

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Evaluación de la estructura del pavimento rígido en el
jr. San Martín de la ciudad de Caraz – 2018”

TESIS

Para obtener el título profesional de ingeniero civil

AUTOR:

Nei Sonia Morales Aguas

ASESOR:

Solar Jara, Miguel Ángel

Caraz – Perú

2018

Índice general

Contenido	
Palabra clave – key words – línea de investigación	I
Título	II
Resumen	III
Abstract	IV
I). Introducción	01
II). Metodología	55
III). Resultados	70
IV). Análisis y Discusión	75
V). Conclusiones	76
VI). Recomendaciones	77
VII). Agradecimiento	78
VIII). Referencia Bibliográfico	79
IX). Anexo y Apéndice	81

Lista de Tablas

Tabla 01: Sustancias Perjudiciales en el Agua N.T.P 339.008	17
Tabla 02: Granulometría de la Grava	19
Tabla 03: Sustancia Perjudiciales en la Grava	19
Tabla04: Granulometría de la Grava	20
Tabla 05: Cuadro de Calificación del PCI	36
Tabla 06: Correlación de Categoría de Acción con un Rango de PCI	37
Tabla 07: Variable	51
Tabla 08: Técnicas e Instrumentos de Investigación	56
Tabla 09: Niveles de Severidad de Losas Subdivididas	64
Tabla 10: Niveles de Severidad de Descascaramiento de Juntas	68

Lista de figuras

Figura 01: Pavimento flexible	09
Figura 02: Sección Típica Transversal Pavimento Rígido	10
Figura 03: Esquema del Comportamiento de Pavimento	12
Figura 04: Rotura de Esquina	27
Figura 05: Fisuras Longitudinales	28
Figura 06: Fisuras de Durabilidad	28
Figura 07: Daño del Sellado de Juntas	29
Figura 08: Bacheo Menor	30
Figura 09: Bacheo Mayor	30
Figura 10: Bombeo	31
Figura 11: Desprendimiento superficial, Mapa de Fisuras, Fisuras Erráticas	32
Figura 12: Asentamiento o Fallas	32

Figura 13: Losa Cuarteada	33
Figura 14: Fisuras por Contracción	33
Figura 15: Desprendimiento (en Juntas Longitudinales y Transversales)	34
Figura 16: Desprendimiento en la Esquina	34
Figura 17: Número Mínimo a Unidades a Evaluar	38
Figura 18: Desviación Estándar	39
Figura 19: Intervalo del Espaciamiento	40
Figura 20: El Máximo Número Permisible	42
Figura 21: Ajuste de Números de Valores Deducidos	42
Figura 22: Índice de Condición de Pavimento	43
Figura 23: Ensayo de Laboratorio	46

PALABRA CLAVE

Tema	Evaluación del pavimento rígido
Especialidad	pavimento

KEY WORDS

Topic	Evaluation of the pavement rigid
Especialización	Pavement

LÍNEA DE INVESTIGACION DE PRE GRADO FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA	Línea de investigación	Objetivo	OCDE			Sub - líneas o Campos de Investigación
			Área	Sub área	Disciplina	
INGENIERÍA CIVIL	Transporte	Innovar en el diseño de infraestructura del transporte procurando una mejor calidad del producto y/o servicio, seguridad y sostenibilidad	2. Ingeniería y tecnología	2.1 Ingeniería civil	Ingeniería del transporte	Pavimento

TITULO:

“Evaluación de la estructura del pavimento rígido en el
jr. San Martín de la ciudad de Caraz – 2018”

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la estructura del pavimento rígido en el Jirón San Martín del Distrito de Caraz - provincia de Huaylas, departamento de Áncash 2018. Para lograr el objetivo propuesto se tomó en cuenta la vía de Jirón San Martín – Caraz, de acuerdo al registro proporcionado por el MTC – descentralizado de Huaraz – Ancash, para su evaluación de la vía.

La evaluación se efectuó siguiendo el método PCI (índice de condición de pavimentos), de la norma ASTM 5340. Se utilizó la técnica de la observación y se utilizó como instrumento una ficha técnica de observación, para el cual se dispuso de una regla y una cinta métrica. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el software Excel de acuerdo al PCI y para el análisis se elaboró tablas, gráficos, etc.

En la investigación se analizó la severidad, el valor deducido, valor deducido corregido, empleando ábacos y por último se determinó el índice de condición del pavimento (PCI) de la vía de Jirón San Martín – Caraz.

De los datos analizados para la vía Jirón San Martín – Caraz se obtuvo como resultado lo siguiente: en el JR. San Martín con un PCI = 42,36 % con una calificación mala; de acuerdo a la calificación de las vías principales necesita rehabilitación en su mayoría.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the rigid pavement structures in the Jiron San Martin district of Caraz - province of Huaylas, department of Ancash 2018. To achieve the proposed objective, the Jiron San Martin - Caraz road was taken into account. according to the registration provided by the MTC - decentralized Huaraz - Ancash, for its evaluation of the route.

The evaluation was carried out following the PCI method (pavement condition index), of the ASTM 5340 standard. I used the technique of observation and used an instrument of observation as a tool, for which a rule was available and a tape measure. The data obtained were processed using Excel software according to the PCI and for the analysis, tables, graphs, etc. were prepared.

The investigation analyzed the severity, the deducted value, corrected value deducted, using abacuses and finally the pavement condition index (PCI) of the Jirón San Martín - Caraz road was determined.

From the data analyzed for the Jirón San Martín - Caraz road, the following was obtained as a result: in the JR. San Martín with a PCI = 42.36% with a bad rating; According to the qualification of the main roads, most of them need rehabilitation.

I.-Introducción

Aspectos Generales:

Los pavimentos rígidos son pavimentos en los cuales su capa superior está compuesta por una losa de cemento hidráulico, la cual se encuentra apoyada sobre una capa de material denominada base o sobre la sub rasante. Siendo diseñadas de acuerdo a reglamento establecido.

Los pavimentos tiene una durabilidad variable según el comportamiento de los factores inherente a este tipo de construcciones, tales como el proceso constructivo, el clima, el uso, el mantenimiento, los materiales, etc. de tal manera que en función a cada uno de estos factores dependa su comportamiento y su durabilidad.

En este contexto de investigación estamos considerando diversos tipos de patologías que abarcan las imperfecciones visibles, como grietas de esquina, grietas lineales, pulimiento de agregados, fisuras en bloque, losas divididas descascaramiento de junta, descascaramiento de esquina y parche pequeño. Con la finalidad de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño nivel de severidad y densidad tiene sobre los pavimentos rígidos y debemos considerar que en la mayoría tienen de uno o más tipos de patologías, lo que implica que tendrán diversos niveles de vulnerabilidad ante fenómenos que puedan ocurrir.

Es así que esta investigación, propone conocer el nivel de integridad estructural de los pavimentos rígido del Jirón San Martín del Distrito de Caraz - provincia de Huaylas, departamento de Áncash, mediante la evaluación visual, empleando la metodología del PCI (índice de condición de pavimento), para determinar un valor (de 0 a 100), el mismo que indicara su estado y rango de clasificación. Para obtener datos reales del estado de la estructura del pavimento rígido y así buscar optimas soluciones en las diferentes etapas del ciclo de vida de la vía.

Justificación

La evaluación de la estructura del pavimento rígido del Jr. San Martín permitió observar en qué condición se encuentra, determinando sus fallas, y plantear una mejor alternativa para un mejor servicio de transitabilidad, consiguiendo que la vía cumpla con las condiciones diseñadas como: comodidad, seguridad, durabilidad, etc.

La presente investigación permitió conocer de cerca la realidad del pavimento en el área de estudio, pese a las restricciones, pero permitió plantear algunas alternativas de solución.

Se escogió esta zona de estudio debido al gran volumen de tránsito y como consecuencia el deterioro evidente del pavimento del Jirón principal e importante de la ciudad de Caraz.

Importancia

Los ingenieros de pavimentos de todo el mundo se enfrentan cotidianamente al reto de combatir las fallas a que están expuestos los pavimentos, ya que las carreteras, calles, avenidas, jirones etc. forman parte de la columna vertebral de la sociedad económica que va en aumento por consiguiente para ello es necesario e importante realizar una evaluación de los daños ocasionados en las vías y plantear alternativas de solución.

Limitaciones:

En el desarrollo del trabajo, se ha podido observar un cierto grado de hermetismo en cuanto al acceso de información referido a los expedientes técnicos con que cuentan estas obras de pavimentación. También la escasa información bibliográfica y recursos económicos, pues se trata de una evaluación visual y superficial más no experimental.

Ubicación y Accesibilidad

El Distrito de Caraz, políticamente pertenece a la provincia de Huaylas, departamento de Ancash, siendo creado como tal el 25 de Julio del año 1857; fue elevado de villa a la categoría de ciudad mediante Ley S/N, de fecha 16 de Abril de 1,861, y se ubica a una

altitud de 2,256 m.s.n.m, latitud Sur de 09°02'40" y longitud Oeste 77° 48'28" y cuenta con una superficie total de 2,292.78 Km2.

El distrito de Caraz, tiene los siguientes límites: por el Norte con los Distritos de Santa Cruz, por el Sur con los Distritos de Yungay y Pueblo Libre, por el Este con el Distrito de Yungay, por el Oeste con los Distritos de Mato y Huata.

Ámbito de intervención del proyecto – jirón San Martín.- El área a intervenir comprende el jirón San Martín, tramo entre la Av. 28 de julio y la Carretera Central, en el distrito de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash.

A continuación se muestra la ubicación del Jirón San Martín.

A continuación se muestra la ubicación del Jirón San Martín.



Prunell S. (2011) en su investigación “Estudio de patologías en pavimentos de hormigón”. Se afronta el estudio de los principales mecanismos que originan el deterioro de los pavimentos de hormigón. El hormigón es un material cuasi-frágil, con una baja capacidad de deformación bajo tensiones de tracción. Solicitaciones mecánicas, reacciones perjudiciales y el medio ambiente pueden producir el desarrollo de tensiones de tracción en el hormigón. Estas tensiones de tracción dan como resultado una fisuración que puede afectar negativamente el comportamiento del hormigón. Sin embargo, se puede minimizar el potencial para la fisuración con precauciones adecuadas en las prácticas de diseño, materiales y construcción. Se realiza una identificación de las fallas, sus posibles causas, su clasificación y los métodos de reparación adecuados.

Se concluyó que: La mayoría de los deterioros hallados, pueden producirse por causa de uno o varios factores simultáneos. Es conveniente seguir un catálogo de deterioros de pavimentos rígidos para la identificación y calificación de fallas, para realizar un diagnóstico certero en cada caso. Debe considerarse el mantenimiento de los pavimentos como un punto importante para evitar deterioros de severidad alta, ya que en todos los casos, implican la reparación total del pavimento, incidiendo en un costo de reparación más elevado en comparación con uno de severidad baja o media. Estudiar los distintos tipos de deterioro y sus orígenes, ayuda a prevenirlos, para evitar la inseguridad e incomodidad del tránsito y aplicar las técnicas de reparación adecuadas.

En las visitas a ciertos proyectos de pavimento rígido, se observó que no existía un correcto y adecuado control de calidad en su construcción, debido a que se deja de lado ciertos parámetros necesarios para que un pavimento rígido, cumpla eficientemente con su vida útil. Entre los procesos observados por las constructoras y fiscalizadoras, que más afectaron a la estructura del pavimento rígido se pudo citar que se debe a la ineficiente control de materiales, temperaturas inadecuadas, procesos de curado deficientes, cortes de juntas en tiempos no idóneos, utilización de maquinaria inapropiada.

Quiñonez (2014). En su revista “**patologías del concreto para obtener el índice estructural del pavimento y la condición de la superficie**”. En este estudio se aplicó el método del PCI para determinar el índice de condición estructural del pavimento de las veredas de ochocientos veinte paños de vereda, para identificar sus fallas existentes y cuantificar su estado. La metodología del trabajo es evaluativo visual a través de una hoja de evaluación. Se realizó un registro estadístico de las patologías y los valores del PCI obtenidos de muestra de diferentes calles de la ciudad de Puerto Maldonado, donde se concluyó que se encuentra en estado bueno, con un PCI ponderado a 45.42 y las fallas encontradas fueron de tipo funcional, que provocan un tránsito inseguro e incómodo al peatón.

Godoy, Á. y Ramírez R. (2006) en su investigación “**Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción**”.

La patología es el estudio de las enfermedades, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas. A 34 años de la construcción del primer pavimento rígido en Asunción y a 15 años de la más reciente etapa de pavimentación con hormigón hidráulico de la ciudad, creímos pertinente realizar una evaluación de la situación funcional y estructural de los pavimentos rígidos de la ciudad y proponer soluciones a los defectos encontrados. El trabajo pretende determinar el origen de las fallas en los pavimentos rígidos de Asunción y con ello reducir la aparición de las mismas, así como bosquejar una política de gestión de mantenimiento vial aplicable a cualquier entorno urbano en el país. Partimos de la consideración que resulta de fundamental importancia llevar a cabo un monitoreo permanente de las obras construidas, para registrar las fallas que se van presentando y establecer una referencia a sus posibles causas.

Se concluyó que: De los tramos analizados, algunos presentan deterioros prematuros que no son coincidentes con las expectativas de desempeño de los pavimentos rígidos (larga vida útil con mínimo mantenimiento). El mayor porcentaje de daños es atribuible a los inconvenientes por cobertura incompleta y deficiente de servicios sanitarios. Se contemplan entre esos daños los causados directamente por la rotura del pavimento para instalación o reparación de cañerías, así como los causados

indirectamente por la saturación de la subrasante con el consiguiente asentamiento de la fundación y pérdida de sustentación del pavimento rígido (formación de vacíos bajo las losas).

Ruíz C. (2011) en su investigación “Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos”. Sangolquí, Ecuador.

El presente estudio define un diagnóstico detallado de las patologías sufridas por varios proyectos en pavimento rígido del país y particularmente en la zona norte de Manabí, y que en base a un seguimiento riguroso se pudo constatar las diferentes causas que las provocaron. Para elaborar la presente tesis, fue necesario realizar un diagnóstico detallado de las vías más críticas en el país, especialmente la Chone-Canuto-Calaceta-Junín-Pimpiguasí, en la que se evidencia deterioros severos en su estructura, lo que justifico elaborar diseños y ensayos en el laboratorio, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados. Las visitas a los diferentes proyectos y a las experiencias compartidas de los consultores y constructores permitieron recopilar un compendio de reparaciones adecuadas y consideraciones necesarias para evitar a futuro las patologías en los proyectos viales de pavimentos rígidos.

Se concluyó que: Primeramente es necesario mencionar que la implementación de pavimentos rígidos en el país es una propuesta relativamente nueva, por lo que falta acumular experiencia en la construcción de los mismos, lo que constituye un factor determinante, para que se produzcan deterioros severos en sus estructuras. Por lo tanto es necesario regirse de manera estricta a las normas tanto de diseño como de mantenimiento de los pavimentos rígidos, con el fin de evitar y disminuir procesos de deterioro observados en el análisis del presente documento.

Espinoza T. (2010).En su investigación “Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba- Departamento de Piura”.

Se concluyó que: los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución y la calidad de los agregados de la zona y la inclemencia del tiempo y que el suelo tiene bastante responsabilidad en dichas grietas.

Vergara I. (2015). En su investigación “Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavimento condición índice (psi), en las pistas de Tarica av. Central, distrito de Independencia, provincia de Carhuaz, región Ancash, noviembre del 2015”.

El presente trabajo servirá de base para la toma de decisiones que pudiera tomar la Municipalidad Distrital de Independencia de reparar o renovar los tramos de los pavimentos del barrio de Palmira Baja, de acuerdo al índice de condición de pavimentos, y la condición operacional de dichos pavimentos obtenidas como resultado del desarrollo del presente trabajo.

Córdova E., Guerrero M. y Mautino A. (2013). En una investigación “determinación y evaluación de patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio de Villón Alto - Distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz- Región Ancash”

Concluyen que las fallas del pavimento de concreto rígido del barrio de Villón Alto y evalúa el tipo de deterioro encontrados, para determinar las alternativas de solución del mismo.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se **justifica** la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

La insuficiencia de carreteras en nuestro país, el mal estado de las pocas que existen y la situación similar de déficit y descuido, con respecto a las vías urbanas, son un motivo suficiente para insistir en el desarrollo del tema antes mencionado.

Las carreteras forman la columna vertebral de nuestras sociedades económicas. Es nuestra responsabilidad como ingenieros proporcionar soluciones de ingeniería de “mejor valor” para los problemas no sólo de nuestro sector sino de nuestros dirigentes políticos.

La importancia de conocer la situación actual del pavimento para la toma de decisiones correspondiente, en la vía Jiron San Martin – Caraz, mediante un estudio de las patologías del concreto, asimismo indicar el grado de afectación de cada patologías sobre la condición del pavimento, el cual permitirá determinar si se hace un mantenimiento de rutina, una rehabilitación o construcción nueva.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la situación actual de la Estructura del pavimento en el Jr. San Martin Distrito de Caraz - provincia de Huaylas, departamento de Áncash 2018?

Pavimento

MTC (2008). Estructurado construida sobre la subrasantes de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por os vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformado por las siguientes capas .subbase, base y rodadura.

Pavimento Rígido

MTC (2008). Constituido por cemento portland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos.

Clasificación de los Pavimentos:

Pavimentos Flexibles:

Barrantes (2009). Es una estructura formada por las capas que se muestran en la figura con la finalidad de cumplir con los siguientes propósitos:

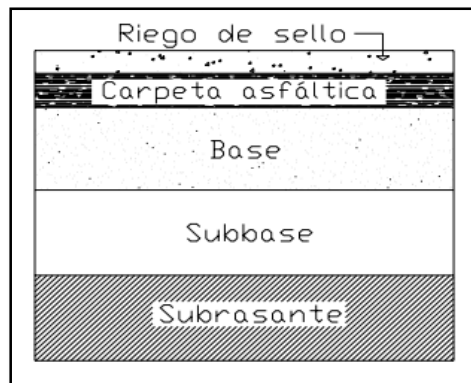


Figura 01: Pavimento Flexible

Fuente: Barrantes (2009)

Soportar y transmitir las cargas que se presentan con el paso de vehículos.

Ser la suficiente impermeable.

Soportar el desgaste producido por el tránsito por el clima.

Mantener una superficie cómoda y segura (antideslizante) para el rodamiento de los vehículos.

Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presente la capa inferior (base o sub – base).

Pavimentos Rígidos:

Morales, (2005). Son pavimentos en los cuales su capa superior está compuesta por una losa de cemento hidráulica, la cual se encuentra apoyada sobre una capa de material denominada base sobre la sub rasante. En este tipo de pavimento se pueden designar algunos tipos que son: hormigo simple con juntas con o sin barras de transferencia de carga, hormigón reforzado con juntas y barras de traspaso de cargas y hormigón continuo reforzado.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losas y de las adyacentes, que trabajan

en conjunto con lo que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre una área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en borde de losa y junta sin pasa junta, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Este punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimento rígido, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de la losas, para una carga y suelos dados.

Además de los esfuerzos a flexión y de compresión, este tipo de pavimento se va a ver afectado en gran parte los esfuerzos que tenga que resistir al expandirse o contraerse por cambios de temperatura y por las condiciones climáticas.

Es por esto que su diseño toma como parámetros los siguientes conceptos. Volumen tipo y peso de los vehículos que transitaran por esa vialidad.

- Módulo de reacción de la subrasantes.
- Resistencia del concreto que se va utilizar.
- Condiciones climáticas.

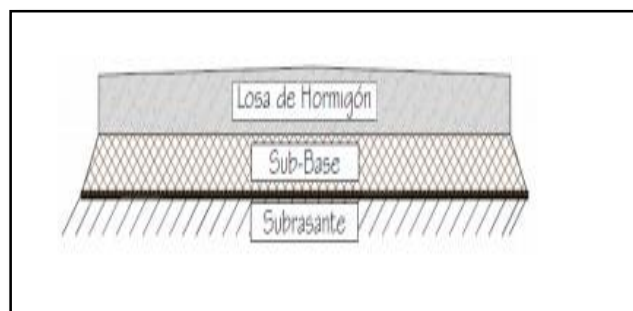


Figura 02: Sección típica transversal pavimento rígido

Fuente: Armijos 2009

Tipos de Superficie

La superficie de rodadura es un factor que influye directamente en el tráfico, es así que la velocidad que desarrolla un vehículo que circula por una trocha carróza, difiere

tremendamente de la velocidad que este puede desarrollar al circular en una vía pavimentada.

Pavimento Flexible

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

Pavimento Rígido

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasa juntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Este punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de hormigón hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasantes, es necesario construir una capa de subbase o base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo

cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de hormigón hidráulico y la subbase, que se construye sobre la capa subrasantes.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

De hormigón simple

De hormigón simple con barras de transferencia de carga.

De hormigón reforzado y con refuerzo continuo.

De hormigón pres forzado.

De hormigón fibroso.

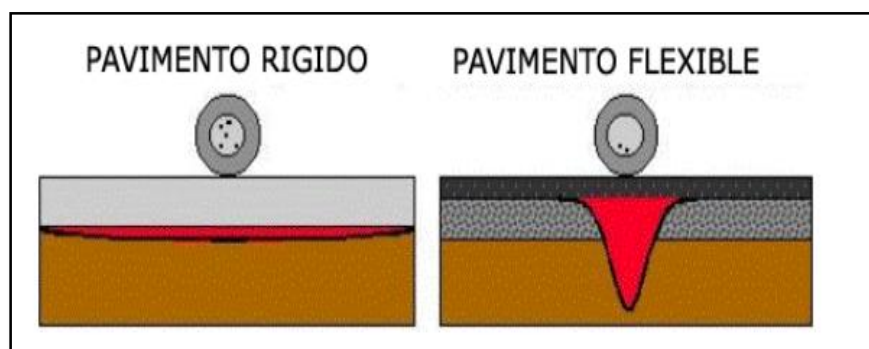


Figura 03: Esquema del comportamiento de pavimento

Fuente: UNP

Elementos que Integran un Pavimento Rígido

Morales, O (2005). Los elementos que conforman un pavimento rígido son: subrasante, subbase y la losa de concreto. A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman el pavimento rígido.

a) Subrasante

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

b) Subbase

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.

Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

c) Losa

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

Tipos de Pavimentos Rígidos:

Los Pavimentos de Hormigón Simple.

Se construyen sin acero de refuerzo y sin barras de transferencia de cargas en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo. (Miranda, Ricardo, 2010).

Los Pavimentos de Hormigón Simple con Barras de Transferencia de Carga.

Se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

Los pavimentos Reforzados.

Contienen acero de refuerzo y pasa juntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas. (Miranda, Ricardo, 2010)

Los Pavimentos con Refuerzo Continuo

Se construyen sin juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente un espaciamiento de juntas que no exceda los 4.50 m tienen un buen comportamiento en pavimentos de hormigón simple, así como uno no mayor a 6 m en pavimentos con junta, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamentos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

Los Pavimentos con Hormigón Pres forzado

Están constituidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de pres fuerza y potenciado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de pres fuerza se han podido construir losas de más de 120 m de longitud, con una reducción del 50% del espesor de la losa. Sin embargo pese a los esfuerzos para desarrollar esta técnica, en carreteras se han producido más

Dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas. (Miranda, Ricardo, 2010).

Los Pavimentos de Hormigón Fibroso

En este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, figuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. con una dosificación de unos 40 kg/m³ de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

Materiales Necesarios para la Elaboración de una Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico

Rebolledo, V (2010). Deterioro en pavimento flexible y rígido, menciona las ventajas y desventajas del uso de pavimento rígido.

Ventajas:

- El hormigón refleja la luz, lo que aumenta la visibilidad y puede disminuir los costos de iluminación en las calles hasta un 30%, en cantidad de luminarias y consumo de energía.
- Es fácil darles "rugosidad" a los pavimentos de hormigón durante su construcción, para generar una superficie que provea de mayor adherencia.
- A diferencia del asfalto, el hormigón puede soportar cargas de tráfico pesadas sin que se produzca ahuellamientos, deformaciones o lavado de áridos.
- La superficie dura del hormigón hace más fácil el rodado de los neumáticos. Estudios han demostrado que aumenta la eficiencia de combustible de los vehículos.
- El hormigón se endurece a medida que pasa el tiempo. Después del primer mes, el hormigón continúa lentamente ganando 40% de resistencia durante su vida.
- El hormigón tiene una vida promedio de 30 años.
- Los pavimentos de hormigón frecuentemente sobrepasan la vida de diseño y las cargas de tráfico.
- Los pavimentos de hormigón tienen un mayor valor a largo plazo debido a su mayor expectativa de vida con los mínimos requerimientos de mantención.
- La durabilidad del hormigón disminuye la necesidad de reparación y/o mantenciones anuales, en comparación con pavimentos asfálticos.

Desventajas:

- Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible.
- Se deben tener cuidado en el diseño.

Materiales Necesarios para la Elaboración de una Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico

Cemento

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo II.

Es importante que se cumplan respectivamente con los requisitos físicos y químicos que se señalan en el MTC. El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día ó una jornada de producción normal. Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Supervisor del proyecto, para verificar si aún es susceptible de utilización.

Agua.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NTP debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

Descripción	Limite permisible
Cloruros	300ppm.

Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia orgánica	10 ppm.

Tabla 01: Sustancias Perjudiciales en el Agua **N.T.P 339.00**

Fuente: Cemex

El pH, medido según norma ASTM D, no podrá ser inferior a cinco (5). El contenido de sulfatos, expresado como SO₄, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516. Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l).

Materiales pétreos

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su ulterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales. Perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

Grava

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Malla		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 1/2"	37.50 mm	95 - 100
3/4"	19.00 mm	35 - 70
3/8"	9.50 mm	10 - 30
Número 4	4.75 mm	0 - 5

Tabla 02: Granulometría de la Grava

Fuente: Cemex

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 03: Sustancias Perjudiciales en la Grava

Sustancias perjudiciales	%
Partículas deleznales	0.25
Partículas suaves	5.00
impurezas	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Fuente: Cemex

Cuando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de su calidad, el Especificador podrá ordenar se efectúen pruebas de desgaste de los Ángeles, separando el material sano del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en la muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en los almacenamientos de agregados ya

tratados o en donde vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán obtener desgastes mayores que cuarenta por ciento (40%).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado grueso, a juicio del Supervisor se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12%), en el entendido que el cumplimiento de esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

Arena

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y unos milímetros (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Tabla 04: Granulometría de la Grava

Malla		% QUE PASA
3/8"	9.5 mm	100
Número 4	4.75 mm	95 - 100
Número 8	2.36 mm	80 - 100
Número 16	1.18 mm	50 - 85
Número 30	600 µm	25 - 60
Número 50	300 µm	10 - 30
Número 100	150 µm	2 - 10
Número 200	75 µm	4 máximo

Fuente: Cemex

Patología del Pavimento Rígido

Castillo, C Y Romero, G (2009). El concreto es uno de los materiales más utilizados en el mundo para la construcción y las patologías se trata de evaluar la durabilidad, el diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto; mediante estas

patologías se estudia las posibles causas, consecuencias y posibles soluciones de los daños en el concreto.

Comúnmente se puede decir que la Patología del Concreto se define como el estudio sistemático de los procesos y características de las “enfermedades” o los “defectos y daños “que puede sufrir el concreto, sus causas, sus consecuencias y remedios.

En resumen, en este trabajo se entiende por Patología a aquella parte de la Durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto en los pavimento.

El concreto puede sufrir, durante su vida, defectos o daños que alteran su estructura interna y comportamiento. Algunos pueden ser congénitos por estar presentes desde su concepción y/o construcción; otros pueden haberlo atacado durante alguna etapa de su vida útil; y otros pueden ser consecuencia de accidentes. Los síntomas que indican que se está produciendo daño en la estructura incluyen manchas, cambios de color, hinchamientos, fisuras, pérdidas de masa u otros. Para determinar sus causas es necesaria una investigación en la estructura, la cual incluye:

- Conocimiento previo, antecedentes e historial de la estructura, incluyendo cargas de diseño, el microclima que la rodea, el diseño de ésta, la vida útil estimada, el proceso constructivo, las condiciones actuales, el uso que recibe, la cronología de daños, etc.
- Inspección visual que permita apreciar las condiciones reales de la estructura.
- Verificación de aspectos de la mezcla de concreto que pueden ser importantes en el diagnóstico, tales como la consistencia empleada; tamaño máximo real del agregado grueso empleado; contenido de aire; proceso de elaboración de los especímenes; procedimiento de determinación de las resistencias en compresión, flexión y tracción; verificación de características especiales o adicionales, según requerimientos.

- Conocimiento del diseño y cálculo de la estructura; los materiales empleados; las prácticas constructivas; y los procedimientos de protección y curado; los cuales son factores determinantes del comportamiento de la estructura en el tiempo
- Correspondiendo al Ingeniero Constructor y la Supervisión comprobar que se cumplan las Normas ASTM correspondientes.

Los orígenes de estas patologías se producen por muchas causas dentro de ellas se encuentran:

- El asiento plástico, la retracción plástica, retracción hidráulica, figuración en mapa.
- Dentro de las deformaciones impuestas tenemos, la fluencia, variaciones térmicas, pretensado, asientos del terreno, cambios de color, erosión, congelación.
- Por ataque biológico tenemos, agua de desagüe, invernaderos.
- Por otro lado se tiene la agresión química, ataques por ácidos, ataques por sales, estados límites de servicio como figuración, corrosión; ataques por agua como agua pura, aguas de pantano, aguas de mar, también ataques por gases, por sulfatos, por sustancias orgánicas, anhídrido carbónico y se pueden presentar grandes daños por agregados contaminados o ataques por radiaciones.

Mecanismos de Deterioro del Concreto

Entre los mecanismos de deterioro que sufre el concreto, los cuales lo degradan o destruyen, por acción independiente o combinada de los mecanismos de daño por acciones físicas, mecánicas, químicas o biológicas

La Meteorización

Denominándose así a la alteración física, mecánica o química sufrida por el concreto bajo la acción de la intemperie (sol, viento, lluvia, hielo, u otros). Este fenómeno está muy influenciado por los cambios en la temperatura, la humedad y la presión (viento)

del medio ambiente; pero también, especialmente por la contaminación del mismo medio ambiente que es un factor de continuo crecimiento en los centros urbanos.

La Decoloración y Manchado

Son la acción y efecto de quitar o amortiguar el color de una superficie de concreto, como consecuencia de la meteorización, la presencia de eflorescencias, los ciclos de asoleamiento, los ciclos de humedecimiento y secado, la acumulación de polvo, el lavado por lluvia y/o el escurrimiento de agua.

La Lixiviación

Las aguas blandas, es decir aquellas que tengan pocas impurezas como aguas libres de sales; aguas de condensación industrial; aguas de fusión de glaciares, nieve o lluvia; y algunas aguas de pantano o subterráneas, disuelven los compuestos cálcicos del concreto de igual manera que los ácidos; y por lo tanto, el resultado es la descomposición y lixiviación de la pasta endurecida.

La Expansión de la Masa de Concreto

Se puede presentar como consecuencia de reacciones que forman nuevos productos que aumentan de volumen, como son: el ataque de sulfatos a la pasta de cemento hidratada y endurecida; o, las reacciones álcali-agregado que se dan entre los compuestos alcalinos del concreto y ciertos agregados reactivos. Los síntomas de expansión por ataque por sulfatos son microfisuras y fisuras aleatorias en la masa de concreto afectada, descascaramiento, ablandamiento de la masa, pérdida de resistencia y rigidez. En este caso, también se observa una reducción del pH del estrato acuoso de los poros superficiales, con riesgo de despasivación de la capa de recubrimiento del acero de refuerzo.

Los síntomas básicos de la expansión por la reacción álcali-agregado, son una expansión generalizada de la masa de concreto con fracturas superficiales, profundas y aleatorias para estructuras masivas; y fracturas ordenadas para elementos delgados.

El Recubrimiento de Concreto

Se hace sobre el acero de refuerzo es conocido como la capa protectora o “pasivadora” que protege al acero de la acción agresiva de ciertas sustancias o elementos que pueden ocasionar deterioro o corrosión del acero de refuerzo. Cuando esta capa pasivadora que debe ser densa, compacta y de espesor suficiente, pierde su capacidad de protección, se dice que se ha despasivado.

La despasivación del recubrimiento de concreto se puede dar por el fenómeno de carbonatación de la capa de recubrimiento, que permite el acceso de agua, oxígeno u otras sustancias que pueden reaccionar con el acero de refuerzo.

Evaluación de Pavimentos

Higuera, (2015). Es una de las actividades más importantes del ingeniero de pavimentos, se requiere conocer la condición de los pavimentos para validar los criterios de diseño y establecer los programas de mantenimiento, con lo se permite:

- Determinar la suficiencia estructural del pavimento.
- Establecer las razones por las cuales se encuentra en el estado que presenta en el instante de la evaluación

Una correcta evaluación de pavimentos incluye:

- Evaluación funcional
- Evaluación estructural

Evaluación Funcional

Cuando se habla de evaluación funcional, se refiere al estado que la vía representa debido a los deterioros superficiales. La superficie de las carreteras se diseña y conserva siguiendo un sistema de coste efectivo, para proporcionar niveles aceptables de seguridad y calidad de rodadura para los usuarios de las carreteras y para preservar la integridad estructural del firme.

La mayoría de auscultaciones funcionales son del tipo superficial y definitivamente no destructivas, se pueden citar las siguientes características superficiales:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia al deslizamiento
- Regularidad superficial o lisura (longitudinal y transversal)
- Propiedades reflexivas y color
- Ruido de contacto neumático – pavimento
- Proyecciones de agua al paso de los vehículos
- Consumos debidos al contacto neumático – pavimento
- Permeabilidad y drenabilidad
- Tiempo de congestión
- Limpieza
- Resistencia al ataque de los aceites y combustibles, entre otras.

Los aspectos funcionales que usualmente se conocen con el apoyo de estas técnicas son la seguridad, comodidad, gastos de explotación, contaminación ambiental, etc.

Evaluación estructural

Las carreteras además de proporcionar una superficie segura y cómoda deben resistir la carga de los vehículos pesados que producen una pérdida lenta y progresiva de la capacidad inicial de resistir esas cargas. La forma más frecuente de establecer la capacidad estructural del firme es determinando la deflexión con desplazamiento vertical bajo una carga normalizada de referencia.

La deflexión es un valor evolutivo que representa el estado estructural del firme, respecto a un valor inicial de deflexión mínima. Las técnicas de interpretación de los valores de la deflexión permiten cuantificar las actuaciones necesarias de refuerzo o

rehabilitación del firme. El valor de la deflexión se debe interpretar en función del firme y de los espesores de las capas que lo constituyen.

La función estructural depende de la propia capacidad resistente (materiales y espesores), así como del estado de envejecimiento del pavimento, por lo que la auscultación estructural debe incluir mediciones de deflexión y una inspección visual.

La metodología de auscultación estructural ha ido variando con el tiempo en función de los continuos avances de la tecnología y se requiere que los nuevos equipos de medición permitan la evaluación sistemática de los parámetros característicos del pavimento, posibilitando un buen rendimiento operacional y que su trabajo interfiera lo menos posible con el uso normal de la carretera.

Los posibles resultados de una evaluación estructural son:

- Evaluación de capacidad de soporte
- Evaluación de transferencia de carga
- Diseño de rehabilitaciones
- Retro cálculo de los parámetros de resistencia de las capas
- Monitorear cambios de las propiedades
- Detectar pérdida de soporte en las esquinas
- Realizar predicciones de vida remanente

Deterioro de Pavimentos

Tipos de Fallas en Pavimentos Rígidos

Falla 1: Estallidos

Los estallidos ocurren generalmente en climas cálidos, usualmente en correspondencia con juntas o fisuras transversales que no son lo suficientemente anchas para permitir la expansión de las losas de hormigón. El ancho insuficiente se debe, generalmente, a la infiltración de material no compresible en el espacio de la

joint. When the pressure due to expansion cannot be released, the edges of the slab buckle upwards, or a fragmentation will occur in the vicinity of the joint. Spalls can also occur in grooves or drainage structures. This type of pathology is usually repaired immediately due to its high potential for severe damage to aircraft. The reason for mentioning spalls here is their importance at the moment of evaluating the suitability of closed sections.

Falla 2: Rotura de Esquinas

Corner cracking is a crack that intersects joints at a distance less than or equal to half the length of the slab on each side, measured from the corner of the slab. Corner cracks are caused by repetition of loads, combined with the loss of support and tensions by curling. A corner crack is distinguished from a corner spall because the crack extends vertically through the total thickness of the slab, while the corner spall intercepts the joint at an angle.



Figura 04: Rotura de Esquina

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 3: Fisuras Longitudinales, Transversales y Diagonales

These cracks, which divide the slab into two or three parts, are generated by the solicitations produced by the expansion and contraction or curling of the pavement (Para

losas divididas en cuatro o más partes ver las imágenes a continuación). Las fisuras de severidad baja están generalmente asociadas a alabeo o fricción, y no se considera que acarreen problemas estructurales serios. Las fisuras de mediana a alta severidad se producen por el trabajo del pavimento y se consideran patologías estructurales serias.



Figura 05: Fisuras Longitudinales

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 4: Fisura de Durabilidad “D”

La fisura “D” usualmente aparece como un patrón de fisuras en proximidad o paralela a una junta o a una fisura lineal. Está causada por la incapacidad del hormigón de soportar factores ambientales como los ciclos congelamiento y deshielo. Generalmente puede observarse un oscurecimiento de la zona alrededor de las fisuras finas de durabilidad. Este tipo de fisuración puede llevar eventualmente a la desintegración del hormigón a una distancia de 1 a 2 pies (300 a 600 mm) de la junta o la fisura.



Figura 06: Fisuras de Durabilidad

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto – PCI

Falla 5: Daño del Sellado de Juntas

El daño en el sellado de juntas es todo aquel que permite que partículas de suelo o rocas se acumulen en las juntas o que permita la infiltración del agua. La acumulación de materiales incompresibles no permite que las losas se expandan y puede llevar al alabeo, fragmentación o desprendimiento de material. La infiltración del agua a través del daño en el sellado de juntas puede causar ablandamiento y deterioro de la subbase, lo cual puede ser prevenido mediante la incorporación de selladores flexibles vinculados a los bordes de las losas. Las condiciones típicas de daño en el sellado de juntas incluyen: (a) desprendimiento del material de sellado, (b) extrusión del material de sellado, (c) crecimiento de material orgánico, (d) endurecimiento del sellador (oxidación), (e) pérdida de adherencia a los bordes de las losas, y (f) ausencia o falta de sellador en la junta.



Figura 07: Daño del Sellado de Juntas

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 6: Bacheos Menores (menos de 0.5 m²)

Un bacheo es un área del pavimento que ha sido reemplazada por un material de relleno. Con el fin de evaluación, el bacheo se divide en dos tipos: menores (áreas menores a 0,5 m²) y mayores (áreas mayores a 0,5 m²). Los bacheos mayores se describirán más adelante.



Figura 08: Bacheo Menor

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto – PCI

Falla 7: Bacheos Mayores (más de 0.5 m²) y Cortes para Instalaciones

La definición es la misma que para bacheos menores. Un corte para las instalaciones se refiere al material utilizado para rellenar el área en el que se ha removido el pavimento original por haber colocado una instalación subterránea. Los grados de severidad en un corte para instalaciones son los mismos que para un bacheo común.



Figura 09: Bacheo Mayo

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 8: Pérdidas Repentinas

Una pérdida repentina se manifiesta por una pequeña pieza del pavimento que se desprende a causa de los ciclos de hielo y deshielo en combinación con agregados

expansivos. Las pérdidas repentinas varían aproximadamente entre 25 y 100 mm en diámetro y entre 13 y 51 mm en profundidad.

Falla 9: Bombeo

El bombeo se caracteriza por la expulsión de agua y material del sub suelo (o la sub base) a través de juntas o fisuras del pavimento, causada por la deflexión de la losa al recibir la carga del tráfico de las aeronaves. A medida que el agua es expulsada, transporta partículas de grava, arena, arcilla, o limo resultando en una pérdida progresiva del soporte para el pavimento. Manchas en la superficie y la presencia de material de la sub base o del subsuelo próximo a las juntas del pavimento son evidencia del bombeo. El bombeo próximo a las juntas indica un sellado de juntas pobre y una pérdida de soporte, que derivará en fisuración bajo la acción de la repetición de cargas. Se debe identificar el sellado de juntas defectuoso antes de identificar la presencia de bombeo. El bombeo puede ocurrir tanto en juntas como en fisuras.

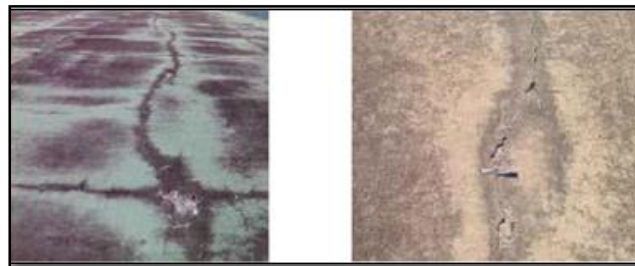


Figura 10: Bombeo

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 10: Desprendimiento superficial, mapa de fisuras, fisuras erráticas

Un mapa de fisuras o fisuras erráticas se refieren a una red de fisuras poco profundas que se extienden solo a través de la superficie superior del hormigón.

Las fisuras suelen intersectarse en ángulos de 120 grados. Las fisuras erráticas resultan usualmente por un curado inapropiado y/o acabado del hormigón y puede llevar al desprendimiento, desgranamiento superficial

El desprendimiento superficial puede alcanzar una profundidad aproximada de 6mm a 13mm. El desprendimiento superficial también puede ocurrir a causa de la presencia de sales para deshielo, una construcción mal ejecutada, por ciclos de congelamiento y deshielo, o por un agregado de mala calidad.



Figura 11: Desprendimiento superficial, mapa de fisuras, fisuras erráticas

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 11: Asentamientos o Fallas

Los asentamientos o fallas son diferencias de elevación en correspondencia con una junta o una fisura causados por un desplazamiento relativo (levantamiento) de la losa o consolidación no uniforme del material de la sub base o del sub suelo.



Figura 12: Asentamiento o Fallas

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto – PCI

Falla 12: Losa Cuarteada

Una losa cuarteada se define como aquella en la que las fisuras que se interceptan la dividen en cuatro o más piezas. Esto se debe a un exceso de cargas y/o un soporte inadecuado de la fundación. Si todas las piezas o fisuras están contenidas dentro una rotura de esquina, entonces la patología debe ser identificada como una rotura en esquina severa.



Figura 13: Losa Cuarteada

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 13: Fisuras por Contracción

Las fisuras por contracción son normalmente delgadas y se extienden algunos centímetros, no en la longitud total de la losa. Se forman durante el acabado y curado del hormigón y no se extienden a través del espesor total de la losa.



Figura 14: Fisuras por Contracción

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 14: Desprendimiento (en juntas Longitudinales y Transversales)

El desprendimiento se refiere a la rotura de los bordes de losas a menos de 0,60 m de la junta. Usualmente, el desprendimiento no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intercepta la junta en ángulo. El desprendimiento se produce por esfuerzos excesivos en la junta o por fisuras ocasionadas por la infiltración de materiales incompresibles o por sobrecarga de tráfico. La combinación de un hormigón débil (causado por fatiga) y sobrecarga de tráfico es otra causa del desprendimiento.



Figura 15: Desprendimiento (en Juntas Longitudinales y Transversales)

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto - PCI

Falla 15: Desprendimiento en la Esquina

El desprendimiento en la esquina es el resquebrajamiento o el ondulado de la losa a una distancia dentro de aproximadamente los 2 pies (600 mm) desde la esquina. Se diferencia de la rotura de la esquina en que el desprendimiento se extiende con un ángulo para interceptar la junta, mientras que la rotura se extiende verticalmente a través de la losa.



Figura 16: Desprendimiento en la Esquina

Fuente: Manual de Diseño de vías de Superficie de concreto – PCI

Factores que Influyen en los Pavimentos

- Trafico
 - ❖ Carga bruta y presión de llantas
 - ❖ Propiedades del terreno de fundición y materiales del pavimento
 - ❖ Repetición de carga
 - ❖ Radio de influencia de carga
 - ❖ Velocidad eje y configuración de rueda
- Clima
 - ❖ Propiedades pluvial
 - ❖ Expansión por congelamiento
 - ❖ Deshielo del inicio de primavera
 - ❖ Contracción Y Expansión
 - ❖ Congelamiento – deshielo y húmedo - seco
- Geometría del proyecto (diseño vial)
 - ❖ Distribución del Trafico en el pavimento
- Posición de la estructura
 - ❖ Secciones de corte y relleno
 - ❖ Profundidad del Nivel Freático
 - ❖ Deslizamiento y problemas relacionados
 - ❖ Deposito ligeramente profundos
- Construcción y Mantenimiento
 - ❖ Deficiencia en la compactación del terreno de fundición y/o cimiento
 - ❖ Fallas: instalaciones y Mantenimiento de juntas

- ❖ Inadecuada colocación de guías en los niveles
- ❖ Escarificado y eliminación de materiales superiores al especificado

Evaluación de las Patologías

El deterioro de las estructuras de un pavimento es una función de la **CLASE DE DAÑO, SU SEVERIDAD Y CANTIDAD O DENSIDAD DEL MISMO**. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones.

Para superar estas dificultades se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el cuadro se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción descriptiva de la condición del pavimento.

Tabla 05: Cuadro de calificación del PCI

Rango PCI %	Estado
0 - 10	Falla
11 - 25	Muy Malo
26 - 40	Malo
41 - 55	Regular
56 - 70	Bueno
71 - 85	Muy Bueno
86 - 100	Excelente

Fuente: Elaboración Propia

El Cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establece CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta.

El PCI se desarrolla para obtener un índice de la magnitud estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie.

La información de los datos obtenidos como parte del inventario ofrece una percepción clara de la causa de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

Se debe establecer el inventario de pavimento. Es Decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos:

RED: El conjunto de pavimentos a ser administrados

SECCIÓN: La menor unidad de administración con características homogéneas (por ejemplo: tipo de pavimento, estructura, historia de construcción, condición actual, etc.)

Tabla 06: Correlación de Categoría de Acción con un rango de PCI

PCI	Estado	INTERVENCIÓN
0 – 30	Malo	construcción
31 – 70	Regular	rehabilitación
71 – 100	Bueno	mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de las Unidades de Muestreo

Medina, P (2015).El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

- Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
- Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.

- Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.
 - Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento.
 - Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras 70 que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.
- Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.
- El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la siguiente ecuación y redondeando el valor obtenido de “n”.

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

Donde:
e = Error admisible en el cálculo del PCI de la sección (e=±/ 5 puntos del PCI)
σ = Desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección.
N = Número total de unidades de muestra en la sección.
n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

Figura 17: Número Mínimo a Unidades a Evaluar

Fuente: Medina, P (2015).

Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 10. Esta suposición debe ser comprobada de la forma como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de “n”.

Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ($n < 5$), se recomienda evaluar todas las unidades.

Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación estándar de la siguiente manera:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}}$$

Dónde:
PCI_i = PCI de la unidad de muestra i.
PCI_f = PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.
n = Número total de unidades de muestra analizadas.
s = Desviación estándar.

Figura 18: Desviación Estándar

Fuente: Medina, P (2015).

Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula redondeando el resultado al próximo número entero menor:

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

Dónde:
N = número total de unidades de muestra en la sección.
n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

Figura 19: Intervalo del Espaciamiento

Fuente: Medina, P (2015).

La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “i”. Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “i” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas

Evaluación de la Condición

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipos

- ❖ Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- ❖ Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

Procedimientos

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños, y se registrar la información en el formato correspondientes.

Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en formatos cada reglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

Calculo del PCI de las Unidades de Muestreo

Culminada la inspección de campo y con la información recolectada sobre las fallas existentes, se procede a calcular el PCI, el cual se basa en el término de “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. El proceso de cálculo se divide en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

Calculo del PCI para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto Aplicando la Norma ASTM D5340

Etapas 1. Calculo de los valores Deducidos (DV)

- Sumar la cantidad total de cada tipo de daño para cada nivel de severidad. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- Dividir la cantidad total de cada tipo de daño según el nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual para cada tipo y severidad de daño.
- Determine el valor reducidos para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para pavimento rígido, las cuales se muestran en los anexos.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2%, el valor reducido total es usado en lugar del máximo valor reducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos e y f.

- Crear una lista de los valores Deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Se determina el número máximo admisible de valores Reducidos (m) utilizando la gráfica de ajuste del número de valores reducidos o la siguiente fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$$

Dónde:
HDV_i = mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.
m = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.

Figura 20: El máximo Número Permisibles

Fuente: Medina, P (2015).

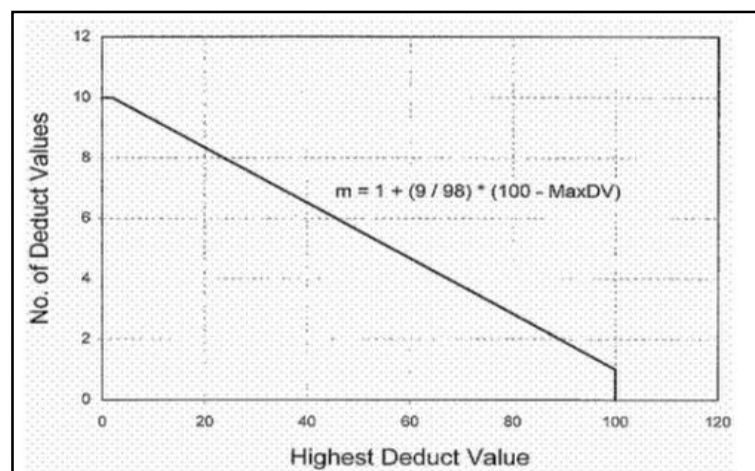


Figura 21: Ajuste de números de valores deducibles

Fuente: Vásquez (2002)

El número de valores individuales deducidos se reduce al valor m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

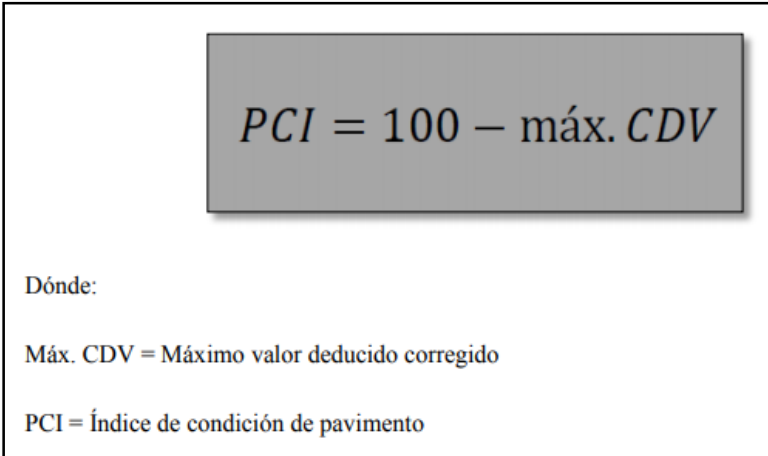
Etapa 3. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

Luego de determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), se debe seguir un proceso de iteración para hallar el máximo valor deducido corregido. Primero se determina el valor deducido total, sumando todos los valores deducidos individuales.

- Determinar el CDV con q (En la primera iteración $q=m$) y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a “ $m - 1$ ”. Se repite el mismo procedimiento hasta logra que $q= 1$.

- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que nos permitirá hallar el PCI haciendo uso de la siguiente fórmula:


$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

PCI = Índice de condición de pavimento

Figura 22: Índice de condición de pavimento

Fuente: Medina, P (2015).

Calculo del PCI de una Sección de Pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariados, el PCI de la sección, será promediado de los PCI calculado en las unidades de muestreo.

Se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistematizada o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) * PCI_r] * (A * PCI_a)}{N}$$

Donde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento

PCIr: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorio

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

N: Número total de unidades de muestreo en la sección

A: Numero adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

Manual de Daños

Calidad de Tránsito (ride quality)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, para la presente investigación. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo): se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un

ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observa el grado de abultamiento o hundimientos.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requieren alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad-, o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamiento o hundimientos.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son una excesivas que reducirse la velocidad de forma considerables en aras de la comodidad y la seguridad; o los de abultamiento o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando un incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. Para el caso de presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamiento o hundimientos.

La calidad de transito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanos a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximadamente a la señal. Siendo la presente investigación para plataformas deportivas, no se analizaran patologías cuya causa es debido al tránsito.

Ensayos de Laboratorio:

Los ensayos de laboratorio que se efectuaron a las muestras obtenidas del campo están referidos a las Normas ASTM o en su equivalencia las Normas Técnicas Peruanas (NTP), según los requerimientos del estudio de las canteras y que permitan resumirse de la siguiente manera:

Análisis granulométrico por tamizado	(ASTM D-422) o (NTP 400.012)
Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	(ASTM D-423)
Contenido de humedad	(ASTM D-2216) o (NTP 339.127)
Próctor modificado	(NTP 339.141)
California Bearing Ratio (CBR)	ASTM D-1883) o (NTP 339.145)

Figura 23: Ensayos de Laboratorio

Fuente: NTP

Granulometría:

La granulométrica, la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica (**Berry, 2007**).

Método de determinación granulometría:

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos, tomando

por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó (Berry, 2007).

CLASIFICACION AAHSTO

MUESTRA: A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa

M - 1

MUESTRA:

M- 2

Material granular (35% o menos del total pasa N° 200)

CLASIFICACION (S.U.C.S.)

MUESTRA: LL: 32.8 LP: 16.64 IP: 16.16 Arena Arcillosa con
M - 1 grava SC

MUESTRA: LL: 32.8 LP: 16.64 IP: 16.16

M- 2

Arena con más del 12% de finos pasantes del Tamiz N° 200

Dónde: CS = Arena Arcillosa

Contenido de Humedad:

Contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

La determinación de contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco (Berry, 2007).

ENSAYO N°	C -1	C - 2
Profundidad (Mts.)	1.5	1.5
Peso de tara ± MH	977	980
Peso de tara ± MS	939	918
Peso de Tara	0	0
Peso de Agua	38	62
MS	939	918
Contenido de Humedad (%)	4.05	6.75

Próctor Modificado:

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en laboratorio las condiciones dadas de compactación en terreno. Históricamente, el primer método, respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el debido al Próctor y que es conocido como prueba Próctor estándar. El más empleado, actualmente, es el denominado prueba Próctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el estándar siendo el que está más de acuerdo con las solicitudes que las modernas estructuras imponen al suelo. También para algunas condiciones se utiliza el que se conoce como Próctor de 56 golpes (Berry, 2007).

METODO COMPACTACION "C"		
NUMERO DE GOLPES 56	C -1	C - 2
Energía de Compactación Estándar	27.7 kg.cm/cm ³	27.7 kg.cm/cm ³
Contenido Optimo de Humedad	8.50%	7.20%
Densidad Seca Máxima	1.970 g/cm ²	1.958 g/cm ²

Limite Plástico:

Es la humedad a partir de la cual un suelo deja de tener un comportamiento frágil para pasar a tenerlo plástico, es decir, la humedad límite entre el estado sólido y el plástico. A partir de esta humedad, el suelo puede sufrir cambios de forma irreversibles sin llegar a fracturar, y por debajo de esta el suelo no presenta plasticidad (Berry, 2007).

Capacidad de Soporte (CBR):

El Ensayo CBR (Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos a la construcción, como también lo son el Ensayo Próctor y los análisis granulométricos del terreno (Berry, 2007).

Causas Probables de las Fallas en los Pavimentos**Tránsito**

Es uno de los factores más importantes ya que la evolución de las deformaciones y fisuras en el pavimento están ligadas a la magnitud de la carga por eje de rueda, duración de la aplicación y el número de repeticiones.

Deficiencia del proyecto

El empleo de métodos de diseño que resultan inadecuados en la actualidad o para la región trae consigo un mal dimensionamiento de la estructura del pavimento, no consideración de los factores ambientales, tipos de suelos, etc.

Calidad de materiales

Comienza con un ineficiente o en muchos casos ausencia del estudio de cantera, una preparación de los materiales con granulometría inadecuada. No hay un adecuado control de calidad de los materiales (agregado, cemento, agua).

Deficiencias durante el proceso constructivo

Espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación.

Factores Climáticos

Factores importantes tales como las variaciones climáticas, que producen las contracciones de las mezclas; las precipitaciones, que originan los anillos y/o que se infiltran en las fisuras agravando las condiciones del pavimento.

Factores Aleatorios

Algunos factores no manejables cuantitativamente pero que se deben prever en el diseño son: aniegos, saturación de estructuras por fugas en las redes de agua y desagüe, y uno muy importante pocas veces considerado como es el aspecto social: aguas negras y desperdicios orgánicos arrojados sobre el pavimento.

Deficiente mantenimiento

Deficiente mantenimiento por escasez de equipo, fondos o personal capacitado, por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas, o bien, por una falta total de conservación.

Tabla N° 07 Tablas de Fallas en Pavimentos Rígidos

Tipo de Falla	Denominación de la manifestación	Definición	Causas	Posible tratamiento correctivo
Fallas de regularidad y superficie	Asentamientos	Desviación longitudinal de la superficie del pavimento con relación a su perfil original	-Falta de soporte de la Subrasante. - Cambio volumétrico de la Subrasante por modificación de su estado de humedad	Estabilización de losas. Reconstrucción localizada.
	Baches	Hoyos en la superficie del Pavimento.	- Materiales deleznable como Terrones de arcilla. - Mortero poco homogéneo.	Si el deterioro es generalizado, reparar colocando una carpeta asfáltica, siempre que se garantice la adherencia entre Capas
	Bombeo	Expulsión de agua con finos, a través de juntas, grietas y borde externo del pavimento, al pasar un vehículo pesado.	-Presencia de agua debajo de la losa - Material de apoyo erosionable - Tráfico pesado y frecuente.	- Resellar juntas y grietas. - Instalar drenes de borde. - Estabilización de losas.
	Escalonamiento	Desplazamiento vertical diferencial de losas adyacentes, en juntas o grietas.	- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta. - Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas. - Drenaje insuficiente.	- Mejorar el sistema de drenaje. Severidad baja y media: cepillado de la superficie - Severidad alta: estabilización de losas y mejorar transferencia de cargas.
	Fisuramiento por retracción	Fisuras delgadas en forma de mapa que afectan solo la superficie de la losa.	Contracción plástica Concreto, que aparece antes de la fragua final, por secado prematuro.	- Para cualquier nivel de deterioro: reparación de espesor parcial.

				- Colocar un parche asfáltico.
	Desintegración	Desintegración progresiva de la superficie perdiéndose primero la textura y luego el mortero, quedando el árido grueso expuesto.	- Concreto con exceso de mortero o mal dosificado. - Curado inapropiado.	-Reparación de espesor parcial. -Recubrir con una mezcla asfáltica y garantizar la adherencia entre capas.

Tipo de Falla	Denominación de la manifestación	Definición	Causas	Posible tratamiento correctivo
Fallas de regularidad y superficie	Textura inadecuada	La superficie del pavimento parece pulida sin textura superficial original, haciéndolo resbaladizo	- Mala calidad del agregado. - Acabado inadecuado. - Contaminación de la superficie	- Cepillado de la superficie. - Colocar un sello de fricción, garantizando la adherencia con el pavimento. - Construir un micropavimento.
	Agrietamiento por durabilidad.	Grietas finas muy cercanas y con forma de un cuarto de luna y se inicia en las esquinas de las losas.	- Reactividad álcali- sílice de los agregados que conforman el concreto, cuando estos se congelan y expanden.	- Severidad baja y media: reparación de espesor parcial. - Severidad alta: reparación en todo el espesor.
	Descascaramiento, despostillamientos, saltaduras en juntas y grietas.	Son roturas o desprendimientos del concreto a nivel de juntas o grietas.	- Infiltración de materiales incompresibles dentro de la junta o grieta. - Debilitamiento de las juntas bordes debido al tránsito intenso y pesado.	- Severidad baja: sellado de juntas y grietas. - Severidad media y alta: reparación de espesor parcial.
	Punzonados	Es cuando una sección de losa situada entre dos grietas de contracción se rompe y desciende bajo la acción de cargas repetidas	- Altas deflexiones en el borde del pavimento. - Bombeo de la subbase y pérdida de soporte.	- Estabilización de losas. - Reparación en todo el espesor

	Parches deteriorados	Área de una losa que ha sido removida o reemplazada por un material (concreto o asfalto), y que se encuentra deteriorada.	<ul style="list-style-type: none"> - En parches asfálticos: capacidad insuficiente. - En parches de concreto: insuficiente traspaso de cargas en las juntas 	<ul style="list-style-type: none"> - En parches asfálticos: remover y reemplazar este material. - En parches de concreto: rehacer el parche colocando pasadores.
	Levantamientos localizados	Levantamiento de parte de la losa , localizado a ambos lados de una junta transversal o grieta Habitualmente el concreto afectado se quiebra en varios trozos	<ul style="list-style-type: none"> - Losas de longitud excesiva. - Mala colocación de pasadores - Presencia de suelos expansivos a poca profundidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reparar en todo el espesor. - Reconstruir la junta de contracción cuando corresponda.

Tipo de Falla	Denominación de la manifestación	Definición	Causas	Posible tratamiento correctivo
Grietas	Longitudinales	Son líneas de rotura que se presentan en el sentido del eje del pavimento, de modo que separa la losa en dos partes.	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento de la cimentación. - Fatiga de la losa. - Losa de ancho excesivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Severidad media y baja: sellado de juntas y grietas. - Severidad alta: reparación en todo el espesor. - Colocación de barras en cruz.
	Transversales	Son líneas de rotura que se presentan en sentido normal al eje del pavimento, de modo que separa la losa en dos partes	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento de la cimentación. - Espesor de la losa insuficiente para soportar las sollicitaciones. - Cimentación no nivelada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Severidad media y baja: sellado de juntas y grietas. - Severidad alta: reparación en todo el espesor. - Colocación de barras de traspaso de carga o pasadores.

Esquina	Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar la juntas transversal y longitudinal.	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga en las esquinas. - Deficiente transmisión de cargas entre las juntas. - Falta de apoyo de la losa, originado por la erosión de la base o alabeo térmico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Severidad media y baja: sellado de juntas y grietas. - Severidad alta: reparación en todo el espesor.
Diagonales	Son aquellas que siguen un curso casi diagonal a la línea central de la vía.	<ul style="list-style-type: none"> - Puede deberse a falta de soporte de la subrasante o calidades diferentes de subrasante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Severidad media y baja: sellado de juntas y grietas. - Severidad alta: reparación en todo el espesor. - Colocación de barras de traspaso de carga o pasadores
Fracturación Múltiple	Son grietas que se encuentran interconectadas entre si y forman grandes o pequeños polígonos que dan origen a numerosos trozos separados	Fatiga de la losa debido al tránsito intenso y pesado.	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación en todo el espesor, reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.

Consecuencias Debido A Las Fallas En Pavimentos

Costo de Operación de Los Vehículos

Originan un mayor costo de operación de los vehículos que transitan sobre ellos.

Algunos de estos son:

Mayor consumo de combustible, gastos de mantenimiento, etc.

Demora en el tiempo de viaje de los usuarios

Obligan a la disminución de la velocidad de los vehículos, originando una demora en el tiempo para el usuario.

Posibles Accidentes

Situaciones de alto riesgo de producir choques al tratar de esquivarlas, o al no percatarse de estos pueden causar accidentes y a la vez causar daño a la propiedad.

Incomodidad de los usuarios

Fuerzan al vehículo a pequeños sobresaltos y demás incomodidades.

Falta de estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor

Conlleven al conductor evitar en lo posible pasar por dicha vía.

El Objetivo General del presente estudio es: Evaluar qué tipos de fallas presentan la estructura del pavimento rígido en el Jr. San Martín de la ciudad de Caraz.

- ✓ Determinar el tipo y nivel de las patologías de vías
- ✓ Determinar el Índice de condición del pavimento rígido (PCI).
- ✓ Determinar el índice de integridad estructural del pavimento rígido y de condición operacional.
- ✓ Determinar las causas que originan las patologías.

II.- Metodología del Trabajo

La investigación será de tipo APLICADA de tipo descriptivo, analítico no experimental y de corte transversal.

Es descriptivo por describe una realidad, sin alterarla.

Analítica por que estudia a detalle de cada patología y establece las posibles causas.

Es no experimental porque se estudia el problema y se analiza sin manipular o modificar la variable.

Es de corte transversal porque los datos han sido tomados en un momento dado, en un periodo exclusivo.

Diseño de Investigación

Se efectuó siguiendo el método PCI (índice de condición de pavimento), para el desarrollo de la siguiente investigación.

Esquema del diseño:



Dónde:

M: Muestra

O: Observación

A: Análisis

O: Evaluación

Población y Muestra

Para la presente investigación la población está dada por todo el pavimento a evaluar.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 08: Técnicas e Instrumentos de Investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO
	Guía de observación Resumen.
Observación	Fichas técnicas de observación.

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación de la condición incluye lo siguiente:

- Regla y cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamiento o depresiones, así como para medir las longitudes de los paños
- Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidades suficientes para el desarrollo de la actividad

Procesamiento y Análisis de la Información

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- ✓ Los datos serán procesados Excel y AutoCAD.
- ✓ El análisis se realizará con tablas y gráficos, considerando los rangos de calificación de PCI.

Para efectuar la evaluación superficial de pavimentos de la red vial seleccionada, se han considerada, se han considerado 3 pasos importantes a realizar en base a la necesidad de identificar los defectos o fallas del pavimento, que serán materia de evaluación específicamente en relación a las características físicas de la calzada y la superficie de rodadura.

La evaluación a realizar para efectos prácticos considera la toma de datos como la base de la metodología principal a desarrollarse a partir de la inspección visual del pavimento, debiéndose hacer anotaciones de lo observado mientras se maneja o camina sobre la red

vial en estudio, en planillas específicamente preparadas para tal fin. Dentro de los elementos viales, prioritarios a ser inspeccionados están:

Pasos para la Evaluación de Patologías del Pavimento Rígido

A continuación se describen en forma resumida los pasos a seguir para efectuar la evaluación superficial de los pavimentos de la red vial materia de estudio, mediante la inspección visual de las vías.

Paso 1:

Inspecciones visuales de la vía: para tal efecto se efectuara un recorrido de la vía a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada para lo cual será necesario seleccionar tramos de características y condiciones homogéneas. Para efectos de ayudar en el manejo de la información y obtener una imagen completa de la vía entre dos puntos. Los tramos eran cortados a través de los carriles en el mismo punto. Así, si en una dirección el tramo empieza en un punto diferente de otro, en la otra dirección, este deberá también ser artificialmente dividido en dicho punto, aun pensando que no se requería hacerlo, constituyéndose en tramos apropiados para ser evaluados.

Paso 2:

Observaciones de falla: determinar las condiciones del pavimento recorriendo la vía lentamente para observar manifestaciones de fallas. Se deben hacer dos o tres paradas por tramo para examinar las fallas en función de tipo, severidad y extensión de la manifestación y ocurrencia de dichas fallas.

Paso 3:

Registro en planilla de evaluación: se deberá efectuar registros de todo lo observado en el recorrido de la inspección visual, anotando todas las manifestaciones de fallas, en las unidades de medida correspondientes que permitan determinar los tratamientos de mantenimiento posibles de aplicar. De esta manera se tendrá definida la condición del

pavimento de determinada vía y/o red vial, que posibilitara definir la política de ejecución inmediata de los programas de conservación vial urbana.

Descripción De Daños En Pavimento Rígido Observada En La Ciudad De Caraz

1. Grieta Transversal o Diagonal



Fotografía N° 01:

Descripción:

Fractura miento o grietas de la losa que ocurre predominante perpendicular al eje de la calzada, o en forma oblicua a esta, dividiendo la misma en dos planos.

Niveles de Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

L. (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm., sin saltaduras y escalamiento imperceptibles.
- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

M. (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm., con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm y saltaduras de ancho menores a 50 mm.

- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

H. (Alto) Existen algunas de las condiciones:

- ✓ Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm y fisuras selladas, con despostillamiento severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm., y saltaduras de ancho mayor a 50 mm. O escalamiento mayor a 6 mm.

Medición

Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede medirse:

- ✓ Registrándola por losa, totalizada el número de losas afectadas por fisura transversal y/o longitudinales.
- ✓ Determinar en número y la longitud de grietas para cada nivel de severidad
- ✓ Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.
- ✓ Determinar la longitud total de grietas agrupadas por nivel de severidad, que tenga el sello en buenas condiciones.

2. Grieta Longitudinal



Fotografía N° 02:

Descripción:

Fracturamiento o grietas de la losa que ocurre predominante paralela al eje de calzada o que extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, dividiendo la misma en dos planos.

Niveles de Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo al ancho de la fisura, condición y estado de los bordes, según la siguiente guía:

L. (Bajo) Existen algunas condiciones siguientes:

- ✓ Fisura fina, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm., sin saltaduras y escalonamiento imperceptibles.
- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria, no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

M. (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm., con saltadura de ancho menor a 50 mm. O escalamiento menor a 15 mm.
- ✓ Fisuras de hasta 10mm. De ancho acompañados de despostillamiento y/o dislocamiento de hasta 10 mm.
- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

H. (Alto) Existen algunas de las condiciones:

- ✓ Fisuras de ancho mayor de 10 mm., saltaduras de ancho mayor a 50 mm. O escalamiento mayor a 15m.
- ✓ Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamiento severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición:

Una vez identificada la severidad de la fisura, esta pueda ser medida:

- ✓ Determinar la longitud y número de grietas longitudinales para cada nivel de severidad
- ✓ En metros lineales, totalizando metros lineales en sección o muestra.
- ✓ En términos de números de losas afectadas, totalizando el número de estas que evidencien fisuras longitudinales.
- ✓ Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud de grietas longitudinales selladas, clasificándolas según nivel de severidad.

3. Grieta de Esquina



Fotografía N° 04:

Descripción:

Es una fisura o grieta q o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Origina un trozo de losa de forma triangular al interceptar las juntas transversal y longitudinal, formando un ángulo de 50 grados con dirección al tránsito. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Niveles de Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) considerando la severidad misma de la fisura que origina, como el estado del pavimento comprendido por la misma y los bordes de la losa, de acuerdo con la siguiente guía

L. (Bajo) Longitud con saltaduras menores al 10% de su longitud, el fracturamiento es definido por una fisura de severidad baja y el área entre esta y las juntas no se encuentran fisurado o bien hay alguna pequeña fisura. Escalamiento imperceptible y el trozo de esquina está completo.

M. (Mediano) Saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud, el fracturamiento es definido por una fisura de severidad moderada y el área y las juntas se encuentran medianamente fisurada. Saltadura de la grieta o junta menor a 15 mm. Y el trozo de esquina está completo.

H. (Alto) Saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud, el fracturamiento es definido por una fisura de severidad alta y el área entre esta y las juntas se encuentra muy fisurado o presenta hundimiento. Saltadura de la grieta o junta es mayor o igual a 15 mm. O el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.

Medición:

La fisura de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en términos de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina está quebrando en dos o más pedazos.

- ✓ Establecer el número de grietas de esquina para cada nivel de severidad
- ✓ Clasificarlos con el más alto nivel de severidad presenta en al menos el 10% de la longitud.
- ✓ Contiene una única fisura de esquina.
- ✓ Contiene más de una fisura del mismo nivel de severidad.
- ✓ Contiene dos o más fisuras de diferentes niveles de severidad. En este caso se registra el nivel de severidad correspondiente a las más desfavorables.

También puede medirse en metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra evaluada.

4. Losas Divididas



Fotografía N° 05:

Descripción:

Fracturamiento o grietas de la losa de concreto conformado una mapa de fisuras, combinando fisuras longitudinales, transversales y /o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Niveles de Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) considerando la severidad misma de la fisura que detienen la malla y el número de paños en que queda dividida la losa, de acuerdo la siguiente tabla.

Tabla 09: Niveles de Severidad de Losas Subdivididas

	Nivel de Severidad	N°. de Paños en que se divide la losa
L	Bajo	4 ó 5
M	Mediano	De 6 a 8
H	Alto	Más de 8

Fuente: Elaboración Propia

Medición:

Se miden contando la cantidad total que existe en una sección muestra, en términos del número de losas afectadas según su severidad. Si se registró como de severidad mediana a alta, no se cuenta otros daños que pudieron evidenciar la losa. El registro se lleva separadamente para cada nivel de severidad.

5. Fisuras en Bloque

Fotografía N° 06:

Descripción:

Fracturamiento o grietas que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a 1 m cuadrado.

Niveles de Severidad:

Se establece tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) en base a la severidad de las fisuras que detienen la malla, de acuerdo con la siguiente guía:

L. (Bajo) Bloque definidos por fisuras de severidad baja; los planos relativamente amplios y se mantienen ligados.

M. (Mediano) Bloque definidos por fisuras de severidad moderada; los planos son más pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de la fisura.

H. (Alto) Bloque definidos por fisuras de severidad alta; evidenciándose un severo despostillamiento de los bordes de la fisuras, con tendencia a formar bache.

Medición:

Una vez identificada la severidad de la falla, esta puede ser medida:

- ✓ En metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en la sección o muestra.

En términos de cantidad de losas afectadas, totalizando el número en la sección o muestra; de existir en una misma losa dos manifestaciones se adoptan el nivel de severidad de la fisura predominante.

6. Parchados



Fotografía N° 07:

Descripción:

Un parche es una área superior a 0.1 m² donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, por un material que puede ser hormigón o asfalto, para reparar el pavimento existen, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permita la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Niveles de Severidad:

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con lo siguiente guía:

L (Bajo) El parche se compara satisfactoriamente, con muy poco deterioro y con una percepción al movimiento vehicular leve.

M (Mediano) El parche se encuentra moderadamente deteriorado: se evidencia un moderado deterioro o descascaramiento alrededor de sus bordes y/o existen un pequeño desnivel con el pavimento continuo; si se presentan daños en su interior, estos afectan su superficie y se detiene una percepción al movimiento vehicular moderada.

H (ALTO) El parche está severamente dañado. La extensión o importancia de estos daños indican una condición de falla, siendo el reemplazo del parche necesario, asentamiento del perímetro es mayor de 5 mm.

Medición:

Se miden contando soportemente según el nivel de severidad, el número de losas afectadas en una determinada sección o muestra, de acuerdo a las siguientes premisas:

- ✓ Si una losa tiene una o más parches con el mismo nivel de severidad, se encuentra como una losa conteniendo esa falla.
- ✓ Si una losa tiene parches con más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad observado.
- ✓ Indicar por separado los parches de asfalto y los de hormigón.

7. Descascaramiento de junta



Fotografía N° 08:

Descripción:

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta, generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulos. Se origina por:

- ✓ Esfuerzo excesivo en las juntas causadas por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incomprensibles.
- ✓ Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de Severidad:

Tabla 10: Niveles de Severidad de Descascaramiento de Juntas

Fragmento del descascaramiento	Ancho de descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		> 0.6 m	< 0.6 m
Duros. No pueden removerse fácilmente (pueden fallar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	M
Sueltos. Pueden moverse y algunos fragmentos puedan faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de	< 102 mm	L	M
	< 102 mm	L	M

25 mm

Desapercibido. La mayoría o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

Fuente: Elaboración Propia

Proceso:

El proceso que se realizó en el campo fue manera visual, para el cual se inspecciono muestra al cual se midieron el tipo,

cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños del PCI, registrándose en la hoja de inspección.

Tipos de deterioros observados en la vía

Es pertinente aclarar, que para el diagnóstico de las patologías observadas, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

La severidad se clasifico en: Alta, Media, Baja y no aplicada.

Análisis

El análisis se desarrolló siguiendo el método de evaluación normalizado para obtener al PCI, (cálculo de los valores deducidos, densidad y severidad), utilizando hojas de cálculos (Excel) para procedimientos de datos.

La evaluación finalmente se realizó del estudio de diagnóstico de todas las patologías existentes en los pavimentos rígidos de las vías principales, siguiendo el método ASTM D 5340, calculándose el PCI restando de 100 el máximo CDV (valor deducido

corregido) y ubicándolo en el rango de calificación del PCI, para finalmente determinar el PCI y su rango calificación promedio.

III. Resultados


Los resultados están comprendidos en lo siguiente:

- Cálculo del PCI para la vía principal Jr. San Martín seleccionada para el estudio, ubicado en la ciudad de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Áncash.
- Resultados de los cálculos del valor de reducción individual (VR), ordenados en forma descendente obtenido mediante el uso de las densidades de cada patología en sus respectivos ábacos para la vía principal de la ciudad de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Áncash.
- Resultados del cálculo del valor de reducción total, en su respectivo ábaco y la determinación del PCI de la vía seleccionada, siguiendo el procedimiento del manual del PCI.
- Se encontró 6 fallas patológicas más frecuentes en el Jr. San Martín del siguiente porcentaje que se detalla en el siguiente cuadro:

c	Tipo de fallas	Severidad	Numero de losas	% Densidad	Valor de Reducción
28	GRIETA LINEAL	H	133	42.36%	43
22	GRIETA DE ESQUINA	M	29	9.24%	12
23	LOSA DIVIDIDA	M	38	12.10%	22
31	PULIMERO DE AGREGADOS	L	65	20.70%	5
39	DESCARAMIENTO DE JUNTA	M	29	9.24%	6
29	PARCHEO GRANDE	M	20	6.37%	3
TOTAL (%)				100.00%	

- Gráfico detallado de los resultados obtenidos.

HOJA DE INSPECCIÓN: JR. San Martín

HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA				
Exploracion de la Condicion por Unidad de Muestra				
ZONA	NÚMEROS DE LOSAS			
JR.San Martín	314			
AREA				
1000M2				
INPECCIONADA:				
NEI SONIA MORALES AGUAS				
				
N°	DAÑO			
28	GRIETA LINEAL (transversal,diagonal y longitudinal)			
22	GRIETA DE ESQUINA			
23	LOSA DIVIDIDA			
31	PULIMERO DE AGREGADOS		SEVERIDAD DE FALLA	
39	DESCARAMIENTO DE JUNTA			
29	PARCHEO GRANDE (servivios utilitarios)		L: Low	M: Medium H: High
			BAJO	MEDIO ALTO
Tipo de fallas	Severidad	Numero de losas	% Densidad	Valor de Reducción
28	H	133	42.36%	43
22	M	29	9.24%	12
23	M	38	12.10%	22
31	L	65	20.70%	5
39	M	29	9.24%	6
29	M	20	6.37%	3

Fuente: elaboración propia

JR. SAN MARTIN

DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS DEL PERMITIDAS

$$m = 1.00 + (9/95) * (100 - VAR)$$

$$m = 1.00 + (9/95) * (100 - 43)$$

$$m = 6.4$$

donde:

m : Numero permito de VRs incluyendo fraciones (debe ser menor igual a 10)

VAR : valor individual mas alto VRs

N°	VALOR DE REDUCCIÓN						total	q	VRC
1	43	22	12	6	5	3	91	4	52
2	43	22	12	5	5	3	90	3	56
3	43	22	5	5	5	3	83	2	59
4	43	5	5	5	5	3	66	1	66

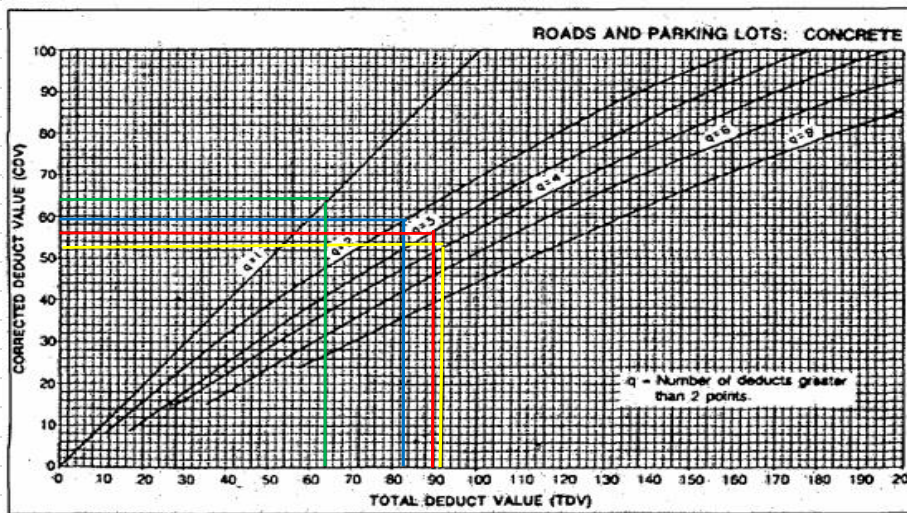


Tabla 05: Cuadro de calificación del PCI

Rango PCI %	Estado
0 - 10	Falla
11 - 25	Muy Malo
26 - 40	Malo
41 - 55	Regular
56 - 70	Bueno
71 - 85	Muy Bueno
86 - 100	Excelente

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Maximo VRC} = 66$$

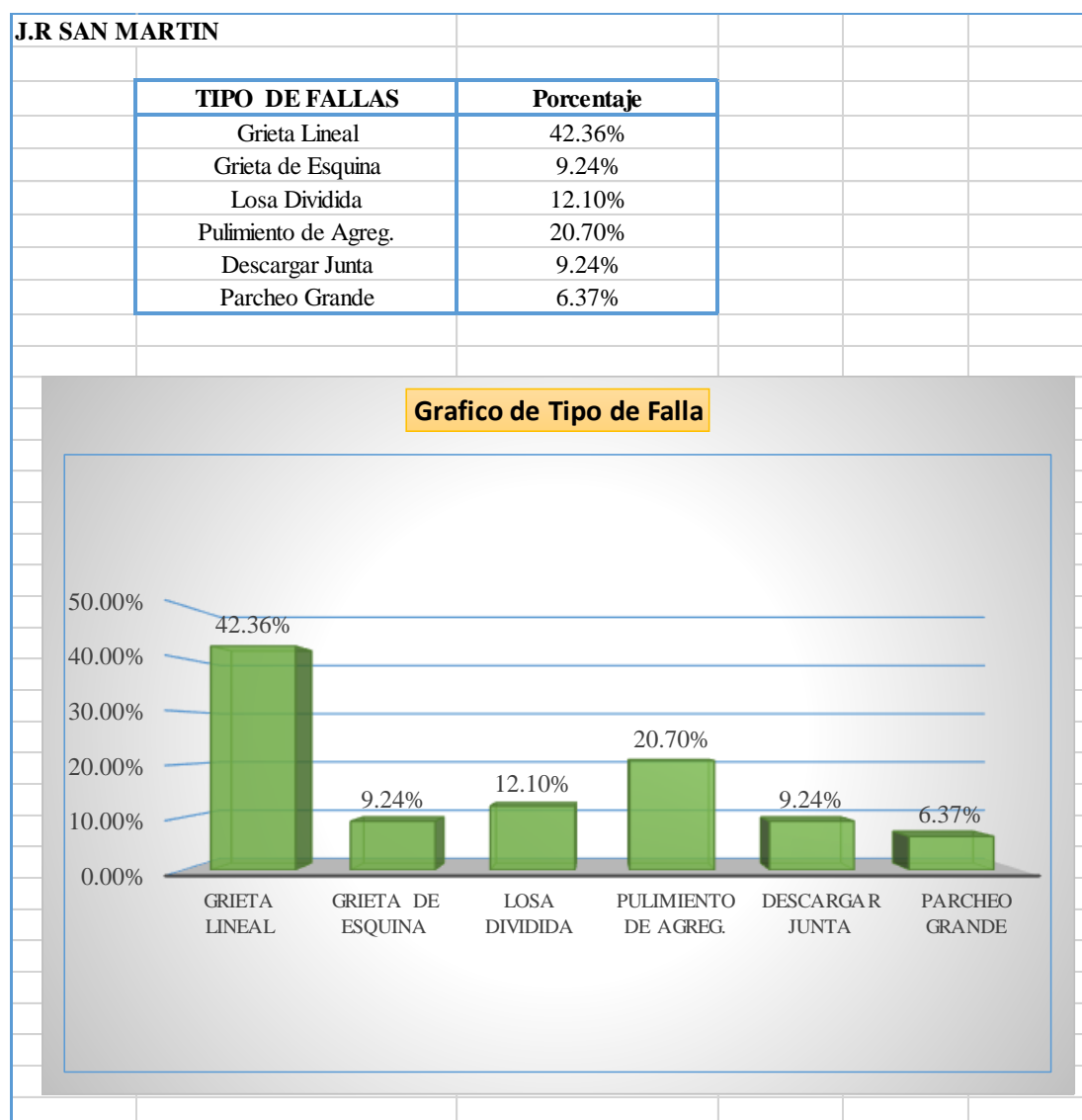
$$\text{PCI} = 100 - 66$$

$$\text{PCI} = 34$$

$$\text{CALIFICACION} = \text{MALO}$$

Fuente: elaboración propia

Grafico del Tipo de Falla



Fuente: elaboración propia

Calculo General del PCI

PCI Y ESTADO DE LA VIA PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE CARAZ

DEPARTAMENTO DE ANCASH

PROVINCIA	VIA	NUMERO DE LOSAS	PCI	ESTADO
CARAZ	JR. SAN MARTIN	314	34	MALO

Fuente: elaboración propia

Ensayo de Resistencia a la Comprensión de Testigos Extraídos con Perforación de Diamantina

TESTIGO	PESO	LON GIT UD	DIAME TRO	DENSIDA D	AREA	CARGA MAXIMA	FACTO R DE CORR EC.	FC	OBSERVACI ON	
N°	ELEME NTO	(gr)	(cm)	(cm)	gr/cm3	cm2	kg	kg/cm2		
1	M-1	492.50	7.17	5.08	3.389	20.27	4630.00	1.015	231.86	Tam. Max. Piedra 3/4"
2	M-2	532.10	9.80	5.08	2.679	20.27	6490.00	1.000	320.20	Tam. Max. Piedra 3/4"
3	M-3	476.70	7.40	5.08	3.178	20.27	5560.00	1.005	275.69	Tam. Max. Piedra 3/4"
4	M-4	335.00	6.53	5.08	2.531	20.27	3800.00	1.010	189.36	Tam. Max. Piedra 3/4"

OBSERVACIONES: La extracción en obra fueron a longitud de 10 cm y las correcciones se tomaron según MTC E- 704 numeral 6.2

Antigüedad del Pavimento Rígido

JR. San Martin 20 años

IV. Análisis y Discusión

Al haber culminado el diseño de la investigación y evaluación en el Distrito de Caraz conformado por el JR. San Martin.

Encontramos diferentes deterioros en las vía principal de la ciudad de Caraz podemos definir que en su mayoría corresponde a grietas lineales, puliremos de agregados, descascaramiento de junta y losas divididas de las estructuras de pavimento y son debido al alabeo por gradiente termino o humedad (frio, helada, y calor), la acumulación de material incomprensible en las juntas de dilatación, incorrecto proceso de construcción, agregados de mala calidad, mal fraguado o curado, falta de mantenimiento.

Se encontraron en su gran mayoría una gran variedad de patologías en cada una de las vías principales, con una severidad de baja, media y alta.

Del análisis se detalla las patologías encontradas en cada vía principal en la hoja de cálculo y resultado.

La vía principal JR. San Martin: se encontraron 6 patologías y el porcentaje mayor obtenido fue la patología de grietas lineales con 42,36 %.

c	Tipo de fallas	Severidad	Numero de losas	% Densidad	Valor de Reducción
28	GRIETA LINEAL	H	133	42.36%	43
22	GRIETA DE ESQUINA	M	29	9.24%	12
23	LOSA DIVIDIDA	M	38	12.10%	22
31	PULIMERO DE AGREGADOS	L	65	20.70%	5
39	DESCARAMIENTO DE JUNTA	M	29	9.24%	6
29	PARCHEO GRANDE	M	20	6.37%	3
TOTAL (%)				100.00%	

Finalizando la investigación en la ciudad de Caraz, provincia de Huaylas Departamento de Áncash, se puede apreciar según la hoja de inspección de condiciones para la unidad

de muestra de vía principales, la existencia de diferentes tipos de fallas, siendo las patologías con mayor presencia las que se ordenan en orden decreciente: grietas lineales, puliremos de agregados, descascaramiento de junta, losas divididas, grietas de esquina, parcheo y fisuras de bloques.

V. Conclusiones

En la presente investigación de llego a las siguientes conclusiones:

- La investigación se realizó de acuerdo al método PCI, el cual consiste en una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor.
- El PCI de la sección del pavimento se determina en base a los valores del PCI
- El índice de condición del pavimento del Jr. San Martín = 34 (estado malo).
- Se concluye que los pavimentos sufren grandes deterioros por la mala ejecución y mantenimiento de las mismas
- Al realizar el ensayo de diamantina, el concreto se encuentra con una resistencia promedio de 254 kg/cm², por la presencia de grava redondeada como agregado grueso.

VI. Recomendaciones

Se considera las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar una rehabilitación de las vías de JR. San Martin ya que tiene un PCI de 42.36, es decir se encuentra en una calificación de **estado malo**. La rehabilitación es la actividad necesaria para devolver a la estructura de pavimento las condiciones que inicialmente se había mencionado, para el cual se puede realizar los siguientes trabajos:
- Reemplazo de loza, reparación del espesor total de la losa, resellado de juntas, sobre capa de concreto adherido, mejoramiento del su drenaje etc.
- Realizar una limpieza minuciosa de las juntas para su posterior sellado con materiales compresibles para evitar las filtraciones de agua y materiales incompresibles como suelos y rocas.
- Definir pendientes adecuado para evitar la acumulación de líquidos que puedan dañar la estructura del pavimento.
- Determinar el grado de severidad de los diferentes deterioros para implementar reparaciones menores y garantizar la vía útil de la estructura del pavimento rígido.
- Realizar pruebas de laboratorio de los suelos que se encuentran en el lugar, de tal manera que se verifique que si son apropiados para la cimentación de la estructura o que si se requiere mejorar los resultados.

VII. Agradecimiento

Agradezco a Dios por las oportunidades que pone en mi camino a diario, por otorgarme fortaleza, amor y humildad, herramientas necesarias para alcanzar el éxito personal y laboral.

A la Universidad San Pedro por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera profesional.

A toda mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron, por sus consejos y por no dejarme rendir.

A los diferentes docentes por brindarnos sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Al personal del Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro por prestarnos su apoyo y facilitarnos sus instalaciones para llevar a cabo ésta investigación.

A todos mis compañeros y amigos de clase durante todos los niveles de universidad ya que gracias a su amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje mis ganas de salir adelante.

Y a todos los que de alguna manera me apoyaron en la realización mi trabajo muchas gracias.

VIII. Referencia Bibliográfica

- Barrantes, S. (2009). *“Pavimentos”*.
- Berry, P. (2007). *“Mecánica de Suelos”*. México: México D.F.
- Castillo, C Y Romero, G (2009). *“Rehabilitación de pavimentos rígidos en base al estudios de la carretera Tarija – potosí”*.
- Córdova E., Guerrero M., Mautino A. (2013) *“determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio de Villón Alto - Distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz- Región Ancash”*.
- Espinoza T. (2010) *“Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba- Departamento de Piura”*.
- Godoy A., Ramírez R. (2006). *“Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción”*.
- Higuera V. (2015). *“El estado de las vías de pavimento rígido y su incidencia en la circulación de tránsito pesado de la planta Holcim Latacunga del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi”*.
- Luis, V (2002). *“Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carretera”*.
- Medina Palacios (2015). *“Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”*. Recuperado de

http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/581505/1/Medina_PA.pdf

Morales, O (2005). *“Técnicas de rehabilitación de pavimento de concreto utilizando Sobre capas de refuerzo”*. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/Handle/11042/1343/ICI_129.pdf

Norma CE.010 *“Pavimento Urbano”*.

Norma MTC 012-2008-*“Ministerio de Transporte y Comunicación- Perú”*

Prunell, S. (2011). *“Estudio de las patologías en pavimentos de hormigón. La Plata, Argentina”*.

Ruíz C. (2011) *“Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos”*. Sangolquí, Ecuador.

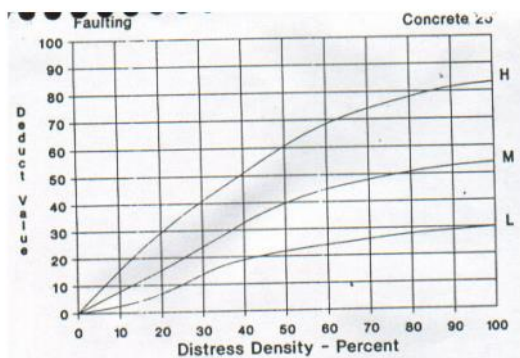
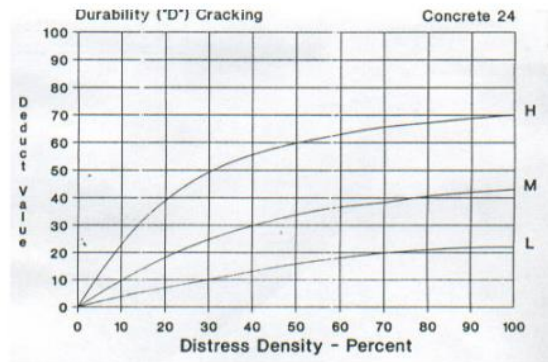
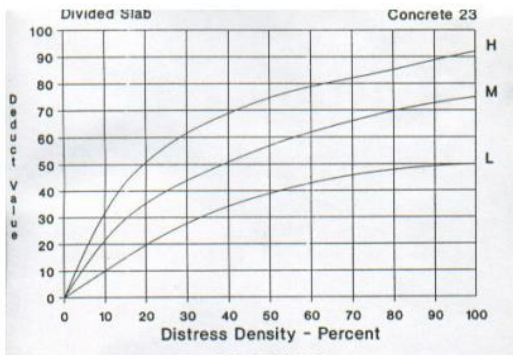
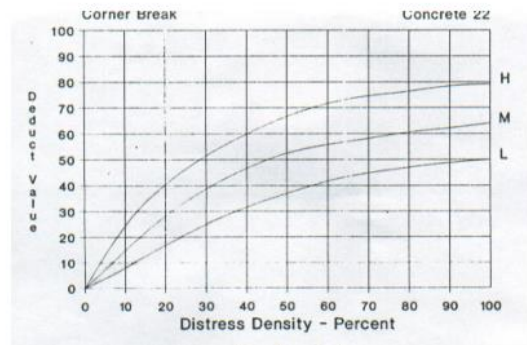
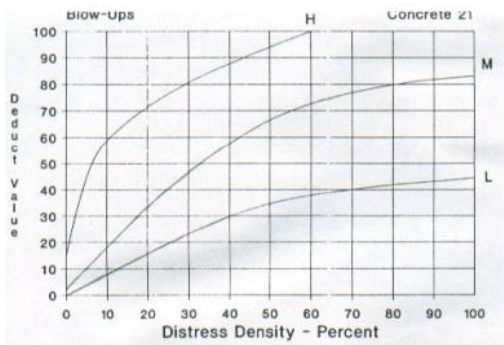
Vásquez, L. (2002). *“Pavement Condition Index para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras”*.

Vergara I. (2015). *“Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavimento condición índice (psi), en las pistas de Tarica av. Central, distrito de Independencia, provincia de Carhuaz, región Ancash, noviembre del 2015”*.

IX. Anexo y Apéndice

Anexo 01: Curvas para el Pavimento de Concreto

CURVAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

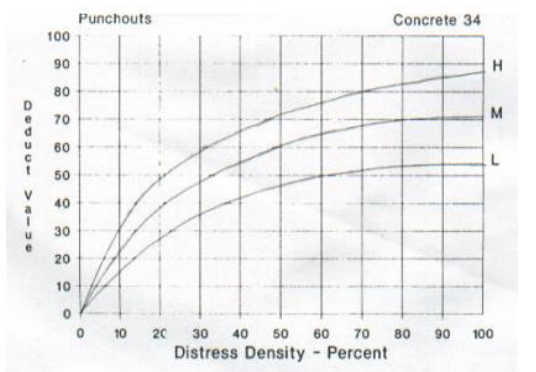
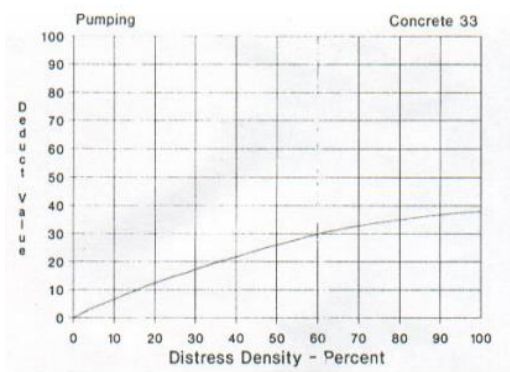
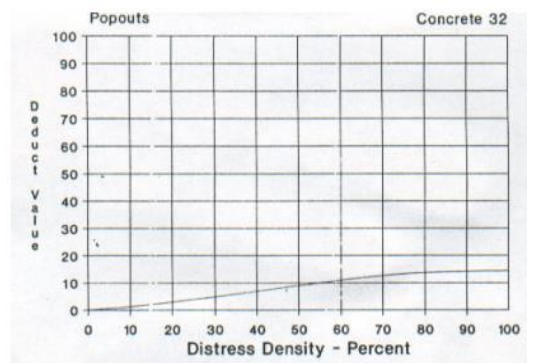
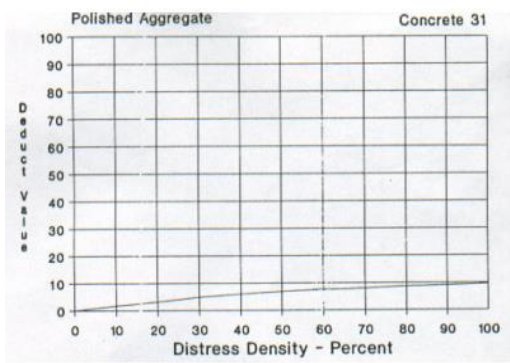
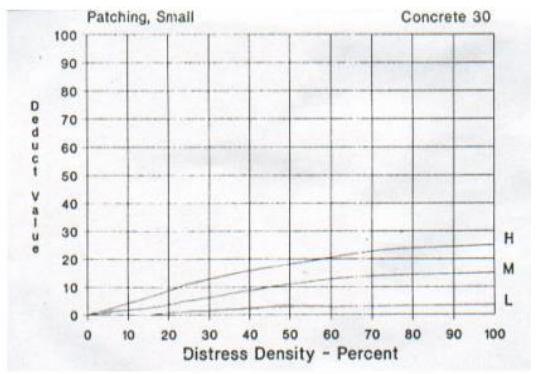
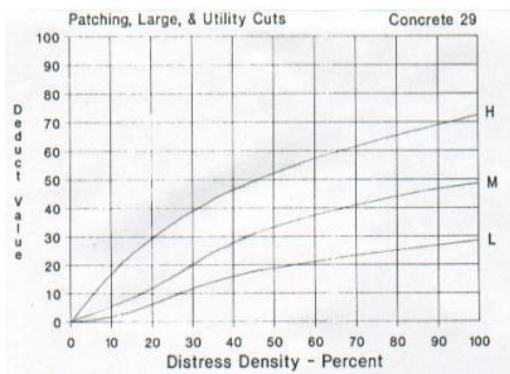
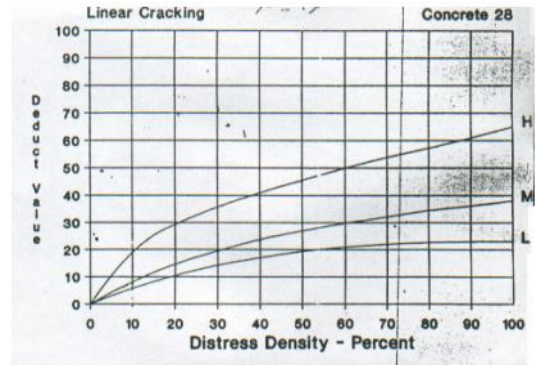
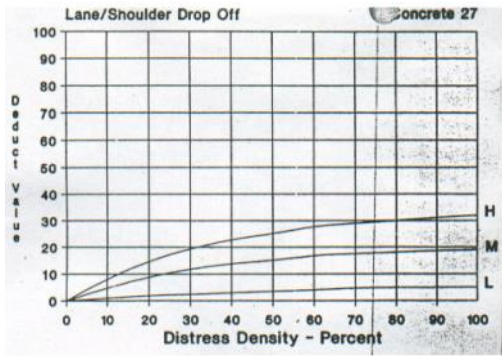


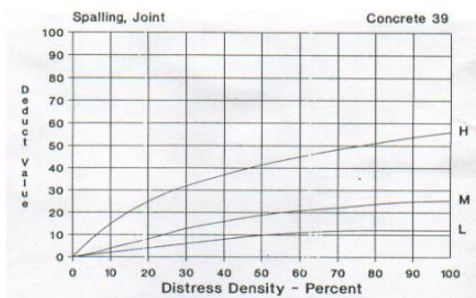
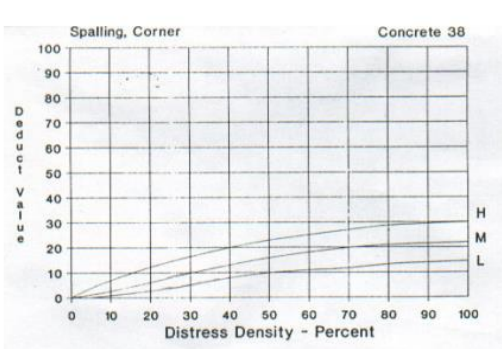
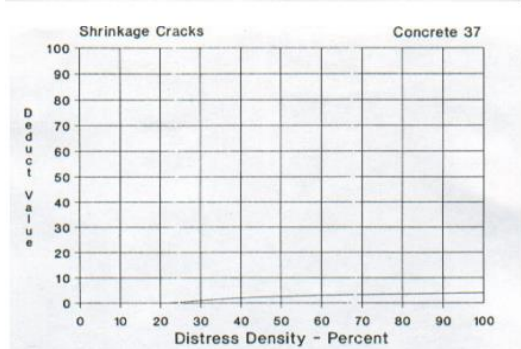
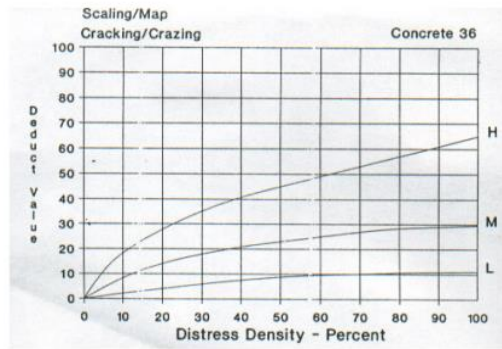
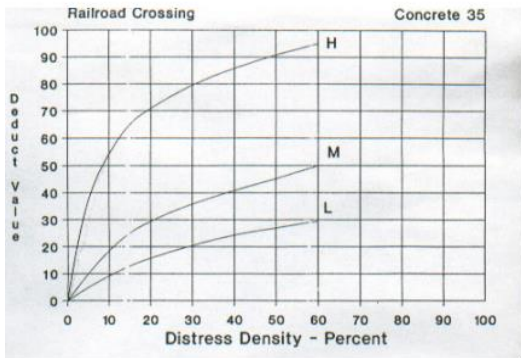
Joint Seal Damage Concrete 26

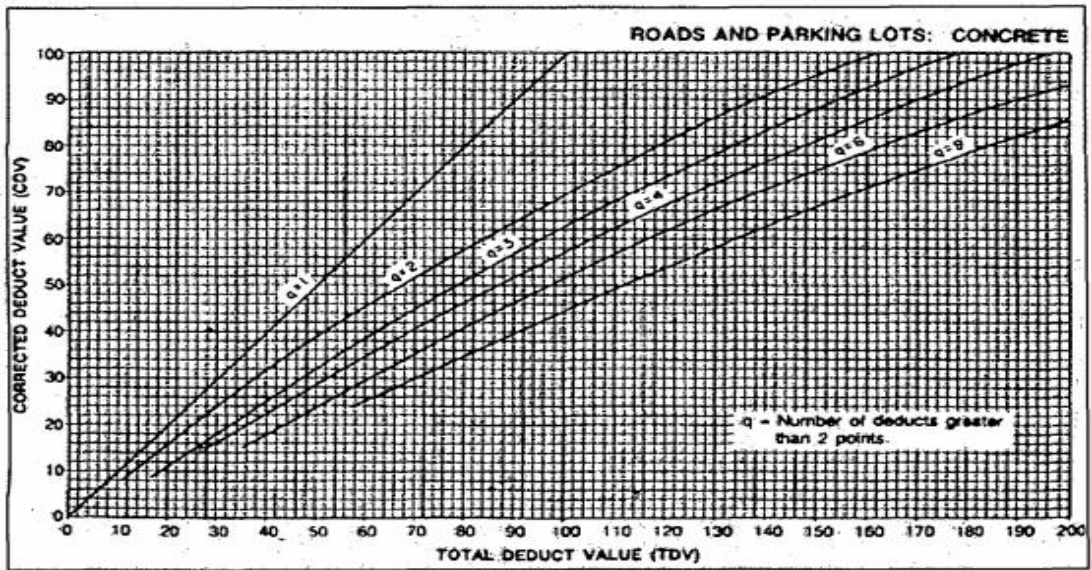
Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.

The deduct values for the three levels of severity are:

LOW	2 points
MEDIUM	4 points
HIGH	8 points







Anexo 02: Ensayos de Laboratorio



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : BACH. NELSON NORALES AGUIAR
 TESIS : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL JR. SAN MARTÍN DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
 LUGAR : CARAZ - PROV. DE HUAYLAS - ANCASH
 FECHA : 02/05/2018

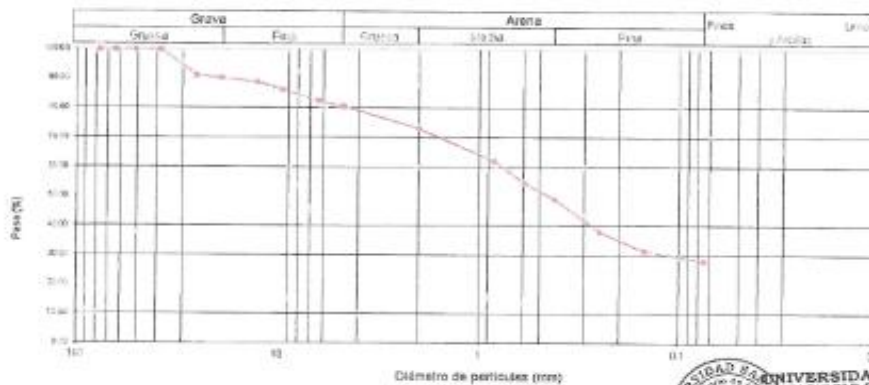
Peso Saco Inicial	918	gr.
Peso Saco Lavado	659.8	gr.
Peso perdido por lavado	258.2	gr.

MUESTRA : M - 1

Tamiz (Abertura)	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
Nº 2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	Material grueso Básicamente arena con 0% de A-26 Grava y 0% de arena y limo
2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	80.8	8.8	8.8	91.2	Intermedia (grava) : 1 Clasificación (S.U.C.S.) Saco de partículas gruesas: 100% de partículas gruesas con limo: 0.00%
3/4"	7.7	0.8	9.6	90.4	
1/2"	15.5	1.5	11.1	88.9	Material grueso (grava) Clasificación (S.U.C.S.) Saco de partículas gruesas: 100% de partículas gruesas con limo: 0.00%
3/8"	24.1	2.6	13.7	86.3	
1/4"	33.1	3.6	17.3	82.7	
Nº 4	17.9	1.9	19.3	80.7	
Nº 10	89.1	7.5	26.8	73.2	
Nº 20	100.6	11.0	37.8	62.2	
Nº 30	69.5	7.5	45.3	54.7	
Nº 40	50.4	5.5	50.7	49.3	
Nº 60	102.2	11.1	61.9	38.1	
Nº 100	60.8	6.6	68.5	31.5	
Nº 200	31.0	3.4	71.9	28.1	
< 200	258.2	28.1	100.0	0.0	Cu Cs
Tota	918.0			100.0	

Límite líquido LL	32.8
Límite plástico LP	16.64
Índice de plasticidad IP	16.16

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Ing. Jerry Montañez Reyes
 JEFE



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : BACH. NEL SOMA MORALES AGUIAS
 TESIS : EVALUACION DEL A ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
 LUGAR : CARAZ - PROV. DE HUAYLAS - ANCASH
 FECHA : 02/05/2018

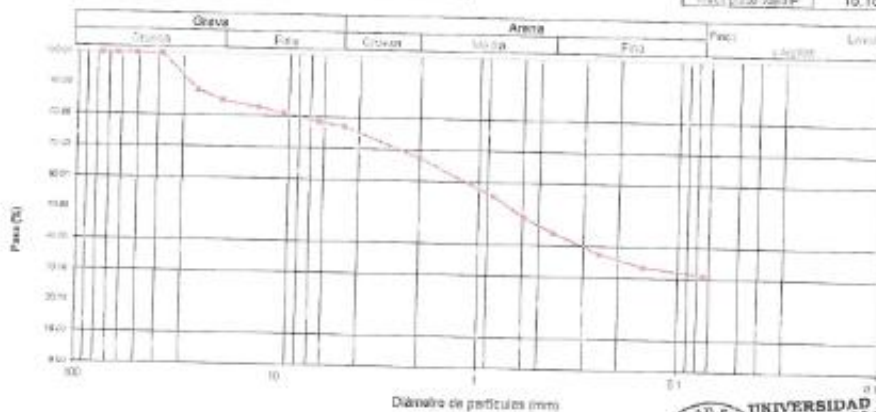
Peso Seco Inicial	938.1	gr.
Peso Seco Lavado	645.0	gr.
Peso perdido por lavado	293.1	gr.

MUESTRA : M - 2

Tamiz (Abertura)	Tamiz (mm)	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcel (%)	Retenido Acumul. (%)	Porcentaje (%)	Clasificado AASHTO
2 1/2"	75.20	0.0	0.0	0.0	100.0	Total en pantalla El contenido a través de esta abertura es considerado como material fino
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.00	110.9	11.8	11.8	88.2	
3/4"	19.00	29.6	3.2	15.0	85.0	Número de partículas : 1
1/2"	12.50	19.7	2.1	17.1	82.9	
3/8"	9.50	15.7	1.7	18.7	81.3	Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de pedregal grueso: Suelo de pedregal grueso bien lavado (Suelo limo)
1/4"	6.30	22.2	2.4	21.1	78.9	
Nº 4	4.75	15.8	1.7	22.8	77.2	Indicador de plasticidad
Nº 10	2.00	86.8	9.5	32.3	67.7	
Nº 20	0.850	111.8	11.8	44.2	55.8	Pase tamiz Nº 4 (%) : 77.2
Nº 30	0.600	83.7	8.8	51.0	49.0	Pase tamiz Nº 200 (%) : 81.2
Nº 40	0.425	45.1	4.8	55.8	44.2	D ₆₀ (mm) : 1.25
Nº 60	0.250	60.4	6.4	62.2	37.8	D ₃₀ (mm) :
Nº 100	0.150	36.8	4.1	68.3	33.7	D ₁₀ (mm) :
Nº 200	0.075	23.1	2.5	68.8	31.2	Cu
< 200		283.1	31.2	100.0	0.0	Cc
Total		938.1			100.0	

Límite líquido LL	32.8
Límite plástico LP	16.54
Índice de plasticidad IP	16.16

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. NEI SONIA MORALES AGUIAS
PROYECTO : EVALUACION DEL A ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
MUESTRA : C-1
FECHA : 02/05/2018

ENSAYO N°	C - 1	
Profundidad (Mts.)	1.5	
Peso de tara + MH	977.00	
Peso de tara + MS	939.00	
Peso de tara	0.00	
Peso del agua	38.00	
MS	936.00	
Contenido de humedad (%)	4.05	

NOTA


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Chimbote
Ing. Jorge Montañes Reyes
JEFE



PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA BACH. NEI SONIA MORALES AGUAS
 TESIS EVALUACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
 DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
 MUESTRA C-2 AFIRMADO
 LUGAR CARAZ - PROV. DE HUIYLAS - ANCASH
 FECHA 02/05/2018

Método Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg cm / cm ²			
D1 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7252.0	7405.0	7423.0	7400.0
D2 - Peso del Molde (g)	2835.5	2835.5	2835.5	2835.5
D3 - Peso Suelo Humedo (g)	4616.5	4769.5	4787.5	4764.5
D4 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
D5 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.039	2.107	2.115	2.104
D6 - Tarea N°	01	02	03	04
D7 - Peso suelo humedo + tarro (g)	554.0	884.0	583.0	589.0
D8 - Peso suelo seco + tarro (g)	529.6	639.8	545.7	535.8
D9 - Peso del agua (g)	24.4	44.2	47.3	53.2
D10 - Peso del tarro (g)	87.2	87.0	65.0	85.0
D11 - Peso suelo seco (g)	462.4	572.8	480.7	470.8
D12 - Contenido de Humedad (%)	5.3	7.7	9.8	11.3
D13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.936	1.956	1.926	1.891

Contenido Optimo Humedad 7.2 % Densidad Seca Maxima 1.958 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA BACH. NEL SONIA MORALES AGUIAS
 TESIS EVALUACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
 DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
 MUESTRA C-2 AFIRMADO
 LUGAR CARAZ - PROV. DE HUAYLAS - ANCASH
 FECHA :02/05/2018

Características					
Numero de Molde	1	2	3		
Numero de Capas	5	5	5		
Numero de Golpe	50	25	12		
Energía Compactación (kg-cm/cm ²)	27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca (CBR)					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,753.0	8,901.0	8,891.0		
02 - Peso del molde (g)	4,116.0	4,694.0	4,875.0		
03 - Peso suelo humedo (g)	4,637.0	4,207.0	3,788.0		
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000	2,141.000	2,012.000		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.096	1.955	1.882		
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	545.5	545.5	589.3		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	508.0	508.0	549.5		
09 - Peso del agua (g)	36.5	36.5	39.8		
10 - Peso del tarro (g)	0.0	0.0	0.0		
11 - Peso suelo seco (g)	508.0	508.0	549.5		
12 - Contenido de humedad (%)	7.2	7.2	7.2		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.956	1.833	1.755		
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lee. Dial	Lee. Dial	Lee. Dial
Día 01	17-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00
Día 02	18-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00
Día 03	19-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00
Día 04	20-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00
Expansión, %			0.0	0.0	0.0
Absorción					
Numero de molde	1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,637.0	4,207.0	3,786.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,838.5	8,018.8	8,736.7		
03 - Peso del molde (g)	4,116.0	4,694.0	4,875.0		
04 - Peso suelo embebido (g)	4,723.5	4,324.8	3,863.7		
05 - Peso del agua absorbida (g)	88.5	117.8	77.7		
06 - Peso del suelo seco (g)	4,328.7	3,825.5	3,630.3		
07 - Absorción de agua (%)	2.0	3.0	2.7		
Penetración					
Factor Anillo: Carga (kgf.) = Lectura Dial/4 2401545-27.62018					
Molde					
1 [58 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lee. Dial	Carga (Kgf.)	Lee. Dial	Carga (Kgf.)	Lee. Dial
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	8.0	81.9	4.0	44.9	5.0
1.3	45.0	219.7	25.0	134.1	12.0
1.6	62.0	418.8	46.0	223.4	22.0
2.5	174.0	767.27	80.0	367.66	45.0
3.2	280.0	1217.7	157.0	695.0	87.0
3.8	332.0	1438.6	204.0	894.7	108.0
5.08	435.0	1876.3	298.0	1294.2	184.0
7.6	690.0	2534.9	393.0	1887.8	298.0
10.16	705.0	3023.6	488.0	2015.5	393.0
12.7	812.0	3903.1	830.0	2704.9	453.0
Carga (%)	767.27 kgf. (56.4%)		367.66 kgf. (27%)		219.13 kgf. (16.1%)





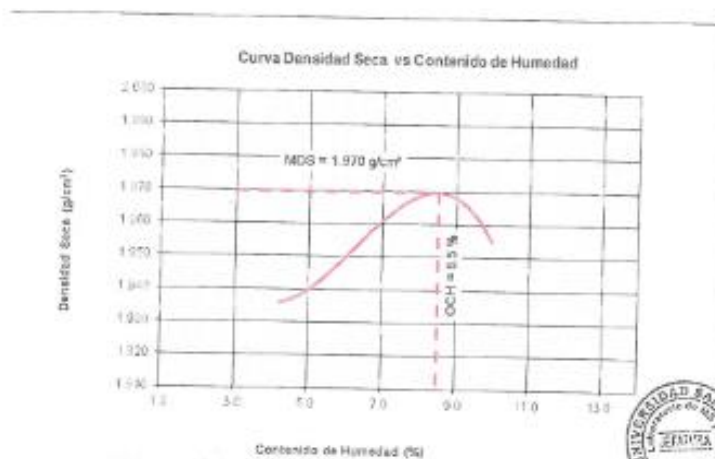
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D-1557/ MTC E 115

SOLICITA BACH. NEL SONIA MORALES AGUIAS
 TESIS EVALUACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
 DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
 MUESTRA C-1 AFIRMADO
 LUGAR CARAZ - PROV. DE HUAYLAS - ANCASH
 FECHA : 02/05/2018

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm ²		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7202.0	7321.0	7454.0	7505.0
02 - Peso del Molde (g)	2035.5	2035.5	2035.5	2035.5
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4566.5	4685.5	4818.5	4869.5
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2284.0	2284.0	2284.0	2284.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.017	2.070	2.128	2.151
06 - Tarró H ^o	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	554.0	604.0	582.0	673.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	534.0	648.8	543.0	603.2
09 - Peso del agua (g)	19.4	35.2	39.0	70.3
10 - Peso del tarro (g)	67.2	67.0	63.2	201.3
11 - Peso suelo seco (g)	467.4	581.8	479.8	701.9
12 - Contenido de Humedad (%)	4.2	6.1	8.1	10.0
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.936	1.851	1.968	1.955

Contenido Optimo Humedad **8.5 %** Densidad Seca Maxima, **1.970 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jergé Montañez Reyes
 JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA BACH. NEI SONIA MORALES AGUAS
TESIS EVALUACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2018
MUESTRA C-1 AFIRMADO
LUGAR CARAZ - PROV. DE HUIJAYLAS - ANCASH
FECHA : 02/09/2018

Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capes	5	5	5			
Numero de Golpe	96	26	12			
Energía Compactación [kg-cm/colp]	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	6,940.0	6,943.0	6,706.0			
02 - Peso del molde (g)	4,116.0	4,694.0	4,875.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,724.0	4,249.0	3,831.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000	2,141.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.138	1.985	1.904			
06 - Tamo N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tamo (g)	694.5	958.4	641.0			
08 - Peso suelo seco + tamo (g)	631.0	807.0	590.7			
09 - Peso del agua (g)	53.5	51.4	50.3			
10 - Peso del tamo (g)	0.0	0.0	0.0			
11 - Peso suelo seco (g)	631.0	807.0	590.7			
12 - Contenido de humedad (%)	8.5	8.5	8.5			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.970	1.830	1.755			
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 02	18-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 03	19-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 04	20-Oct-16	5:00PM	0.00	0.00	0.00	
Expansión, %						
			0.0	0.0	0.0	
Absorción						
Numero da molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,724.0	4,249.0	3,831.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,827.1	9,048.6	6,766.0			
03 - Peso del molde (g)	4,116.0	4,694.0	4,875.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,811.1	4,354.6	3,891.0			
05 - Peso del agua absorbida (g)	87.1	106.6	60.0			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,364.8	3,817.3	3,530.4			
07 - Absorción de agua (%)	2.0	2.7	2.7			
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2481345 + 27.80018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [26 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	5.0	49.2	3.0	40.7	4.0	44.9
1.3	43.0	205.4	15.0	91.7	9.0	88.2
1.9	81.0	372.1	34.0	172.4	18.0	104.4
2.5	166.0	733.26	69.0	321.11	37.0	185.14
3.2	255.0	1111.4	106.0	478.3	76.0	369.4
3.8	325.0	1408.9	158.0	699.3	123.0	550.6
5.08	442.0	1806.0	240.0	1047.7	179.0	788.5
7.6	589.0	2568.9	330.0	1430.1	299.0	1153.9
10.16	744.0	3189.3	493.0	1740.3	370.0	1387.6
12.7	989.0	4217.6	660.0	2407.4	470.0	1612.6
Carga (%)	733.26 kgf. [53.9%]		321.11 kgf. [23.8%]		185.14 kgf. [13.8%]	



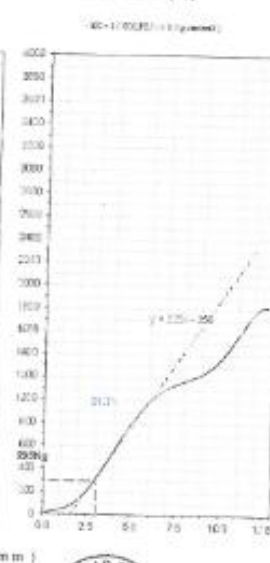
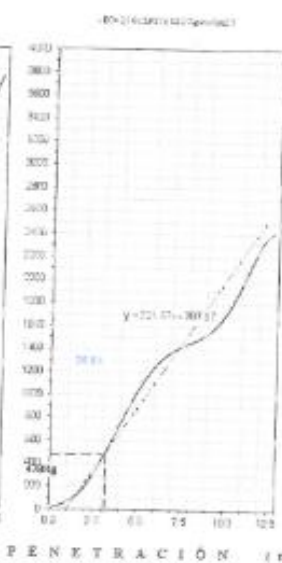
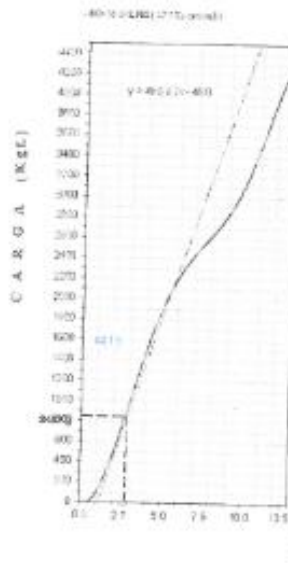
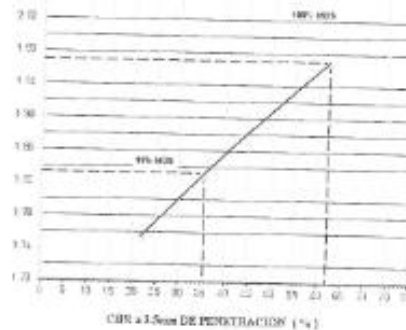
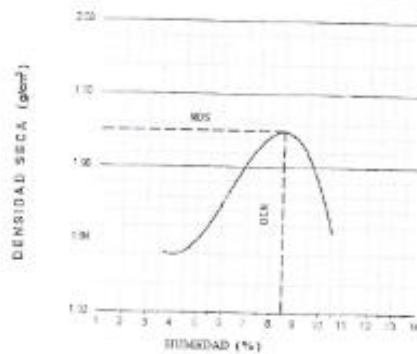


**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

OBJETO: BARRIDO DE SUELO DE AGUAS	MÉTODO DE CORRECCIÓN: (ASTM D-1585)	C
COLITA: BARRIDO DE LA CARRERA EN EL PUEBLO DE PUEBLO	DENSIDAD SECA (g/cm ³):	1.50
OP. CARGA: CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA	GRANULOMETRÍA DE FINES (%):	1.5
OP. CARGA: CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA	GRANULOMETRÍA DE MEDIOS (%):	82.1
MATERIAL: SUELO DE AGUAS	GRANULOMETRÍA DE GRANOS (%):	15.5
FECHA: 02/06/2018	EMISOR: J. MONTAÑA REYES	REVISOR: J. MONTAÑA REYES
	ASISTENTE: J. MONTAÑA REYES	FECHA DE RECEPCIÓN: 02/06/2018



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montaña Reyes
J.E.P.E.

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Cel: 990579937

Email: lmsvem@usanpedro.edu.pe



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS
EXTRAIDOS CON PERFORADORA DIAMANTINA**
(ASTM C 43, AASHTO T-22 NTP-339.059-2011)

SOLICITA : BACH. MEI SONIA MORALES AGUIAS
 TESIS : EVALUACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN EL JR. SAN MARTIN
 DE LA CIUDAD DE CARAZ - 2016
 LUGAR : CARAZ - PROV. DE HUAYLAS - ANCASH
 FECHA : 02/05/2016

TESTIGO		PESO	LONGITUD	DIAMETRO	DENSIDAD	AREA	CARGA MAXIMA	FACTOR CORREC.	FC	OBSERVACION
N°	ELEMENTO	(gr.)	(cm)	(cm)	g/cm ³	cm ²	kg.		kg/cm ²	
01	M - 1	402.50	7.37	5.02	3.381	20.27	4023.00	1.915	210.25	Tem. Max. Piedra 34°
02	M - 2	522.33	8.80	5.02	2.675	20.27	5460.00	1.750	320.20	Tem. Max. Piedra 34°
03	M - 3	420.20	7.60	5.00	3.178	20.27	3500.00	1.615	215.49	Tem. Max. Piedra 34°
04	M - 4	315.00	6.50	5.00	2.531	20.27	3300.00	1.699	165.32	Tem. Max. Piedra 34°

OBSERVACIONES : La extraccion en obra fueron a longitud de 10 cm y las correcciones se tomaron según mtc E-704 numeral 6.2.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 DEFE

Anexo 10: Panel Fotográfico



Figura 01: Evaluación de fallas en el Jr. San Martin



Figura 02: fallas encontradas en el Jr. San Martin



Figura 03: estructura del Jr. San Martín



Figura 04: Realizando el ensayo de diamantina



Figura 05: Realizando el ensayo de granulometría



Figura 06: Realizando el ensayo de Proctor modificado



Figuras 07: Realizando el ensayo de CBR



Figuras 08: Realizando el ensayo de CBR



Figuras 09: Los testigos para la perforación de Diamantina



Figuras 10: Ensayos de laboratorio Relación de Soporte CBR