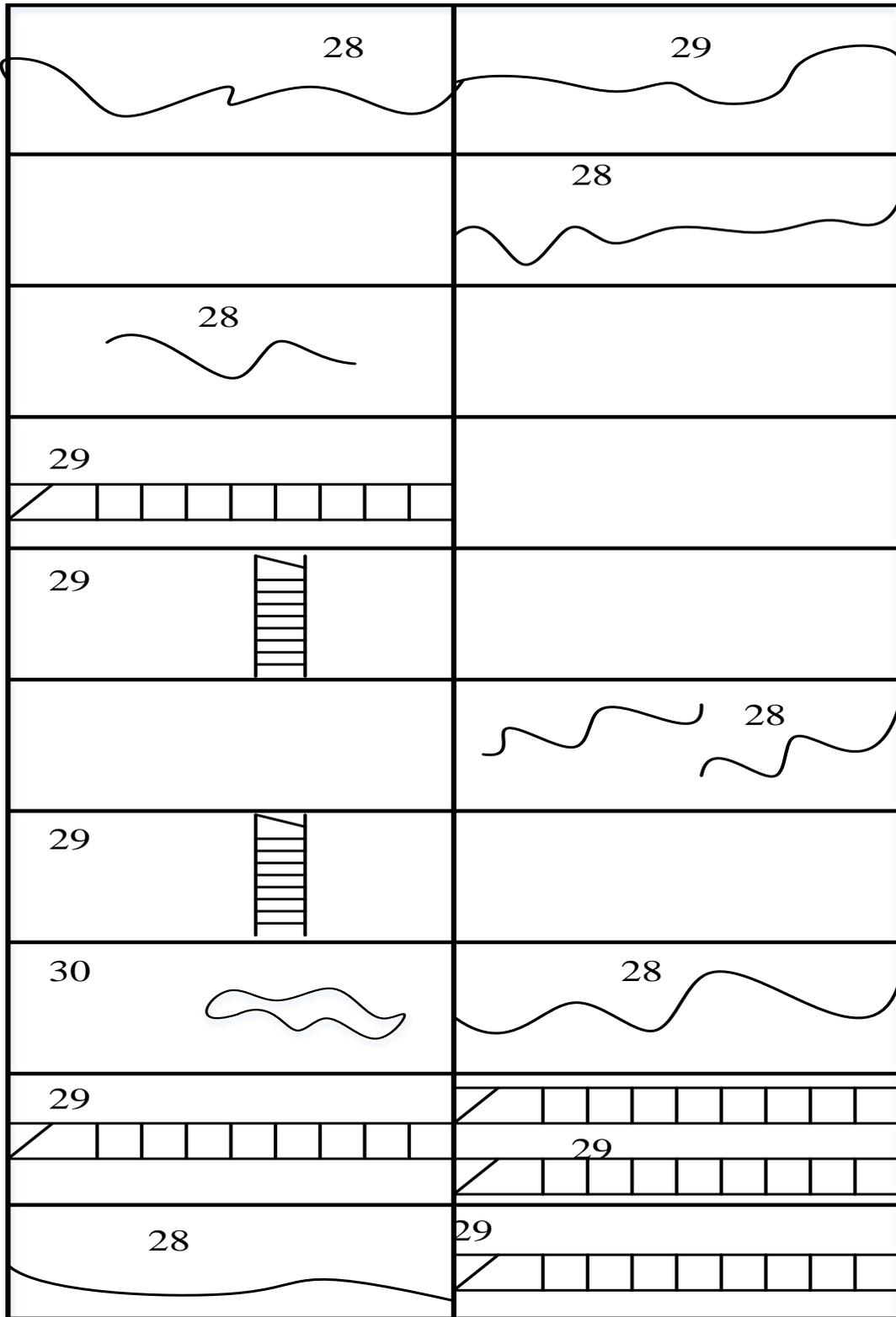
Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+000, Progresiva final: 0+060



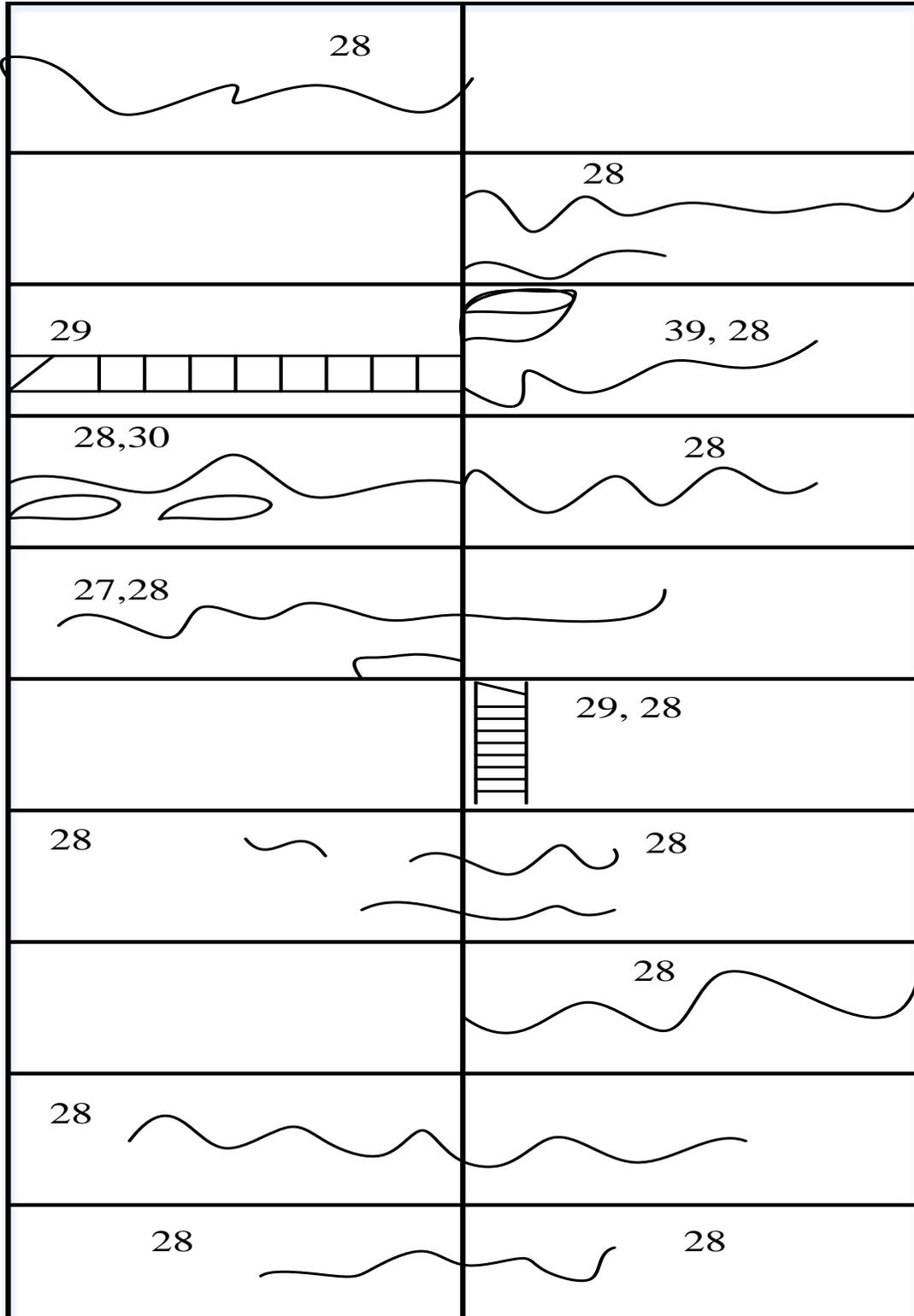
Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+060, Progresiva final: 0+120



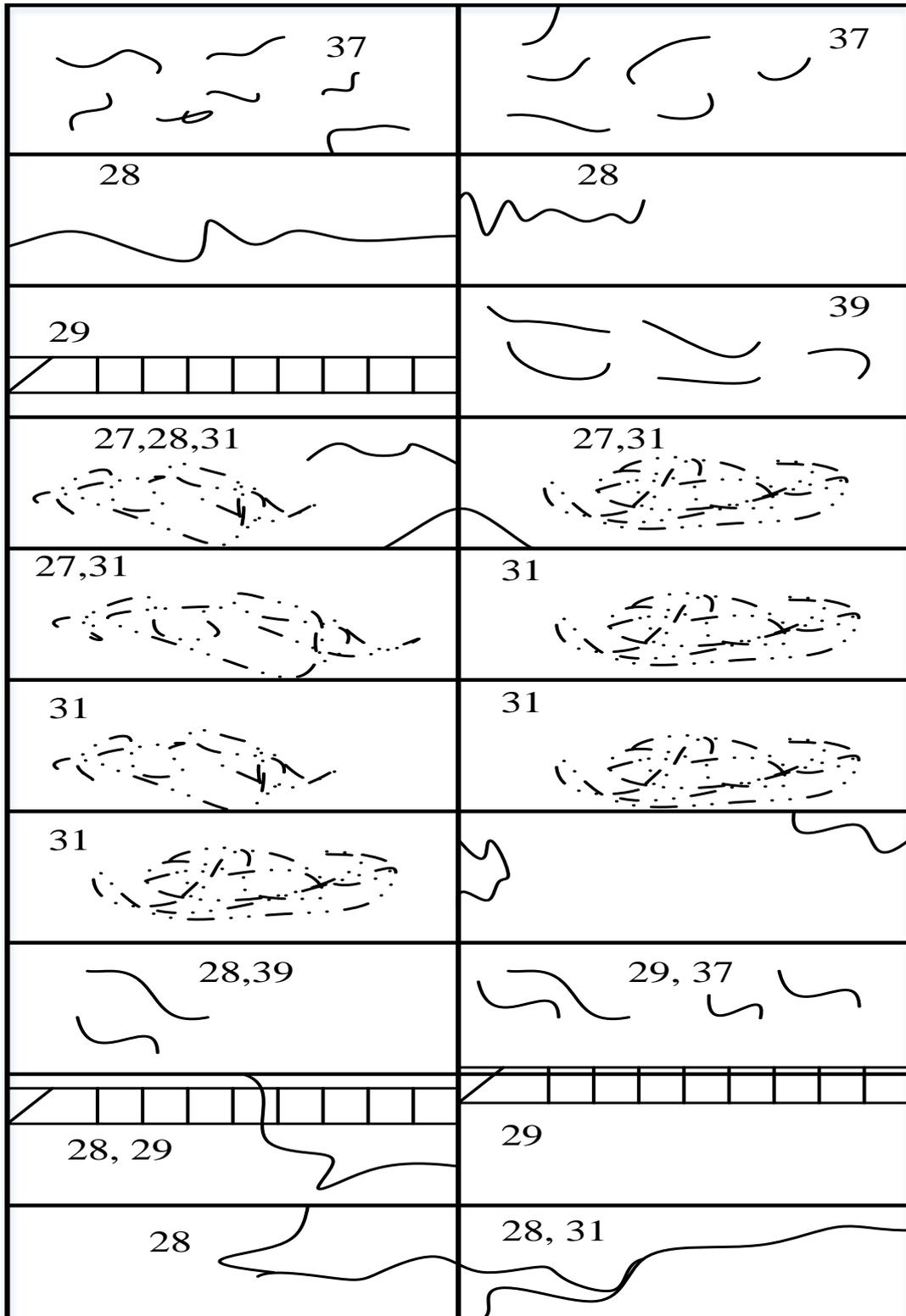
Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+120, Progresiva final: 0+180



Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+180, Progresiva final: 0+240



Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+240, Progresiva final: 0+300



28		
31		28,31
31		29,31
31		31
29		29
31		
		37
28		28
28		28



EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO EL MÉTODO PCI EN EL SECTOR VIAL URBANO DE LA CIUDAD DE SHUPLUY, ANCASH-2020

Evaluado por: Yofre Darwin Bernuy Mendoza Fecha: Julio 2020

Progresiva inicial: 0+300 Tramo: 2-2
 Progresiva final: 0+360 Número de losas: 20

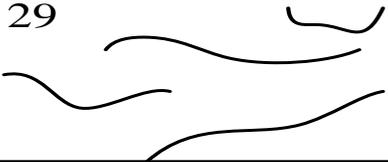
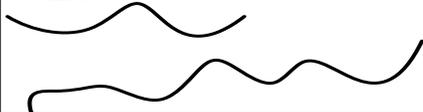
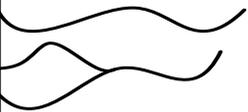
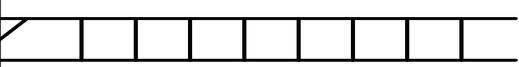
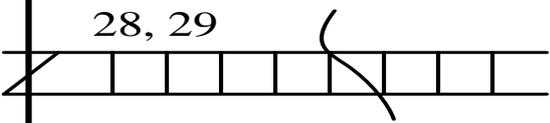
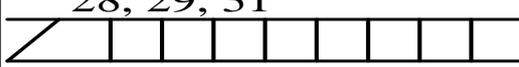
Tipos de fallas		0+360
21. Blow up/Buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de durabilidad "D". 25. Escala. 26. Sello de junta. 27. Desnivel Carril / Berma. 28. Grieta lineal. 29. Parcheo (grande). 30. Parcheo (pequeño)	31. Pulimento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento. 35. Cruce de vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta	

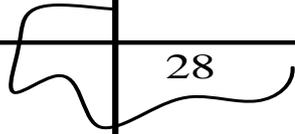
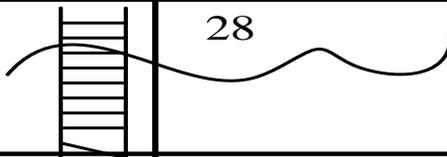
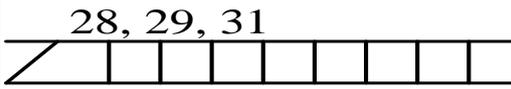
N° de falla	Severidad	N° de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
28	A	8	40	40.3
29	B	3	15	4.3
31	A	7	35	5.9
37	A	1	5	0
		HVD	40.3	
		m	6.48	

Cálculos del PCI						
N°	Valores deducidos			Total	Q	CDV
1	40.3	5.9	4.3	50.5	3	32.7
2	40.3	5.9	2	48.2	2	38
3	40.3	2	2	44.3	1	44.3
				Max CDV	42.53	

PCI=100 - Max CVD PCI=55.7

Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+360, Progresiva final: 0+420

29 	28 
27 	
31 	
27,28,31 	28 
	28 
31 	31 
28 	
28 	28, 29 
	28, 29 
28 	28, 29, 31 

		28
27		
27		28
31		28, 31
28		27
29		28
28		28, 29
		
		28, 29, 31



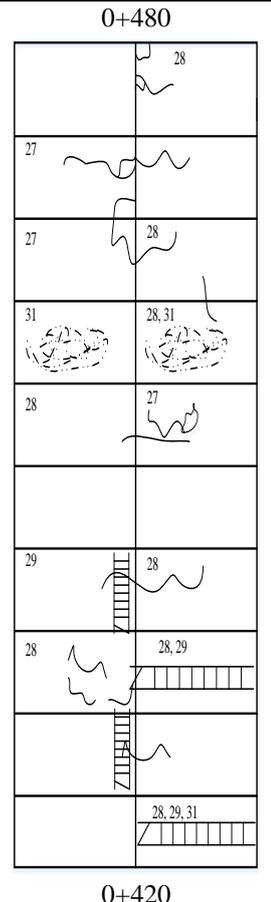
EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO EL MÉTODO PCI EN EL SECTOR VIAL URBANO DE LA CIUDAD DE SHUPLUY, ANCASH-2020

Evaluado por: Yofre Darwin Bernuy Mendoza	Fecha: Julio 2020
--	----------------------

Progresiva inicial:0+420	Tramo:	2-2
Progresiva final:0+480	Número de losas:	20

Tipos de fallas 21. Blow up/Buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de durabilidad "D". 25. Escala. 26. Sello de junta. 27. Desnivel Carril / Berma. 28. Grieta lineal. 29. Parcheo (grande). 30. Parcheo (pequeño)	31. Pulimento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento. 35. Cruce de vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta	0+480
--	---	--------------

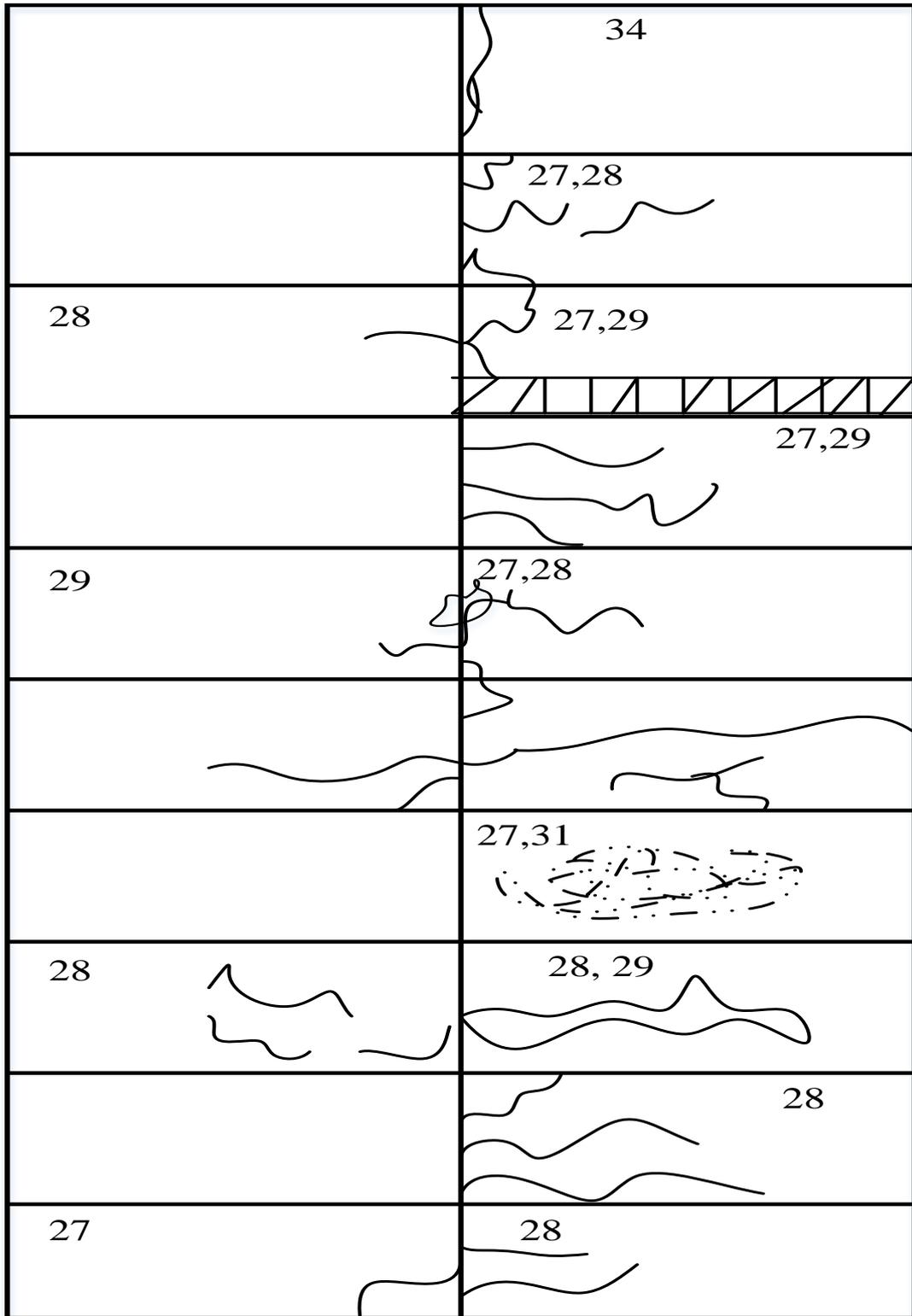
N° de falla	Severidad	N° de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
22	M	2	10	14.5
27	M	1	5	2.6
28	A	13	65	51.8
29	M	4	20	11.7
31	M	2	10	1.3
		HVD	51.8	
		m	5.43	



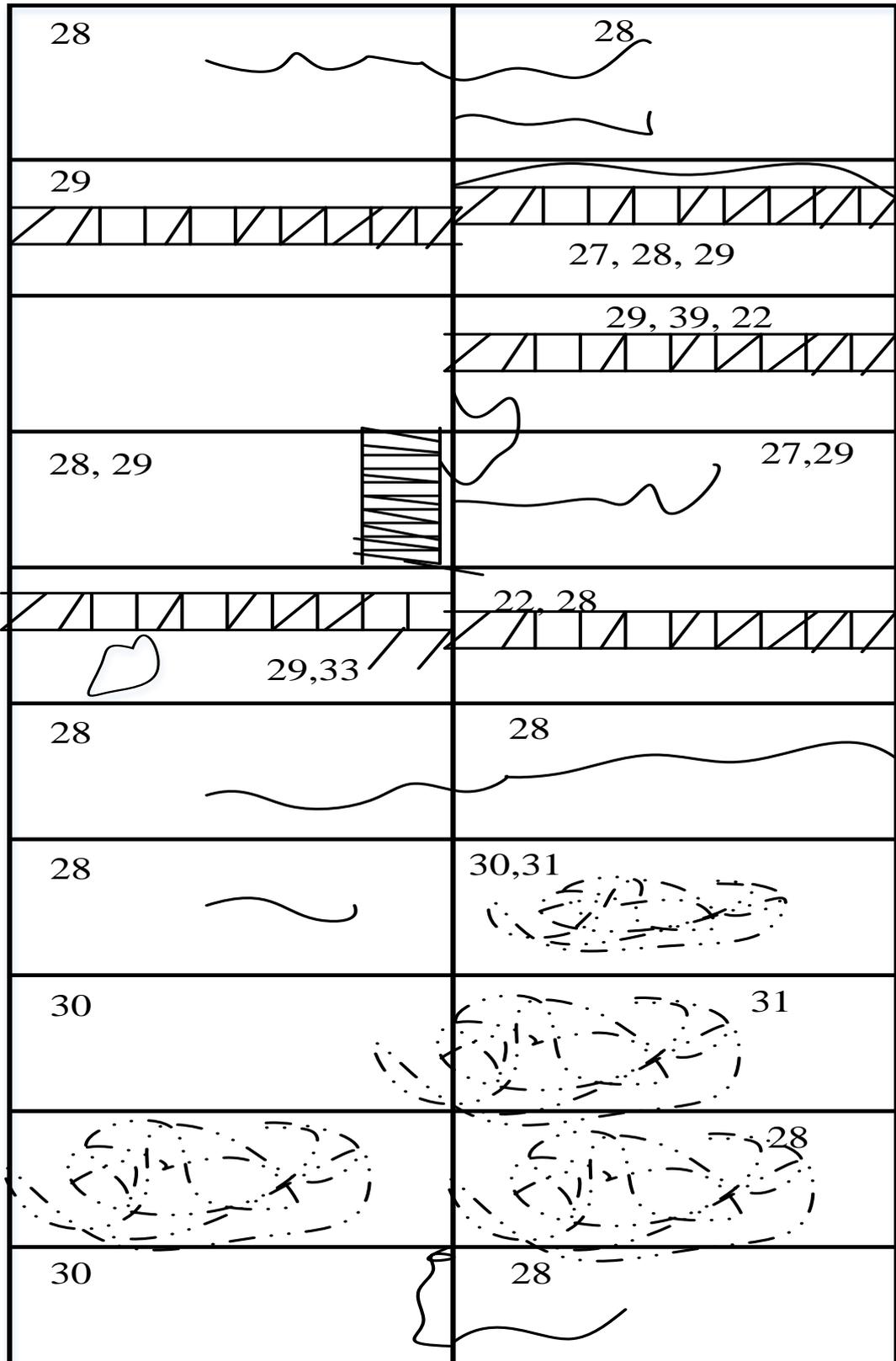
Cálculos del PCI							
N°	Valores deducidos				Total	Q	CDV
1	51.8	14.5	2.6	1.3	81.9	4	48.1
2	51.8	14.5	2	1.3	81.3	3	52.0
3	51.8	14.5	2	1.3	71.6	2	53.7
4	51.8	2	2	1.3	59.1	1	59.1
Max CDV							59.1

PCI=100 - Max CVD PCI=40.9

Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+480, Progresiva final: 0+540



Plano de las fallas en el Tramo 2-2. Progresiva inicial: 0+540, Progresiva final: 0+620



Anexo 3. Panel fotográfico



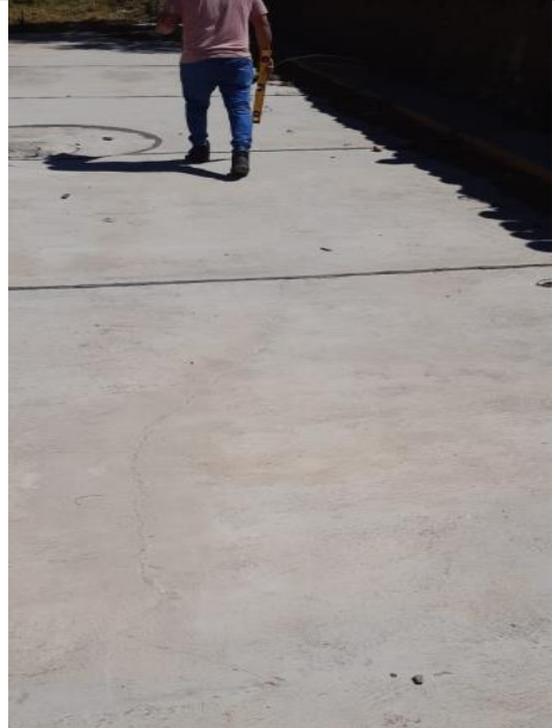
Ubicación del tramo que será estudiado



Progresiva 0+000 grieta lineal de forma trasversal



Progresiva 0+014 grieta lineal



Progresiva 0+34 parcheo grande



Progresiva 0+44 parcheo grande



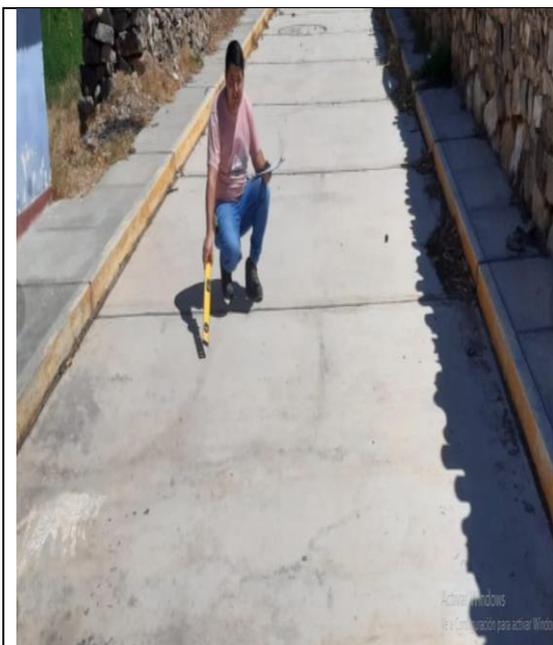
Progresiva 0+58 grieta lineal



Progresiva 0+68 parcheo pequeño



Progresiva 0+288 grieta lineal, parcheo pequeño



Progresiva 0+72 grieta lineal



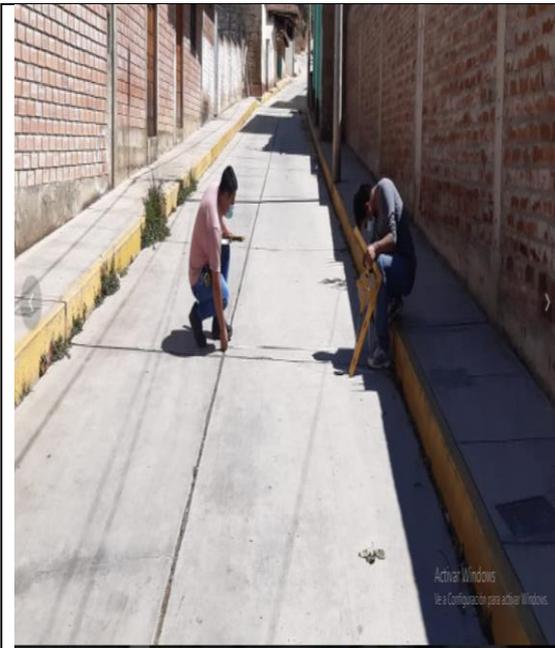
Progresiva 0+82 grieta lineal



Progresiva 0+106 grieta lineal y pulimiento de agregado



Progresiva 0+118 grieta lineal



Progresiva 0+122 grieta lineal



Progresiva 0+140 grieta lineal



Progresiva 0+160 parcheo pequeño y grieta lineal



Progresiva 0+168 grieta lineal



Progresiva 0+198 grieta lineal



Progresiva 0+208 parcheo grande



Progresiva 0+222 parcheo grande



Progresiva 0+276 grieta lineal y parcheo pequeño



Progresiva 0+292 grieta lineal



Progresiva 0+302 grieta lineal



Progresiva 0+312 pulimiento de agregado



Progresiva 0+316 parcheo grande, grieta lineal y en esquina



Progresiva 0+330 grieta lineal y parcheo pequeño



Progresiva 0+344 grieta lineal y parcheo pequeño



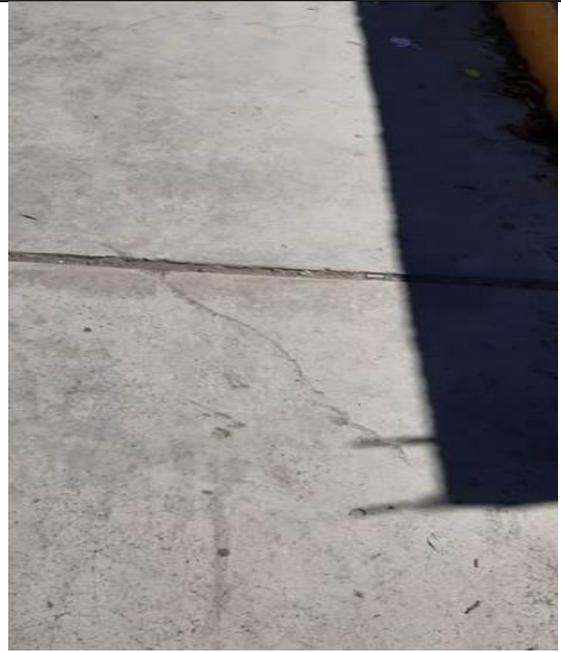
Progresiva 0+352 grieta de esquina



Progresiva 0+362 parcheo grande y pulimiento de agregado



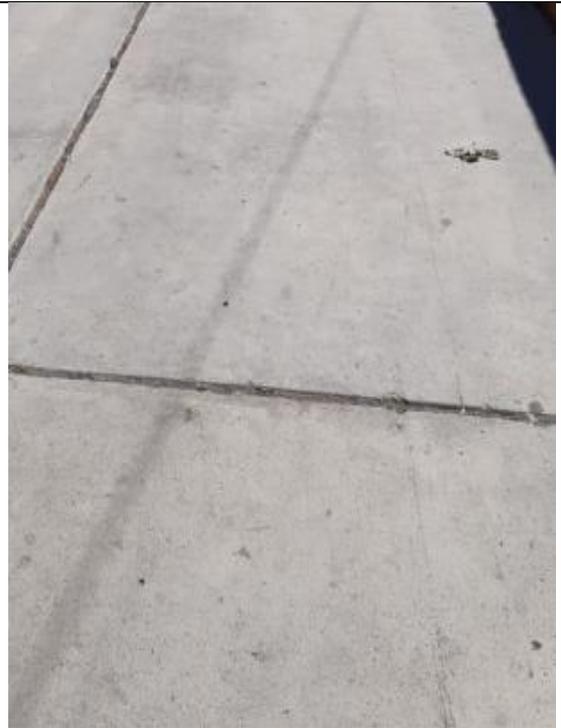
Progresiva 0+368 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+372 grieta lineal



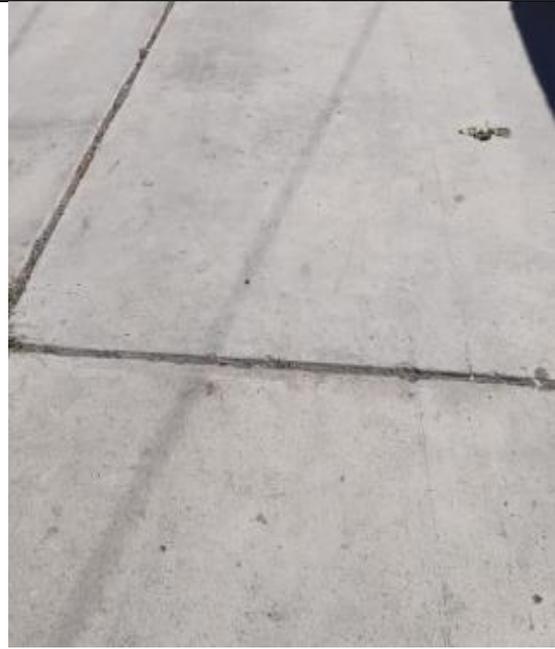
Progresiva 0+384 grieta lineal



Progresiva 0+394 grieta lineal



Progresiva 0+404 grieta lineal, parcheo grande y pulimiento de agregado



Progresiva 0+412 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+418 grieta lineal, parcheo pequeño y pulimiento de agregado



Progresiva 0+425 parcheo grande



Progresiva 0+438 pulimiento de agregados



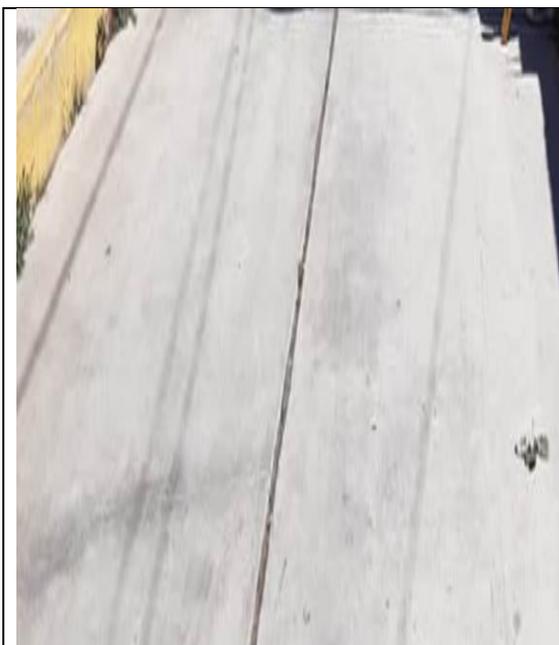
Progresiva 0+445 parcheo grande y grietas lineales



Progresiva 0+456 pulimiento de agregados y grietas lineales



Progresiva 0+461 losa dividida y grieta lineales



Progresiva 0+476 grieta lineal



Progresiva 0+483 grieta lineal y parcheo pequeño



Progresiva 0+489 grieta lineal y pulimiento de agregado



Progresiva 0+494 grieta lineal y pulimiento de agregados



Progresiva 0+501 grieta lineal,
pulimiento de agregados y losa dividida



Progresiva 0+507 losa dividida y grietas
lineales



Progresiva 0+518 grieta grande y grietas
lineales



Progresiva 0+522 pulimiento de
agregado



Progresiva 0+526 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+529 pulimiento de agregado, grieta lineal y desnivel de berma



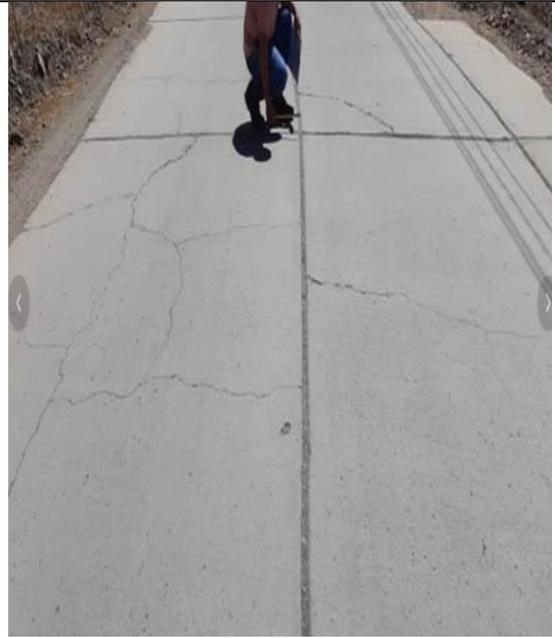
Progresiva 0+ 538 parcheo pequeño y grieta en esquina



Progresiva 0+ 543 parcheo pequeño y grieta en esquina



Progresiva 0+550 pulimiento de agregado y grieta lineal



Progresiva 0+558 parcheo grande



Progresiva 0+563 parcheo grande



Progresiva 0+570 grieta lineal



Progresiva 0+572 grieta lineal



Progresiva 0+578 grieta lineal



Progresiva 0+582 grieta lineal



Progresiva 0+593 parcheo grande, grietas lineales y grieta en esquina



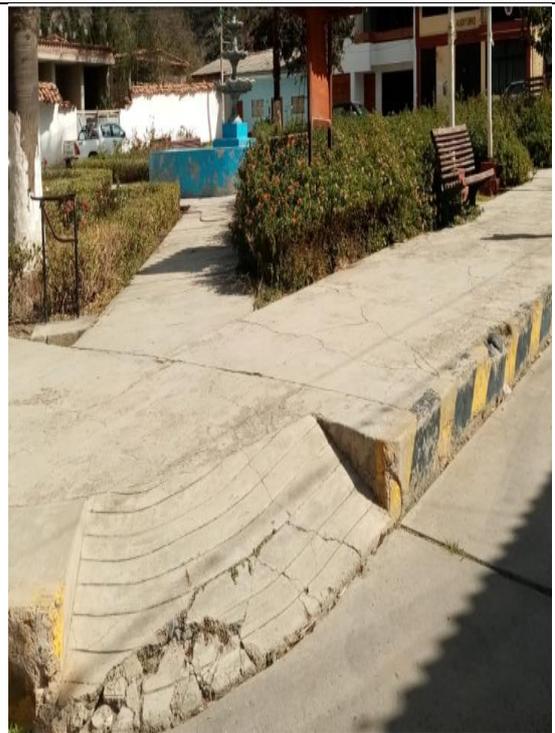
Progresiva 0+600 pulimiento de agregado y grietas lineales



Progresiva 0+608 pulimiento de agregado y grietas lineales



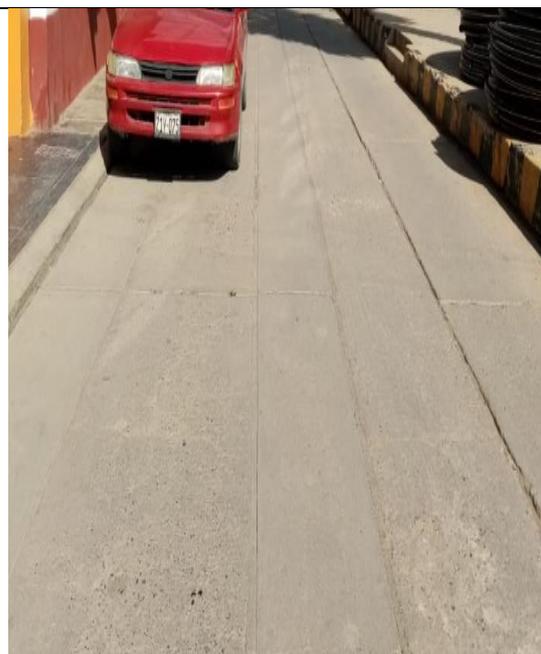
Progresiva 0+615 pulimiento de agregado y grietas lineales



Progresiva 0+622 parcheo grande, grietas lineales y grieta en esquina



Progresiva 0+628 grieta lineal



Progresiva 0+632 grieta lineal



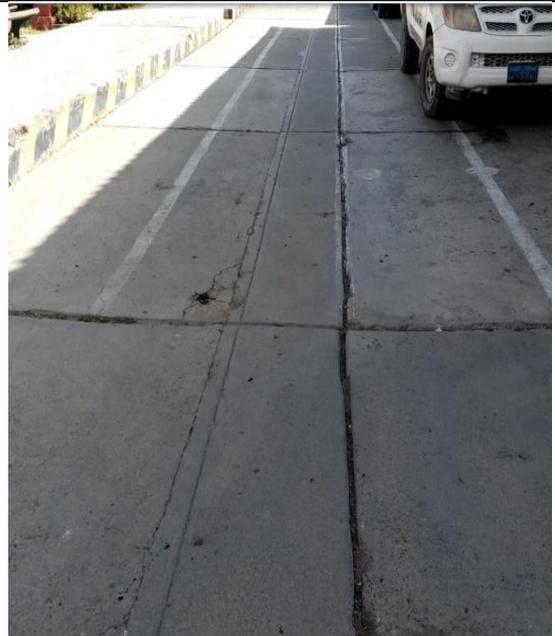
Progresiva 0+638 grieta lineal



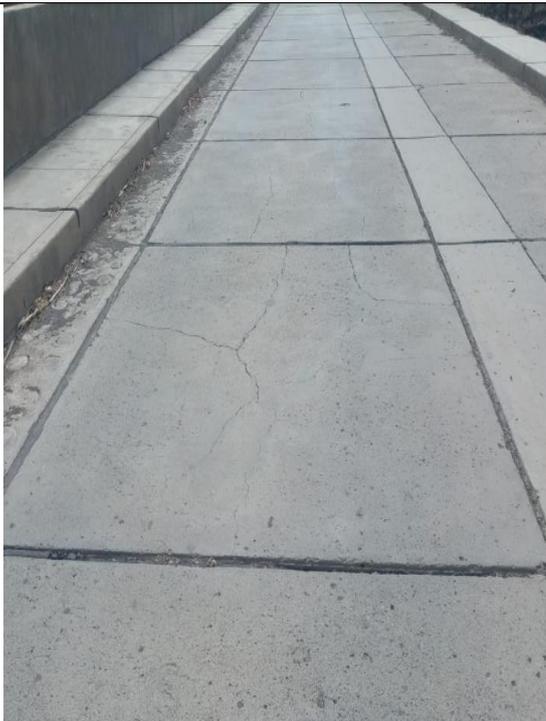
Progresiva 0+642 grieta lineal



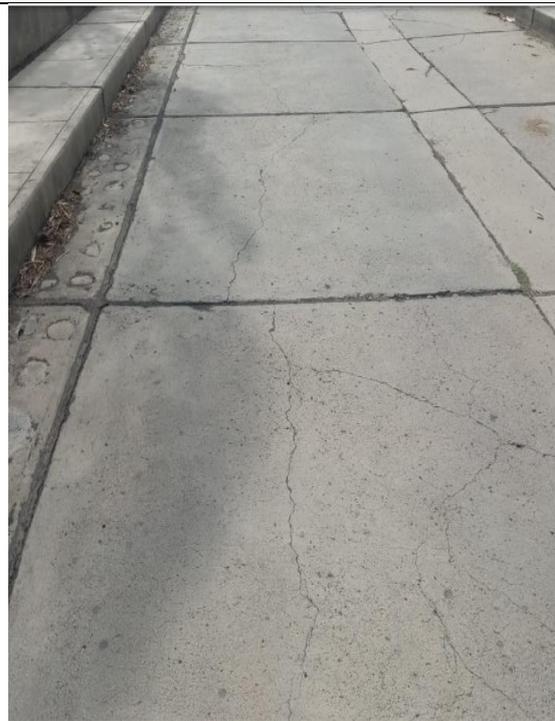
Progresiva 0+648 grieta lineal



Progresiva 0+654 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+664 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+670 parcheo grande y grieta lineal



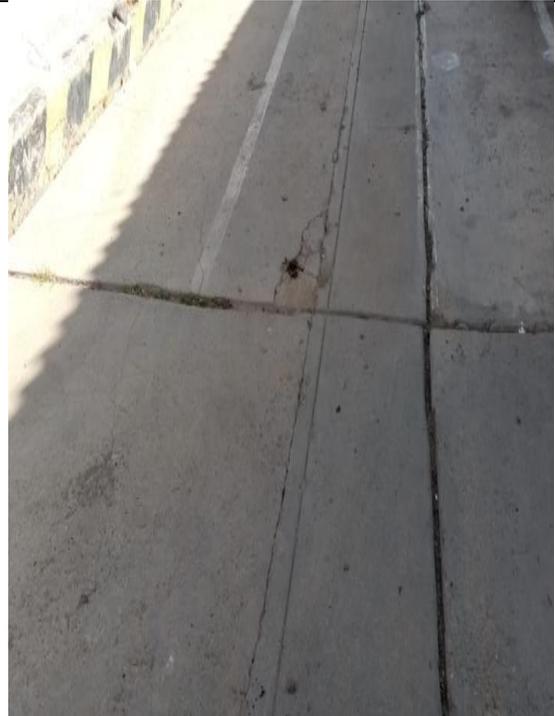
Progresiva 0+674 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+680 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+684 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 0+689 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+024 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+032 parcheo grande y grieta lineal



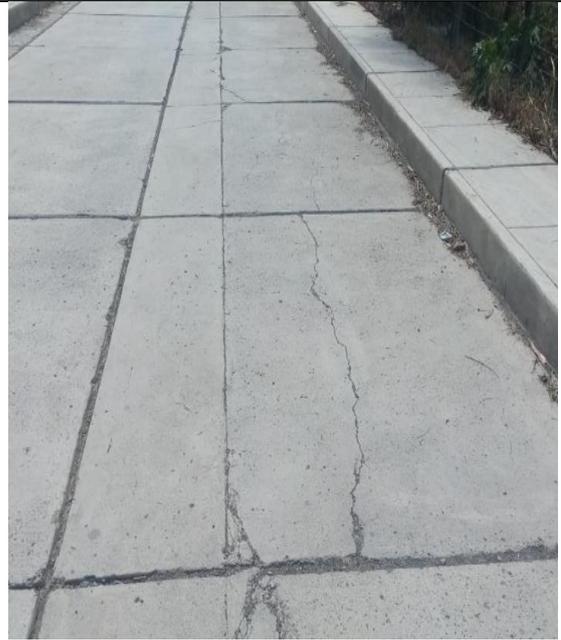
Progresiva 2+084 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+134 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+164 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+184 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+254 parcheo grande y grieta lineal



Progresiva 2+484 parcheo grande y grieta lineal