

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto
hidráulico de la ciudad de Yungay-Ancash.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Loarte Antivo, Yaneth Paola

Asesor

Solar Jara, Miguel Ángel

Chimbote – Perú

2019

PALABRAS CLAVE

| | |
|---------------------|------------------------|
| Tema | Concreto hidráulico |
| Especialidad | Tecnología de concreto |

KEYWORDS

| | |
|------------------|---------------------|
| Theme | Hydraulic Concrete |
| Specialty | Concrete technology |

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea de investigación: Transporte

Área: Ingeniería y tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

Sub línea: Pavimentos

TÍTULO

“Evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico de la ciudad de Yungay – Ancash”

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico de la ciudad de Yungay. Esta investigación es analítica y descriptiva, con un enfoque cuantitativo, el diseño es no experimental y de corte transversal del pavimento hidráulico.

La población de estudio está constituida por todos los pavimentos de la ciudad de Yungay. Se desarrolló una evaluación in situ para diagnosticar como se encuentra el pavimento rígido y su estado de superficial siendo el resultado una severidad media baja y sus fallas más recurrentes son grieta de esquina, deterioro de sello de junta y agrietamiento. Se realizó una evaluación al concreto mediante pruebas de diamantina, 3 calicatas, el concreto analizado mediante análisis intrusivo de diamantina (Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro), proporcionó los siguientes resultados de la resistencia a la compresión del concreto en el pavimento rígido:

Con los resultados de los ensayos realizados, que la resistencia del concreto a la compresión en promedios de **348.83 kg/cm²**, se puede afirmar por las pruebas realizadas que se tiene una buena resistencia.

Las calicatas se han realizado de dos metros de profundidad, en que corresponde a las propiedades mecánicas de suelo de la Av. 28 de julio continua por la calle 4 Jr.dos de mayo y Av. Llanganuco tienen el valor CBR obtenido para el 95 % de máxima densidad seca del ensayo de compactación, Proctor tiene valores 10.8%(subrasante) y 28.8% (subbase), según la clasificación SUCS Y AASHTO el material conformado por el suelo de subrasante presenta (SC) y (A-2-6(1)) y el material conformado en el suelo subbase presenta (GCY A-2-6(0)) que tienen plasticidades bajas, es decir las subrasante está conformada por material de arena arcillosa de baja compatibilidad, por tanto se considera una subrasante regular y subbase está conformada por material de grava arcillosa con arena de baja compatibilidad , ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto se considera un sub base regular.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the current state of hydraulic concrete pavements in the city of Yungay. This research is analytical and descriptive, with a quantitative approach, the design is non-experimental and cross-sectional of the hydraulic pavement.

The study population is constituted by all the pavements of the city of Yungay. An in situ evaluation was developed to diagnose how the rigid pavement is and its surface condition, the result being a low average severity and its most recurrent faults are corner crack, joint seal deterioration and cracking. An evaluation was made to the concrete by diamond tests, 3 test pits, the concrete analyzed by diamond intrusive analysis (Laboratory of Soil Mechanics and Material Testing of San Pedro University), provided the following results of the ompressive strength of the Concrete on the rigid pavement:

With the results of the tests carried out, that the resistance of the concrete to the compression in average is of 348.83 kg / cm², it can be affirmed by the tests carried out that it has a good resistanc.

The caves have been made two meters deep, in which corresponds to the mechanical soil properties of the Av. 28 July continues through the street 4 Jr.dos de Mayo and Av. Llanganuco have the CBR value obtained for 95% of maximum dry density of the compaction test, Proctor has values 10.8% (subgrade) and 28.8% (subbase), according to the SUCS and AASHTO classification the material formed by the subgrade soil presents (SC) and (A-2-6 (1)) and the material formed in the soil subbase presents (GCY A-2-6 (0)) that have low plasticities, that is to say the subgrade is conformed by clay material of low compatibility, therefore it is considered a regular subgrade and subbase is made up of clayey gravel material with low compatibility sand, light to medium comprehensibility and expansion, low permeability, therefore it is considered a regular sub base.

INDICE GENERAL

| | Pagina N° |
|----------------------------------|------------------|
| Palabras Clave | i |
| Título | ii |
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Indice | v |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. METODOLOGIA | 58 |
| III. RESULTADOS | 60 |
| IV. ANALISIS Y DISCUSION | 63 |
| V. CONCLUSIONES | 66 |
| VI. RECOMENDACIONES | 67 |
| VII. AGRADECIMIENTO | 68 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 69 |
| IX. APÉNDICES Y ANEXOS | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Especificaciones técnicas para el concreto en Pavimentos rígidos | 16 |
| Tabla 2. Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua..... | 17 |
| Tabla 3. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava..... | 20 |
| Tabla 4. Sustancias perjudiciales..... | 20 |
| Tabla 5. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena..... | 22 |
| Tabla 6. Especificaciones – Materiales – Ajuste granulométrico de la Arena Fino..... | 22 |
| Tabla 7. Escala de calificación de la serviciabilidad | 35 |
| Tabla 8. Medidas de Rugosidad para tipos de falla en un Pavimento Rígido | 36 |
| Tabla 9. Rangos de calificación para la evaluación de PCI..... | 39 |
| Tabla 10. Longitudes de Unidad de Muestreo Asphaltico | 41 |
| Tabla 11. Rangos de calificación del PCI..... | 52 |
| Tabla 12. Acciones a tener en cuenta de acuerdo al PCI..... | 56 |
| Tabla 13. Ensayo de Resistencia a la compresión de testigos extraídos con perforación de diamantina | 60 |
| Tabla 14. Contenido de Humedad | 61 |
| Tabla 15. Relación de Soporte -CBR ASTM D-1883 | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de los elementos que integran un Pavimento Rígido | 11 |
| Figura 2. Concreto | 14 |
| Figura 3. Cemento Portland Tipo I..... | 17 |
| Figura 4. Agregado Grueso | 19 |
| Figura 5. Falla: Grieta de esquina..... | 25 |
| Figura 6. Falla: Grieta longitudinal | 26 |
| Figura 7. Falla: Grieta transversal | 27 |
| Figura 8. Deformaciones en las Losas de concreto | 28 |
| Figura 9. Juntas dilatación en pavimento rígido..... | 28 |
| Figura 10. Falla: Descascaramiento..... | 29 |
| Figura 11. Índice de Condición del pavimento..... | 41 |
| Figura 12. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico..... | 42 |
| Figura 13. Formato para las iteraciones del cálculo CDV..... | 46 |
| Figura 14. Resistencia a la compresión del concreto del pavimento rígido | 60 |

I. INTRODUCCIÓN

El distrito de Yungay, es el principal distrito de la provincia de Yungay. Se encuentra situado en la parte central del Callejón de Huaylas, en el margen derecho del Río Santa, al pie del coloso nevado Huascarán que es el monte dominante por su lado oriental y de cuyo deshielo nace el Río San Roque que atraviesa de Este a Oeste para afluir al Río Santa. Su situación geográfica es aproximadamente la siguiente: 9°00'36" de latitud sur y 77° 43'28" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Su altitud es de 2,507 metros sobre el nivel del mar.

Yungay se ubica a una altura promedio de 2,507 msnm, con temperatura promedio de 18°C de tal manera que los procesos constructivos varían en función a dicha temperatura y épocas del año, por ello se requiere de un nivel técnico apropiado para su ejecución.

Las estructuras de pavimento rígido en las vías de la ciudad de Yungay, en su gran mayoría, son de pavimento rígido y fueron construidas en los años 80 y 90, las cuales presentan deterioro. Por ello el problema principal que aqueja a los pobladores y transeúntes de la ciudad de Yungay, son las deficiencias en infraestructura vial de sus calles, ocasionado molestias en la población que habita en esta localidad, impidiendo una traslación con la debida comodidad y seguridad por estas vías; algunas calles presentan en su superficie de rodadura pérdida de la carpeta de rodadura, con agrietamiento y huecos, situación que se agrava en época de lluvia.

Las precipitaciones pluviales aportan al deterioro de vías y al incremento en los costos de conservación de las mismas y aunque el tránsito local es mayor, las inadecuadas condiciones de las calles originan mayores costos operativos de los vehículos, pérdidas de tiempo de viaje de los pobladores y finalmente el aspecto físico y paisajístico del ornato de la provincia se ve disminuido ante el deterioro de los pavimentos.

Según Gavidia (2010), en su investigación “Evaluación técnica de las vías de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de antiguo Cuscatlan, El Salvador” en esta investigación se realizó una evaluación técnica que nos permita conocer las condiciones actuales tanto funcionales como estructurales de las vías de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de Antigua Cuscatlán y realizar una evaluación del desempeño que estos pavimentos han proporcionado en el tiempo.

Prunell (2011), realizó una tesis sobre las patologías de concreto en pavimento rígido en la Ciudad de La Plata, tuvo como objetivo general que la mayoría de los deterioros hallados, pueden producirse por causa de uno o varios factores simultáneos. Indica que 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. Concluyó que 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.

Mejía (1996), en su tesis titulada “Diseño del Pavimento Rígido para dos vías de acceso Principal, al Municipio de El Progreso, Departamento de Jutiapa”, abordó el problema del reconocimiento del lugar para evaluar la infraestructura necesaria para un diseño óptimo, como las vías de comunicación y el aprovisionamiento de recursos para la construcción, pueden afectar los costos de los proyectos, aumentando las dificultades técnicas o financieras y que deben ser tomadas en cuenta desde el inicio de la evaluación y preparación del proyecto, se planteó como objetivo general determinar el diseño del pavimento rígido para las dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, llegó a la conclusión de la evaluación de las condiciones de trabajo para la realización de todo proyecto de ingeniería, es determinante en la evaluación de los costos y por lo tanto de la viabilidad para su ejecución.

Según Aguilar (2003), abordó el problema de la aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que especifiquen las

condiciones geométricas del lugar de ejecución del proyecto determinado, realizar el estudio de suelos en el sitio determinará en gran medida la estructura del pavimento por construir, aplicó la metodología del método simplificado de la PCA, utilizado para el diseño del pavimento rígido del tramo carretero, es un método de fácil aplicación, ya que gran parte del procedimiento del mismo se basa en tablas, por lo que tiene gran aplicación cuando no se tienen ensayos de control de tráfico, llegó a la conclusión que el pavimento por construirse deberá soportar y distribuir las cargas en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

Espinoza (2010), en su estudio titulado “Determinación y Evaluación del Nivel de Incidencia de las Patologías del concreto en los Pavimentos Rígidos de la provincia de Huancabamba, Departamento de Piura”, nos presenta como problema la determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías de los pavimentos de concreto hidráulico que conforman la red vial de la provincia de Huancabamba del departamento de Piura, nos permitirá obtener un índice de la integridad estructural de la red vial de los pavimentos y de la condición operacional de la superficie, se planteó como objetivo general determinar el tipo y nivel de las patologías, el índice de integridad estructural de la red vial de los pavimentos y la condición operacional de la superficie de los pavimentos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura, llegó a la conclusión 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.

R. K. (2011) sobre “Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el sector este del barrio de centenario del distrito de Independencia - provincia de Huaraz – 2011”; concluye que la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que por falta o inadecuado mantenimiento estas progresan hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques; baches de profundidad que afecta el tráfico circundante y propicio para acumulación de agua; grietas longitudinales y transversales con longitudes que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa; deficiencia en los

materiales de sellos producto del alabeo de las losas por los cambios volumétricos debido a las temperaturas permitiendo esfuerzos de flexión en el interior de las grietas y ocasionando fractura miento superior y descascaramientos; peladuras con incidencia de rugosidades altas y moderadas que propician la aparición de hundimientos y baches localizados; hundimientos producto de la falta de soporte de la fundación por la calidad de los suelos que integran las capas inferiores a la carpeta de rodamiento.

Según Cerna (2011) en su investigación de “Determinación y evaluación del estado actual de los pavimentos existentes en el distrito de Pariahuanca, provincia de Carhuaz – marzo del 2011”; se realizó la evaluación superficial de los pavimentos y el estado actual de ellos, mediante el método del PCI; el cual arrojó en promedio 60.4 que está dentro del rango de calificación de bueno. La patología con mayor presencia en las losas de las calles del distrito de Pariahuanca son la ESCALA que representa el 25.71% de incidencia de patologías, seguida por grietas lineales que representa el 22.86%, seguido por Craquelado con 22.86% de incidencia. Seguida por las demás patologías, pero en un leve grado de incidencia.

Ruiz 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-Calceta-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.

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.

Mautino A. (2013) en una investigación “determinación y evaluación de bs patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio de Billón Alto - Distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz- Región Ancash”. Concluyen que las fallas del pavimento de concreto rígido del barrio de Billón Alto y evalúa el tipo de deterioro encontrados, para determinar las alternativas de solución del mismo.

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer el Índice de Condición del Pavimentos de Concreto Hidráulico de la Ciudad de Yungay, según la identificación de los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y Extensión de los mismos, empleando formatos adecuados para tal fin.

Nos permite determinar el tipo de patologías existentes y las causas que lo originan, ya sea por razones estructurales del suelo, del concreto o de los procesos constructivos del concreto que existen en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco. de la Ciudad de Yungay. A través del grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento, permite la toma de decisiones en su rehabilitación o reconstrucción.

Únicamente, realizando el mantenimiento y rehabilitación periódica de estos pavimentos se puede garantizar un servicio adecuado y permanente de las vías de Yungay; la evaluación realizada determina los daños existentes en el pavimento rígido, así como las causas de origen. Dicha evaluación sirve entonces para el mantenimiento y rehabilitación lo cual permitirá que el pavimento mantenga las condiciones de servicio considerados en el diseño original y así mejorar la circulación del transporte pesado que tienen dichas avenidas.

Es una responsabilidad que se tiene hacia las personas que habitan dentro de esta localidad como para los transportistas que continuamente circulan por estas vías, las cuales deben estar en óptimas condiciones para que en ningún momento ocurra algún accidente en el que se ponga en riesgo la vida de alguna persona.

A través del grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento, permite la toma de decisiones en su rehabilitación o reconstrucción.

La construcción y mantenimiento de los pavimentos, se ha desarrollado en función de conseguir su durabilidad y mantener un nivel de servicio que permanentemente brinde confort y seguridad a los usuarios.

Conocer el estado situacional de los pavimentos rígidos en un determinado momento es muy importante para tomar decisiones de mejora o de iniciar proyectos de su remodelación total. La durabilidad en construcciones civiles de las obras en pavimento rígido siempre ha constituido un problema en diversas partes del mundo, cuando ocurre diferentes fallas estructurales en el concreto, el hombre siempre ha buscado que las construcciones tengan un ciclo de vida muy duradera, tales son los casos de Egipto, Grecia y Roma, que son construcciones que han durado por miles de años. Los factores que intervienen en la durabilidad o ciclo de vida de las obras civiles son múltiples (materiales, procesos, climas, geología, etc.).

En muchas investigaciones realizadas y en observaciones directas sobre obras civiles sobre pavimentos rígidos se ha podido evidenciar que tan pronto se termina una calle o avenida, ésta presenta ciertas fallas estructurales, por lo que se hace necesario determinarlas, entenderlas y evaluarlas. Los expertos señalan la importancia de un correcto diagnóstico existiendo el riesgo de que intervenciones incorrectas reduzcan la durabilidad que tiene la estructura del pavimento antiguo. Consideraciones de orden técnico y económico determinan las medidas a tomar. La diversidad de procedimientos y productos ofrecidos en el mercado conducen a que se formen fallas estructurales, así como también el uso del pavimento que le puede dar el ciudadano, a esto se unen los factores climáticos que menguan con el tiempo el comportamiento estructural del pavimento.

Las estructuras de pavimento rígido comienzan a fallar en función de la vida útil, los factores que pueden menguar el estado óptimo de las vías de pavimento rígido son las frecuencias de tránsito, agentes atmosféricos, uso, clima, etc., se presentan agrietamiento, hundimiento y descascamiento (piel de cocodrilo). La presencia de sulfatos o cloruros en el agua, sino también estos pueden estar presentes en los agregados incluso en los suelos de sustentación de las estructuras, tal es el caso de los suelos arenosos, encontrándose el concreto expuesto a diferentes tipos de ataques naturales o químicos.

El estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las calles de la ciudad de Yungay se presentan deterioro por desgaste y falta de mantenimiento, motivo por el cual se origina un malestar en el tránsito vial; fallas por fisuras, desmoronamiento, deformaciones, daños superficiales, deterioro de capas superficiales; que se muestra en el pavimento rígido debido a la circulación de vehículos de mayor peso y en mayor cantidad, esto por la apertura de minas polimetálicas y de carbón en la zona; que afectan principalmente al pavimento flexible de la carretera en estudio.

El deterioro por ciertos tramos es un problema por que interrumpen la circulación del tránsito haciendo que sea incomodo el viaje a través de ellas, y no permiten el desarrollo de los habitantes de la ciudad. Por eso es que se busca conocer el estado actual de los

pavimentos de las calles de la ciudad de Yungay, determinar posibles factores que causan estos deterioros para proponer su futura corrección, y así disminuir este problema. El pavimento rígido es ligeramente costoso en la fase inicial, posteriormente se encarece su mantenimiento por la inexistente política de mantenimiento para este tipo de pavimento lo que motiva el permanente deterioro. Al presentarse este deterioro incrementa el costo de operación y mantenimiento y el deterioro de los vehículos. Por ello es necesario plantear una política de mantenimiento del pavimento rígido, que satisfaga las condiciones a que será expuesto en su uso con el paso del tiempo. Para ello es necesario determinar el tipo de fallas del tramo en estudio, de las vías o calles de la ciudad de Yungay, las mismas que serán material de inspección visual, para tomar datos y determinar un índice de condición del pavimento a partir de sus fallas.

Con la finalidad de evitar llegar a estos problemas, la presente investigación propone evaluar el estado de la estructura del pavimento rígido de las calles de Yungay.

Por tal motivo es necesario realizar una evaluación en los pavimentos de concreto, las mismas que serán muestras de inspección visual, para tomar datos y determinar la condición actual en que se encuentran dichos pavimentos.

Planteamiento

Para lo cual nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Cuál es el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco. de la ciudad de Yungay - Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash?

MTC (2008) Estructurado construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los 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.

Alvarado (2016) lo define como “una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento”.

Según Rodríguez (2009), el pavimento es aquella estructura conformada por un conjunto de capas de materiales seleccionados y superpuestos, que reciben en forma directa las cargas del tránsito y los transmiten al suelo en forma uniforme y disipada. Estas capas deben de estar adecuadamente compactadas hasta alcanzar la resistencia especificada. Todo pavimento debe proporcionar una superficie de rodamiento de adecuado funcionamiento, capaz de resistir las cargas durante la vida útil de diseño. Las condiciones necesarias para su buen funcionamiento son las siguientes: ancho apropiado, resistencia adecuada al deslizamiento y a las cargas impuestas por el tráfico, buena adherencia y desagüe eficiente. Además, debe proteger a la explanada de las precipitaciones y la intemperie.

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo de terraplén.

En ingeniería, es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas. Existen dos tipos de pavimentos: los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto hidráulico).

Es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento y cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas.

Pavimento rígido

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

Estos pavimentos se conforman por una sub base y por una losa de concreto hidráulico, la cual le va a dar una alta resistencia a la flexión. Además de los esfuerzos a flexión y de compresión, este tipo de pavimento se va a ver afectado en gran parte por 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 sub rasante.
- Resistencia del concreto que se va a utilizar.
- Condiciones climáticas.

Sub rasante

la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

Sub base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub base. La sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la sub rasante, dado que no usan capa de base.



Figura 1. Esquema de los elementos que integran un Pavimento Rígido

Fuente: [http://www.esquema /pavimento rígido](http://www.esquema/pavimento_rigido)

El esfuerzo al que se somete el pavimento, producto del tránsito, decrece a medida que se profundiza, es por ello que, los materiales con mayor resistencia se colocan en las capas superiores y en las capas inferiores se colocan materiales de menor resistencia obteniendo, de esta manera, pavimentos más económicos.

El pavimento se divide en una serie de capas debido a la economía, ya que al determinar el espesor de capa se busca que este sea el mínimo posible capaz de reducir los esfuerzos sobre la capa inferior inmediata. La resistencia de cada capa depende del material que la conforma, de la compactación y de la humedad, estas últimas son fundamentales ya que la mayoría de las deformaciones permanentes se producen debido a una inadecuada compactación y excesiva presencia de humedad.

Tipos de pavimento rígido

Concreto hidráulico simple: No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

Concreto hidráulico reforzado: Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

Concreto hidráulico reforzado continuo: Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

Funciones de los pavimentos

El pavimento tiene las siguientes funciones:

- Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes ante las cargas del tránsito a lo largo del tiempo, vida de diseño, o ciclo de vida. Durante este periodo debe haber tan sólo algunas acciones esporádicas de conservación o mantenimiento locales, de poca magnitud en importancia y costo.
- Resistir las solicitaciones del tránsito previsto durante la vida de diseño, y distribuir las presiones verticales ejercidas por las cargas, de tal forma que sólo llegue a la capa subrasante una pequeña fracción compatible con su capacidad de resistencia. Las deformaciones recuperables que se produzcan tanto en la subrasante como en las diferentes capas del pavimento, deberán ser admisibles sin dejar de tomar en cuenta la repetición de cargas y la resistencia a la fatiga de los materiales.
- Construir una estructura que resista los factores climatológicos, como son temperatura y agua, por ser los más adversos en el comportamiento del pavimento y de los suelos de cimentación

Diseño de pavimentos.

Método de Diseño:

Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen y que, al criterio del proyectista, sea aplicable a la realidad nacional.

Diseño Estructural:

En cualquier caso, se efectuará el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
- Características y volumen del tránsito durante el período de diseño.
- Vida útil del pavimento.
- Condiciones climáticas y de drenaje.
- Características geométricas de la vía.
- Tipo de pavimento a usarse.

Concreto:

El concreto es la mezcla del cemento, agregados (arena y grava) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo formando una piedra artificial.

El concreto es un material compuesto que consiste en un medio de enlace dentro del cual se embeben partículas o fragmentos de agregado (Carino, 1994 y Pérez, 2010). Para ello se utiliza un cemento hidráulico, agua, triturado y Arena (ASTM, 1994) y en ocasiones aditivos que le confieren propiedades especiales a la mezcla.

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Díaz, 2010).

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

De estas definiciones se puede conceptualizar que el concreto es un producto híbrido cuyas características son los resultados de los aportes de las reacciones físico químicas de la interacción de cada componente.



Figura 2. Concreto

Fuente: <http://www.arkiplus.com/tipos-de-concreto>

Características del concreto convencional

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra chancada) y agua. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras.

Trabajabilidad: Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

Durabilidad: El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

Impermeabilidad: Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

Resistencia: Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Las principales propiedades del concreto fresco: Trabajabilidad, consistencia, compacidad, segregación, exudación, contracción, peso unitario, contenido de aire. En el estado endurecido el concreto presenta las siguientes propiedades: Resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad, estabilidad volumétrica, elasticidad, etc.

Concreto para pavimentos

Es un material premezclado de resistencia controlada y está compuesta por cemento Portland, grava, arena, agua, aditivos y fibras. Generalmente sus aplicaciones son en: Carreteras, vialidades urbanas, estacionamientos, pistas de aeropuertos, losas sobre terreno, patios de maniobras, entre otros.

Usos:

Se especifica para cualquier tipo de pavimentación con diferentes solicitudes de tráfico y cargas. Especialmente recomendado en vías de tráfico pesado, terrenos declinados y obras de mayor vida útil.

Especificaciones:

Tabla 1. Especificaciones técnicas para el concreto en Pavimentos rígidos

| TIPO DE CONCRETO | PARA PAVIMENTOS | UNIDAD |
|---|---|--------------------|
| Código | F | |
| Resistencia de especificación | 30 a 55 | Kg/cm ² |
| Edades de verificación de resistencia f'c | 28 | Días |
| Tamaño máximo de agregado | Huso 467 ASTM = 1 1/2 Huso 57 ASTM = 1 | Pulgadas |
| Tiempo de manejabilidad desde la llegada a la obra | 1.0 | Horas |
| Asentamiento de diseño | 2.5 ± 1 | Pulgadas |
| Tiempo de fraguado inicial desde la salida de la planta | 2.5 | Horas |
| Densidad | 2,200 a 25,400 | Kg/m ³ |
| Contenido de aire | Máximo 3 | % |

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2456441>

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, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. 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 Puzolánica) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

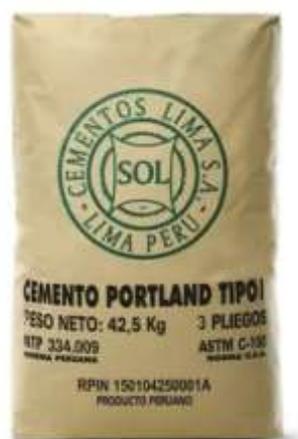


Figura 3. Cemento Portland Tipo I

Fuente: <https://www.promart.pe/cemento-portland-tipo-i-x42-5kg-sol/p>

Agua:

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, 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.

Tabla 2. Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua

| SUSTANCIAS PERJUDICIALES | Ppm Máximo |
|---|-------------------|
| Sulfatos (Convertidos a NaSO ₄) | 1,000 |
| Cloruros (Convertidos a NaCl) | 1,000 |
| Materia Orgánica (Óxido consumido en medio ácido) | 50 |
| Turbiedad y/o lignito | 1,500 |

Fuente: elaboración propia

El agua cumple las siguientes funciones en su calidad de componente del hormigón:

- Participa en las reacciones de hidratación del cemento.
- Proporciona la trabajabilidad necesaria para la puesta en obra.
- Actúa reponiendo el agua perdida por las reacciones exotérmicas y para refrigerar la masa (agua de curado).

Agregados

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Los agregados o áridos ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, su uso tiene la finalidad de disminuir costos, brindar resistencia a la aplicación de carga y a la abrasión, además contrarrestar la filtración de humedades y la acción de otros agentes externos.

La fuerza del concreto depende de la fuerza de la pasta de cemento, de la fuerza del agregado grueso, y de la fuerza de la interface pasta de cemento agregado. Hay evidencia considerable para indicar que esta interface es la región más débil del concreto; por lo general, los incidentes ocurren en la interface cemento agregado antes que en cada uno individualmente (Céspedes, 2003).

Existen dos tipos de agregados:

- Agregado grueso (piedra natural triturada).
- Agregado fino (arena fabricada).

A fin de aprovechar los materiales disponibles y basándose en las normas vigentes RNE y ASTM, se determinan las características de los agregados tales como: granulometría, peso específico y absorción, densidades aparentes, contenido de humedad, desgaste a la abrasión y contenido orgánico.

Materiales pétreos

Grava

Según Riva (2007), en su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, 1999).



Figura 4. Agregado grueso
Fuente: [tps://www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm². Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla 1/4”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
- 1/3 de la altura de las losas o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

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

Tabla 3. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava

| | MALLA | % QUE PASA |
|----------|--------------|-------------------|
| 2" | 50.00 mm | 100 |
| 1 ½" | 37.50 mm. | 95 – 100 |
| ¾" | 19.00 mm. | 35 – 70 |
| 3/8" | 9.50 mm. | 10 – 30 |
| Número 4 | 4.75 mm- | 0 - 5 |

Fuente: elaboración propia

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

Tabla 4. Sustancias perjudiciales.

| SUSTANCIAS PERJUDICIALES | % |
|---------------------------------|----------|
| Partículas deleznales | 0.25 |
| Partículas suaves | 5.00 |
| Pedernal como impureza | 1.00 |
| Carbón mineral y/o lignito | 1.00 |

Fuente: elaboración propia

El agregado grueso, además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Desgaste “Los Ángeles” 40% máximo.

Intemperismo acelerado 12% máximo (utilizando sulfato de sodio).

Arena

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la norma NTP – 400.037. La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla (Neville, 1999).

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de 9.51 mm con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Tabla 5. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena

| MALLA | % QUE PASA | |
|------------|------------|----------|
| 3/8 " | 9.50 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 | 5 máximo |

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037

La arena deberá estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto en los siguientes casos:

Cuando se tengan antecedentes de comportamientos aceptables, en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios; en este caso, los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporcionamiento del concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.

El porcentaje de material que pasa la malla #200 esta modificado según los límites de consistencia lo cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6. Especificaciones – Materiales – Ajuste granulométrico de la Arena

| limite liquido | índice plástico | Material máximo permisible en masa que pasa por la criba 0.075 (#200), en porcentaje |
|-----------------------|------------------------|---|
| Hasta 25 | Hasta 5 | 18.0 |
| Hasta 25 | 5 – 10 | 16.0 |
| Hasta 25 | 10 - 15 | 6.0 |
| Hasta 25 | 15 – 20 | 4.0 |
| Hasta 25 | 20 - 25 | 1.0 |
| 25 – 35 | Hasta 5 | 16.0 |
| 25 – 35 | 5 – 10 | 14.0 |
| 25 – 35 | 10 - 15 | 11.0 |
| 25 – 35 | 15 – 20 | 8.0 |
| 25 – 35 | 20 - 25 | 1.0 |
| 45 - 55 | Hasta 5 | 9.0 |
| 45 - 55 | 5 – 10 | 8.0 |
| 45 - 55 | 10 - 15 | 5.0 |
| 45 - 55 | 15 – 20 | 4.0 |
| 45 - 55 | 20 - 25 | 1.0 |

Fuente: Norma técnica Peruana NTP 400.037

La arena no deberá tener un retenido mayor de 45%, entre 2 mallas consecutivas; además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- Equivalente de arena** 80% máximo
- Módulo de finura 2.30 mínimo y 3.10 máximo
- Intemperismo Acelerado 10% máximo (Empleando sulfato de sodio)

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado fino, a juicio de la Secretaría se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de 10%, en el entendido de que esta condición no excluye las mencionadas anteriormente.

Aditivos

Deberán emplearse aditivos del tipo “D” reductores de agua y retardantes con la dosificación requerida para que la manejabilidad de la mezcla permanezca durante 2 horas a partir de la finalización del mezclado a la temperatura estándar de 23°C y no se produzca el fraguado después de cuatro 4 horas a partir de la finalización del mezclado. Para asegurar la trabajabilidad de la mezcla, también se utilizará un agente inclusor de aire, con los requisitos que señala la norma ASTM C 260.

Membrana de Curado.

Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse una Membrana de Curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma ASTM C171, ASTM C309, Tipo 2, Clase A, AASHTO M 148, Tipo 2, Clase A, FAA Ítem P-610-2.10. Este tipo de membranas evitan que se tapen las esperas de los equipos de rociado. Deberá aplicarse apropiadamente para proveer un sello impermeable que optimiza la retención del agua de la mezcla. El pigmento blanco refleja los rayos solares ayudando a mantener la superficie más fresca y prevenir la acumulación de calor.

Preparación del Terreno para construir una estructura de pavimento rígido.

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las sub rasantes:

- **Compactación de los suelos**, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
- **Fijado de la rasante**, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
- **Uniformado del terreno** en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
- **Nivelación selectiva de la rasante** en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la sub rasante. En

ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

Proceso de Pavimentación en una estructura de pavimento rígido.

Conformar terracerías con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.

- El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.
- Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.
- Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.
- El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.
- Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.
- El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.

Fallas del pavimento rígido

Grietas

Las grietas son manifestaciones muy frecuentes de fallas causadas por la contracción del concreto, expansión de las losas del pavimento, defectos de suelo de fundación, acción de cargas de tráfico, falta de juntas de expansión, contracción o de construcción.

Los tipos de grietas son:

Grietas de esquina: Son las grietas que se originan en el borde o la junta de la losa y forman un triángulo con el lado adyacente y sus catetos aproximadamente iguales. Algunos autores precisan que los lados del triángulo pueden variar entre 300 milímetros y la mitad del ancho de la losa. Otro indica que la longitud máxima de los lados del triángulo es de 1,30 metros.

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad; Bajo: Trozo de la esquina está completo, sin despostillamientos. Medio; presenta fisuras entre 3 y 10 mm, muestra despostillamiento y el trozo de esquina está completo. Alto; el trozo de esquina está incompleto, presencia de grietas de ancho mayor a los 15 mm.



Figura 5. Falla: Grieta de esquina
Fuente:<http://ingenieracivil.blogspot>.

Grietas diagonales:

Grietas longitudinales: Grietas que se producen en las losas y que son predominantemente paralelas al sentido del tráfico, se extienden desde una junta transversal y pueden llegar a interceptar la junta longitudinal, pero a una distancia mayor a la mitad del ancho de la losa; es decir el cateto mayor esta sobre la junta longitudinal.

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad; Bajo: Fisuras y grietas no activas, ancho hasta de 3 mm. Medio; presenta fisuras entre 3 y 10 mm, muestra despostilla miento o saltaduras menores a 50 mm, escalonamiento máximo de 15 mm. Alto; Grietas activas de más de 10 mm., saltaduras de más de 50 mm. y escalonamiento mayor a 15 mm.



Figura 6. Falla: Grieta longitudinal
Fuente: <http://ingenieracivil.blogspot>.

Grietas de restricción:

Grietas transversales: Grietas que se producen perpendiculares al sentido del tráfico. También puede iniciarse en una junta transversal e interceptar la junta longitudinal, pero a una distancia muy superior a la mitad de la losa; es decir el cateto mayor esta sobre la junta transversal.

Niveles de Severidad de las grietas transversales: Se definen tres niveles de severidad; Bajo: Fisuras y grietas no activas, ancho hasta de 3 mm. Medio; presenta fisuras entre 3 y 6 mm, muestra despostilla miento o saltaduras menores a 50 mm, escalonamiento máximo de 6 mm. Alto; Grietas activas de más de 6 mm., saltaduras de más de 50 mm., y escalonamiento mayor a 6 mm.



Figura 7. Falla: Grieta Transversal
Fuente: <http://fisurasjarata.blogspot.pe/2016/06/>

Las grietas se han clasificado según su severidad y se han identificado con la letra “G”. Los niveles de severidad identificados son: baja, media y alta severidad. Para mayor entendimiento, los tipos de grietas se han dibujado en cada losa, exactamente como se presentan:

- G1= Grieta de baja severidad.
- G2= Grieta de mediana severidad.
- G3 = Grieta de alta severidad.

Deformaciones

Las deformaciones son cualquier cambio de la superficie del pavimento referida a su forma original. Los escalones de fallas de las losas, son deformaciones predominantes en los pavimentos de concreto.

Una deformación puede producirse si existe bombeo, debido a que ocasiona escalones de fallas y hundimiento de las losas. Otra causa de las deformaciones son los suelos expansivos y los asentamientos de la cimentación.



Figura 8. Deformaciones en las Losas de concreto
Fuente: <https://www.rearch.losas de concreto.net>

Bombeo

Cuando existe acumulación de agua en la estructura del pavimento, las deflexiones de las losas de concreto en las juntas, las grietas y a lo largo de borde de las losas bajo efecto de cargas pesadas, se produce desplazamiento y eyección del agua.

Esta acción contiene partículas del suelo en suspensión y bajo constantes repeticiones remueve parte de la superficie del suelo provocando socavaciones, que conducen a una falla de soporte y consiguientemente la falla del pavimento. Este fenómeno se conoce como bombeo.

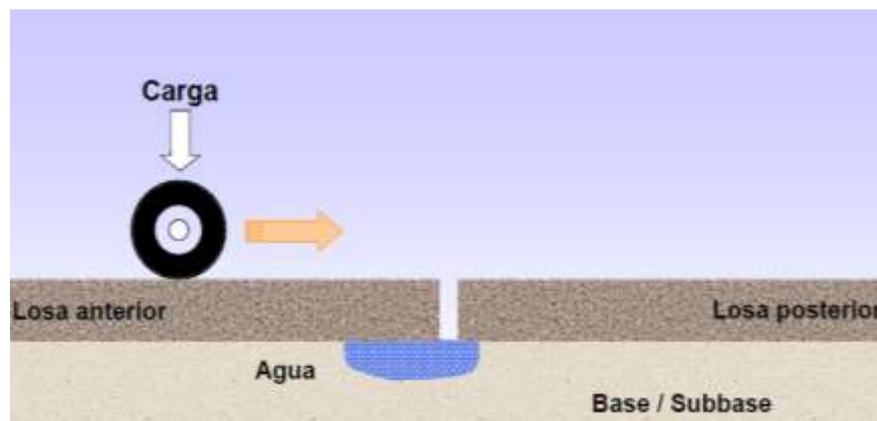


Figura 9: Juntas dilatación en pavimento rígido
Fuente: <https://www.rearch.pavimento rigido.net>

Las investigaciones y observaciones de campo han demostrado la existencia de cuatro condiciones básicas para que se produzca el fenómeno del bombeo, que son las siguientes:

- Suelo de Subrasante de granulometría fina, o con abundante contenido de finos en los materiales que componen la Base y Subbase.
- Agua libre bajo el pavimento.
- Cargas frecuentes de ejes pesados.
- Existencia de juntas y grietas en el pavimento.

Descascaramientos y escamaduras

Los descascaramientos y escamaduras son fallas en la superficie del concreto por deterioro o rotura.

Los descascaramientos consisten en deterioro de la superficie del pavimento por desgaste o conformación inadecuada. En la mayoría de los casos el efecto progresivo tiende a profundizarse. Los fenómenos de descascaramientos se producen por exceso de acabado, defectos de la mezcla, poca calidad de los agregados o curado inapropiado.

Las escamaduras son las roturas del concreto en juntas, grietas y bordes del pavimento.



Figura 10. Falla: descascamiento
Fuente: <http://fisurasjarata.blogspot.pe/>

Elección del tipo de pavimento

Consideraciones para su determinación:

- Formular diferentes alternativas equivalentes de diseño para las mismas condiciones de Tráfico y de Resistencia del Suelo.
- Estrategia adoptada para el Mantenimiento y/o Reforzamiento.
- Evaluar el costo inicial de Construcción, de Mantenimiento y/o Reforzamiento, el Valor Residual de la estructura al término de la Vida Útil Calculada, los Costos del Usuario (Consumo de Combustible, gastos de Mantenimiento del Vehículo, llantas, confort, etc.) de tal manera, que se obtengan los costos totales de cada uno de las diversas alternativas de diseño.
- El tipo de Pavimento será el de menor costo total, que incluye el costo social del Impacto Ambiental.

Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos

Esta Norma consta de 7 Capítulos y 7 Anexos, esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimientos, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

Según la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones en el capítulo 4 (Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos) especifica que el Método de Diseño para Pavimentos Rígidos, se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como la metodología AASHTO-93, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen. El uso de cualquier otra metodología de diseño obliga a incluirla como anexo a la Memoria Descriptiva.

Diseño Estructural

En cualquier caso, se efectúa el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
- Características y volumen del tránsito durante el periodo de diseño.
- Vida útil del pavimento.
- Condiciones climáticas y de drenaje.
- Características geométricas de la vía.
- Tipo de pavimento a usarse.

El profesional responsable (**PR**) deberá elaborar las especificaciones técnicas que tomen en cuenta las condiciones particulares de su proyecto. Los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos son las siguientes:

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

Cuadro N° 01. Especificaciones Técnicas Constructivas de diferentes tipos de pavimentos

Fuente: Norma Técnica Peruana

Evaluación estructural del pavimento rígido

Comportamiento Estructural del Pavimento Rígido

El comportamiento estructural del pavimento de concreto está asociado a la capacidad estructural que tiene para soportar o resistir las solicitaciones de carga al que estará sometido durante su período de vida útil; ya que las cargas de los vehículos pesados producen una pérdida lenta y progresiva de la capacidad de soporte de la estructura del pavimento.

La principal característica estructural de los pavimentos de concreto es la transmisión de cargas a través de juntas o grietas. Por lo tanto, la forma más frecuente de establecer la capacidad estructural de un pavimento de concreto es determinando la deflexión o desplazamiento vertical a lo largo de las juntas y borde del pavimento, deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente pérdida de soporte de la estructura del pavimento, lo que origina la rotura de la losa de concreto.

Factores que afectan el Comportamiento del Pavimento Rígido.

El pavimento de concreto va a pasar gran parte del tiempo expuesto al medio ambiente a través de los gradientes térmicos (de ciclo diario) y de los gradientes de humedad (de ciclo estacional).

Tales factores (clima y tránsito) tienen una acción preponderante y temporal sobre el comportamiento del pavimento como veremos más adelante. Al desarrollarse deterioros en el pavimento se produce una pérdida de serviciabilidad lo que origina una reducción en la vida de servicio prevista del pavimento. Es por esto, que es necesario cuantificar el valor de su influencia de cada uno de estos factores en el comportamiento del pavimento. Las cuáles son las siguientes:

Clima

Se puede apreciar como el clima, en especial las lluvias afectan los materiales que conforman la estructura del pavimento modificando sus propiedades físicas y mecánicas, que pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, estabilidad, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de la subrasante.

Tráfico

En especial los ejes de carga pesada, ayudan a contribuir a un rápido deterioro de la estructura del pavimento. A medida que pasa el tiempo, el daño causado por estos factores va aumentando, lo que origina fallas a lo largo de la superficie del pavimento, que si no son tratadas o corregidas a tiempo pueden traer como consecuencia el colapso total de éste.

Geometría del Proyecto (Diseño Vial)

Es la distribución del Tráfico en el Pavimento.

Posición de la Estructura

Aquellas que están conformadas por las secciones de corte y relleno, Profundidad del Nivel Freático, Deslizamientos y problemas relacionados, depósitos ligeramente profundos.

Construcción y Mantenimiento

Aquí se pueden apreciar las Deficiencia en la Compactación del Terreno de Fundación y/o Cimiento, las Fallas (Instalación y Mantenimiento de Juntas), Inadecuada colocación de Guías en los niveles (Reglas Metálicas), Escarificado y eliminación de materiales superiores al especificado, Durabilidad del Agregado (Árido), Partido (Fracturado).

Desde un principio los resultados del ensayo AASHTO han demostrado que la evolución de las deformaciones y de las fisuras en un pavimento está ligada a la magnitud y ubicación de la carga por eje y a la duración de su aplicación, así como al número de pasadas.

Evaluación del Pavimento Rígido

La evaluación de un pavimento consiste en determinar los daños existentes en éste, así como las causas de origen. Asimismo, tiene por objeto establecer un diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la solución de mantenimiento o rehabilitación más adecuada para cada uno de los tramos homogéneos en que puede dividirse la carretera en estudio.

Evaluación Funcional

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario.

Entre este tipo de deficiencias tenemos los siguientes:

- Rugosidad.
- Fallas superficiales.
- Pérdida de fricción.

Rugosidad: Se define por rugosidad a las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario. Uno de los principales esfuerzos para calificar y cuantificar esta calidad de servicio, fue desarrollado durante la prueba AASHO. En ella se propusieron los siguientes términos para definir la calidad con que el pavimento sirve al usuario:

PSR (Present Serviciability Rating): El juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario.

PSI (Present Serviciability Index): Corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento.

El PSI fue correlacionado con los parámetros de deterioro del pavimento y de esta forma se originaron las fórmulas AASHO de diseño estructural.

La forma de medición de este índice ha variado, en un principio se realizaba en forma subjetiva a través de cinco conductores, quienes transitaban en el pavimento varias veces evaluando su confort en una escala de 0 (pésimo) – 5 (excelente). Al ser esta medición subjetiva podía reflejar un panorama inexacto del estado del pavimento, por lo que el proceso de medición fue objeto de modificaciones. Para reflejar mejor el

estado del pavimento se incorporaron parámetros medibles tales como: rugosidad, agrietamientos, ahuellamientos, baches, los cuales se correlacionaron con las opiniones de los usuarios para finalmente, a través de métodos estadísticos, obtener el PSI.

Para el caso de los pavimentos rígidos, el índice de serviciabilidad presente responde a la siguiente expresión matemática:

$$PSI = 5.41 - 1.78 \cdot \log(1 + SV) - 0.09 \cdot (C + P)^{0.50}$$

Dónde:

PSI : Índice de Serviciabilidad Presente.

SV : Varianza de la pendiente longitudinal x 102 (pulg/pie), representa la rugosidad del pavimento medida con Perfilómetro u otro instrumento.

C : Cantidad de agrietamientos tipo “fracturación múltiple” (pie²/1000pie²).

P : Área bacheada (pie²/1000pie²).

Los rangos de evaluación que se deberán tener en cuenta en la calificación del estado del pavimento a través del PSI se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Escala de calificación de la serviciabilidad

| Escala | Servicialidad |
|--------|---------------|
| 0 - 1 | Muy pobre |
| 1 - 2 | Pobre |
| 2 - 3 | Regular |
| 3 - 4 | Buena |
| 4 - 5 | Muy buena |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

IRI (Índice de Rugosidad Internacional): El cual fue desarrollado en Brasil para el Banco Mundial como el parámetro de deterioro más importante del modelo HDM-III.

Para la medición de la rugosidad en el pavimento, se han desarrollado diversos equipos entre los que se pueden mencionar: El CHLOE, APL, Mays Meter, Perfilómetro Óptico y otros, todos los cuales pueden realizar mediciones a velocidades cercanas a las de operación del camino y ser correlacionadas con los índices de rugosidad.

Fallas Superficiales: Son aquellos defectos que se manifiestan en la superficie del pavimento y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo, su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante, por lo tanto, efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza mediante una inspección visual empleando fichas diseñadas especialmente para este efecto. Estas fichas según la importancia del proyecto pueden ser elaboradas con diferentes grados de detalle.

Entre los defectos que son convenientes identificar y cuantificar conjuntamente con las medidas de rugosidad se cuenta con el siguiente cuadro:

Tabla 8. Medidas de Rugosidad para tipos de falla en un Pavimento Rígido

| Tipos de Falla | Pavimento Rígido/Hormigón |
|----------------------|---------------------------|
| Fisuras y Grietas | X |
| Baches | X |
| Asentamientos | X |
| Fallas en las Juntas | X |
| Desconchamiento | X |
| Desgaste Superficial | X |
| Escalonamiento | X |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Pérdida de Fricción: Este es un defecto que tiene relación directa con la seguridad del usuario, particularmente en segmentos de alta velocidad, zonas de frenado (cruce de peatones, colegios, etc.) y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con peraltes menores a 6%. La pérdida de fricción se produce como consecuencia de una disminución combinada o individual de la macrotextura como de la microtextura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra mojado. Para medir la resistencia al patinaje en un pavimento existen diversos equipos, entre los de mayor uso se cuentan con los siguientes equipos:

El Ensayo de Mancha de Arena, Péndulo Británico y Mu-Meter. En aeropuertos se emplea también el ensayo de la Mancha de Grasa y Péndulo Dinámico.

Debido a que la pérdida de fricción está asociada a un aumento de la lisura del pavimento, esto contribuye además con otros dos fenómenos asociados a pavimentos lisos:

- Aumento **del "spray" (nebulización)**: Asociado al paso de vehículos a alta velocidad, reduciendo considerablemente la visibilidad.
- Aumento del reflejo de las luces de noche y aumento del encandilamiento.

Existen diferentes indicadores para establecer el estado superficial de un pavimento. Cada indicador generalmente es expresado a través de fórmulas, en las que se recoge una serie de parámetros del pavimento. Para cada indicador existen tablas en las cuales se dan valores que indican en que condición se encuentra el pavimento, generalmente cada país en su norma de pavimentos establece estos límites.

Los diversos organismos internacionales que investigan los pavimentos han creado diversos índices que permiten evaluar en qué estado se encuentra, esto con la finalidad de recomendar una rehabilitación oportuna.

Evaluación Estructural

La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural remanente del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, no recuperables a través de la simple aplicación de acciones de conservación preventivas. Por lo tanto, dichos tramos deben ser rehabilitados para que vuelvan a ser transitables.

El principal objetivo de la evaluación estructural es determinar la capacidad estructural efectiva del pavimento existente, ya que de ella va depender que el refuerzo sea correctamente diseñado. Las razones por las cuales la capacidad estructural de un pavimento requiere ser reforzada puede deberse a una o más de las siguientes causas:

Pavimento cercano a cumplir su vida de diseño: Los ejes equivalentes acumulados han alcanzado los límites considerados en el diseño original.

Se proyectó un espesor de diseño insuficiente: Un espesor de proyecto insuficiente se puede relacionar con algunas de las siguientes causas:

- Tránsito de diseño subestimado.

- Emplear parámetros de diseño no representativos tales como; resistencia subrasante, resistencia capas estructurales, condiciones de drenaje, juntas de traspaso de cargas (hormigón), estratigrafías de carga, etc.

Calidad de la construcción: Aun estando bien diseñado un pavimento, la mala calidad de la construcción puede minorar substancialmente la capacidad estructural de un pavimento.

Conservación: Al igual que el punto anterior, aun estando bien diseñado y construido un pavimento la inadecuada conservación de la estructura y sistema de drenajes del pavimento, pueden provocar el deterioro acelerado de este.

Fiscalización: La inadecuada fiscalización de una red caminera trae como consecuencia un mal uso de los pavimentos y un aumento de las sobrecargas.

PAVIMENTO CONDITION INDEX (PCI)

Concepto

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index).

El PCI es un índice numérico que varía desde 0, para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien 100 para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 9. Rangos de calificación para la evaluación de PCI

| RANGO | CLASIFICACIÓN |
|---------|---------------|
| 10 - 85 | Excelente |
| 85 – 70 | Muy bueno |
| 70 – 55 | Bueno |
| 55 – 40 | Regular |
| 40 – 25 | Malo |
| 25 -10 | Muy malo |
| 10 - 0 | Fallado |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

Procedimiento de Evaluación de la Condición del Pavimento

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.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las Figuras 1 y 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

| ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | |
|---|--|---|--|----------------|
| HOJA DE REGISTRO | | | | |
| Nombre de la Via | Sección | Unidad de Muestreo | | |
| Realizado por: | Fecha | Área | | |
| 1. Piel de Cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura Parabólica o por deslizamiento | |
| 2. Exudación | 7. Fisura de Borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento | |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-berma | 14. Ahuellamiento | | |
| 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | | |
| FALLA | CANTIDAD | TOTAL | DENSIDAD | VALOR DEDUCIDO |
| | | | | |

Figura 11. Índice de Condición del pavimento
Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Unidades de Muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 10. Longitudes de Unidad de Muestreo Asfáltico

| Ancho de la calzada (m) | Longitud de la Unidad de muestreo (m) |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 5.0 | 46.0 |
| 5.5 | 41.8 |
| 6.0 | 38.3 |
| 6.5 | 35.4 |
| 7.3 (máximo) | 31.5 |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO**

| EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---|---|---|-----|
| ZONA | | | ABSCISA INICIAL | | | UNIDAD DE MUESTREO | | | | |
| CÓDIGO VÍA | | | ABSCISA FINAL | | | NUMERO DE LOSAS | | | | |
| INSPECCIONADA POR | | | | | FECHA | | | | | |
| No. | Daño | No. | Daño | No. | Daño | | | | | |
| 21 | Blow up / Buckling. | 27 | Desnivel Carril / Berma. | 34 | Punzonamiento. | | | | | |
| 22 | Grieta de esquina. | 28 | Grieta lineal. | 35 | Cruce de vía férrea | | | | | |
| 23 | Losa dividida. | 29 | Parqueo (grande). | 36 | Desconchamiento | | | | | |
| 24 | Grieta de durabilidad "D". | 30 | Parqueo (pequeño) | 37 | Retracción | | | | | |
| 25 | Escala. | 31 | Pulimento de agregados | 38 | Descascaramiento de esquina | | | | | |
| 26 | Sello de junta. | 32 | Popouts | 39 | Descascaramiento de junta | | | | | |
| | | 33 | Bombeo | | | | | | | |
| Daño | Severidad | No. Losas | Densidad (%) | Valor deducido | ESQUEMA | | | | | |
| | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | 10 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | 9 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | 8 |
| | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | ... |
| | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |

Figura 12. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico. Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

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:

a) Equipo.

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

b) Procedimiento.

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

Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:

Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

- a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
- b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

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

- a. Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.
- b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c. **Determine el** “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Dónde:

mi: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

- d. El número de valores individuales deducidos se reduce a 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.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. hasta que q sea igual a 1.

Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Portland:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos.

- a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.
- b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

Etapa 2. Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

Etapa 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

En la Figura 12 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”: CDV

PAVEMENT CONDITION INDEX
FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| No. | Valores Deducidos | | | | | | | | Total | q | CDV |
|-----|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |

Figura 13: Formato para las iteraciones del cálculo CDV.
Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Cálculo del PCI de una sección de Pavimento.

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. Si 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 sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_s = \frac{((N - A) * PCI_R) + (A * PCI_A)}{N} \text{ ecuacion 4.}$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional

Patologías

La Patología en la estructura de los pavimentos se puede definir como la "Ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en los pavimentos rígidos (o en parte de él) después de su ejecución".

El concepto de patología abarca todas las imperfecciones, visibles o no, de las estructuras desde el momento del desarrollo del proyecto.

Patología, concepto inicialmente utilizado en la medicina y que ya hace unas décadas se ha incorporado a la construcción, que significa "estudio de una lesión".

Y es exactamente eso lo que identificamos en algunas construcciones. Éstas pueden presentarse en diferentes partes componentes de un edificio, y responden a una gran cantidad de causas, que es necesario identificar en cada caso para poder resolverlas.

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 pavimentos.

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 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 polución 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, descascamiento, 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.

Cálculo del PCI para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento

Portland Aplicación de la norma ASTM D5340

Calculo del VR

Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.

Dividir el número de losas entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.

Determine los VALORES REDUCIDOS (VR) para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Reducido de Daño”.

Investigación de la Condición Superficial del Pavimento

Cada tipo de daño conjuntamente con su nivel de severidad se denota alfanuméricamente. El tipo de daño es representado por una o dos letras, mientras que el nivel de severidad y su cuantificación son denominados por dos números. El primer número se refiere al nivel de severidad y el segundo a su cuantificación. La severidad y cuantificación de cada tipo de daño se clasifican en tres niveles bajo, medio y alto y están representados por los números 1,2 y 3 respectivamente. Así, por ejemplo, una grieta diagonal en un pavimento rígido, de mediana severidad y baja cuantificación se denomina DC21. Se acompañan los mayores tipos de daños en pavimentos rígidos.

Índice de Condición del Pavimento

A cada tipo de representación alfanumérica representativa de un tipo de daño en el pavimento, se le ha asignado un cierto “Valor de Daño (DV)” para una sección dada del pavimento, se suman los valores de daño para cada tipo de daño encontrados en esa sección:

Índice de Condición del Pavimento (PCI: Pavement Condition Index)

El Índice de Condición del Pavimento constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación (Vásquez, 2002).

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata (Vásquez, (2002).

El deterioro de la estructura de 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 esta dificultad 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 (Vásquez, (2002).

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 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 11: Rangos de calificación del PCI

| RANGO | |
|----------------------|-----------|
| CLASIFICACION | |
| 100 - 85 | EXCELENTE |
| 85 - 70 | MUY BUENO |
| 70 - 55 | BUENO |
| 55 - 40 | REGULAR |
| 40 - 25 | MALO |
| 25 - 10 | MUY MALO |
| 10 - 0 | FALLADO |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima (Peña, 2005).

Objetivos del Índice de condición de pavimento (PCI)

De acuerdo con Peña (2005), los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son:

- Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos. El método determina el Índice de Condición del pavimento (PCI) en base a información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

Los pasos requeridos para la evaluación de cada tramo o sección de vía están orientados a:

- Recorrer la vía en un vehículo “estándar” a la máxima velocidad permitida en la misma.
- Seleccionar dentro del tramo un sub-tramo que represente la condición promedio del pavimento en todo el tramo.
- Determinar el valor del PCI en una sección del sub-tramo. Es importante que la sección seleccionada sea lo más representativa posible de la condición promedio del pavimento en todo el tramo.

El grado de deterioro de un pavimento estará dado en función del tipo de falla, su severidad (ancho de grieta, etc.) y de su densidad (% del área afectada).

(Gutiérrez,
1994).

EL MÉTODO DE PCI

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). Este indicador no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento (ASTM, 2004).

El PCI se utiliza para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento (Rabanal, 2014).

Finalmente, los trabajos de Construcción ($PCI < 30$) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas. (IDU, 2004). Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

N°. Descripción Unidades

| | |
|--------------------------------------|----|
| ➤ Grieta Piel de cocodrilo | m2 |
| ➤ Exudación de Asfalto | m2 |
| ➤ Grietas de contracción (en bloque) | m2 |
| ➤ Elevaciones y Hundimiento | m |
| ➤ Corrugaciones (encalaminado) | m2 |
| ➤ Depresiones | m2 |
| ➤ Grieta de borde | m |
| ➤ Grietas de reflexión de juntas | m |

| | |
|--|----|
| ➤ Desnivel calzada-Hombrillo | m |
| ➤ Grietas longitudinales y transversales | m |
| ➤ Baches y zanjas reparadas | m2 |
| ➤ Agregado Pulidos | m2 |
| ➤ N° de huecos. | |
| ➤ Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas | m2 |
| ➤ Ahuellamientos | m2 |
| ➤ Deformación por empuje | m2 |
| ➤ Grietas de deslizamientos | m2 |
| ➤ Hinchamiento | m2 |
| ➤ Disgregación y desintegración | m2 |

Para evaluar el evaluador del pavimento se debe estar acostumbrado y conocer los tipos de fallas o patologías, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente. En algunos casos se requiere entender como es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad, estos pueden ser bajos, medios y altos.

Bajo: Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

Medio: Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

Alto: Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. Saltos individuales que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular. (Gutiérrez, 1994).

Tabla 12: Acciones a tener en cuenta de acuerdo al PCI

| PCI | ESTADO | INTERVENCIÓN |
|----------|---------|----------------|
| 0 - 30 | Malo | Reconstrucción |
| 31 - 70 | Regular | Rehabilitación |
| 71 - 100 | Bueno | Mantenimiento |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|--|--|--|--|--|
| Evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Yungay | La evaluación del estado de los pavimentos es la determinación del grado de deterioro del pavimento. | La evaluación del estado de pavimentos debe ser capaz de determinar las acciones que generaron el deterioro del pavimento de concreto hidráulico. | -Observación en campo. -Cálculo de grado de deterioro del pavimento. -Análisis de fallas ocurridos en el pavimento. Descascaramiento del pavimento. | *Patologías *Tipos de fallas que se podrían encontrar *pruebas de laboratorio de concreto |
| | Patología es aquella parte de la Durabilidad que se refiere a los signos, posibles causas y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto en un pavimento rígido | La evaluación del concreto en pavimento se desarrollará: * Mediante una inspección visual a fin de identificar las fallas debidas o agentes externos. Así mismo se elaboraron 2 calitas con la finalidad de verificar el grado de compactación de la base. * también se determinaron 2 mediante 2 diamantinas la resistencia del concreto($f'c$) | Fallas por Agentes externos | * Grieta *Daños en el sello de la junta *Pulimiento e agregados *Parches * Descascaramientos *losa dividida |
| | | | Fallas por Proceso Constructivo | *Severidad *Resistencia del concreto ($f'c$) * Cangrejeras *Estudio de suelo |

HIPÓTESIS

La evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay del Distrito y Provincia de Yungay- Región Ancash, permitiría determinar sus condiciones.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash.

Objetivos específicos

- Determinar el diagnóstico actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco mediante la aplicación de la metodología de la Índice de Condición de Pavimento – PCI.
- Determinar las fallas y la condición operacional del pavimento de Concreto hidráulico.
- con mayor incidencia en la superficie de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco.
- Realizar los estudios de las propiedades físicas y mecánicas (Proctor, CBR) del suelo de las en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco.
- Determinar las características físicas (espesor) y mecánicas (resistencia a la compresión) mediante pruebas de diamantina del concreto.

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental porque la evaluación del estado de los pavimentos en estudio implica realizar estudio de laboratorio (pruebas de diamantina).

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque los datos consignados son numerales, se estudiaron las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, respuestas en los instrumentos de recolección de datos.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es un diseño no experimental y de corte transversal, porque es un proceso en el cual estudiaremos el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Yungay.

Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por los pavimentos de concreto hidráulico de la Ciudad de Yungay, distrito y provincia de Yungay – Ancash.

El análisis de suelo donde se encuentra la infraestructura para determinar los estudios de suelo.

Muestra

La muestra estuvo constituida por avenidas principales de la ciudad de Yungay de donde se tomaron los ensayos y pruebas necesarias.

Para la evaluación visual se utilizó todo el pavimento.

Para las pruebas de 3 diamantinas en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr.

Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay

Para las calicatas se toma 3 muestras

Técnicas e Instrumentos de Investigación

La técnica a utilizar fue la observación.

Se utilizó la Evaluación Visual y toma de datos a través de formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

El instrumento fue las fichas de observación PCI. La evaluación incluye los siguientes aspectos:

- Equipo.
 - Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.
 - 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.

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos de la medición de las variables en estudio han sido verificados, registrados, para luego ser ingresados a la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 y SPSS 22.0 para luego realizar los cálculos matemáticos y estadísticos. El análisis se realizó con tablas y gráficos.

METODO APLICADO

Las metodologías de investigación usadas en el presente trabajo son:

Observación: Se observó el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico de la ciudad de Yungay. Se observó las patologías que presentan el concreto hidráulico que presenta en la actualidad.

III. RESULTADOS

El concreto analizado mediante análisis intrusivo de diamantina (Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro), proporcionó los siguientes resultados de la resistencia a la compresión del concreto en el pavimento

rígido:

Tabla 13: Ensayo de Resistencia a la compresión de testigos extraídos con perforación de diamantina

| N | Elemento | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|---|--------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Diamantina-1 | 5.08 | 20.27 | 7340.00 | 363.95 |
| 2 | Diamantina-2 | 5.08 | 20.27 | 7149.00 | 335.08 |
| 3 | Diamantina-3 | 5.08 | 20.27 | 7260.00 | 347.45 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

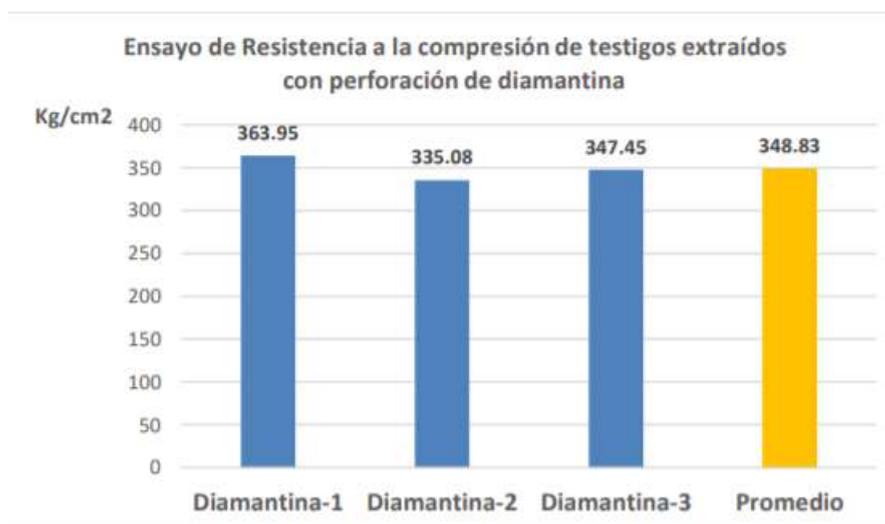


Figura 14: Resistencia a la compresión del concreto del pavimento rígido. Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados de los ensayos realizados, que la resistencia del concreto a la compresión en promedio es de **348.83 kg/cm²**, se puede afirmar por las pruebas realizadas que se tiene una buena resistencia.

El diagnóstico de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco dan como resultado que el deterioro del pavimento de acuerdo al método del PCI. Norma ASTM D5340 en las cuales se señalan en su clasificación que los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican entre otros por:

- Grieta de esquina,
- Deterioro de sello de junta y
- Agrietamiento de tipo mapeo
- Grietas de esquina de severidad media (grietas entre 3mm a 13mm)

Las calicatas se han realizado de dos metros de profundidad en un número de tres tanto en vías expresas, arteriales, colectoras y locales de los cuales se obtuvo el registro del perfil estratigráfico de la subrasante. Según ASTM D2488 que se adjuntan en el anexo A (en el registro de sondaje).

En lo que corresponde a las propiedades mecánicas del suelo de las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco tienen el valor CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores **10.8%** (Subrasante) y **28.8%** (subbase)

Tabla 14: Contenido de humedad

| N | Elemento | Promedio % |
|---|----------|------------|
| 1 | C1 | 9.63 |
| 2 | C2 | 10.62 |
| 3 | C3 | 10.62 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

Tabla 15: Relación de Soporte -CBR ASTM D-1883

| N | Muestra | 95% | 100% |
|---|------------|------|------|
| 1 | Calicata 1 | 10.8 | 21.7 |
| 2 | Calicata 1 | 28.8 | 43.0 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Una de las formas de encarar los problemas sociales y económicos de país, en particular, los relacionados de la calidad de vida de los pobladores y la provisión de vías de comunicación que permitan la interconexión entre las zonas rurales y urbanas de nuestro territorio, es la adopción de políticas que posibiliten incrementar y priorizar la inversión en la rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura de transporte vial.

En esta línea, la presente investigación se ha planteado evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash, al respecto los resultados de los estudios realizados relacionados a suelos y materiales de pavimento han sido verificados con el objeto de determinar las características generales que conforman la estructura del pavimento; en este objetivo se han realizado evaluaciones del perfil del suelo de fundación existente (subrasante y subbase) y del material de concreto. Arrojando los siguientes resultados: Como parte de la evaluación del pavimento, las características de la base, se han establecido muestras de concreto con diamantina para su ensayo de la resistencia a la compresión del concreto. Como parte de la evaluación geotécnica de verificación del suelo de subrasante y subbase a lo largo del trazo se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

Las calicatas se han realizado de dos metros de profundidad en un número de tres tanto en vías expresas, arteriales, colectoras y locales de los cuales se obtuvo el registro del perfil estratigráfico de la subrasante clasificando los materiales mediante el procedimiento de descripción visual manual de campo establecido por la ASTM D2488 que se adjuntan en el anexo A (en el registro de sondaje).

Así mismo, se concluye que el valor CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores 10.8% (Subrasante) y 28.8% (subbase)

| | |
|---|--|
| Contenido de humedad | NTP 339.127, MTC E 108-2000 |
| Análisis mecánico por tamizado | NTP 339.128, MTC E 107-2000 |
| Límites de consistencia <ul style="list-style-type: none"> • Límite líquido • Límite plástico | NTP 339.129, ASTM D4318 <ul style="list-style-type: none"> • MTC E 110-2000 • MTC E 111-2000 |
| Clasificación SUCS y AASHTO | NTP 339.134 Y NTP 339.135, ASTM D2487 |

En base a los resultados se concluye que los materiales encontrados en la calicata de exploración son preponderantemente arena arcillosa para subrasante y para subbase material de grava arcillosa con arena, en los tres puntos de exploración o calicatas.

Según la clasificación SUCS y AASHTO el material conformado por el suelo de subrasante presenta (SC) y (A-2-6(1)) y el material conformado en el suelo de subbase presenta (GC y A-2-6(0)) que tienen plasticidades bajas, es decir las subrasante está conformada por material de arena arcillosa de baja compactibilidad, ligera a media comprensibilidad y expansión, baja permeabilidad; por tanto se considera una subrasante regular y subbase está conformada por material de grava arcillosa con arena de baja compactibilidad, ligera a media comprensibilidad y expansión, baja permeabilidad; por tanto se considera un sub base regular.

Estos resultados concuerdan con la investigación de Espinoza (2010), en el cual se determinaron y evaluaron las patologías de concreto en pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura, en el cual el autor llegó a la conclusión de que los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución, la calidad de los agregados de la zona y que el suelo tiene bastante responsabilidad en dichas grietas, en el cual se destaca la importancia de un análisis del subrasante y subbase, a su vez Crespo (2002) menciona que en el diseño de pavimentos rígidos el MTC toma como parámetros al volumen y peso de los vehículos que transitarán, la reacción del subrasante y la resistencia del concreto.

En relación al objetivo específico referente a obtener muestras del suelo y el concreto para ser analizados en el laboratorio donde se determinó la resistencia del concreto a través de la diamantina realizado en el pavimento rígido, se han realizado ensayos de resistencia a la compresión de concreto mediante la obtención de testigos de concreto cuya resistencia se presenta en la Tabla 13.

Mediante los ensayos realizados, que la resistencia del concreto a la compresión en promedio es de 348.83 kg/cm^2 , se puede afirmar por las pruebas realizadas que se tiene una resistencia adecuada.

Los estudios realizados en las áreas de investigación dan como resultado que el deterioro del pavimento de acuerdo al método del PCI. Norma ASTM D5340 en las cuales se señalan en su clasificación que los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican entre otros por: Grieta de esquina, deterioro de sello de junta y agrietamiento de tipo mapeo dentro de las 15 clasificaciones existentes se han encontrado que el pavimento presenta grietas de esquina de severidad media, esto es ya que se ha encontrado grietas en los rangos de 3mm a 13mm.

Así mismo el pavimento presenta daños de sello de losa en losa también conocido como deterioro del sello de junta, finalmente presenta una red de grietas superficiales, fisuras o grietas finas que se extienden solo a través de la superficie del pavimento de concreto, la investigadora afirma que el nivel de severidad es bajo porque la superficie está en buenas condiciones y sin descascaramiento como se puede observar en el panel de fotos adjunto en el anexo.

Estos resultados se alinean con la investigación de Cerna (2011) en la cual se determinó y evaluó el estado de los pavimentos existentes en el distrito de Pariahuanca, provincia de Carhuaz, en la cual se obtuvieron como resultados que las patologías que afecta principalmente el pavimento son las grietas lineales y craquelado que se encuentran presentes en grado medio, mientras que las demás patologías se presentan en grado leve, el autor señala que es necesario regirse de la normativa tanto para el diseño como para el mantenimiento de pavimentos rígidos para evitar y disminuir los procesos de deterioro y patologías.

V. CONCLUSIONES

- Al evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash se encontró que el estado en general presenta una severidad entre baja y media.
- Las fallas más recurrentes son grietas en esquina de severidad media (rango de 3mm a 13mm) y pequeños daños en el deterioro del sello de junta y en el agrietamiento tipo mapeo fisuras finas solo a través de la superficie de pavimentos de concreto, por lo que la superficie se encuentra en buenas condiciones de operación.
- El concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay presentan un buen comportamiento mecánico ya que su resistencia a la compresión de concreto es de 348.83 kg/cm².
- Se obtuvieron como resultados a partir de las muestras de las tres calicatas, los cuales son:

| Calicata | Limite líquido | Limite plástico | Índice de plasticidad |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| 01 | 27.72 | 13.83 | 13.89 |
| 02 | 21.48 | 9.13 | 12.35 |
| 03 | 21.48 | 9.13 | 12.35 |

- Los daños ocasionados en tramos fisuras longitudinales se debe a que el índice plástico del suelo es mayor que por falta de mantenimiento de las juntas de construcción las aguas superficiales de las precipitaciones afectando así la base de la estructura del pavimento.
- La operatividad de la calle es aceptable debido a que el nivel de severidad es bajo y la superficie se encuentra en buenas condiciones sin descascaramientos; sin embargo, las grietas de esquina tienen una severidad media.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar otros estudios en tramos más afectados en la ciudad de Yungay ya que es una zona aluviónica con presencia de aguas subterráneas que en épocas de lluvia se activan aflorando las aguas hacia la superficie

Se recomienda analizar las obras de arte como alcantarillas para evacuar las aguas de lluvia, el tipo de suelo en puntos estratégicos, canales de cruce ya que estas influyen en la conservación estructura de los pavimentos.

Se recomienda programar la ejecución de estos proyectos en épocas de estiaje por las dificultades del proceso constructivo en épocas de avenida.

Se debe realizar mantenimientos periódicos para evitar que el agua ingrese por las juntas de las losas del concreto hidráulico y así dañar la estructura del pavimento.

VII. AGRADECIMIENTO

Agradecer infinitamente a mi Alma Mater a la Universidad San Pedro – Huaraz por la gran oportunidad de brindar educación a la juventud con deseos de superación. Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, gracias a los profesores e investigadores quienes durante 5 años se esmeraron por dar lo mejor para mi formación profesional por los conocimientos teóricos y las experiencias vividas.

Agradezco al asesor por la misión de esta investigación pretende logara determinar el análisis de suelos y la prueba de diamantina de un pavimento rígido, originadas en la infraestructura de pavimento, se materializa así el propósito de hacer aportes para el desarrollo de la sociedad y la cultura.

A la municipalidad provincial de Yungay que me facilitaron el permiso de la vía. Sus operaciones comprenden los estudios en campo y la verificación de los componentes en el laboratorio, la planificación, el diseño con la permanente intención de beneficiar a los medios científicos de investigación a la cultura y a la sociedad para nuevos estudios que resulten beneficioso.

La necesidad que surge tanto en la ingeniería como ciencias a fines, a incorporar o divulgar los conocimientos indispensables para el desarrollo de la investigación académica y de la vida social.

A mis padres. He llegado a esta etapa gracias a ustedes, porque a pesar de las dificultades y carencias han realizado el máximo esfuerzo para dar lo mejor, agradezco y reconozco su infinito esfuerzo por educarme y formarme. Esta tesis se las dedico con mucho cariño como un símbolo de gratitud.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, M. (2003). Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea santa maría cauque, del municipio de Santiago Sacatepéquez. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad de san Carlos de Guatemala facultad de ingeniería, escuela de ingeniería civil. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1383_IN.pdf
- Alvarado, R. (2016). Diseño organizacional para G&S laboratory de Trujillo, 2016
Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10967>
- Carino, A. (1994). Evaluación y Elaboración de diseño de mezcla de concreto de alta resistencia, implementando cemento ASTM c1157 tipo he, basados en el tipo de diseño de mezcla aci 211.4r-08. Tesis para optar título profesional de ingeniería civil. Universidad del Salvador facultad multidisciplinaria de accidente departamento de ingeniería y arquitectura.
Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15301/1/ELABORACION%20Y%20EVALUACION%20DE%20DISENIO%20DE%20MEZCLA%20DE%20CONCRETO%20DE%20ALTA%20RESISTENCIA,%20IMPLEMENTACION%20CEMENTO.pdf>
- Céspedes, M. (2003). Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1338?locale-attribute=en>
- Cerna, A. (2011). Determinación y Evaluación del estado actual de los Pavimentos Existentes en el distrito de Pariahuanca, Provincia de Carhuaz-marzo de 2011. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de: http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/690/CONDICION_OPERACIONAL_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Díaz, J. (2010). Concreto Reforzado con Fibra Natural de Origen Animal (Plumas de Aves). Universidad Señor de Sipán SAC. Recuperado de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/453>
- Espinoza, E. (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. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de <https://es.slideshare.net/EYNERVVALDIVA/tesis-eyner>
- Gavidia, E. (2010). Evaluación técnica de las vías de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de antiguo cuscatlan. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad De El Salvador. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9565/1/Evaluaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20de%20las%20v%C3%ADas%20de%20concreto%20hidr%C3%A1ulico%20el%20barrio%20El%20Centro%20del%20municipio%20de%20Antiguo%20Cuscatl%C3%A1n.pdf>
- Gutiérrez, J. (1994). Innovación del Método Vizir en Estrategias de Conservación y Mantenimiento de Carreteras con Bajo Volumen de Transito. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1315/1/apolinario_me.pdf
- Mautino A. (2013). Determinación y evaluación de bs patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio billón alto-distrito Huaraz, provincia Huaraz-región Áncash. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/274>
- Mejía, H. (1996). Diseño de Pavimento Rígido para dos vías de acceso Principal, al Municipio de el Progreso, Departamento de Jutiapa. Tesis para optar el

título profesional de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1838_C.pdf

Neville, A. (1999). “Tecnología del Concreto”, 1°. Edición, Instituto Mexicano del cemento y del Concreto, A.C. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/diaz_m_f/bibliografia.pdf

Peña, C. (2005). “Determinación y Evaluación de las Patologías del Concreto para Obtener el Índice de Integridad Estructural del Pavimento y Condición Operacional de la Superficie de la Pista de la Avenida Sáenz – Margen Derecha Comprendido entre el JR. Guillermo Sisley y el JR. Cahuide, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Departamento Ucayali- Año 2005”. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de [file:///C:/Users/JUAN%20JESUS/Downloads/PATOLOGIAS_DEL_CONCRETO_DETERMINACION_DE_PATOLOGIAS_RENGIFO_COLMENARES_ANG_ELO_FRANCIS%20%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUAN%20JESUS/Downloads/PATOLOGIAS_DEL_CONCRETO_DETERMINACION_DE_PATOLOGIAS_RENGIFO_COLMENARES_ANG_ELO_FRANCIS%20%20(1).pdf)

Pérez, A. (2010). “Deterioros en Pavimento Flexibles y Rígidos” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Constructor. Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

Prunell, S. (2011). Estudio de patologías de concreto en pavimentos rígidos en la ciudad de plata. Centro de Investigación Viales (LEMAC). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/123047486/Tesis2011-Prunell-Patologias-en-Pavimentos-de-Hormigon>

Riva, E. (2007). “Tecnología del Concreto”. Editorial Diseño de Mezclas. Recuperado de <http://ingenieriafacil.blogspot.es/1471216250/disenio-de-mezclas-ing-enrique-riva-lopez/>

R, K. (2011). Evaluación del Estado Actual del Pavimento Rígido en el Sector este del barrio de centenario del distrito de Independencia – Provincia de Huaraz- 2011.

Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de: http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/690/CONDITION_OPERACIONAL_RODRIGUEZ_MARQUEZ_MARCO_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, D. (2009). “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla”. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad de Piura. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf

Ruiz, C. (2011). Análisis de los factores que producen el deterioro de los Pavimentos Rígidos. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Escuela Politécnica del Ejercito. Recuperado de: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/T-ESPE-030924.pdf>

Vásquez, L. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de concreto en carreteras. Preparado por ING. ESP. LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA. Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Vergara, I. (2015). Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavimento condición index (psi), en las pistas de tarica av. Central, distrito de independencia, Provincia de Carhuaz, Región Ancash, noviembre del 2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/699>

IX. APENDICES Y ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen. 01 extracción con perforadora diamantina M1, conjuntamente con el personal técnico responsable de Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayos de Materiales USP de Chimbote



Imagen. 02 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 01



Imagen. 03 muestra de concreto extraído con perforadora diamantina de la muestra de la calicata 01



Imagen. 04 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 02



Imagen. 05 extracción con perforadora diamantina M2, conjuntamente con el personal técnico responsable de Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayos de Materiales USP de Chimbote



Imagen. 06 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 03



Imagen. 07 extracción con perforadora diamantina M3



Imagen. 08 se observa las tres muestras que será llevado al laboratorio de la Universidad San Pedro para los análisis correspondientes.



Imagen. 09: realizando el análisis granulométrico de la muestra en laboratorio USP



Imagen. 10 se observa las muestras, en el horno eléctrico.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

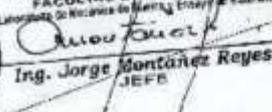
CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : C-1
LUGAR : YUNGAY - ANCASH - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| ENSAYO N° | M-1 | M-2 |
|--------------------------|--------|--------|
| Peso de tara + MH | 578.90 | 578.90 |
| Peso de tara + MS | 542.80 | 542.80 |
| Peso de tara | 165.80 | 165.80 |
| Peso del agua | 36.30 | 36.30 |
| MS | 376.80 | 376.80 |
| Contenido de humedad (%) | 9.63 | 9.63 |
| Promedio (%) | 9.63 | |

NOTA : La muestra fue traída y realizada por el interesado en este Laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



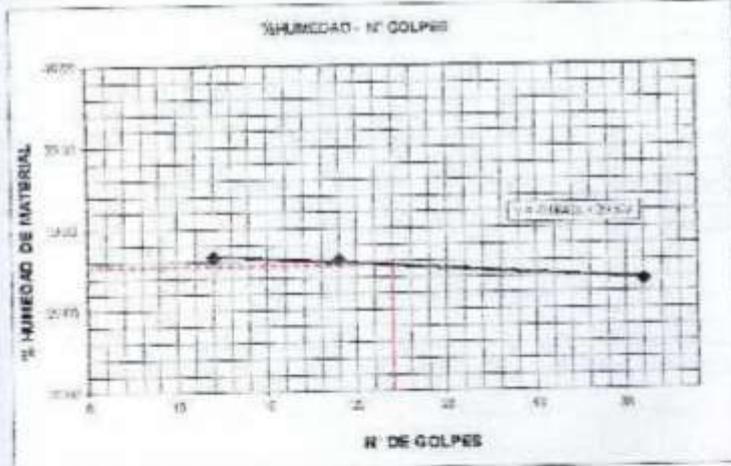
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANIMO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : C-1
 LUGAR : YUNGAY-HUARAZ - ANCASH
 FECHA : 04/04/2017
 PROF(M) : 1.58

| Nro. DE ENSAYO | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.) | 33.30 | 32.40 | 33.40 | 21.70 | 22.70 | 21.00 |
| PESO TARA + SUELO SECO (gr.) | 28.30 | 27.80 | 28.50 | 21.40 | 22.20 | 20.70 |
| PESO DE LA TARA (gr.) | 10.80 | 10.50 | 10.20 | 19.00 | 18.80 | 18.60 |
| PESO DEL AGUIA (gr.) | 5.00 | 4.80 | 4.90 | 0.30 | 0.50 | 0.30 |
| PESO SUELO SECO (gr.) | 17.70 | 17.10 | 18.30 | 2.40 | 3.40 | 2.10 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 28.25 | 28.07 | 26.78 | 12.50 | 14.71 | 14.28 |
| Nro. DE GOLPES | 15 | 22 | 39 | 13.83 | | |



LIMITE LIQUIDO
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T90)
LL : % 27.72

LIMITE PLASTICO
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T98)
LP : % 13.83

INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM D-438
IP : % 13.89



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



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 CURSO : YUNGAY-HUARAZ-ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

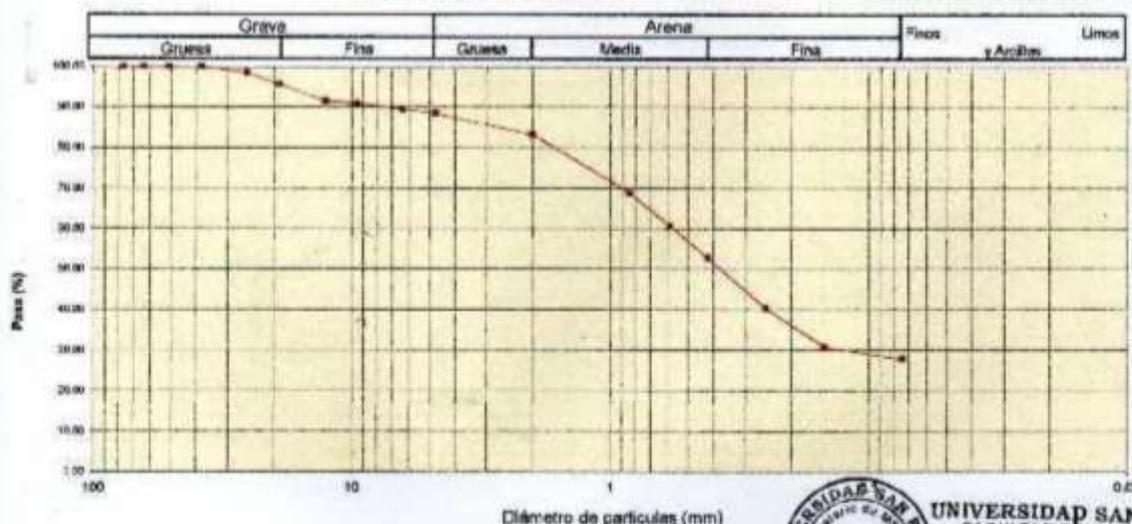
| | | |
|-------------------------|--------|-----|
| Peso Seco Inicial | 1816 | gr. |
| Peso Seco Lavado | 1309.6 | gr. |
| Peso perdido por lavado | 506.4 | gr. |

| |
|------------------|
| MATERIAL : C - 1 |
| MUESTRA : M - 1 |
| PROF. 1.50 |

| Tamiz(Apertura) | Peso Retenido(gr.) | Retenido Parcial(%) | Retenido Acumulado(%) | Pasante (%) | Clasificación AASHTO |
|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|--|
| N° 2 1/2" (76.20) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Material granular Ecuivalente a sueno como subgrain A-2-6 Grava y arena arcillosa e limosa |
| N° 2" (50.80) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| N° 1 1/2" (37.50) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| N° 1" (25.40) | 26.7 | 1.5 | 1.5 | 98.5 | Valor de Índice de grupo (IG): 1 |
| N° 3/4" (19.00) | 50.5 | 2.8 | 4.3 | 95.7 | |
| N° 1/2" (12.50) | 75.8 | 4.2 | 8.4 | 91.8 | Clasificación (S.U.C.S.) |
| N° 3/8" (9.50) | 11.0 | 0.6 | 9.0 | 91.0 | Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sacio). |
| N° 1/4" (6.30) | 24.8 | 1.4 | 10.4 | 89.6 | Arenas arcillosas con grava (C) |
| N° 4 (4.75) | 19.5 | 1.1 | 11.5 | 88.5 | |
| N° 10 (2.00) | 83.4 | 5.1 | 16.6 | 83.4 | Pasa tamiz N° 4 (%) : 88.5 |
| N° 20 (0.850) | 263.5 | 14.5 | 31.1 | 68.9 | Pasa tamiz N° 200 (%) : 27.9 |
| N° 30 (0.600) | 146.2 | 8.1 | 39.2 | 60.8 | D80 (mm) : 0.67 |
| N° 40 (0.425) | 144.4 | 8.0 | 47.1 | 52.9 | D30 (mm) : 0.117 |
| N° 60 (0.250) | 226.2 | 12.5 | 59.6 | 40.4 | D10 (mm) : |
| N° 100 (0.150) | 172.3 | 9.5 | 69.1 | 30.9 | Cu |
| N° 200 (0.075) | 55.3 | 3.0 | 72.1 | 27.9 | Cc |
| < 200 | 506.4 | 27.9 | 100.0 | 0.0 | |
| Total | 1816.0 | | | 100.0 | |

| | |
|-----------------------|-------|
| Límite líquido LL | 27.72 |
| Límite plástico LP | 13.83 |
| Índice plasticidad IP | 13.89 |

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 I.E.F.E.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

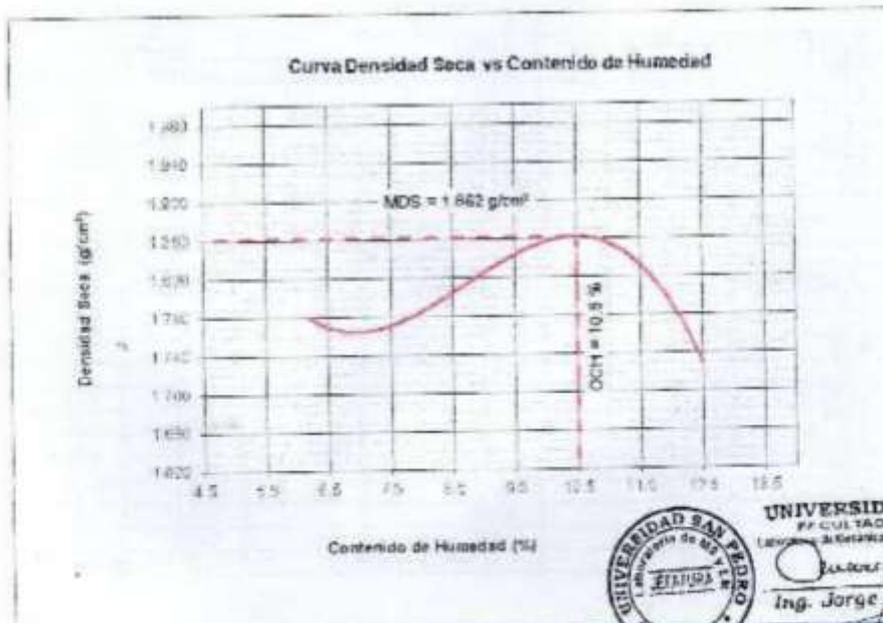
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : TERRENO NATURAL - CALICATA-1
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| Metodo Compactación: | "A" | Número de Golpes | | |
|---|--------|--|--------|--------|
| Energía de Compactación: Standar | | 27.7 Kg.cm ² /cm ² | | |
| 01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g) | 3851 | 3938 | 4019 | 3908 |
| 02 - Peso del Molde (g) | 1981.0 | 1981.0 | 1981.0 | 1981.0 |
| 03 - Peso Suelo Humedo (g) | 1870.0 | 1955.0 | 2036.0 | 1925.0 |
| 04 - Volumen del Molde (cm ³) | 989.0 | 989.0 | 989.0 | 989.0 |
| 05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³) | 1.891 | 1.977 | 2.061 | 1.948 |
| 06 - Tarro N° | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | 542.0 | 629.6 | 483.0 | 578.0 |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | 520.0 | 595.0 | 455.5 | 520.9 |
| 09 - Peso del agua (g) | 22.0 | 34.6 | 27.5 | 57.1 |
| 10 - Peso del tarro (g) | 166.5 | 201.5 | 202.0 | 65.9 |
| 11 - Peso suelo seco (g) | 353.5 | 393.5 | 253.5 | 455.0 |
| 12 - Contenido de Humedad (%) | 9.2 | 8.8 | 10.8 | 12.5 |
| 13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³) | 1.780 | 1.617 | 1.890 | 1.730 |

Contenido Óptimo Humedad **10.5 %** Densidad Seca Máxima **1.862 g/cm³**



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

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B sin - Chimbote
Telf: (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1893

SOLICITA : BACH:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : TERRENO NATURAL - CALICATA-1
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| Características | | | | | | |
|--|---------------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Número de Molde | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de Capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de Golpe | 50 | | 25 | | 12 | |
| Energía Compactación (kg-cm)/cm ² | 27.7 | | 12.2 | | 8.1 | |
| Densidad Seca (CDR) | | | | | | |
| 01 - Peso suelo húmedo + molde (g) | 8.082.0 | | 8.740.0 | | 7.687.0 | |
| 02 - Peso del molde (g) | 4.105.0 | | 4.798.0 | | 3.875.0 | |
| 03 - Peso suelo húmedo (g) | 4.587.0 | | 3.944.0 | | 3.712.0 | |
| 04 - Volumen de molde (cm ³) | 2.245.000 | | 2.104.000 | | 2.127.000 | |
| 05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³) | 2.043 | | 1.875 | | 1.745 | |
| 06 - Tierra N° | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | |
| 07 - Peso suelo húmedo + tarro (g) | 910.7 | | 910.0 | | 473.1 | |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | 494.4 | | 482.8 | | 419.2 | |
| 09 - Peso del agua (g) | 26.3 | | 27.2 | | 23.9 | |
| 10 - Peso del tarro (g) | 210.7 | | 210.0 | | 177.1 | |
| 11 - Peso suelo seco (g) | 273.7 | | 272.8 | | 272.1 | |
| 12 - Contenido de humedad (%) | 6.6 | | 10.0 | | 8.8 | |
| 13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³) | 1.884 | | 1.705 | | 1.634 | |
| Saturación | | | | | | |
| Embebido | Fecha | Hora | Lec. Dial | Lec. Dial | Lec. Dial | |
| Día 01 | 17-oct-15 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.20 | |
| Día 02 | 18-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.20 | |
| Día 03 | 19-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Día 04 | 20-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Expansión % | | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | |
| Absorción | | | | | | |
| Número de molde | 1 | | 2 | | 3 | |
| 01 - Peso suelo húmedo antes (g) | 4.587.0 | | 3.944.0 | | 3.712.0 | |
| 02 - Peso suelo embebido + molde (g) | 8.655.2 | | 8.687.0 | | 7.833.7 | |
| 03 - Peso del molde (g) | 4.105.0 | | 4.798.0 | | 3.975.0 | |
| 04 - Peso suelo embebido (g) | 4.750.2 | | 4.091.0 | | 3.858.7 | |
| 05 - Peso del agua absorbida (g) | 163.7 | | 147.0 | | 146.7 | |
| 06 - Peso del suelo seco (g) | 4.104.9 | | 3.586.4 | | 3.412.3 | |
| 07 - Absorción de agua (%) | 3.8 | | 4.1 | | 4.3 | |
| Penetración | | | | | | |
| Factor Anillo; Carga (kgf./cm ²) = Lectura Dial/4 2491345+27.92018 | | | | | | |
| Molde | 1 [50 Golpes] | | 2 [25 Golpes] | | 3 [12 Golpes] | |
| FEN (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 |
| 0.53 | 15.0 | 91.7 | 5.0 | 48.2 | 4.6 | 44.9 |
| 1.3 | 32.0 | 163.6 | 16.0 | 95.9 | 8.0 | 81.9 |
| 1.9 | 45.0 | 219.1 | 25.2 | 139.4 | 12.0 | 79.9 |
| 2.5 | 55.0 | 261.82 | 32.8 | 163.69 | 16.0 | 95.91 |
| 3.2 | 70.0 | 326.4 | 40.0 | 197.9 | 20.0 | 112.9 |
| 3.8 | 84.0 | 384.8 | 48.0 | 231.9 | 24.0 | 129.9 |
| 5.08 | 99.0 | 431.6 | 53.0 | 253.1 | 28.8 | 146.9 |
| 7.0 | 108.0 | 466.8 | 59.0 | 274.4 | 30.0 | 155.4 |
| 10.16 | 128.8 | 571.8 | 62.0 | 289.0 | 34.0 | 172.4 |
| 12.7 | 135.8 | 614.3 | 68.0 | 321.1 | 32.0 | 165.1 |
| Carga (%) | 261.62 kgf. [10.2%] | | 163.89 kgf. [12%] | | 95.91 kgf. [7%] | |





USP

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: YARETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : C-2
 LUGAR : YUNGAY - ANCASH - ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

| ENSAYO N° | M-1 | M-2 |
|--------------------------|--------|--------|
| Peso de tara + MH | 725.50 | 725.50 |
| Peso de tara + MS | 670.50 | 675.50 |
| Peso de tara | 204.50 | 204.50 |
| Peso del agua | 50.00 | 50.00 |
| MS | 471.00 | 471.00 |
| Contenido de humedad (%) | 10.62 | 10.62 |
| Promedio (%) | 10.62 | |

NOTA : La muestra fue tomada y realizada por el interesado en este Laboratorio.



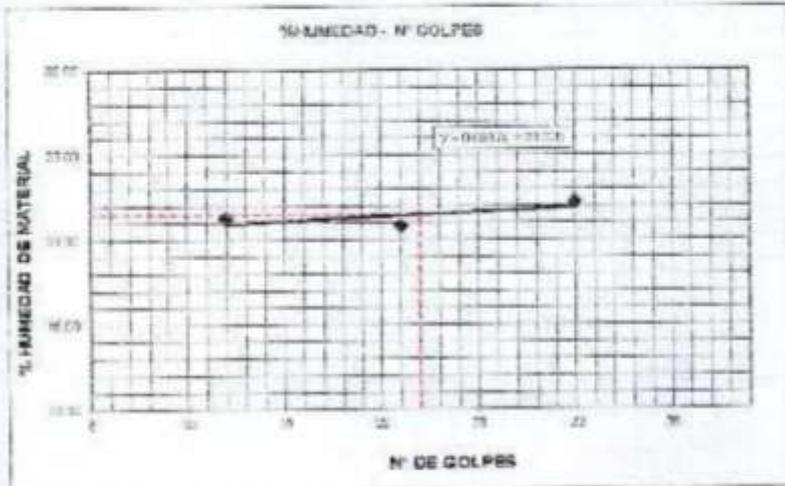
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH: YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : C-2
 LUGAR : YUNGAY-HUARAZ - ANCASH
 FECHA : 04/04/2017
 PROF(m) : 1.50

| Nro DE ENSAYO | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.) | 35.70 | 40.80 | 32.60 | 20.15 | 20.50 | 20.60 |
| PESO TARA + SUELO SECO (gr.) | 31.30 | 35.80 | 28.80 | 20.00 | 20.30 | 20.40 |
| PESO DE LA TARA (gr.) | 10.80 | 10.80 | 10.80 | 18.20 | 18.20 | 18.30 |
| PESO DEL AGUA (gr.) | 4.40 | 5.20 | 4.00 | 0.15 | 0.20 | 0.20 |
| PESO SUELO SECO (gr.) | 20.70 | 25.00 | 18.00 | 1.80 | 2.10 | 2.10 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 21.26 | 20.80 | 22.22 | 8.33 | 9.52 | 9.52 |
| Nro. DE GOLPES | 15 | 24 | 33 | 9.13 | | |



| LIMITE LIQUIDO | |
|---------------------------------------|-------|
| (MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89) | |
| LL : % | 21.48 |

| LIMITE PLASTICO | |
|---------------------------------------|------|
| (MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90) | |
| LP : % | 9.13 |

| INDICE DE PLASTICIDAD | |
|-----------------------|-------|
| ASTM D-438 | |
| IP : % | 12.35 |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH:YANIETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
CURSO : YUNGAY-HUIARAZ-ANCASH
FECHA : 04/04/2017

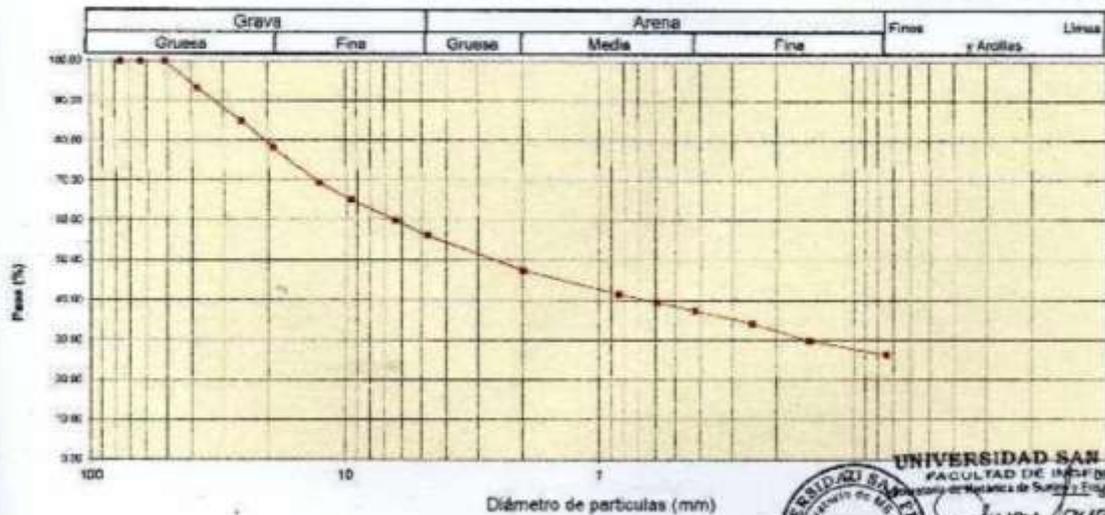
| | | |
|-------------------------|--------|----|
| Peso Seco Inicial | 2000 | gr |
| Peso Seco Lavado | 1473.6 | gr |
| Peso perdido por lavado | 526.4 | gr |

| |
|------------------|
| MATERIAL : C - 1 |
| MUESTRA : M - 1 |
| PROF: 1.50 |

| Tamiz/Abertura | Peso Retenido | Retenido Parcial | Retenido Acumulado | Pasante | Clasificación AA/HSTO |
|----------------|---------------|------------------|--------------------|---------|---|
| N° | (mm) | (gr) | (%) | (%) | |
| 2 1/2" | 76.20 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Material granular Estereite a suero como subgrado |
| 2" | 50.80 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1 1/2" | 37.50 | 132.6 | 6.6 | 93.4 | A-2-B Grava y arena arcillosa o limosa |
| 1" | 22.50 | 167.5 | 8.4 | 85.0 | |
| 3/4" | 19.00 | 132.5 | 6.6 | 78.4 | Clasificación (S.U.C.B.) |
| 1/2" | 12.50 | 177.5 | 8.9 | 69.5 | |
| 3/8" | 9.50 | 85.2 | 4.3 | 65.2 | Suelo de partículas gruesas: Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). |
| 1/4" | 6.30 | 104.3 | 5.2 | 60.0 | |
| N° 4 | 4.75 | 74.4 | 3.7 | 56.3 | Grava washed sin placa 00 |
| N° 10 | 2.00 | 175.4 | 8.8 | 47.5 | |
| N° 20 | 0.850 | 118.9 | 5.9 | 41.6 | Pasa tamiz N° 4 (%) : 56.3 |
| N° 30 | 0.600 | 42.5 | 2.1 | 39.5 | Pasa tamiz N° 200 (%) : 26.3 |
| N° 40 | 0.425 | 41.2 | 2.1 | 37.4 | D80 (mm) : 6.34 |
| N° 60 | 0.250 | 63.5 | 3.2 | 34.2 | D30 (mm) : 0.156 |
| N° 100 | 0.150 | 87.9 | 4.4 | 29.8 | D10 (mm) : |
| N° 200 | 0.075 | 70.2 | 3.5 | 26.3 | Cu |
| < 200 | | 526.4 | 26.3 | 100.0 | Cc |
| Total | | 2000.0 | | 100.0 | |

| | |
|-----------------------|-------|
| Límite líquido LL | 21.48 |
| Límite plástico LP | 9.13 |
| Índice plasticidad IP | 12.35 |

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Jorge Montañez Reges
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

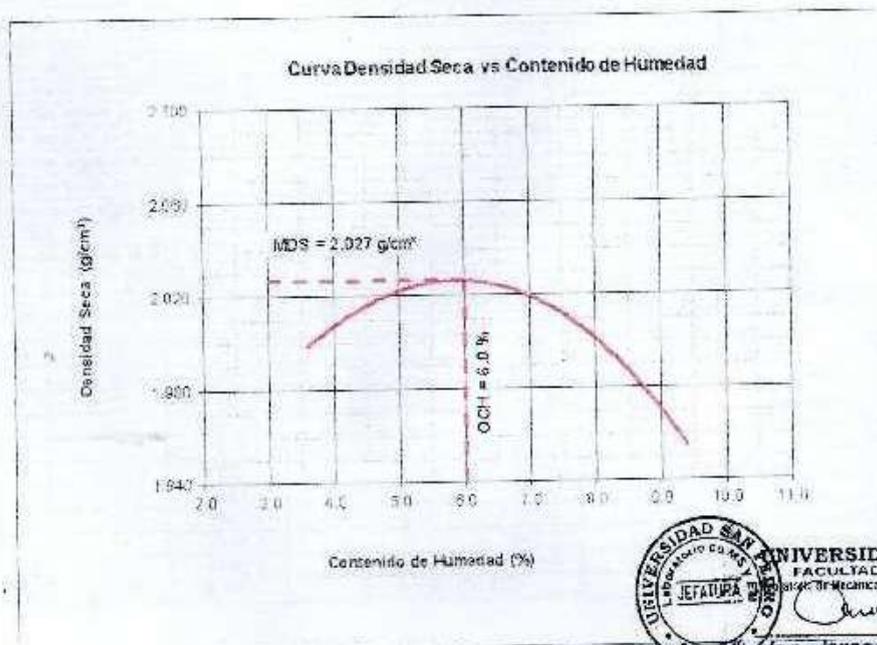
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : AFIRMADO CALICATA 2 Y 3
 LUGAR : YUNGAY-HUARAZ-ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

| Metodo Compactación | t°C | Número de Golpes | | |
|---|--------|------------------------------|--------|--------|
| Energía de Compactación Standar | | 27.7 Kg.cm / cm ² | | |
| 01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g) | 7325.0 | 7479.0 | 7531.0 | 7478.0 |
| 02 - Peso del Molde (g) | 2835.5 | 2835.5 | 2835.5 | 2835.5 |
| 03 - Peso Suelo Humedo (g) | 4689.5 | 4643.5 | 4695.5 | 4642.5 |
| 04 - Volumen del Molde (cm ³) | 2264.0 | 2264.0 | 2264.0 | 2264.0 |
| 05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³) | 2.071 | 2.139 | 2.162 | 2.139 |
| 06 - Tarro N° | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | 762.0 | 846.5 | 892.0 | 703.5 |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | 742.8 | 812.5 | 845.5 | 660.5 |
| 09 - Peso del agua (g) | 19.4 | 34.0 | 46.5 | 43.0 |
| 10 - Peso del tarro (g) | 207.2 | 208.0 | 203.5 | 201.5 |
| 11 - Peso suelo seco (g) | 535.4 | 604.5 | 642.0 | 459.0 |
| 12 - Contenido de Humedad (%) | 3.6 | 5.6 | 7.2 | 9.4 |
| 13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³) | 1.990 | 2.026 | 2.017 | 1.955 |

Contenido Optimo Humedad **6.0 %** Densidad Seca Maxima **2.027 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208
Email: lmvsem@usanpedro.edu.pe



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

RELACION DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D-1883

SOLUCIÓN: BACH VARELA PABLO LÓPEZ ANDRÉS
TÍTULO: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
MORALE CATEDRA LA CALIDAD DE YUNGA Y AICAP
MATERIA: FUNDAMENTO CÁLCULO 3 Y 3
LUGAR: YUNGA - HUARAZ - ANCONA
FECHA: 09/02/2017

| Características | | 1 | 2 | 3 | | |
|---|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| Número de Molde | | 5 | 5 | 5 | | |
| Número de Capas | | 56 | 25 | 12 | | |
| Número de Golpe | | 27.7 | 12.2 | 6.1 | | |
| Energía Compactación [kg-cm/cm ²] | | | | | | |
| Densidad Seca [CBR] | | | | | | |
| 01 - Peso suelo húmedo + molde (g) | | 10,883.5 | 10,360.6 | 9,741.3 | | |
| 02 - Peso del molde (g) | | 6,115.0 | 6,115.0 | 6,115.0 | | |
| 03 - Peso suelo húmedo (g) | | 4,748.5 | 4,284.6 | 3,626.3 | | |
| 04 - Volumen de molde cm ³ | | 2,210.000 | 2,210.000 | 2,210.000 | | |
| 05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³) | | 2.149 | 1.939 | 1.641 | | |
| 06 - Tarro N° | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 07 - Peso suelo húmedo + tarro (g) | | 495.8 | 502.5 | 490.3 | | |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | | 475.4 | 487.2 | 478.4 | | |
| 09 - Peso del agua (g) | | 20.4 | 21.3 | 20.9 | | |
| 10 - Peso del tarro (g) | | 162.0 | 153.0 | 157.0 | | |
| 11 - Peso suelo seco (g) | | 313.4 | 326.2 | 321.4 | | |
| 12 - Contenido de humedad (%) | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | | |
| 13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³) | | 2.027 | 1.829 | 1.548 | | |
| Saturación | | | | | | |
| Embebido | Fecha | Hora | Lec. Dial | Lec. Dial | Lec. Dial | |
| Día 01 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Día 02 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Día 03 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Día 04 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Expansión % | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Absorción | | | | | | |
| Número de molde | | 1 | 2 | 3 | | |
| 01 - Peso suelo húmedo antes (g) | | 4,748.5 | 4,284.6 | 3,626.3 | | |
| 02 - Peso suelo embebido + molde (g) | | 11,051.6 | 10,585.0 | 9,802.1 | | |
| 03 - Peso del molde (g) | | 6,115.0 | 6,115.0 | 6,115.0 | | |
| 04 - Peso suelo embebido (g) | | 4,936.0 | 4,470.6 | 3,787.1 | | |
| 05 - Peso del agua absorbida (g) | | 168.1 | 185.9 | 169.8 | | |
| 06 - Peso del suelo seco (g) | | 4,479.7 | 4,042.1 | 3,421.1 | | |
| 07 - Absorción de agua (%) | | 4.2 | 4.6 | 4.7 | | |
| Penetración | | | | | | |
| Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018 | | | | | | |
| Molde | 1 [56 Golpes] | | 2 [25 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 | 29.0 | 106.8 | 6.6 | 68.7 | 7.8 | 61.2 |
| 1.3 | 50.4 | 242.1 | 24.6 | 128.0 | 18.2 | 96.9 |
| 1.9 | 80.1 | 368.2 | 43.2 | 211.5 | 28.0 | 146.9 |
| 2.5 | 110.9 | 499.06 | 60.9 | 282.67 | 37.0 | 184.97 |
| 3.2 | 152.3 | 675.1 | 76.2 | 351.7 | 51.6 | 245.8 |
| 3.8 | 189.8 | 834.8 | 103.2 | 466.4 | 57.7 | 273.0 |
| 5.09 | 224.6 | 982.1 | 127.2 | 566.4 | 78.7 | 353.9 |
| 7.6 | 285.6 | 1241.5 | 174.0 | 767.3 | 103.6 | 468.1 |
| 10.16 | 310.2 | 1346.2 | 201.0 | 892.0 | 117.8 | 527.6 |
| 12.7 | 334.9 | 1450.9 | 224.4 | 981.4 | 131.6 | 587.1 |
| Carga (%) | 489.06 kgf. [36.7%] | | 282.87 kgf. [20.8%] | | 184.97 kgf. [13.6%] | |





USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

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

SOLICITA : EACHIYANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TITULO : EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICA DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| TESTIGO | PROD. | LONGITUD | DIAMETRO | DENSIDAD | AREA | CARGA MAXIMA | FACTOR CORREC. | FC | OBSERVACION |
|---------|---------------------|----------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| N° | ELEMENTO | (kg) | (cm) | (g/cm ³) | (cm ²) | (kg) | | (kg/cm ²) | |
| 01 | DIAMANTINA - 1- C-1 | 57.23 | 10.30 | 2.441 | 83.27 | 2140.00 | 1.01 | 257.05 | Tam. Max. Piedra 34" |
| 02 | DIAMANTINA - 2- C-2 | 712.03 | 7.34 | 2.525 | 83.27 | 2149.00 | 0.95 | 226.00 | Tam. Max. Piedra 34" |
| 03 | DIAMANTINA - 3- C-3 | 415.42 | 8.30 | 2.465 | 83.27 | 2050.00 | 0.92 | 242.45 | Tam. Max. Piedra 34" |

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Instituto Tecnológico de San Pedro de Huacapistán
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

**EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH**

2. ESTUDIO DE SUELOS DE LA ZONA DE YUNGAY

2.1. TIPO DE SUELO

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.3. RESULTADOS

LOCALIDAD : YUNGAY
DISTRITO : YUNGAY
PROVINCIA : YUNGAY
DEPARTAMENTO : ANCASH

3. ENSAYOS DE RESISTENCIA

3.1. RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEL PAVIMENTO

4.1. DESCRIPCIÓN Y RECOMENDACIONES

4.2. CONCLUSIONES

4.3. RECOMENDACIONES

HUARAZ, MAYO DE 2018

ANEXOS

5.1. FOTOGRAFÍAS

5.2. ESTADÍSTICAS DE DAÑOS OBSERVADOS EN LAS CARRETERAS DE LA CIUDAD DE YUNGAY

5.3. RESULTADOS DE ENSAYOS RESISTENCIA DE LABORATORIO DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

5.4. PLANOS FOTOGRÁFICOS

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

ÍNDICE

1. ASPECTOS GENERALES

- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 UBICACIÓN
- 1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE

- 2.1 TRABAJOS DE CAMPO
- 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO

4. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

- 4.1 SEGÚN EL METODO DEL PCI
- 4.1 EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL PAVIMENTO

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1 CONCLUSIONES
- 5.2 RECOMENDACIONES

ANEXOS:

- A : REGISTROS DE SONDAJE
- B : CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE
- C : CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO DE SUELOS SUBRASANTE Y SUBBASE
- D: PANEL FOTOGRÁFICO.

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Una de las formas de encarar la solución de los problemas sociales y económicos del país, en particular, los relacionados a la mejora de la calidad de vida de los pobladores y la provisión de vías de comunicación que permitan la interconexión entre las zonas rurales y urbanas de nuestro territorio, es la adopción de políticas que permitan incrementar y priorizar la inversión en la rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura de transporte vial.

En esta línea, Bach. Yaneth Paola Loarte Antivo ha considerado realizar el estudio de la EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH.

1.2 UBICACIÓN

El estudio realizado, se ubica en la localidad de Yungay, distrito de Yungay, provincia de Yungay, departamento de Ancash.

En los andes, el clima varía con la altitud; hasta 2,500 m.s.n.m., la temperatura media anual es de 16° C, con lluvias entre 200 y 300 mm/año, la vegetación es bueno debido a abundancia de agua; hasta 3,500 m.s.n.m., el clima es semiárido con temperaturas entre 8 y 10° C con precipitaciones entre 400 y 600 mm/año; por encima de los 3,500 m.s.n.m., el clima es frío y subhúmedo; su temperatura oscila entre 4 y 7° C, con precipitaciones entre 900 y 1,000 mm/año, la agricultura en esta zona es afectada por los fuertes cambios de temperatura.

1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Evaluación del estado actual del pavimento, los aspectos relacionados a suelos y materiales del pavimento han sido verificados con el objeto de determinar, tanto las características generales que conforma la estructura del pavimento.

El estudio, nos ha permitido obtener la información básica de las características y condiciones del terreno y evaluación del pavimento.

Para lograr este objetivo, durante el desarrollo del estudio se ha realizado La evaluación de perfil del suelo de fundación existente (subrasante y subbase) y del material de concreto.

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE

2.1 TRABAJOS DE CAMPO

Como parte de la evaluación del pavimento, las características de la base, se ha extraído muestras de concreto con diamantina para su ensayo de la resistencia a la compresión del concreto.

Como parte de la evaluación geotécnica de verificación del suelo de subrasante y subbase a lo largo del trazo, se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

El acápite 3.2.2 de la Sección de Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos 2010, indica que con el Objeto de determinar las características físico – mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la tabla 2, con un número mínimo de tres (3).

Tabla 2
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

| TIPO DE VÍA | NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN | ÁREA (m ²) |
|-------------|--|------------------------|
| Expresas | 1 cada | 2000 |
| Arteriales | 1 cada | 2400 |
| Colectoras | 1 cada | 3000 |
| Locales | 1 cada | 3600 |

La tabla 2, se aplica para pavimentos urbanos.

Para el presente estudio y para la evaluación de suelos de subrasante y subbase, se han ejecutado 3 calicatas. Las calicatas se ubicaron longitudinalmente, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada. La profundidad de exploración ha sido de 1.50 m.

En cada ubicación de calicata, se obtuvo el registro del perfil estratigráfico del suelo de subrasante, clasificando los materiales, mediante el procedimiento de descripción Visual Manual de campo establecido por la ASTM D2488, que se adjuntan en el Anexo A. Cuando se detectó la presencia de cambios de las características de los materiales encontrados en la excavación, se obtuvieron muestras representativas para la evaluación e identificación en laboratorio.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio, para efectuar los ensayos de sus características físicas. Se llevó un registro correlativo de muestras, que nos permitió llevar un control de la procedencia y ubicación de cada muestra.

Las calicatas indicadas han tenido la siguiente denominación y se han ejecutado en las siguientes coordenadas y cotas:

Cuadro N° 01. Ubicación de las calicatas

| Calicata | Ubicación | Coordenadas UTM | | Cota (m.s.n.m.) | Material |
|----------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|------------|
| | | Este | Norte | | |
| C-1 | Jr. 2 de Mayo | | | | Subrasante |
| C-2 | Av. 28 de Julio | | | | Subbase |
| C-3 | Av. 28 de Julio | | | | Subbase |

2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Efectuadas las calicatas, se registraron los datos del perfil del suelo; en las muestras tomadas de cada una de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos:

a. Características Físicas:

- > Contenido de Humedad NTP 339.127, MTC E 108-2000
- > Análisis Mecánico por Tamizado NTP 339.128, MTC E 107-2000
- > Límites de Consistencia NTP 339.129, ASTM D4318
 - Límite Líquido MTC E 110-2000
 - Límite Plástico MTC E 111-2000
- > Clasificación SUCS y AASHTO NTP 339.134 y NTP 339.135, ASTM D2487

Los cuadros del Anexo B, muestran los resúmenes de los Resultados de Ensayos de Laboratorio, que permiten caracterizar física y mecánicamente los suelos de subrasante. También se adjuntan los certificados de ensayos estándar para caracterización física (granulometría, límites de consistencia y clasificación AASHTO y SUCS).

b. Características Mecánicas:

- > Proctor Modificado NTP 339.141, MTC E 115-2000
- > Valor Soporte de CBR NTP 339.145, MTC E 132-2000

Para el caso de ensayos especiales: Compactación y CBR se ha tenido en cuenta lo indicado en el acápite 3.2.12 de la Sección de Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos 2010, se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en la tabla 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo subrasante. Es decir, se ha efectuado ensayo de California Bearing Ratio (CBR) por tipo de suelo. Se ha tomado el criterio, de realizar ensayos para materiales similares (basado en la descripción visual manual de suelos y clasificación SUCS y AASHTO).

Se aplica para pavimentos urbanos.

Para el tramo en estudio, se han ejecutado 2 ensayos de CBR por tener muestras similares.

Cuadro N° 02. Compactación y CBR de suelos de Subrasante Subbase

| Calicata | Muestra | Clasificación | | MDS (gr/cm ³) | C.H.O. (%) | CBR (100%) | CBR (95%) |
|----------|---------|---------------|------|------------------------------|------------|---------------|--------------|
| | | AASHTO | SUCS | | | | |
| C-1 | Mab-01 | A-2-6(1) | SC | 1.862 | 10.5 | 21.7 | 10.8 |
| C-2/C-3 | Mab-01 | A-2-6(0) | GC | 2.027 | 6.0 | 43.0 | 28.8 |

Los certificados de ensayos de Compactación y CBR se muestran en el Anexo C.

2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según las características generales, la subrasante está conformado por material de arena arcillosa de baja compactabilidad, ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto, se considera una subrasante regular y subbase está conformado por material de grava arcillosa con arena de baja compactabilidad, ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto, se considera una subbase regular.

A continuación, se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio realizados a los suelos de subrasante y subbase.

CUADRO N° 03. Clasificación de Suelos de subrasante

| Calicata | Muestra | Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) | LL (%) | IP (%) | Humedad (%) | Clasificación | |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------------|---------------|------|
| | | | | | | | | AASHTO | SUCS |
| C-1 | mab-01 | 11.5 | 60.6 | 27.9 | 27.72 | 13.89 | 9.63 | A-2-6(1) | SC |
| C-2 | mab-01 | 43.7 | 30.0 | 26.3 | 21.48 | 12.35 | 10.62 | A-2-6(0) | GC |
| C-3 | mab-01 | 43.7 | 30.0 | 26.3 | 21.48 | 12.35 | 10.62 | A-2-6(0) | GC |

3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO.

CUADRO N° 04. Resistencia a la compresión de testigos de concreto

| N° | Elemento | Díametro (cm) | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|----|--------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 01 | Diamantina-1 | 5.08 | 20.27 | 7340.00 | 363.95 |
| 02 | Diamantina-2 | 5.08 | 20.27 | 7149.00 | 335.08 |
| 02 | Diamantina-3 | 5.08 | 20.27 | 7260.00 | 347.45 |

4. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO.

4.1 Según el Método del PCI. Norma ASTM D5340.

Los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican en:

- a) Levantamiento
- b) Grieta de esquina
- c) Grietas lineales, transversales y diagonales
- d) Grietas de durabilidad
- e) Deterioro del sello de junta
- f) Bacheo pequeño
- g) Bacheos grandes y cortes para instalaciones
- h) Desprendimiento por disgregación de áridos
- i) Bombeo
- j) Agrietamiento tipo mapeo
- k) Asentamiento o escalonamiento
- l) Cuarteamiento o fragmentación de losa
- m) Grietas de contracción
- n) Saltadura de juntas transversales y longitudinales
- o) Saltadura de grieta de esquina

4.2 Evaluación del Deterioro del Pavimento.

Grieta de Esquina. El pavimento presenta grietas de esquina de severidad media. Por considerar en rangos de (3 mm a 13 mm).

Deterioro del sello de junta. El pavimento presenta el caño del sello de losa en losa.

Agrietamiento tipo mapeo. Presenta una red de grietas superficiales, fisuras o grietas finas que se extienden solo a través de la superficie del pavimento de concreto. Nivel de severidad presenta baja porque la superficie está en buenas condiciones si descascaramiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) Los materiales encontrados en las calicatas de exploración son preponderantemente arena arcillosa para subrasante y para subbase material de grava arcillosa con arena, en los tres puntos de exploración (calicatas).
- b) Según la clasificación SUCS y AASHTO el material conformado en el suelo de subrasante presenta (SC) y (A-2-6(1)) y el material conformado en el suelo de subbase presenta (GC) y (A-2-6(C)). Que tienen plasticidades bajas, se detalla en el ítem 2.3.
- c) El valor de CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores de 10.8%(Subrasante) y 28.8%(subbase), se detalla en el ítem 2.2.
- d) La resistencia del concreto a la compresión en promedio es de 348.83 kg/cm². Tiene una resistencia adecuada.

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Se deberá verificar que el proceso constructivo se realice de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.
- b) Se recomienda programar la ejecución del proyecto en épocas de estiaje por las dificultades de proceso constructivos en épocas de avenida.

$$PCI_s = \frac{((N - A) * PCI_R) + (A * PCI_A)}{N} \text{ ecuacion 4.}$$

Dónde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

Patologías

La Patología en la estructura de los pavimentos se puede definir como la "Ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en los pavimentos rígidos (o en parte de él) después de su ejecución".

El concepto de patología abarca todas las imperfecciones, visibles o no, de las estructuras desde el momento del desarrollo del proyecto.

Patología, concepto inicialmente utilizado en la medicina y que ya hace unas décadas se ha incorporado a la construcción, que significa "estudio de una lesión".

Y es exactamente eso lo que identificamos en algunas construcciones. Éstas pueden presentarse en diferentes partes componentes de un edificio, y responden a una gran cantidad de causas, que es necesario identificar en cada caso para poder resolverlas.

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 pavimentos.

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 polución 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.

Cálculo del PCI para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento Portland

Aplicación de la norma ASTM D5340

Calculo del VR

Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.

Dividir el número de losas entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.

Determine los VALORES REDUCIDOS (VR) para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Reducido de Daño”.

Investigación de la Condición Superficial del Pavimento

Cada tipo de daño conjuntamente con su nivel de severidad se denota alfanuméricamente. El tipo de daño es representado por una o dos letras, mientras que el nivel de severidad y su cuantificación son denominados por dos números. El primer número se refiere al nivel de severidad y el segundo a su cuantificación. La severidad y cuantificación de cada tipo de daño se clasifican en tres niveles bajo, medio y alto y

están representados por los números 1,2 y 3 respectivamente. Así, por ejemplo, una grieta diagonal en un pavimento rígido, de mediana severidad y baja cuantificación se denomina DC21. Se acompañan los mayores tipos de daños en pavimentos rígidos.

Índice de Condición del Pavimento

A cada tipo de representación alfanumérica representativa de un tipo de daño en el pavimento, se le ha asignado un cierto “Valor de Daño (DV)” para una sección dada del pavimento, se suman los valores de daño para cada tipo de daño encontrados en esa sección:

Índice de Condición del Pavimento (PCI Pavement Condition Index)

El Índice de Condición del Pavimento constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación (Vásquez, 2002).

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata (Vásquez, (2002).

El deterioro de la estructura de 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 esta dificultad 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 (Vásquez, (2002).

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 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 11: Rangos de calificación del PCI

| RANGO | CLASIFICACION |
|--------------|----------------------|
| 100 - 85 | EXCELENTE |
| 85 - 70 | MUY BUENO |
| 70 - 55 | BUENO |
| 55 - 40 | REGULAR |
| 40 - 25 | MALO |
| 25 - 10 | MUY MALO |
| 10 - 0 | FALLADO |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad

estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima (Peña, 2005).

Objetivos del Índice de condición de pavimento (PCI)

De acuerdo con Peña (2005), los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son:

- Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos. El método determina el Índice de Condición del pavimento (PCI) en base a información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

Los pasos requeridos para la evaluación de cada tramo o sección de vía están orientados a:

- Recorrer la vía en un vehículo “estándar” a la máxima velocidad permitida en la misma.
- Seleccionar dentro del tramo un sub-tramo que represente la condición promedio del pavimento en todo el tramo.
- Determinar el valor del PCI en una sección del sub-tramo. Es importante que la sección seleccionada sea lo más representativa posible de la condición promedio del pavimento en todo el tramo.

El grado de deterioro de un pavimento estará dado en función del tipo de falla, su severidad (ancho de grieta, etc.) y de su densidad (% del área afectada). (Gutiérrez, 1994).

EL MÉTODO DE PCI

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). Este indicador no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la

fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento (ASTM, 2004).

El PCI se utiliza para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento (Rabanal, 2014).

Finalmente, los trabajos de Construcción (PCI<30) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas. (IDU, 2004). Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

Nº. Descripción Unidades

| | |
|--------------------------------------|----|
| ➤ Grieta Piel de cocodrilo | m2 |
| ➤ Exudación de Asfalto | m2 |
| ➤ Grietas de contracción (en bloque) | m2 |
| ➤ Elevaciones y Hundimiento | m |
| ➤ Corrugaciones (encalaminado) | m2 |
| ➤ Depresiones | m2 |
| ➤ Grieta de borde | m |
| ➤ Grietas de reflexión de juntas | m |
| ➤ Desnivel calzada-Hombrillo | m |

- Grietas longitudinales y transversales m
- Baches y zanjas reparadas m2
- Agregado Pulidos m2
- N° de huecos.
- Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas m2
- Ahuellamientos m2
- Deformación por empuje m2
- Grietas de deslizamientos m2
- Hinchamiento m2
- Disgregación y desintegración m2

Para evaluar el evaluador del pavimento se debe estar acostumbrado y conocer los tipos de fallas o patologías, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente. En algunos casos se requiere entender como es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad, estos pueden ser bajos, medios y altos.

Bajo: Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

Medio: Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

Alto: Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. Saltos individuales que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular. (Gutiérrez, 1994).

Tabla 12: Acciones a tener en cuenta de acuerdo al PCI

| PCI | ESTADO | INTERVENCIÓN |
|----------|---------|----------------|
| 0 - 30 | Malo | Reconstrucción |
| 31 - 70 | Regular | Rehabilitación |
| 71 - 100 | Bueno | Mantenimiento |

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

Variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|--|--|---|--|---|
| Evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Yungay | La evaluación del estado de los pavimentos es la determinación del grado de deterioro del pavimento. | La evaluación del estado de pavimentos debe ser capaz de determinar las acciones que generaron el deterioro del pavimento de concreto hidráulico. | -Observación en campo. -Cálculo de grado de deterioro del pavimento. -Análisis de fallas ocurridos en el pavimento. Descascaramiento del pavimento. | *Patologías *Tipos de fallas que se podrían encontrar *pruebas de laboratorio de concreto |
| | Patología es aquella parte | La evaluación del concreto en | Fallas por Agentes externos | * Grieta *Daños en |

| | | | | |
|--|---|--|---------------------------------|--|
| | de la Durabilidad que se refiere a los signos, posibles causas y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto en un pavimento rígido | pavimento se desarrollará: * Mediante una inspección visual a fin de identificar las fallas debidas o agentes externos. Así mismo se elaboraron 2 calitas con la finalidad de verificar el grado de compactación de la base. * también se determinaron mediante 2 diamantinas la resistencia del concreto($f'c$) | | el sello de la junta *Pulimiento e agregados *Parches * Descascaramientos *losa dividida |
| | | | Fallas por Proceso Constructivo | *Severidad *Resistencia del concreto ($f'c$) * Cangrejeras *Estudio de suelo |

HIPÓTESIS

La evaluación del estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay del Distrito y Provincia de Yungay- Región Ancash, permitiría determinar sus condiciones.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash.

Objetivos específicos

- Determinar el diagnóstico actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco mediante la aplicación de la metodología de la Índice de Condición de Pavimento – PCI.
- Determinar las fallas y la condición operacional del pavimento de Concreto hidráulico.
- con mayor incidencia en la superficie de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco.
- Realizar los estudios de las propiedades físicas y mecánicas (Proctor, CBR) del suelo de las en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de Mayo y Av. Llanganuco.
- Determinar las características físicas (espesor) y mecánicas (resistencia a la compresión) mediante pruebas de diamantina del concreto.

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental porque la evaluación del estado de los pavimentos en estudio implica realizar estudio de laboratorio (pruebas de diamantina).

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque los datos consignados son numerales, se estudiaron las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, respuestas en los instrumentos de recolección de datos.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es un diseño no experimental y de corte transversal, porque es un proceso en el cual estudiaremos el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Yungay.

Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por los pavimentos de concreto hidráulico de la Ciudad de Yungay, distrito y provincia de Yungay – Ancash.

El análisis de suelo donde se encuentra la infraestructura para determinar los estudios de suelo.

Muestra

La muestra estuvo constituida por avenidas principales de la ciudad de Yungay de donde se tomaron los ensayos y pruebas necesarias.

Para la evaluación visual se utilizó todo el pavimento.

Para las pruebas de 3 diamantinas en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay

Para las calicatas se toma 3 muestras

Técnicas e Instrumentos de Investigación

La técnica a utilizar fue la observación,

Se utilizó la Evaluación Visual y toma de datos a través de formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

El instrumento fue las fichas de observación PCI.

La evaluación incluye los siguientes aspectos:

- Equipo.
 - Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.
 - 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.

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos de la medición de las variables en estudio han sido verificados, registrados, para luego ser ingresados a la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 y SPSS 22.0 para luego realizar los cálculos matemáticos y estadísticos. El análisis se realizó con tablas y gráficos.

METODO APLICADO

Las metodologías de investigación usadas en el presente trabajo son:

Observación: Se observó el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico de la ciudad de Yungay. Se observó las patologías que presentan el concreto hidráulico que presenta en la actualidad.

III. RESULTADOS

El concreto analizado mediante análisis intrusivo de diamantina (Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro), proporcionó los siguientes resultados de la resistencia a la compresión del concreto en el pavimento rígido:

Tabla 13: Ensayo de Resistencia a la compresión de testigos extraídos con perforación de diamantina

| N | Elemento | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|---|--------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Diamantina-1 | 5.08 | 20.27 | 7340.00 | 363.95 |
| 2 | Diamantina-2 | 5.08 | 20.27 | 7149.00 | 335.08 |
| 3 | Diamantina-3 | 5.08 | 20.27 | 7260.00 | 347.45 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

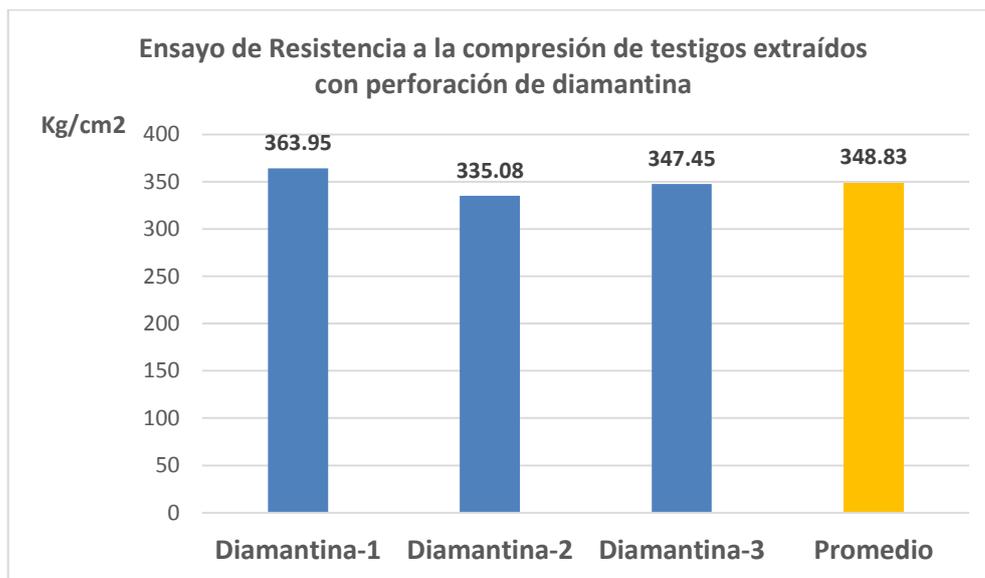


Figura 14: Resistencia a la compresión del concreto del pavimento rígido.

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados de los ensayos realizados, que la resistencia del concreto a la compresión en promedio es de **348.83 kg/cm²**, se puede afirmar por las pruebas realizadas que se tiene una buena resistencia.

El diagnostico de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco dan como resultado que el deterioro del pavimento de acuerdo al método del PCI. Norma ASTM D5340 en las cuales se señalan en su clasificación que los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican entre otros por:

- **Grieta de esquina,**
- **Deterioro de sello de junta y**
- **Agrietamiento de tipo mapeo**
- **Grietas de esquina de severidad media** (grietas entre 3mm a 13mm)

Las calicatas se han realizado de dos metros de profundidad en un número de tres tanto en vías expresas, arteriales, colectoras y locales de los cuales se obtuvo el registro del perfil estratigráfico de la subrasante. Según ASTM D2488 que se adjuntan en el anexo A (en el registro de sondaje).

En lo que corresponde a las propiedades mecánicas del suelo de las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco tienen el valor CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores **10.8%** (Subrasante) y **28.8%** (subbase)

Tabla 14: Contenido de humedad

| N | Elemento | Promedio % |
|----------|-----------------|-------------------|
| 1 | C1 | 9.63 |
| 2 | C2 | 10.62 |
| 3 | C3 | 10.62 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Ensayo de Materiales USP

Tabla 15: Relación de Soporte -CBR ASTM D-1883

| N | Muestra | 95% | 100% |
|----------|----------------|------------|-------------|
| 1 | Calicata 1 | 10.8 | 21.7 |
| 2 | Calicata 1 | 28.8 | 43.0 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Ensayo de Materiales USP

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Una de las formas de encarar los problemas sociales y económicos de país, en particular, los relacionados de la calidad de vida de los pobladores y la provisión de vías de comunicación que permitan la interconexión entre las zonas rurales y urbanas de nuestro territorio, es la adopción de políticas que posibiliten incrementar y priorizar la inversión en la rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura de transporte vial.

En esta línea, la presente investigación se ha planteado evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash, al respecto los resultados de los estudios realizados relacionados a suelos y materiales de pavimento han sido verificados con el objeto de determinar las características generales que conforman la estructura del pavimento; en este objetivo se han realizado evaluaciones del perfil del suelo de fundación existente (subrasante y subbase) y del material de concreto. Arrojando los siguientes resultados:

Como parte de la evaluación del pavimento, las características de la base, se han establecido muestras de concreto con diamantina para su ensayo de la resistencia a la compresión del concreto. Como parte de la evaluación geotécnica de verificación del suelo de subrasante y subbase a lo largo del trazo se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

Las calicatas se han realizado de dos metros de profundidad en un número de tres tanto en vías expresas, arteriales, colectoras y locales de los cuales se obtuvo el registro del perfil estratigráfico de la subrasante clasificando los materiales mediante el procedimiento de descripción visual manual de campo establecido por la ASTM D2488 que se adjuntan en el anexo A (en el registro de sondaje).

Así mismo, se concluye que el valor CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores 10.8% (Subrasante) y 28.8% (subbase)

| | |
|---|--|
| Contenido de humedad | NTP 339.127, MTC E 108-2000 |
| Análisis mecánico por tamizado | NTP 339.128, MTC E 107-2000 |
| Límites de consistencia <ul style="list-style-type: none"> • Límite líquido • Límite plástico | NTP 339.129, ASTM D4318 <ul style="list-style-type: none"> • MTC E 110-2000 • MTC E 111-2000 |
| Clasificación SUCS y AASHTO | NTP 339.134 Y NTP 339.135, ASTM D2487 |

En base a los resultados se concluye que los materiales encontrados en la calicata de exploración son preponderantemente arena arcillosa para subrasante y para subbase material de grava arcillosa con arena, en los tres puntos de exploración o calicatas.

Según la clasificación SUCS y AASHTO el material conformado por el suelo de subrasante presenta (SC) y (A-2-6(1)) y el material conformado en el suelo de subbase presenta (GC y A-2-6(0)) que tienen plasticidades bajas, es decir las subrasante está conformada por material de arena arcillosa de baja compactibilidad, ligera a media comprensibilidad y expansión, baja permeabilidad; por tanto se considera una subrasante regular y subbase está conformada por material de grava arcillosa con arena de baja compactibilidad, ligera a media comprensibilidad y expansión, baja permeabilidad; por tanto se considera un sub base regular.

Estos resultados concuerdan con la investigación de Espinoza (2010), en el cual se determinaron y evaluaron las patologías de concreto en pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura, en el cual el autor llegó a la conclusión de que los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución, la calidad de los agregados de la zona y que el suelo tiene bastante responsabilidad en

dichas grietas, en el cual se destaca la importancia de un análisis del subrasante y subbase, a su vez Crespo (2002) menciona que en el diseño de pavimentos rígidos el MTC toma como parámetros al volumen y peso de los vehículos que transitarán, la reacción del subrasante y la resistencia del concreto.

En relación al objetivo específico referente a obtener muestras del suelo y el concreto para ser analizados en el laboratorio donde se determinó la resistencia del concreto a través de la diamantina realizado en el pavimento rígido, se han realizado ensayos de resistencia a la compresión de concreto mediante la obtención de testigos de concreto cuya resistencia se presenta en la Tabla 13.

Mediante los ensayos realizados, que la resistencia del concreto a la compresión en promedio es de 348.83 kg/cm^2 , se puede afirmar por las pruebas realizadas que se tiene una resistencia adecuada.

Los estudios realizados en las áreas de investigación dan como resultado que el deterioro del pavimento de acuerdo al método del PCI. Norma ASTM D5340 en las cuales se señalan en su clasificación que los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican entre otros por: Grieta de esquina, deterioro de sello de junta y agrietamiento de tipo mapeo dentro de las 15 clasificaciones existentes se han encontrado que el pavimento presenta grietas de esquina de severidad media, esto es ya que se ha encontrado grietas en los rangos de 3mm a 13mm.

Así mismo el pavimento presenta daños de sello de losa en losa también conocido como deterioro del sello de junta, finalmente presenta una red de grietas superficiales, fisuras o grietas finas que se extienden solo a través de la superficie del pavimento de concreto, la investigadora afirma que el nivel de severidad es bajo porque la superficie está en buenas condiciones y sin descascaramiento como se puede observar en el panel de fotos adjunto en el anexo.

Estos resultados se alinean con la investigación de Cerna (2011) en la cual se determinó y evaluó el estado de los pavimentos existentes en el distrito de Pariahuanca, provincia de Carhuaz, en la cual se obtuvieron como resultados que las patologías que afecta principalmente el pavimento son las grietas lineales y craquelado que se encuentran presentes en grado medio, mientras que las demás patologías se presentan en grado leve, el autor señala que es necesario regirse de la normativa tanto para el diseño como para el mantenimiento de pavimentos rígidos para evitar y disminuir los procesos de deterioro y patologías.

V. CONCLUSIONES

- Al evaluar el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay – Distrito y Provincia de Yungay – Región Ancash se encontró que el estado en general presenta una severidad entre baja y media.
- Las fallas más recurrentes son grietas en esquina de severidad media (rango de 3mm a 13mm) y pequeños daños en el deterioro del sello de junta y en el agrietamiento

tipo mapeo fisuras finas solo a través de la superficie de pavimentos de concreto, por lo que la superficie se encuentra en buenas condiciones de operación.

- El concreto hidráulico en las Av. 28 de Julio continua por la calle 4 Jr. Dos de mayo y Av. Llanganuco de la ciudad de Yungay presentan un buen comportamiento mecanico ya que su resistencia a la compresión de concreto es de 348.83 kg/cm^2 .
- Se obtuvieron como resultados a partir de las muestras de las tres calicatas, los cuales son:

| Calicata | Limite líquido | Limite plástico | Índice de plasticidad |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| 01 | 27.72 | 13.83 | 13.89 |
| 02 | 21.48 | 9.13 | 12.35 |
| 03 | 21.48 | 9.13 | 12.35 |

- Los daños ocasionados en tramos fisuras longitudinales se debe a que el índice plástico del suelo es mayor que por falta de mantenimiento de las juntas de construcción las aguas superficiales de las precipitaciones afectando así la base de la estructura del pavimento.
- La operatividad de la calle es aceptable debido a que el nivel de severidad es bajo y la superficie se encuentra en buenas condiciones sin descascaramientos; sin embargo, las grietas de esquina tienen una severidad media.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar otros estudios en tramos más afectados en la ciudad de Yungay ya que es una zona aluviónica con presencia de aguas subterráneas que en épocas de lluvia se activan aflorando las aguas hacia la superficie

Se recomienda analizar las obras de arte como alcantarillas para evacuar las aguas de lluvia, el tipo de suelo en puntos estratégicos, canales de cruce ya que estas influyen en la conservación estructura de los pavimentos.

Se recomienda programar la ejecución de estos proyectos en épocas de estiaje por las dificultades del proceso constructivo en épocas de avenida.

Se debe realizar mantenimientos periódicos para evitar que el agua ingrese por las juntas de las losas del concreto hidráulico y así dañar la estructura del pavimento.

VII. AGRADECIMIENTO

Agradecer infinitamente a mi Alma Mater a la Universidad San Pedro – Huaraz por la gran oportunidad de brindar educación a la juventud con deseos de superación. Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, gracias a los profesores e investigadores quienes durante 5 años se esmeraron por dar lo mejor para mi formación profesional por los conocimientos teóricos y las experiencias vividas.

Agradezco al asesor por la misión de esta investigación pretende logara determinar el análisis de suelos y la prueba de diamantina de un pavimento rígido, originadas en la infraestructura de pavimento, se materializa así el propósito de hacer aportes para el desarrollo de la sociedad y la cultura.

A la municipalidad provincial de Yungay que me facilitaron el permiso de la vía. Sus operaciones comprenden los estudios en campo y la verificación de los componentes en el laboratorio, la planificación, el diseño con la permanente intención de beneficiar a los medios científicos de investigación a la cultura y a la sociedad para nuevos estudios que resulten beneficioso.

La necesidad que surge tanto en la ingeniería como ciencias a fines, a incorporar o divulgar los conocimientos indispensables para el desarrollo de la investigación académica y de la vida social.

A mis padres. He llegado a esta etapa gracias a ustedes, porque a pesar de las dificultades y carencias han realizado el máximo esfuerzo para dar lo mejor, agradezco y reconozco su infinito esfuerzo por educarme y formarme. Esta tesis se las dedico con mucho cariño como un símbolo de gratitud.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, M. (2003). Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea santa maría cauque, del municipio de Santiago Sacatepéquez. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad de san Carlos de Guatemala facultad de ingeniería, escuela de ingeniería civil. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1383_IN.pdf

Alvarado, R. (2016). Diseño organizacional para G&S laboratory de Trujillo, 2016
Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10967>

Carino, A. (1994). Evaluación y Elaboración de diseño de mezcla de concreto de alta resistencia, implementando cemento ASTM c1157 tipo he, basados en el tipo de diseño de mezcla aci 211.4r-08. Tesis para optar título profesional de ingeniería civil. Universidad del Salvador facultad multidisciplinaria de occidente departamento de ingeniería y arquitectura. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15301/1/ELABORACION%20Y%20EVALUACION%20DE%20DISE%20NOS%20DE%20MEZCLA%20DE%20CONCRETO%20DE%20ALTA%20RESISTENCIA,%20IMPLEMENTANDO%20CEME.pdf>

Céspedes, M. (2003). Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1338?locale-attribute=en>

Cerna, A. (2011). Determinación y Evaluación del estado actual de los Pavimentos Existentes en el distrito de Pariahuanca, Provincia de Carhuaz-marzo de 2011. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de: http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/690/CONDICION_OPERACIONAL_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, J. (2010). Concreto Reforzado con Fibra Natural de Origen Animal (Plumas de Aves). Universidad Señor de Sipán SAC. Recuperado de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/453>

Espinoza, E. (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. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de <https://es.slideshare.net/EYNERVVALDIVA/tesis-eyner>

Gavidia, E. (2010). Evaluación técnica de las vías de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de antiguo cuscatlan. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad De El Salvador. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9565/1/Evaluaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20de%20las%20v%C3%ADas%20de%20concreto%20hidr%C3%A1ulico%20del%20barrio%20El%20Centro%20del%20municipio%20de%20Antiguo%20Cuscatl%C3%A1n.pdf>

Gutiérrez, J. (1994). Innovación del Método Vizir en Estrategias de Conservación y Mantenimiento de Carreteras con Bajo Volumen de Transito. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1315/1/apolinario_me.pdf

Mautino A. (2013). Determinación y evaluación de bs patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio billón alto-districto Huaraz, provincia Huaraz- región Áncash. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/274>

- Mejia, H. (1996). Diseño de Pavimento Rígido para dos vías de acceso Principal, al Municipio de el Progreso, Departamento de Jutiapa. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1838_C.pdf
- Neville, A. (1999). “Tecnología del Concreto”, 1°. Edición, Instituto Mexicano del cemento y del Concreto, A.C. Recuperado de:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/diaz_m_f/bibliografia.pdf
- Peña, C. (2005). “Determinación y Evaluación de las Patologías del Concreto para Obtener el Índice de Integridad Estructural del Pavimento y Condición Operacional de la Superficie de la Pista de la Avenida Sáenz – Margen Derecha Comprendido entre el JR. Guillermo Sisley y el JR. Cahuide, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Departamento Ucayali- Año 2005”. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de
[file:///C:/Users/JUAN%20JESUS/Downloads/PATOLOGIAS_DEL_CONCRETO_DETERMINACION_DE_PATOLOGIAS_RENGIFO_COLMENARES_ANGELO_FRANCIS%20%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUAN%20JESUS/Downloads/PATOLOGIAS_DEL_CONCRETO_DETERMINACION_DE_PATOLOGIAS_RENGIFO_COLMENARES_ANGELO_FRANCIS%20%20(1).pdf)
- Pérez, A. (2010). “Deterioros en Pavimento Flexibles y Rígidos” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Constructor. Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

- Prunell, S. (2011). Estudio de patologías de concreto en pavimentos rígidos en la ciudad de plata. Centro de Investigación Viales (LEMAC). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/123047486/Tesis2011-Prunell-Patologias-en-Pavimentos-de-Hormigon>
- Riva, E. (2007). “Tecnología del Concreto”. Editorial Diseño de Mezclas. Recuperado de <http://ingenieriafacil.blogspot.es/1471216250/disenodemezclasing-enrique-riva-lopez/>
- R, K. (2011). Evaluación del Estado Actual del Pavimento Rígido en el Sector este del barrio de centenario del distrito de Independencia – Provincia de Huaraz- 2011. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de:
http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/690/CONDICION_OPERACIONAL_RODRIGUEZ_MARQUEZ_MARCO_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, D. (2009). “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla”. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad de Piura. Recuperado de:
https://pirhua.udp.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf
- Ruiz, C. (2011). Análisis de los factores que producen el deterioro de los Pavimentos Rígidos. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado de:

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/T-ESPE-030924.pdf>

Vásquez, L. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de concreto en carreteras. Preparado por ING. ESP. LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA. Recuperado de:

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Vergara, I. (2015). Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavimento condición index (psi), en las pistas de tarica av. Central, distrito de independencia, Provincia de Carhuaz, Región Ancash, noviembre del 2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Recuperado de:

<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/699>

IX. APENDICES Y ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen. 01 extracción con perforadora diamantina M1, conjuntamente con el personal técnico responsable de Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayos de Materiales USP de Chimbote



Imagen. 02 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 01



Imagen. 03 muestra de concreto extraído con perforadora diamantina de la muestra de la calicata 01



Imagen. 04 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 02

Imagen. 06 se observa realizando la excavación para la extracción de la muestra de la calicata 03



Imagen. 07 extracción con perforadora diamantina M3



Imagen. 08 se observa las tres muestras que será llevado al laboratorio de la Universidad San Pedro para los análisis correspondientes.



Imagen. 09: realizando el análisis granulométrico de la muestra en laboratorio USP



Imagen. 10 se observa las muestras, en el horno eléctrico.



USP

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: YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : C-1
LUGAR : YUNGAY - ANCASH - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| ENSAYO N° | M-1 | M-2 |
|--------------------------|--------|--------|
| Peso de tara + MH | 578.90 | 578.90 |
| Peso de tara + MS | 542.60 | 542.60 |
| Peso de tara | 165.80 | 165.80 |
| Peso del agua | 36.30 | 36.30 |
| MS | 376.90 | 376.80 |
| Contenido de humedad (%) | 9.63 | 9.63 |
| Promedio (%) | 9.63 | |

NOTA : La muestra fue traída y realizada por el interesado en este Laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

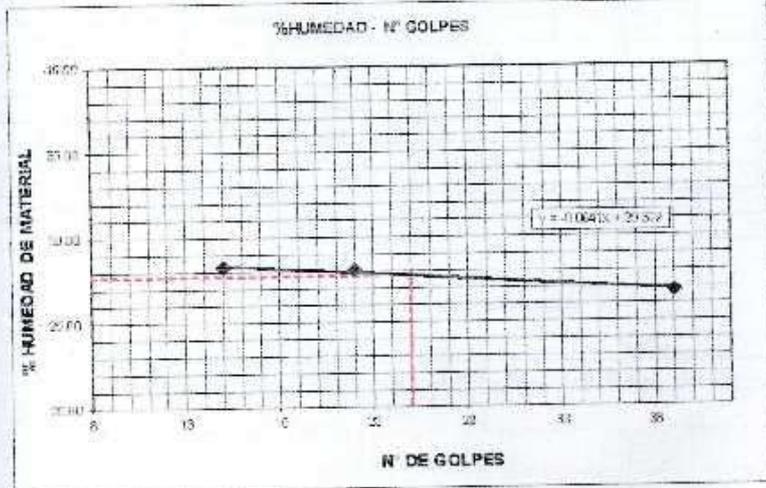
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : C-1
LUGAR : YUNGAY-HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017
PROF(m) : 1.50

| Nro. DE ENSAYO | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.) | 33.30 | 32.40 | 33.40 | 21.70 | 22.70 | 21.00 |
| PESO TARA + SUELO SECO (gr.) | 28.30 | 27.80 | 28.50 | 21.40 | 22.20 | 20.70 |
| PESO DE LA TARA (gr.) | 10.60 | 10.50 | 10.20 | 19.00 | 18.80 | 18.60 |
| PESO DEL AGUIA (gr.) | 5.00 | 4.80 | 4.90 | 0.30 | 0.50 | 0.30 |
| PESO SUELO SECO (gr.) | 17.70 | 17.10 | 18.30 | 2.40 | 3.40 | 2.10 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 28.25 | 28.07 | 26.78 | 12.50 | 14.71 | 14.29 |
| Nro. DE GOLPES | 15 | 22 | 39 | 13.83 | | |



| | |
|---------------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO | |
| (MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89) | |
| LL : % | 27.72 |

| | |
|---------------------------------------|-------|
| LIMITE PLASTICO | |
| (MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90) | |
| LP : % | 13.83 |

| | |
|------------------------------|-------|
| INDICE DE PLASTICIDAD | |
| ASTM D-438 | |
| IP : % | 13.89 |



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



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 CURSO : YUNGAY-HUARAZ-ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

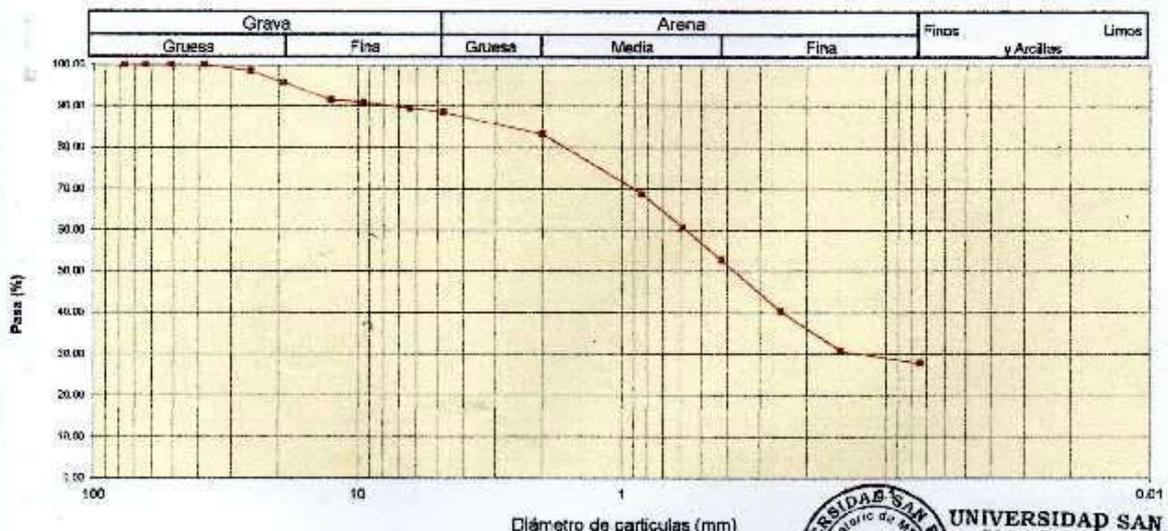
| | | |
|-------------------------|--------|-----|
| Peso Seco Inicial | 1816 | gr. |
| Peso Seco Lavado | 1309.6 | gr. |
| Peso perdido por lavado | 506.4 | gr. |

| |
|------------------|
| MATERIAL : C - 1 |
| MUESTRA : M - 1 |
| PROF. : 1.50 |

| Tamiz(Apertura) | Peso Retenido(gr.) | Retenido Parcial(%) | Retenido Acumulado(%) | Pasante (%) | Clasificación AASHTO |
|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|--|
| N° 2 1/2" (76.20) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Material granular Excelente a bueno como subgrado A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa |
| 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" (25.40) | 26.7 | 1.5 | 1.5 | 98.5 | Valor de índice de grupo IGR : 1 |
| 3/4" (19.00) | 50.5 | 2.8 | 4.3 | 95.7 | |
| 1/2" (12.50) | 75.8 | 4.2 | 8.4 | 91.6 | Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). Actúa unilobos con grupo EC |
| 3/8" (9.50) | 11.0 | 0.6 | 9.0 | 91.0 | |
| 1/4" (6.30) | 24.8 | 1.4 | 10.4 | 89.6 | Pasa tamiz N° 4 (%) : 88.5 Pasa tamiz N° 200 (%) : 27.9 |
| N° 4 (4.75) | 19.5 | 1.1 | 11.5 | 88.5 | |
| N° 10 (2.00) | 93.4 | 5.1 | 16.6 | 83.4 | D60 (mm) : 0.57 |
| N° 20 (0.850) | 263.5 | 14.5 | 31.1 | 68.9 | D30 (mm) : 0.117 |
| N° 30 (0.600) | 146.2 | 8.1 | 39.2 | 60.8 | D10 (mm) : |
| N° 40 (0.425) | 144.4 | 8.0 | 47.1 | 52.9 | Cu |
| N° 60 (0.250) | 226.2 | 12.5 | 59.6 | 40.4 | Cc |
| N° 100 (0.150) | 172.3 | 9.5 | 69.1 | 30.9 | |
| N° 200 (0.075) | 55.3 | 3.0 | 72.1 | 27.9 | |
| < 200 | 506.4 | 27.9 | 100.0 | 0.0 | |
| Total | 1816.0 | | | 100.0 | |

| | |
|-----------------------|-------|
| Límite líquido LL | 27.72 |
| Límite plástico LP | 13.83 |
| Índice plasticidad IP | 13.89 |

CURVA GRANULOMÉTRICA



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



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

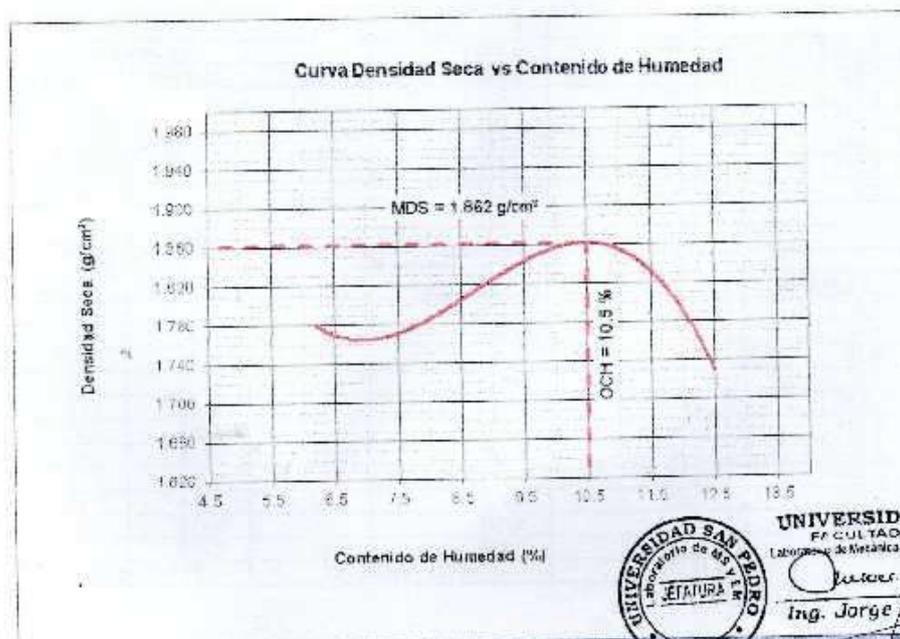
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MITC E 115

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : TERRENO NATURAL - CALICATA-1
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| Metodo Compactación: | "A" | Número de Golpes | | 25 |
|---|------------------------------|------------------|--------|--------|
| Energía de Compactación Standar | 27.7 Kg.cm / cm ² | | | |
| 01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g) | 3851 | 3936 | 4018 | 3908 |
| 02 - Peso del Molde (g) | 1981.0 | 1981.0 | 1981.0 | 1981.0 |
| 03 - Peso Suelo Humedo (g) | 1870.0 | 1955.0 | 2038.0 | 1925.0 |
| 04 - Volumen del Molde (cm ³) | 989.0 | 989.0 | 989.0 | 989.0 |
| 05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³) | 1.891 | 1.977 | 2.061 | 1.946 |
| 06 - Tarro N° | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | 542.0 | 629.6 | 483.0 | 578.0 |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | 520.0 | 595.0 | 456.5 | 520.9 |
| 09 - Peso del agua (g) | 22.0 | 34.6 | 27.5 | 57.1 |
| 10 - Peso del tarro (g) | 166.5 | 201.5 | 202.0 | 65.9 |
| 11 - Peso suelo seco (g) | 353.5 | 393.5 | 253.5 | 455.0 |
| 12 - Contenido de Humedad (%) | 6.2 | 8.9 | 10.8 | 12.5 |
| 13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³) | 1.780 | 1.817 | 1.850 | 1.730 |

Contenido Optimo Humedad **10.5 %** Densidad Seca Maxima, **1.862 g/cm³**



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



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : BACH:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : TERRENO NATURAL - CALICATA-1
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| Características | | | | | | |
|---|---------------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Numero de Molde | | 1 | 2 | 3 | | |
| Numero de Capas | | 5 | 5 | 5 | | |
| Numero de Golpe | | 56 | 25 | 12 | | |
| Energía Compactación [kg-cm/cm ²] | | 27.7 | 12.2 | 6.1 | | |
| Densidad Seca (CBR) | | | | | | |
| 01 - Peso suelo humedo + molde (g) | | 8 692.0 | 8 740.0 | 7 687.0 | | |
| 02 - Peso del molde (g) | | 4 105.0 | 4 796.0 | 3 975.0 | | |
| 03 - Peso suelo humedo (g) | | 4 587.0 | 3 944.0 | 3 712.0 | | |
| 04 - Volumen de molde, cm ³ | | 2 245.000 | 2 104.000 | 2 127.000 | | |
| 05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³) | | 2.043 | 1.875 | 1.745 | | |
| 06 - Tarro N° | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | | 510.7 | 510.0 | 473.1 | | |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | | 484.4 | 482.8 | 449.2 | | |
| 09 - Peso del agua (g) | | 26.3 | 27.2 | 23.9 | | |
| 10 - Peso del tarro (g) | | 210.7 | 210.0 | 177.1 | | |
| 11 - Peso suelo seco (g) | | 273.7 | 272.8 | 272.1 | | |
| 12 - Contenido de humedad (%) | | 9.6 | 10.0 | 8.8 | | |
| 13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³) | | 1.864 | 1.705 | 1.624 | | |
| Saturación | | | | | | |
| Embebido | Fecha | Hora | Lec. Dial | Lec. Dial | Lec. Dial | |
| Día 01 | 17-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Día 02 | 18-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Día 03 | 19-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Día 04 | 20-oct-16 | 1.00PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Expansión, % | | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | |
| Absorción | | | | | | |
| Numero de molde | | 1 | 2 | 3 | | |
| 01 - Peso suelo humedo antes (g) | | 4 587.0 | 3 944.0 | 3 712.0 | | |
| 02 - Peso suelo embebido + molde (g) | | 6 855.2 | 6 887.0 | 7 833.7 | | |
| 03 - Peso del molde (g) | | 4 105.0 | 4 796.0 | 3 975.0 | | |
| 04 - Peso suelo embebido (g) | | 4 750.2 | 4 091.0 | 3 856.7 | | |
| 05 - Peso del agua absorbida (g) | | 163.2 | 147.0 | 146.7 | | |
| 06 - Peso del suelo seco (g) | | 4 184.9 | 3 586.4 | 3 412.3 | | |
| 07 - Absorción de agua (%) | | 3.9 | 4.1 | 4.3 | | |
| Penetración | | | | | | |
| Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2481345 + 27.92018 | | | | | | |
| Molde | 1 [56 Golpes] | | 2 [25 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 | 15.0 | 91.7 | 5.0 | 49.2 | 4.0 | 44.9 |
| 1.3 | 32.0 | 163.9 | 16.0 | 95.9 | 8.0 | 61.9 |
| 1.9 | 45.0 | 219.1 | 26.0 | 138.4 | 12.0 | 78.9 |
| 2.5 | 55.0 | 261.62 | 32.0 | 163.89 | 18.0 | 95.91 |
| 3.2 | 70.0 | 325.4 | 40.0 | 197.9 | 20.0 | 112.9 |
| 3.8 | 84.0 | 384.8 | 48.0 | 231.9 | 24.0 | 129.9 |
| 5.08 | 95.0 | 431.6 | 53.0 | 253.1 | 28.0 | 148.9 |
| 7.6 | 108.0 | 488.8 | 59.0 | 274.4 | 30.0 | 155.4 |
| 10.16 | 128.0 | 571.8 | 63.0 | 295.6 | 34.0 | 172.4 |
| 12.7 | 135.0 | 614.3 | 69.0 | 321.1 | 37.0 | 185.1 |
| Carga [%] | 261.62 kgf. [19.2%] | | 163.89 kgf. [12%] | | 95.91 kgf. [7%] | |





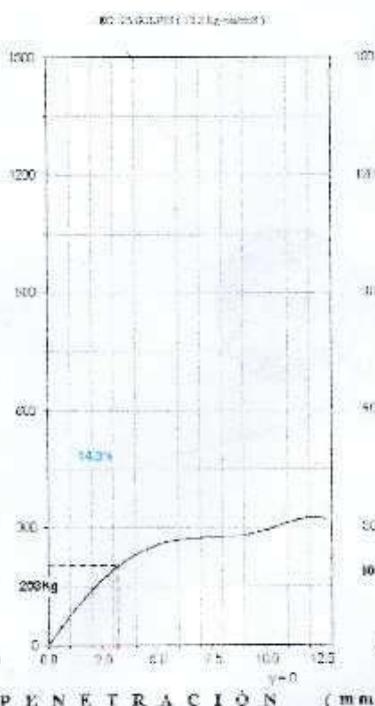
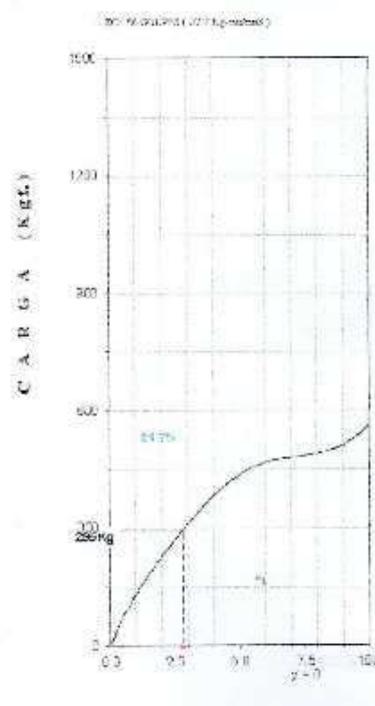
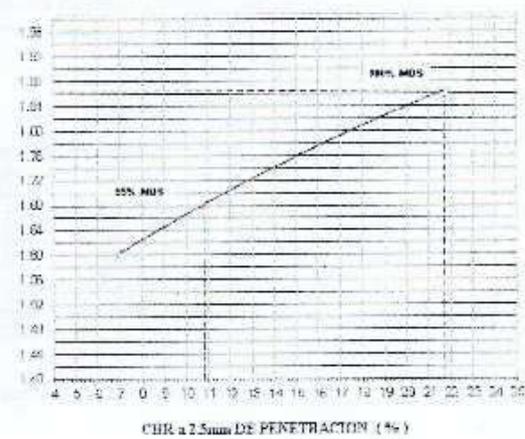
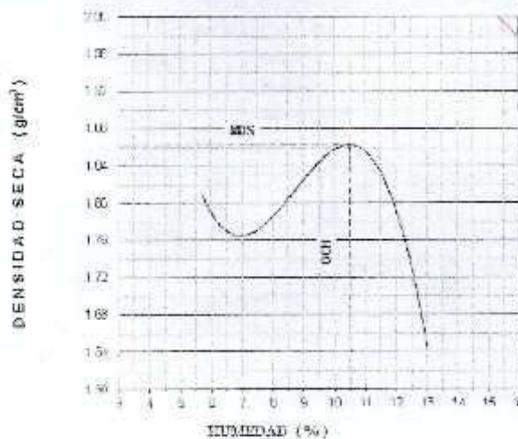
USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1983]

| | | |
|---|--|-------|
| UBICACIÓN: BACH. PARRISH AGRI. COMPLEJO AGRÍCOLO | MÉTODO DE COMPACTACIÓN: (ASTM D-1557) | A |
| ESTR.: EMPLEANDO EL ESTÁNDAR DE CALIDAD DE MATERIALES | MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³): | 1.892 |
| DE CONCRETO HIDRÁULICA DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH II | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): | 12.5 |
| MATERIAL: TERRENO NATURAL - CASQUITA I | CBR AL NIVEL DE LA M.D.S. (%): | 21.7 |
| FECHA: 04-abr-2017 | CBR AL 90% DE LA M.D.S. (%): | 10.3 |
| | EXPANSIÓN (%): | 5.2 |
| | ADSORCIÓN (%): | 1.8 |
| | HUMEDAD DE PENETRACIÓN (%): | 14.4 |



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



USP

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:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
MATERIAL : C-2
LUGAR : YUNGAY - ANCASH - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| ENSAYO N° | M-1 | M-2 |
|--------------------------|--------|--------|
| Peso de tara + MH | 725.50 | 725.50 |
| Peso de tara + MS | 675.50 | 675.50 |
| Peso de tara | 204.50 | 204.50 |
| Peso del agua | 50.00 | 50.00 |
| MS | 471.00 | 471.00 |
| Contenido de humedad (%) | 10.62 | 10.62 |
| Promedio (%) | 10.62 | |

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.



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



USP

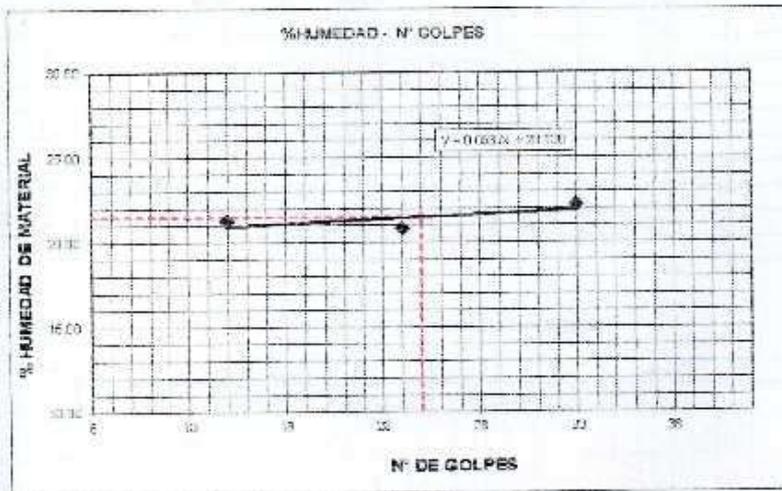
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : C-2
 LUGAR : YUNGAY-HUARAZ - ANCASH
 FECHA : 04/04/2017
 PROF(m) : 1.50

| Nro. DE ENSAYO | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.) | 35.70 | 40.80 | 32.60 | 20.15 | 20.50 | 20.60 |
| PESO TARA + SUELO SECO (gr.) | 31.30 | 35.60 | 28.80 | 20.00 | 20.30 | 20.40 |
| PESO DE LA TARA (gr.) | 10.60 | 10.60 | 10.50 | 18.20 | 18.20 | 18.30 |
| PESO DEL AGUA (gr.) | 4.40 | 5.20 | 4.00 | 0.15 | 0.20 | 0.20 |
| PESO SUELO SECO (gr.) | 20.70 | 25.00 | 19.00 | 1.90 | 2.10 | 2.10 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 21.26 | 20.80 | 22.22 | 8.33 | 9.52 | 9.52 |
| Nro. DE GOLPES | 15 | 24 | 33 | 9.13 | | |



LIMITE LIQUIDO
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)
LL : % 21.48

LIMITE PLASTICO
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)
LP : % 9.13

INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM D-438
IP : % 12.35


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

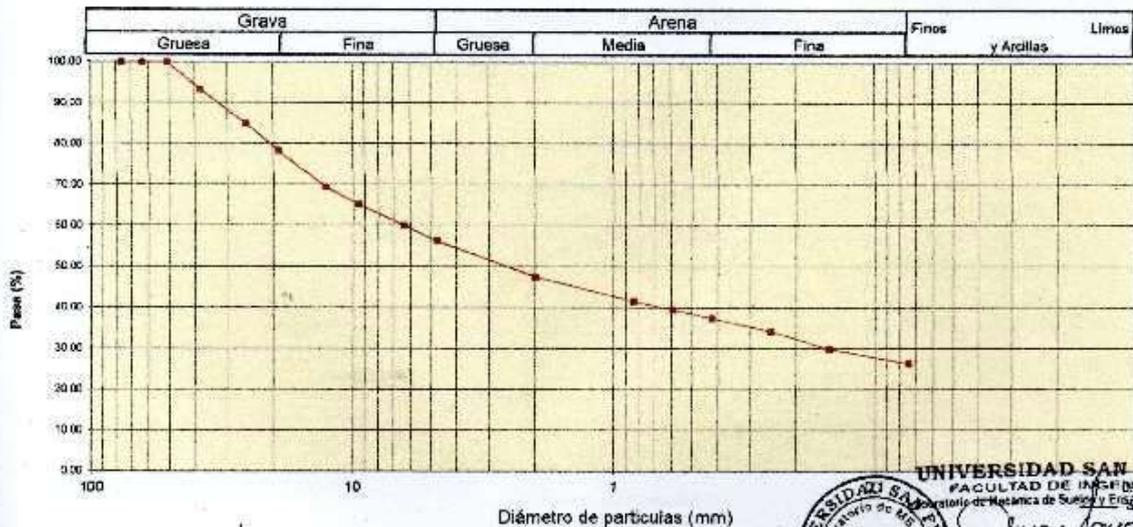
SOLICITA : BACH: YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 CURSO : YUNGAY-HUARAZ-ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

| | | |
|-------------------------|--------|----|
| Peso Seco Inicial | 2000 | gr |
| Peso Seco Lavado | 1473.6 | gr |
| Peso perdido por lavado | 526.4 | gr |

| |
|----------------|
| MATERIAL : C-1 |
| MUESTRA : M-1 |
| PROF: 1.50 |

| Tamiz(Apertura) | N° | (mm) | Peso Retenido(gr.) | Retenido Parcial(%) | Retenido Acumulado(%) | Pasante (%) | Clasificació AASHTO |
|-----------------|----|-------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---|
| 2 1/2" | | 76.20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Material granular Excelente a bueno como subgrado A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa |
| 2" | | 50.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1 1/2" | | 37.50 | 132.6 | 6.6 | 6.6 | 93.4 | |
| 1" | | 22.50 | 167.5 | 8.4 | 15.0 | 85.0 | Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). Grava árida con arena DC |
| 3/4" | | 19.00 | 132.5 | 6.6 | 21.6 | 78.4 | |
| 1/2" | | 12.50 | 177.5 | 8.9 | 30.5 | 69.5 | Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). Grava árida con arena DC |
| 3/8" | | 9.50 | 85.2 | 4.3 | 34.8 | 65.2 | |
| 1/4" | | 6.30 | 104.3 | 5.2 | 40.0 | 60.0 | Pasa tamiz N° 4 (%) : 56.3 Pasa tamiz N° 200 (%) : 26.3 D80 (mm) : 6.34 D30 (mm) : 0.155 D10 (mm) : Cu Cc |
| N° 4 | | 4.75 | 74.4 | 3.7 | 43.7 | 56.3 | |
| N° 10 | | 2.00 | 175.4 | 8.8 | 52.5 | 47.5 | Límite líquido LL : 21.48 Límite plástico LP : 9.13 Índice plasticidad IP : 12.35 |
| N° 20 | | 0.850 | 118.9 | 5.9 | 58.4 | 41.6 | |
| N° 30 | | 0.600 | 42.5 | 2.1 | 60.5 | 39.5 | |
| N° 40 | | 0.425 | 41.2 | 2.1 | 62.6 | 37.4 | |
| N° 60 | | 0.250 | 63.5 | 3.2 | 65.8 | 34.2 | |
| N° 100 | | 0.150 | 87.9 | 4.4 | 70.2 | 29.8 | |
| N° 200 | | 0.075 | 70.2 | 3.5 | 73.7 | 26.3 | |
| < 200 | | | 526.4 | 26.3 | 100.0 | 0.0 | |
| Total | | | 2000.0 | | | 100.0 | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Jefe: Jorge Montañez Regés



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

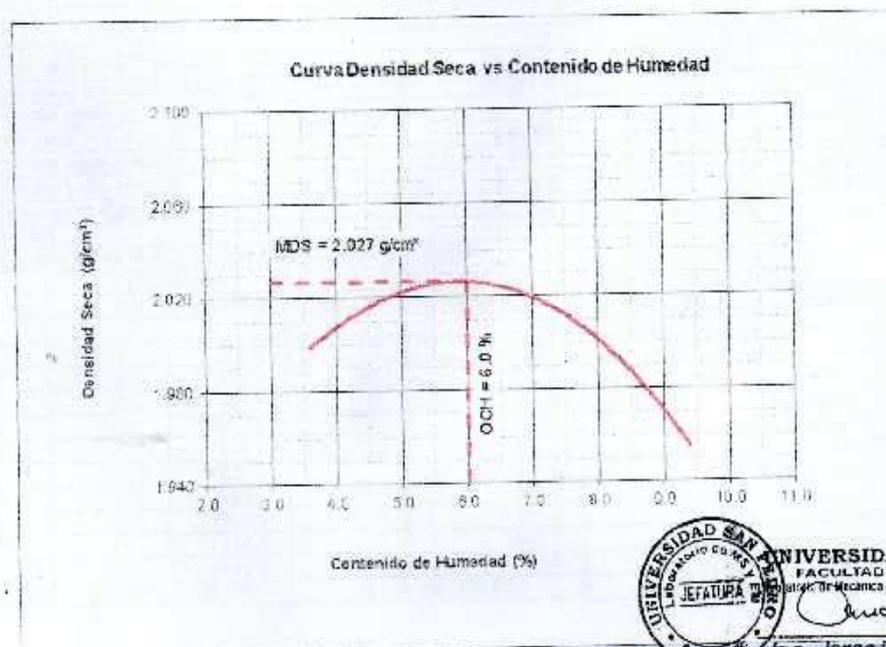
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH:YANETH PAOLA LOARTE ANTIVO
 TESIS : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH"
 MATERIAL : AFIRMADO CALICATA 2 Y 3
 LUGAR : YUNGAY-HUARAZ-ANCASH
 FECHA : 04/04/2017

| Metodo Compactación | "C" | Número de Golpes | | 56 |
|---|------------------------------|------------------|--------|--------|
| Energía de Compactación Standar | 27.7 Kg cm / cm ² | | | |
| 01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g) | 7325.0 | 7479.0 | 7531.0 | 7478.0 |
| 02 - Peso del Molde (g) | 2635.5 | 2635.5 | 2635.5 | 2635.5 |
| 03 - Peso Suelo Humedo (g) | 4689.5 | 4843.5 | 4895.5 | 4842.5 |
| 04 - Volumen del Molde (cm ³) | 2264.0 | 2264.0 | 2264.0 | 2264.0 |
| 05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³) | 2.071 | 2.139 | 2.162 | 2.139 |
| 06 - Tarro N° | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | 762.0 | 846.5 | 802.0 | 703.5 |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | 742.8 | 812.5 | 849.5 | 660.5 |
| 09 - Peso del agua (g) | 19.4 | 34.0 | 46.5 | 43.0 |
| 10 - Peso del tarro (g) | 207.2 | 208.0 | 203.5 | 201.5 |
| 11 - Peso suelo seco (g) | 535.4 | 604.5 | 642.0 | 459.0 |
| 12 - Contenido de Humedad (%) | 3.6 | 5.6 | 7.2 | 9.4 |
| 13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³) | 1.999 | 2.028 | 2.017 | 1.955 |

Contenido Optimo Humedad **6.0 %** Densidad Seca Maxima, **2.027 g/cm³**



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

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

RELACION DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA: BACH YANETH PAOLA LOARTE ANIBO
 TÍTULO: REEVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
 HIPÓTESIS: HURACANES EN LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH
 MATERIAL: AFIRMADO CALICATA 2 Y 3
 LUGAR: YUNGAY - HURACANES - ANCASH
 FECHA: 06/04/2017

| Características | | | | 1 | 2 | 3 | |
|---|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|--|
| Numero de Molde | | | | 1 | 2 | 3 | |
| Numero de Capas | | | | 5 | 5 | 5 | |
| Numero de Golpe | | | | 56 | 25 | 12 | |
| Energía Compactación [kg-cm]/cm ² | | | | 27.7 | 12.2 | 6.1 | |
| Densidad Seca [CBR] | | | | | | | |
| 01 - Peso suelo humedo + molde (g) | | | | 10,063.5 | 10,309.6 | 9,741.3 | |
| 02 - Peso del molde (g) | | | | 6,115.0 | 6,115.0 | 6,115.0 | |
| 03 - Peso suelo humedo (g) | | | | 4,748.5 | 4,284.6 | 3,626.3 | |
| 04 - Volumen de molde, cm ³ | | | | 2,210.000 | 2,210.000 | 2,210.000 | |
| 05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³) | | | | 2.149 | 1.939 | 1.641 | |
| 06 - Tarro N° | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 07 - Peso suelo humedo + tarro (g) | | | | 495.8 | 502.5 | 499.3 | |
| 08 - Peso suelo seco + tarro (g) | | | | 475.4 | 481.2 | 478.4 | |
| 09 - Peso del agua (g) | | | | 20.4 | 21.3 | 20.9 | |
| 10 - Peso del tarro (g) | | | | 162.0 | 153.0 | 157.0 | |
| 11 - Peso suelo seco (g) | | | | 313.4 | 328.2 | 321.4 | |
| 12 - Contenido de humedad (%) | | | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | |
| 13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³) | | | | 2.027 | 1.829 | 1.548 | |
| Saturación | | | | | | | |
| Embebido | Fecha | Hora | Lec. Dial | Lec. Dial | Lec. Dial | | |
| Dia 01 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| Dia 02 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| Dia 03 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| Dia 04 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| Expansion % | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Absorción | | | | | | | |
| Numero de molde | | | | 1 | 2 | 3 | |
| 01 - Peso suelo humedo antes (g) | | | | 4,748.5 | 4,284.6 | 3,626.3 | |
| 02 - Peso suelo embebido + molde (g) | | | | 11,051.6 | 10,585.6 | 9,902.1 | |
| 03 - Peso del molde (g) | | | | 6,115.0 | 6,115.0 | 6,115.0 | |
| 04 - Peso suelo embebido (g) | | | | 4,936.6 | 4,470.6 | 3,787.1 | |
| 05 - Peso del agua absorbida (g) | | | | 188.1 | 185.9 | 160.8 | |
| 06 - Peso del suelo seco (g) | | | | 4,479.7 | 4,042.1 | 3,421.1 | |
| 07 - Absorción de agua (%) | | | | 4.2 | 4.6 | 4.7 | |
| Penetración | | | | | | | |
| Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018 | | | | | | | |
| Molde | | 1 [56 Golpes] | | 2 [25 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 | 49.0 | 108.8 | 9.6 | 68.7 | 7.8 | 61.2 | |
| 1.3 | 50.4 | 242.1 | 24.0 | 120.9 | 16.2 | 96.9 | |
| 1.9 | 80.1 | 368.2 | 43.2 | 211.5 | 28.0 | 146.9 | |
| 2.5 | 110.9 | 499.06 | 60.0 | 282.67 | 37.0 | 184.97 | |
| 3.2 | 152.3 | 675.1 | 76.2 | 351.7 | 51.6 | 246.8 | |
| 3.8 | 188.8 | 834.6 | 103.2 | 466.4 | 57.7 | 273.0 | |
| 5.08 | 224.6 | 982.1 | 127.2 | 566.4 | 78.7 | 353.9 | |
| 7.6 | 285.6 | 1241.5 | 174.0 | 767.3 | 103.6 | 488.1 | |
| 10.16 | 310.2 | 1346.2 | 201.0 | 892.0 | 117.6 | 527.6 | |
| 12.7 | 334.8 | 1450.9 | 224.4 | 981.4 | 131.6 | 587.1 | |
| Carga [%] | | 499.06 kgf. [36.7%] | 282.67 kgf. [20.8%] | | 184.97 kgf. [13.6%] | | |





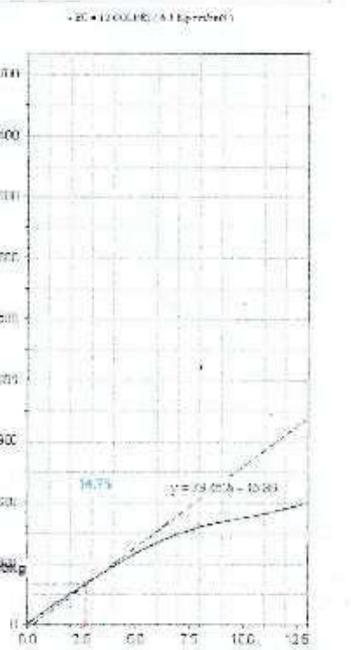
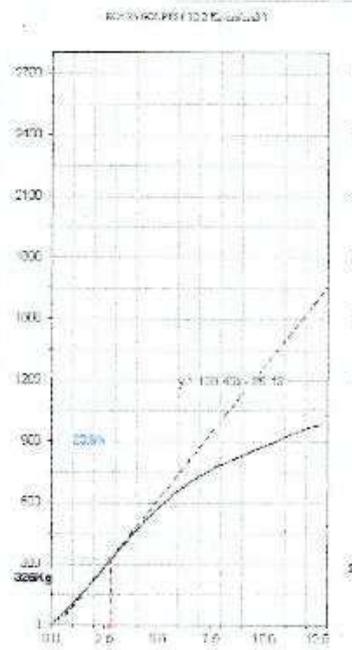
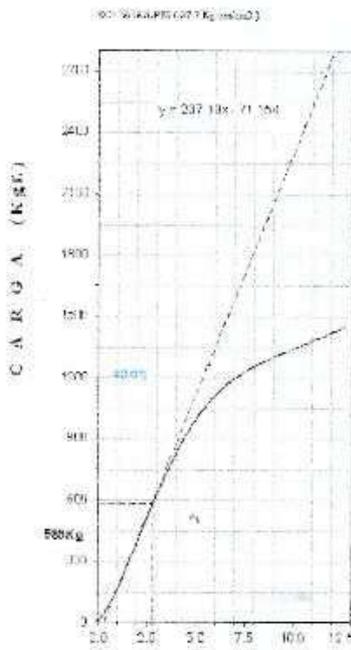
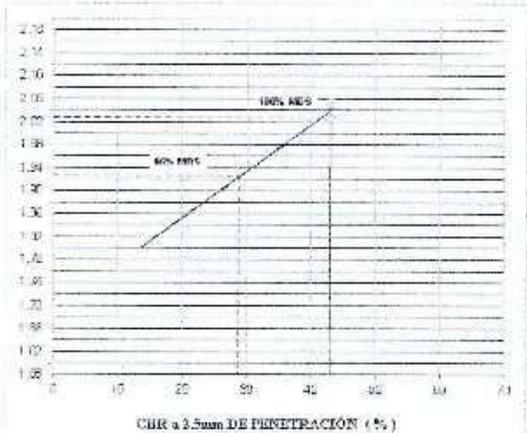
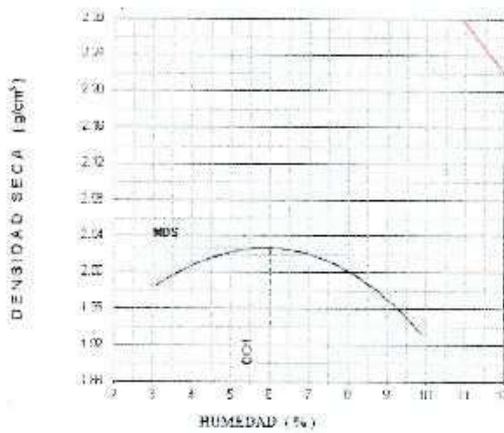
USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

| | | | | |
|--|---|-----------------------|-----|---------------------------------|
| TPSR: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA | MÉTODO DE COMPACTACIÓN: (ASTM D-1557) | | | C |
| CANTÓN: HUACRA (DISTRITO DE HUACRA) - AYACUCHO | MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³) | | | 2.027 |
| SOLICITA: ACQUINARI HERRERA CASTAÑO | MÍNIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | | 8.1 |
| | CBR A 10% DE LA M.O.S. (R) | | | 41.1 |
| MATERIAL: CEMENTO | CBR A 2% DE LA M.O.S. (R) | | | 29.3 |
| UBICACIÓN: TORAY - HUACRA - AYACUCHO | RET. ACUM. (%) | 50% | 10% | 100% |
| | FLUC. | 1 | 1 | 0 |
| PROYECTO: 2-196 | FECHA: 04-Jul-2017 | ACABO: LÍNEA DE 1.000 | | EXPANSIÓN: 0.0 |
| | | ABSORCIÓN: 4.2% | | REDUCCIÓN DE CONTRACCIÓN: 13.2% |



PENETRACIÓN (mm)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Magaña Reyes
-I-E-P-E



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS EXTRAIDOS CON PERFORADORA DIAMANTINA

(ASTM C 42, AASHTO T-22)

SOLICITA : BACH. YANETH PAOLA LOARTE ANTIÑO
TITULO : "EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICA DE LA CIUDAD DE YLINGAY - ANCASH"
LUGAR : YUNGAY - HUARAZ - ANCASH
FECHA : 04/04/2017

| TESTIGO | PKNO | LONGITUD | DIAMETRO | DENSIDAD | AREA | CARGA MAXIMA | FACTOR CORREC. | FC | OBSERVACION |
|---------|---------------------|----------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| N° | ELEMENTO | (m) | (cm) | (g/cm ³) | (cm ²) | (kg) | | (kg/cm ²) | |
| 01 | DIAMANTINA - 1- C-1 | 491.23 | 10.00 | 2.443 | 30.27 | 7340.00 | 1.01 | 533.95 | Tam. Max. Piedra 34" |
| 02 | DIAMANTINA - 2- C-2 | 312.03 | 7.34 | 2.229 | 30.27 | 7349.00 | 0.95 | 533.05 | Tam. Max. Piedra 34" |
| 03 | DIAMANTINA - 3- C-3 | 415.60 | 8.32 | 2.465 | 30.27 | 7250.00 | 0.97 | 541.45 | Tam. 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 INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

INFORME TÉCNICO

INDICE

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

1. ESTUDIO DE SUELOS DE LA ZONA DE INTERÉS

2. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

| | | |
|--------------|---|--------|
| LOCALIDAD | : | YUNGAY |
| DISTRITO | : | YUNGAY |
| PROVINCIA | : | YUNGAY |
| DEPARTAMENTO | : | ANCASH |

HUARAZ, MAYO DE 2018

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

ÍNDICE

1. ASPECTOS GENERALES

- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 UBICACIÓN
- 1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE

- 2.1 TRABAJOS DE CAMPO
- 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO

4. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

- 4.1 SEGÚN EL METODO DEL PCI
- 4.1 EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL PAVIMENTO

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1 CONCLUSIONES
- 5.2 RECOMENDACIONES

ANEXOS:

- A : REGISTROS DE SONDAJE
- B : CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE
- C : CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO DE SUELOS SUBRASANTE Y SUBBASE
- D: PANEL FOTOGRÁFICO.

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Una de las formas de encarar la solución de los problemas sociales y económicos del país, en particular, los relacionados a la mejora de la calidad de vida de los pobladores y la provisión de vías de comunicación que permitan la interconexión entre las zonas rurales y urbanas de nuestro territorio, es la adopción de políticas que permitan incrementar y priorizar la inversión en la rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura de transporte vial.

En esta línea, Bach. Yaneth Paola Loarte Antivo ha considerado realizar el estudio de la EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE YUNGAY - ANCASH.

1.2 UBICACIÓN

El estudio realizado, se ubica en la localidad de Yungay, distrito de Yungay, provincia de Yungay, departamento de Ancash.

En los andes, el clima varía con la altitud; hasta 2,500 m.s.n.m., la temperatura media anual es de 16° C, con lluvias entre 200 y 300 mm/año, la vegetación es bueno debido a abundancia de agua; hasta 3,500 m.s.n.m., el clima es semiárido con temperaturas entre 8 y 10° C con precipitaciones entre 400 y 800 mm/año; por encima de los 3,500 m.s.n.m., el clima es frío y subhúmedo; su temperatura oscila entre 4 y 7° C, con precipitaciones entre 900 y 1,000 mm/año, la agricultura en esta zona es afectada por los fuertes cambios de temperatura.

1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Evaluación del estado actual del pavimento, los aspectos relacionados a suelos y materiales del pavimento han sido verificados con el objeto de determinar, tanto las características generales que conforma la estructura del pavimento.

El estudio, nos ha permitido obtener la información básica de las características y condiciones del terreno y evaluación del pavimento.

Para lograr este objetivo, durante el desarrollo del estudio se ha realizado La evaluación de perfil del suelo de fundación existente (subrasante y subbase) y del material de concreto.

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE Y SUBBASE

2.1 TRABAJOS DE CAMPO

Como parte de la evaluación del pavimento, las características de la base, se ha extraído muestras de concreto con diamantina para su ensayo de la resistencia a la compresión del concreto.

Como parte de la evaluación geotécnica de verificación del suelo de subrasante y subbase a lo largo del trazo, se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

El acápite 3.2.2 de la Sección de Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos 2010, indica que con el Objeto de determinar las características físico – mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la tabla 2, con un número mínimo de tres (3).

Tabla 2
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

| TIPO DE VÍA | NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN | ÁREA (m2) |
|-------------|--|-----------|
| Expresas | 1 cada | 2000 |
| Arteriales | 1 cada | 2400 |
| Colectoras | 1 cada | 3000 |
| Locales | 1 cada | 3600 |

La tabla 2, se aplica para pavimentos urbanos.

Para el presente estudio y para la evaluación de suelos de subrasante y subbase, se han ejecutado 3 calicatas. Las calicatas se ubicaron longitudinalmente, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada. La profundidad de exploración ha sido de 1.50 m.

En cada ubicación de calicata, se obtuvo el registro del perfil estratigráfico del suelo de subrasante, clasificando los materiales, mediante el procedimiento de descripción Visual Manual de campo establecido por la ASTM D2488, que se adjuntan en el Anexo A. Cuando se detectó la presencia de cambios de las características de los materiales encontrados en la excavación, se obtuvieron muestras representativas para la evaluación e identificación en laboratorio.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio, para efectuar los ensayos de sus características físicas. Se llevó un registro correlativo de muestras, que nos permitió llevar un control de la procedencia y ubicación de cada muestra.

Las calicatas indicadas han tenido la siguiente denominación y se han ejecutado en las siguientes coordenadas y cotas:

Cuadro N° 01. Ubicación de las calicatas

| Calicata | Ubicación | Coordenadas UTM | | Cota (m.s.n.m.) | Material |
|----------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|------------|
| | | Este | Norte | | |
| C-1 | Jr. 2 de Mayo | | | | Subrasante |
| C-2 | Av. 28 de Julio | | | | Subbase |
| C-3 | Av. 28 de Julio | | | | Subbase |

2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Efectuadas las calicatas, se registraron los datos del perfil del suelo; en las muestras tomadas de cada una de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos:

a. Características Físicas:

- ✓ Contenido de Humedad NTP 339.127, MTC E 108-2000
- ✓ Análisis Mecánico por Tamizado. NTP 339.128, MTC E 107-2000
- ✓ Límites de Consistencia. NTP 339.129, ASTM D4318
 - Límite Líquido. MTC E 110-2000
 - Límite Plástico. MTC E 111-2000
- ✓ Clasificación SUCS y AASHTO. NTP 339.134 y NTP 339.135, ASTM D2487

Los cuadros del Anexo B, muestran los resúmenes de los Resultados de Ensayos de Laboratorio, que permiten caracterizar física y mecánicamente los suelos de subrasante. También se adjuntan los certificados de ensayos estándar para caracterización física (granulometría, límites de consistencia y clasificación AASHTO y SUCS).

b. Características Mecánicas:

- ✓ Proctor Modificado. NTP 339.141, MTC E 115-2000
- ✓ Valor Soporte de CBR. NTP 339.145, MTC E 132-2000

Para el caso de ensayos especiales: Compactación y CBR se ha tenido en cuenta lo indicado en el acápite 3.2.12 de la Sección de Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos 2010, se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en la tabla 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo subrasante. Es decir, se ha efectuado ensayo de California Bearing Ratio (CBR) por tipo de suelo. Se ha tomado el criterio, de realizar ensayos para materiales similares (basado en la descripción visual manual de suelos y clasificación SUCS y AASHTO).

Se aplica para pavimentos urbanos.

Para el tramo en estudio, se han ejecutado 2 ensayos de CBR por tener muestras similares.

Cuadro N° 02. Compactación y CBR de suelos de Subrasante Subbase

| Categoría | Muestra | Clasificación | | MDS (gr/cm ³) | C.H.O. (%) | CBR (100%) | CBR (95%) |
|-----------|---------|---------------|------|------------------------------|------------|---------------|--------------|
| | | AASHTO | SUCS | | | | |
| C-1 | Mab-01 | A-2-6(1) | SC | 1.862 | 10.5 | 21.7 | 10.8 |
| C-2/C-3 | Mab-01 | A-2-6(0) | GC | 2.027 | 6.0 | 43.0 | 28.8 |

Los certificados de ensayos de Compactación y CBR se muestran en el Anexo C.

2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según las características generales, la subrasante está conformado por material de arena arcillosa de baja compactabilidad, ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto, se considera una subrasante regular y subbase está conformado por material de grava arcillosa con arena de baja compactabilidad, ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto, se considera una subbase regular.

A continuación, se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio realizados a los suelos de subrasante y subbase.

CUADRO N° 03. Clasificación de Suelos de subrasante

| Calicata | Muestra | Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) | LL (%) | IP (%) | Humedad (%) | Clasificación | |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------------|---------------|------|
| | | | | | | | | AASHTO | SUCS |
| C-1 | mab-01 | 11.5 | 60.6 | 27.9 | 27.72 | 13.89 | 9.63 | A-2-6(1) | SC |
| C-2 | mab-01 | 43.7 | 30.0 | 26.3 | 21.48 | 12.35 | 10.62 | A-2-6(0) | GC |
| C-3 | mab-01 | 43.7 | 30.0 | 26.3 | 21.48 | 12.35 | 10.62 | A-2-6(0) | GC |

3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO.

CUADRO N° 04. Resistencia a la compresión de testigos de concreto

| N° | Elemento | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|----|--------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 01 | Diamantina-1 | 5.08 | 20.27 | 7340.00 | 363.95 |
| 02 | Diamantina-2 | 5.08 | 20.27 | 7149.00 | 335.08 |
| 02 | Diamantina-3 | 5.08 | 20.27 | 7260.00 | 347.45 |

4. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO.

4.1 Según el Método del PCI. Norma ASTM D5340.

Los pavimentos rígidos por su deterioro se clasifican en:

- a) Levantamiento
- b) Grieta de esquina
- c) Grietas lineales, transversales y diagonales
- d) Grietas de durabilidad
- e) Deterioro del sello de junta
- f) Bacheo pequeño
- g) Bacheos grandes y cortes para instalaciones
- h) Desprendimiento por disgregación de áridos
- i) Bombeo
- j) Agrietamiento tipo mapeo
- k) Asentamiento o escalonamiento
- l) Cuarteamiento o fragmentación de losa
- m) Grietas de contracción
- n) Saltadura de juntas transversales y longitudinales
- o) Saltadura de grieta de esquina

4.2 Evaluación del Deterioro del Pavimento.

Grieta de Esquina. El pavimento presenta grietas de esquina de severidad media. Por considerar en rangos de (3 mm a 13 mm).

Deterioro del sello de junta. El pavimento presenta el caño del sello de losa en losa.

Agrietamiento tipo mapeo. Presenta una red de grietas superficiales, fisuras o grietas finas que se extienden solo a través de la superficie del pavimento de concreto. Nivel de severidad presenta baja porque la superficie está en buenas condiciones si descascaramiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) Los materiales encontrados en las calicatas de exploración son preponderantemente arena arcillosa para subrasante y para subbase material de grava arcillosa con arena, en los tres puntos de exploración (calicatas).
- b) Según la clasificación SUCS y AASHTO el material conformado en el suelo de subrasante presenta (SC) y (A-2-6(1)) y el material conformado en el suelo de subbase presenta (GC) y (A-2-6(0)). Que tienen plasticidades bajas, se detalla en el ítem 2.3.
- c) El valor de CBR obtenido para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tiene valores de 10.8%(Subrasante) y 28.8%(subbase). se detalla en el ítem 2.2.
- d) La resistencia del concreto a la compresión en promedio es de 348.83 kg/cm². Tiene una resistencia adecuada.

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Se deberá verificar que el proceso constructivo se realice de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.
- b) Se recomienda programar la ejecución del proyecto en épocas de estiaje por las dificultades de proceso constructivos en épocas de avenida.

