

# **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Evaluación del estado actual del pavimento rígido de la calle  
Jorge Chávez para su rehabilitación proponiendo como  
alternativa de solución sobrecapa de refuerzo”**

**Tesis para obtener el título Profesional de ingeniero civil**

**Autor:**

Lachira Abramonte Javier Alexander

**Asesor:**

Urrutia Vargas Segundo M.

**Sullana –Perú**

**2020**

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Pavimento rígido
Especialidad	Transporte

**KEY WORDS:**

Topic	Rigid pavement
Specialty	Transport

**LINEA DE INVESTIGACION:**

Línea de investigación	<b>Transporte</b>
Área	Ingeniería y Tecnología
Sub área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería del transporte

**“Evaluación del estado actual del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez para su rehabilitación proponiendo como alternativa de solución sobrecapa de refuerzo”.**

## RESUMEN

La presente tesis, tiene por objeto evaluar las propiedades físicas y mecánicas del pavimento rígido determinando así el nivel de daños presentados en la vía y teniendo en cuenta las consideraciones básicas para diseñar una sobrecapa de refuerzo con asfalto, Como solución alternativa para la reparación de carreteras de la Calle Jorge Chávez, distrito y Provincia de Sullana, Departamento de Piura.

Los tramos seleccionados de la vía fueron evaluados mediante Las siguientes pruebas (análisis de tamaño de partícula, contenido de agua, compactación de suelo Proctor mejorada y CBR) para verificar el suelo y se usó otros ensayos como diamantinas para verificar la resistencia del concreto. Y se usó el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para describir el nivel de daño, severidad y cantidad o densidad de la superficie del concreto.

Con los resultados obtenidos se determinó que la falla del pavimento rígido es funcional por lo que presenta desgaste de agregados y descascaramiento en su mayor parte generando malestar en transeúntes y sobre todo los vehículos que transitan en la vía, por lo que se realiza un diseño pertinente de la sobrecapa de refuerzo y de esta manera se garantizará la vida útil de esta importante vía de acceso.

El proyecto es de gran importancia ya que se logra la mejora del estado situacional de la vía con un tránsito vehicular moderado en óptimas condiciones, y mejorar la calidad de vida de los transeúntes y parque vial reduciendo el daño de vehículos y malestar.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to evaluate the physical and mechanical properties of the rigid pavement, thus determining the level of damage presented in the road and taking into account the basic considerations to design an asphalt reinforcement overlay, as an alternative solution in rehabilitation of the pavement of the Jorge Chávez street, district and Province of Sullana, Department of Piura.

The selected sections of the road were evaluated by the following tests (grain size analysis, moisture content, soil compaction, modified tester and CBR) to verify the soil and other tests such as diamonds were used to verify the strength of the concrete. If you use the Pavement Condition Index (PCI) method to describe the class of damage, severity, and amount or density of the concrete surface.

With the results obtained, it was determined that the failure of the rigid pavement is functional due to the fact that it presents wear of aggregates and peeling for the most part, causing discomfort in passers-by and especially the vehicles that transit on the road, so that a relevant design is made of the reinforcement overlayer and in this way the useful life of this important access road will be guaranteed.

The project is of great import since it was be possible to improve the situational state of the road with moderate vehicular traffic in optimal conditions, and improve the quality of life of passersby and road park by reducing vehicle damage and discomfort.

## INDICE

TEMA	Página N°
PALABRAS CLAVES.....	i
TITULO .....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	58
RESULTADOS.....	61
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	90
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES.....	96
AGRADECIMIENTOS.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Conceptuación y Operacionalización de la Variable.....	12
Tabla N°02: Lapsos de Diseño Sugerido.....	30
Tabla N°03: Niveles de Confiabilidad para los diferentes tipos de Vías.....	33
Tabla N°04: Valores de Zr en la Curva Normal para diversos Grados de Confiabilidad.....	34
Tabla N°05: Valores recomendados para la Desviación Estándar (so).....	35
Tabla N°06 Categorías de las Vías.....	35
Tabla N°07: Clasificación de la Condición de un Pavimento Para Carreteras Sealcoat.....	39
Tabla N°08: Rangos de Calificación del PCI.....	41
Tabla N°09: Calificación Del PCI.....	42
Tabla N°10: Intervención según rango (PCI).....	42
Tabla N°11: Causas de Fallas.....	43
Tabla N°12: Calificación de la Condición de Pavimento PCI.....	46
Tabla N° 13: Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422).....	79
Tabla N° 14: Proctor Modificado Norma ASTM D- 1557/ MTC E 115.....	82
Tabla N°15: Clasificación de Suelos.....	84
Tabla N°16: Límites de Atterberg del Suelo.....	84
Tabla N° 17: Ensayo de Resistencia a la Compresión de testigos extraídos con perforadora diamantina (ASTM C, AASHTO T – 22 NTP - 33,059 – 2011).....	88
Tabla N°18: Relación de Soporte – CBR (NORMA ASTM D- 1883).....	89
Tabla N°19: Categoría de Subrasantes.....	92
Tabla N°20: Plasticidad de diversos Suelos arcillosos/limosos.....	93
Tabla N°21: Clasificación y uso del suelo el valor CBR.....	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento.....	13
Figura N° 02: Esquema de paquete estructural de un pavimento rígido.....	15
Figura N° 03: esquema de un pavimento de concreto simple.....	15
Figura N° 04: proceso constructivo de un pavimento de concreto simple.....	16
Figura N° 05: Esquema de un pavimento de concreto reforzado con acero y con juntas.....	16
Figura N° 06: Proceso constructivo de un pavimento de concreto reforzado con acero y con juntas.....	17
Figura N° 07: Proceso constructivo de un pavimento de concreto reforzado con acero y con juntas.....	17
Figura N° 08: Losas prefabricadas en sistemas de pavimento rígido convencional o con pre tensionamiento.....	18
Figura N° 09: Esquema de un pavimento de concreto continuamente reforzado.....	19
Figura N° 10: Proceso constructivo de un pavimento de concreto continuamente reforzado.....	19
Figura N° 11: Tipos de juntas de contracción.....	22
Figura N° 12: tipos de juntas de construcción.....	22
Figura N° 13: tipos de juntas de expansión.....	23
Figura N° 14: Tipos de Selladores.....	25
Figura N° 15: Distribución de carga en un pavimento rígido y flexible.....	26
Figura N° 16: Representación grafica del periodo de análisis.....	30
Figura N° 17: Criterio de confiabilidad estadística.....	31
Figura N° 18: Fallas en pavimento rígido.....	45
Figura N° 19: Agrietamiento longitudinal de losa.....	49
Figura N° 20: Grieta de esquina.....	50
Figura N° 21: Pulimiento de Agregados.....	51
Figura N° 22: Escalonamiento entre losas adyacentes.....	53
Figura N° 23: Pérdida del sello en las juntas.....	54

Figura N° 24: Perdida del sello en las juntas.....	56
Figura N°25: Cuadra 1.....	63
Figura N°26: Cuadra 2 .....	64
Figura N°27: cuadra 3.....	65
Figura N°28: Pulimiento de Agregados y Parche (Av. Jorge Chávez tramo 1).....	66
Figura N°29: Grietas longitudinales/tramo 1.....	67
Figura N°30: Daño de sello de las juntas/tramo 1.....	67
Figura N°31: Grietas Longitudinales y Popouts (Av. Jorge Chávez tramo 2).....	68
Figura N°32: Pulimiento de Agregados/tramo2 .....	69
Figura N°33: Parche/tramo2.....	69
Figura N°34: Pulimiento de Agregados (Av. Jorge Chávez tramo 3).....	70
Figura N°35: Popouts/tramo3.....	70
Figura N°36: Grietas Longitudinales/tramo3.....	71
Figura N°37: Parche/tramo3.....	71
Figura N°38: Curva granulométrica.....	80
Figura N° 39: Contenido de Humedad (ASTM D – 2216).....	80
Figura N°40: Relación de Soporte – CBR (ASTM D – 1883).....	81
Figura N°41: Contenido de humedad de las calicatas.....	83
Figura N°42: Contenido de óptimo de humedad.....	85
Figura N°43: Máxima densidad seca.....	85
Figura N°44: CBR 95%.....	86
Figura N°45: CBR 100%.....	86
Figura N°46: Ensayos de diamantinas.....	87

**CAPITULO I**

**INTRODUCCION**

En el presente trabajo se consideró los siguientes antecedentes:

**Espinoza M. (2016)**, en su tesis “Capas de refuerzo con hormigón adheridas como alternativa para la rehabilitación de pavimentos asfálticos”, tuvo como objetivo: dar a conocer las consideraciones básicas al momento de diseñar una capa de refuerzo con hormigón como alternativa para la rehabilitación de pavimentos existentes, donde primero se evalúa la condición del pavimento; determinando el tipo de deterioro, las reparaciones previas, así como la necesidad de preparación de la superficie; luego se identifica la posible aplicación de este tipo de solución, llegando a las siguientes conclusiones: Ante la presencia de deterioros superficiales en el pavimento asfáltico, la aplicación de capas con hormigón ultra delgadas adheridas se convierte en una alternativa eficiente para la rehabilitación. Las capas adheridas actúan monolíticamente con el pavimento existente, disminuyendo la transmisión de esfuerzos tangenciales. Una evaluación detallada del pavimento existente es fundamental para determinar si su capacidad estructural es suficiente para soportar las cargas aplicadas. En caso de necesitar de fresado la valoración debe realizarse posterior a la aplicación de esta técnica de reparación previa. Un factor clave para el adecuado funcionamiento de las capas de refuerzo ultra delgadas es garantizar una adherencia óptima, por lo que se recomienda verificar su eficacia. Las condiciones climáticas, principalmente la temperatura y la predicción del tráfico, requieren de especial valoración en el diseño a realizar de capas de refuerzo.

**Loria C. (2003)**, en su tesis “Evaluación de métodos de diseño de sobrecapas asfálticas contra reflejo de grietas”, tuvo como objetivo: identificar el mejor modelo analítico para predecir la resistencia de sobrecapas de mezcla asfáltica anti-reflejo de grietas así como rededir su desempeño a largo plazo, la cual llevo a las siguientes conclusiones:

*Modelo Simplificado de Diseño de Sobrecapas Asfálticas del Instituto Politécnico de Virginia:* Para este modelo el factor más importante es el espesor de la sobrecapa asfáltica, seguido por el espesor de la capa asfáltica existente.

Adicionalmente, los espesores y propiedades de las capas de base y subrasante no parecen tener efectos significativos en la resistencia al reflejo de grietas del pavimento. *Modelo de*

*Diseño de Sobrecapas de la Asociación de Pavimentos de Caucho:* Actualmente este modelo ha sido calibrado solo para mezclas asfálticas modificadas con polímero.

Sin embargo, este modelo brinda la posibilidad de determinar el valor de módulo apropiado de la curva maestra de módulo dinámico, así como de introducir la ley de fatiga para el material de sobrecapa. Adicionalmente, los factores de ajuste que son requeridos pueden determinarse para las condiciones de otros proyectos.

Nuevo Modelo Empírico-Mecanístico para Reflejo de Grietas: Este modelo arrojó siempre un espesor de sobrecapa constante para cualquier condición de pavimento, para el tráfico estudiado para un periodo de diseño de 20 años. Este modelo no emplea ninguna propiedad del material de sobrecapa ni del pavimento existente basándose solo en una relación empírica.

**Mendieta D. (2016)**, “Aplicación de una metodología de pavimentos mediante sobrecapas de refuerzo, utilizando AASHTO 93”, tuvo como objetivo: diseñar una sobrecapa de refuerzo flexible sobre un pavimento de concreto o asfáltico parcialmente destruido, garantizando el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado, obteniendo los mejores resultados económicos, Concluido de la siguiente manera:: Las vías en estudio fueron construidas en el año 2012, así el número de ejes equivalentes de diseño (ESAL’S) fueron calculadas para 10 año, es decir, para el año 2012; año en el que se debería hacer la rehabilitación con el espesor calculado. El coeficiente de Rozamiento cumple con la normativa del MTOP. El pavimento de hormigón presente en la vía acusa de varias y distintas fallas funcionales y estructurales.

**Entre los años 1958 y 1960** se llevó a cabo el AASHO Road Test en Ottawa, Illinois (USA). El AASHO Road Test definió la ecuación empírica fundamental que guiaría las metodologías de diseño AASHTO hasta el suplemento de 1998. Nótese que esta metodología se basa en el concepto de pérdida de servicialidad del pavimento por el paso de los vehículos y el tiempo.

**Núñez R. (2015)**, en su tesis “Estudio de los daños del pavimento rígido en algunas calles de los barrios Laguito, Castillo grande y Bocagrande en zonas con nivel freático alto en la ciudad de Cartagena” tuvo como objetivo, un estudio para detectar las fallas, perjuicios y daños en el pavimento rígido por el aumento de las mareas y el nivel freático, además se plantearon alternativas de solución que ayudaran a mejorar la movilidad vehicular y a disminuir los riesgos de accidentalidad en los barrios de Bocagrande, Castillo grande y Laguito en la ciudad de Cartagena. Mediante el método utilizado, PCI se concluyó que el índice de condición de pavimento (PCI = 50), esto les permitió asegurar que tienen un estado REGULAR en un sentido genérico dado que es un promedio, es decir el 50% de los pavimentos en estudio están en un nivel regular y el 30 % en un nivel bueno. Esta investigación se llevó a cabo en barrios como Laguito y Castillo grande, donde el impacto del mar es más leve en comparación al barrio Bocagrande siendo este la zona de estudio del proyecto propuesto.

**Morales J. (2004)**, en su tesis “técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo”, tuvo como objetivos: dar a conocer los diferentes tipos de sobrecapas de refuerzo (flexible o rígida), que se pueden aplicar sobre los pavimentos rígidos y el procedimiento de diseño de cada uno de ellas, utilizando el método AASHTO 93, llegando a las siguientes conclusiones: El refuerzo rígido al soportar mayores repeticiones de carga, tiene un período de servicio más largo en comparación con el refuerzo flexible. El refuerzo rígido requiere un mayor costo inicial que el refuerzo flexible, pero a diferencia de éste los costos de mantenimiento son casi nulos. El caso de la Avenida Loreto, representa un caso práctico de esta metodología, la cual no ha tenido un desempeño aceptable, producto de las deficiencias en la construcción y diseño de la misma. Finalmente, la metodología propuesta en la presente tesis, es aplicable a los pavimentos de Piura pese a que no se cuenta con el equipo necesario para realizar las evaluaciones pertinentes, las cuales se pueden reemplazar con equipos menos sofisticados como son: el rugosímetro (evaluación superficial) y el Deflectómetro Viga Benkelman simple (evaluación estructural) que se encuentran disponibles en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Espinoza E. (2011)**, en su trabajo "Determinación y evaluación de la incidencia de patología concreta en pavimento rígido en la provincia de Huancabamba, provincia de Piura" tuvo como objetivo determinar el tipo y nivel de las patologías, el índice de integridad estructural de la red vial del pavimento y la condición operacional de la superficie de los pavimentos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura. En general, este estudio fue de tipo descriptivo, analítico y no experimental. Se concluyó que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) fue de 50%, lo cual indica que el pavimento del Distrito de la Provincia de Huancabamba corresponde a un nivel regular o estado regular. Además, se identificó que los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución, la mala calidad de los agregados de la zona y la inclemencia del tiempo. Las patologías más abundantes en la zona de estudio fueron grietas lineales con un 40.65%, pulimento de agregados con 29%, con un 22.77% las grietas de esquina, y la diferencia de nivel entre juntas con un 7.11%.

**Expediente técnico. (Junio de 2002)**, con título "Mejoramiento y Rehabilitación de la Avenida Buenos Aires", No se han realizado estudios previos que evalúen senderos que puedan recomendar el uso de capas reforzadas, y se mencionan pocos proyectos antes de colocarlos, como sellar juntas y reparar áreas dañadas etc.

El proyecto está ubicado en la Avenida Buenos Aires y calle Alfonso Ugarte de la ciudad de Sullana. La estructura existente de ambas este es un pavimento de concreto simple con juntas, sobre el cual se aplica una capa de refuerzo de concreto de asfalto caliente como tecnología para su reparación estructural.

a) Bloques 1 y 2. Debido al grosor insuficiente del refuerzo y al sellado deficiente de los espacios en el pavimento de concreto, las grietas de reflexión lateral de estos bloques siguen el patrón de grietas del pavimento existente. No se tomaron medidas para controlar o eliminar este reflejo de grietas, que es necesario para este tipo de refuerzo. Con respecto a la calidad de la mezcla, se observó que la superficie de rodadura mostraba desprendimiento y separación del agregado fino.

Finalmente, se puede ver que, debido a una adhesión insuficiente entre las barras de acero, las barras de acero se caen de la superficie del concreto, lo que puede causar irregularidades y, por lo tanto, afectar la calidad de rodadura de la carretera.

b) Entre las calles Jorge Chávez y Las Lomas presentan un daño mayor. Además de las grietas longitudinales y laterales, se han observado baches debido al pobre efecto de compactación de la mezcla de asfalto. Con el paso del tiempo, el área de la mezcla de asfalto aumenta, lo que dificulta el paso de las carreteras. Sexo. Debido al mantenimiento inadecuado de las losas de concreto, el área más deteriorada se encuentra en el medio de la calle por motivo de reparación de tuberías de desagüe. En general, las principales razones del bajo rendimiento de la capa de superficie reforzada con asfalto utilizada en la Avenida Buenos Aires son las siguientes: la superficie de la carretera no se ha preparado completamente, como limpiar y sellar las juntas, y reparar las áreas deterioradas. El grosor de la capa de cubierta reforzada es insuficiente. Falta de dispositivo de control de grietas. La selección del material del diseño de la mezcla de asfalto es insuficiente. La dosis no es buena. Todos estos factores afectarán el rendimiento de la barra de acero, acortando así su vida útil.

Conviene subrayar que actualmente, el diseño de asfalto y hormigón, materiales y tecnología de la construcción han logrado importantes avances. Ambas alternativas de pavimentación tienen ventajas y desventajas indiscutibles, dependiendo del proyecto de evaluación, por lo que la importancia de las dos evaluaciones. Cada entidad de gestión debe dejar en claro que, como país para mejorar la competitividad, debemos utilizar estos dos enfoques alternativos para la pavimentación. Sin embargo, debido a la información limitada y la difusión del diseño, construcción, supervisión y evaluación del pavimento de concreto, esta opción ha sido descartada

El tema de rehabilitación de pavimentos de concreto con sobrecapas de refuerzo nace paralelamente a la construcción de carreteras.

El primer trabajo que se tiene memoria acerca de este tipo de aplicaciones tuvo lugar en la Unión Street, de la ciudad de Schenectady, Estados Unidos, en el año de 1909, donde se construyó un recubrimiento de concreto con espesores variables entre 3.8 cm en los bordes y 7.6 cm en el centro sobre un pavimento de concreto simple.

La obra prestó servicio por 12 años. Desde entonces el tema de rehabilitación con sobrecapas de refuerzo ha adquirido mucha importancia en los proyectos viales. Se han publicado diversas guías de diseño referidas al tema, entre las que destacan la publicada por el Instituto del Asfalto en el año 1983 denominada “Sobrecapas asfálticas para la rehabilitación de calles y carreteras”, y la publicada por la AASHTO en el año 1993 titulada “Diseño de estructuras de pavimentos”. En lo que concierne al plano local, la tesis “Diseño de sobrecapas asfálticas de refuerzo en pavimentos usando el método del Instituto del Asfalto”, realizada por el Ing. José Andrés Bermeo Romero, constituye un gran aporte al tema que merece ser ampliado, ya que existen otros métodos, como el propuesto en la presente tesis, el cuál no solamente trata el uso de sobrecapas asfálticas como alternativa de rehabilitación, sino también el uso de sobrecapas de refuerzo de concreto de cemento portland que, según sea el caso, pueden ser adheridas y no adheridas al pavimento por rehabilitar.

En Sullana, en general en todo el Perú, este tipo de rehabilitación rara vez se realiza debido a la falta de conocimiento o al uso poco frecuente de los métodos, técnicas, equipos y materiales utilizados. Debido a esta falta e importancia económica, deben aplicarse de manera oportuna para evitar la destrucción completa de la acera.

Actualmente, la ciudad de Sullana no tiene un formulario de registro de volumen de tráfico, lo que limita en gran medida la posibilidad de realizar una investigación de volumen de tráfico suficiente.

Con respecto al procedimiento de investigación en este artículo, esto se basa en la evaluación del pavimento rígido, que se lleva a cabo mediante pruebas de diamante de la carretera, cimientos, tableros rígidos y pruebas de mecánica de suelos utilizando el método PCI para evaluar las enfermedades existentes.

A través de los ensayos y pruebas de laboratorio propuestos como: análisis granulométrico, límite plástico abrasión los ángeles y otros, los cuales serán efectuadas en laboratorio externo, siguiendo las pautas del manual de ensayo de materiales y pavimentos. El procesamiento de datos se realizará colocando los resultados obtenidos en las hojas de cálculo correspondiente, las cuales serán

evaluadas, a través de gráficos y tablas correspondientes.

### **Justificación de la investigación**

En la actualidad el estado de las vías primarias y secundarias en nuestro país y sobre todo en la ciudad de Sullana se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio, siendo así que dentro de estas vías tenemos la calle Jorge Chávez, distrito y Provincia de Sullana, Departamento de Piura, que actualmente presenta zonas deterioradas, por falta de mantenimiento. Esta vía fue construida en parte de pavimento rígido (concreto de cemento portland) y pavimento flexible (asfalto).

La vía a la cual se hace el estudio es de gran importancia, esta consta de un solo tramo de doble sentido circulando sobre ella un gran número de vehículos y una población que realiza diferentes tipos de actividades además de población estudiantil, por lo cual se hace necesario mantener esta vía, no solo en las mejores condiciones de tráfico, sino también en la decoración de la zona. El proyecto tiene como objetivo mejorar la condición de las carreteras de tráfico de vehículos medianos en las mejores condiciones, y mejorar la calidad de vida de los transeúntes, turistas y parques de carreteras en el área. Siendo así los trabajos a ejecutarse para la rehabilitación de la vía: realizar un análisis y evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del paquete estructural, como son sub base, base y carpeta de rodadura y poder apreciar las condiciones que presenta de acuerdo a dicho análisis, asimismo se realizarán trabajos de reparación de algunas partes del pavimento, resanes de fisuras, compactación de áreas donde ya no cuente con pavimento y llenado de esas áreas, limpieza del pavimento para permitir la adherencia de la capa de refuerzo (asfalto), mediante la colocación y compactación de dicho refuerzo.

La presente investigación es de gran importancia debido a que presenta el análisis y evaluación descriptiva de las características y condiciones físicas y mecánicas estructurales que presenta la vía en estudio, para poder aportar soluciones a este problema, proponiendo y presentando una metodología correctiva.

De los resultados obtenidos servirán de base para proponer un diseño de una sobrecapa de refuerzo y de esta manera se garantice la vida útil de esta importante vía de acceso.

## **Planteamiento del problema**

La población afectada por este problema corresponde a la calle Jorge Chávez entre la avenida Buenos Aires y la calle Brasil, que pertenece al AA.HH. Santa Teresita en el casco urbano del distrito de Sullana, provincia de Sullana – Piura. Por lo tanto, necesita de una infraestructura vial en buenas condiciones y siga proyectando un ordenamiento territorial que genere progreso y comodidad a dicha población.

Se tiene conocimiento que las fallas en la acera pueden ser funcionales o estructurales. La falla funcional afectará la comodidad del ciclo, mientras que la falla estructural amenazará la integridad de la estructura, lo que tendrá un impacto negativo en el estado funcional.

La vía es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural de las diferentes regiones de nuestro país, es por ello importante considerar a nuestros pavimentos como el principal activo económico que posee la nación, en la actualidad el estado de las vías primarias y secundarias se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio, al lograr realizar la intervención en las vías nacionales se podría percibir el beneficio en la disminución de los costos de operación, adicionalmente de reactivar el desarrollo económico en regiones particulares.

Siendo así que, en el ámbito local, como es la ciudad de Sullana, en todo el Perú, debido a la falta de conocimiento o los métodos utilizados, la difusión de tecnología, equipos y materiales es muy pequeña, por lo que casi no se han tomado medidas para repararla fortaleciendo la cobertura. Debido a esta falta y la importancia de la representación económica, deben aplicarse de manera oportuna para evitar la destrucción completa de la acera, es que se plantea la presente investigación.

Actualmente, la ciudad de Sullana no tiene un formulario de registro de volumen de tráfico, lo que limita en gran medida la posibilidad de realizar una investigación de volumen de tráfico suficiente. Esto se debe principalmente a la falta de presupuesto del gobierno de la ciudad de Sullana para contratar personal especializado en la recopilación de datos.

En el presente proyecto se está considerando la calle Jorge Chávez, que en la actualidad presenta zonas deterioradas, por falta de mantenimiento. Esta vía fue construida en parte de pavimento rígido (concreto de cemento portland) y pavimento flexible (asfalto). Durante el periodo de formulación de tesis, se realizó una visita a lo largo de la vía

observándose los resultados de la parte a analizar se deterioraron prematuramente y superficiales siendo así que entre las calles Máncora y La Brea, Vichayal y San Juan que atraviesan la vía se determinó que la superficie de rodadura del asfalto laminado en frío con un espesor promedio de 0.03m se desgasta debido a la pérdida de polvo. , a partir de las calles La Brea y Vichayal en dicho tramo se presentan fallas de pavimento rígido como: fisuras longitudinales y transversales, losas deterioradas, resanes de reparaciones anteriores al interrumpir la instalación, mejora y mantenimiento de las aceras tuberías en su mayor parte del sistema de alcantarillado, también se presenta el descascaramiento entre otras fallas.

Asimismo, se identificó diversos tramos donde ya no cuenta con pavimento. Realizando una investigación local se identificó que hay pocas aceras que usan esta técnica de reparación de la Avenida Buenos Aires, calle Alfonso Ugarte y Avenida José de Lama; en la cual se colocó una sobrecapa de refuerzo de pavimento de cemento Portland (asfalto). En cuanto a la avenida Buenos Aires, debido a defectos estructurales y de diseño, su desempeño aún no es satisfactorio. y el pasar de los tiempos.

En general, las principales razones del bajo rendimiento de la capa de superficie reforzada con asfalto utilizada en la Avenida Buenos Aires son las siguientes:

- La superficie de la carretera no se ha preparado completamente, por ejemplo: limpieza y sellado de juntas, reparación de áreas dañadas.
- El grosor de la capa de cubierta reforzada es insuficiente.
- Falta de dispositivo de control de grietas.
- Selección de material insuficiente para el diseño de la mezcla de asfalto.
- Mala dosis.

Todos estos factores afectan el comportamiento del refuerzo acortando su vida útil.

Solo el mantenimiento y la reparación regulares de estas aceras pueden garantizar el servicio completo y permanente de las carreteras municipales; la evaluación determinará el daño existente al pavimento rígido y la causa raíz. La evaluación se utilizará para mantenimiento y reparación, y mantendrá la acera en las condiciones de uso consideradas en el diseño. Por lo cual formulamos el siguiente problema:

¿En qué medida la evaluación del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura, permite su rehabilitación proponiendo una sobrecapa de refuerzo?

## CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla N°01

Operacionalización de la Variable

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Análisis físico y mecánico del pavimento rígido	Hace referencia a la patología del concreto del pavimento rígido.	<p>Molina (2013), expone la variabilidad de patologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grietas de Esquina</b> Discontinuidades, fisuras y fracturas que presentan las losas de concreto.</li> <li>• <b>Peladuras</b> Progresiva desintegración de la superficie del concreto, por pérdida del material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto.</li> </ul>	Evaluación y desarrollo del PCI (Índice de condición del pavimento).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de daños.</li> <li>• Tipo de daño.</li> <li>• Forma dañada.</li> <li>• Nivel de severidad</li> <li>• Densidad</li> <li>• Estudio de tránsito (IMD)</li> <li>• Espesores de la capa</li> </ul>
	Hace referencia al grado de deterioro que presenta el pavimento rígido, tomando en cuenta sus características físicas y mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grietas Lineales</b> Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa.</li> <li>• <b>Bacheo</b> Descomponga la losa de concreto y retírela en un área determinada para formar una cavidad con bordes irregulares</li> <li>• <b>Descascaramiento de Esquina</b> Grietas que se cruzan con la costura horizontal Las costuras longitudinales o los bordes de las carreteras generalmente están en un ángulo de 45 grados con respecto al eje de la acera.</li> </ul>	<p>Molina (2013) presenta el Nivel de Incidencia/ Severidad del deterioro de pavimento rígido, clasificándolo en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja gravedad</li> <li>• Moderado</li> <li>• Alta severidad</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia..

## PAVIMENTO

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. Ver figura N° 01.



**Figura N° 01: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento**

Fuente: Guías de Norma AASHTO

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada.

Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamiento (esfuerzos cortantes) producidos por el

paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él.

Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

### **Falla en Pavimento rígido**

Raven (2014), sostiene que el daño al pavimento depende de la gravedad y se caracteriza por la pérdida de materiales. Si este proceso no se detiene a tiempo, continuará hasta que todo el pavimento se vuelva común, requiriendo no solo una máquina de plegado, sino también una reparación completa de todo el pavimento.

### **Pavimento Rígido**

Hurtado (2016), indica que el pavimento rígido está compuesto por una carpeta de ruedo elaborada con concreto hidráulico. La carpeta de concreto puede ser colocada directamente sobre la sub-rasante, pero en algunos casos se provee de una sub-base granular y/o base granular, para evitar que la losa entre en contacto con los finos de la sub-rasante.

Las características de retracción del concreto hidráulico y los esfuerzos térmicos inducidos por el clima obligan a seccionar el concreto mediante juntas transversales y longitudinales.

La capa de subbase es opcional, pues el elemento estructural principal es la losa de concreto hidráulico.

En ocasiones, la capa de base puede ser tratada para garantizar su carácter no erosionable en presencia de agua y cargas de tránsito pesadas y frecuentes.

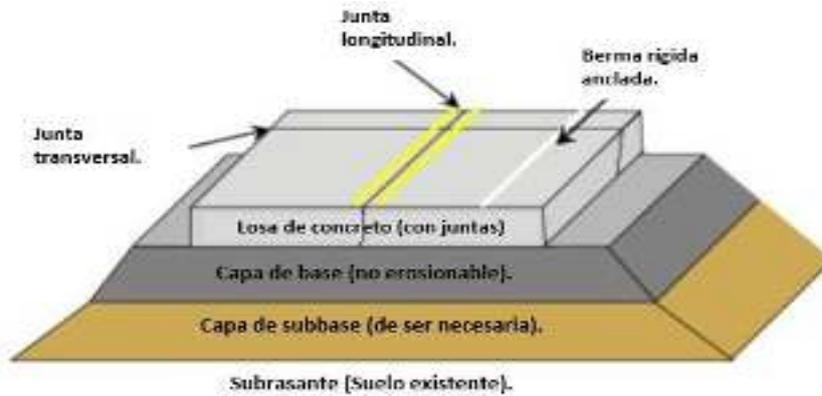


Figura N° 02 Esquema de paquete estructural de un pavimento rígido

Fuente: Guías de Norma AASHTO

a. Pavimento de concreto simple (sin acero de refuerzo) y con juntas.

- La longitud de la losa es de entre 3.0 y 6.0 metros.
- Transferencia de carga en juntas transversales:
  - o Por fricción o enclavamiento de agregados.
  - o Las juntas de acero lisas y lubricadas pasan a través de la barra de torsión.
- La conexión entre los rieles en la costura longitudinal:
  - o Anclaje de acero corrugado

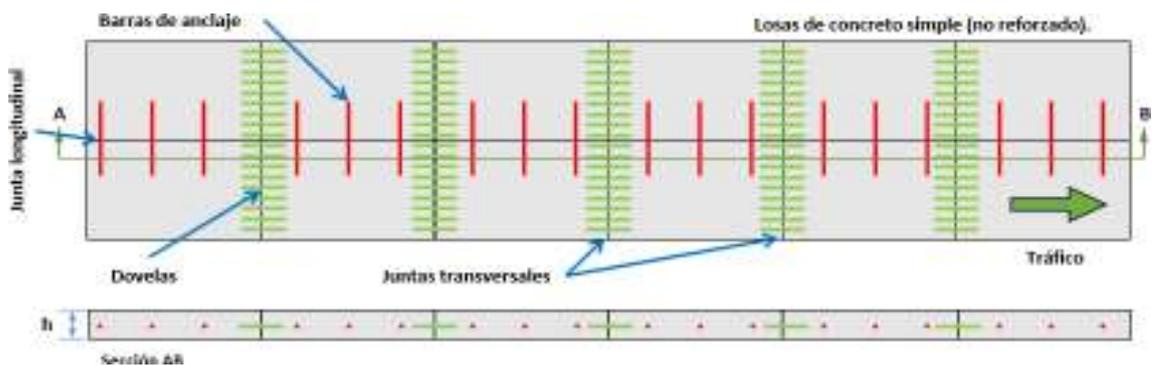


Figura N° 03 Esquema de un pavimento de concreto simple

Fuente: Guías de Norma AASHTO

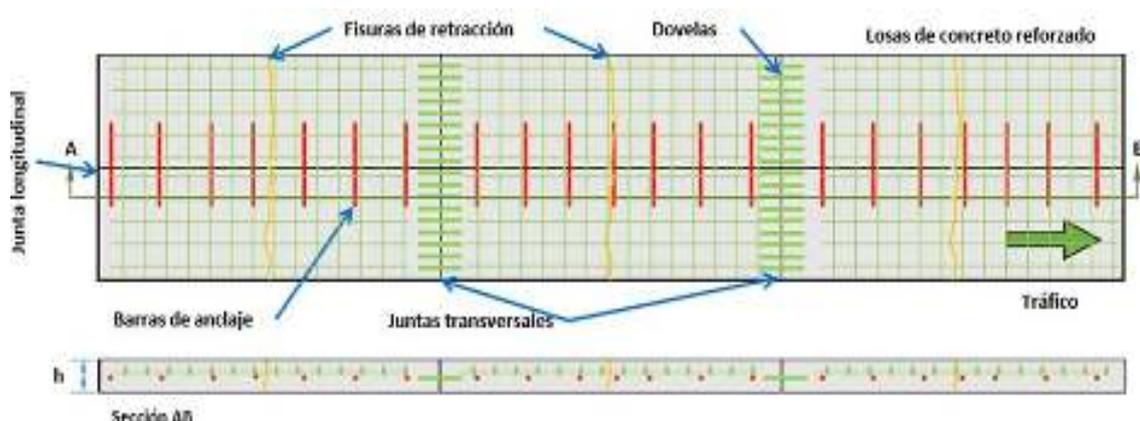


**Figura N° 04: Proceso constructivo de un pavimento de concreto simple**

Fuente: Guías de Norma AASHTO

**b. Pavimento de concreto reforzado con acero y con juntas.**

- Se permite que las losas sean más largas que el concreto simple (12 metros).
- Transferencia de carga en juntas transversales:  
o Pase secciones o tiras para pasar juntas de acero lisas y engrasadas.
- La conexión entre los rieles en la costura longitudinal:  
o Anclaje de acero corrugado.



**Figura N° 05: Esquema de un Pavimento de hormigón armado con acero y juntas.**

Fuente: Guías de Norma AASHTO



**Figura N<sup>a</sup> 06: Proceso constructivo de pavimento de hormigón armado con acero y juntas.**

Fuente: Guías de Norma AASHTO



**Figura N<sup>a</sup> 07: proceso constructivo de un pavimento de hormigón armado con acero y juntas.**

Fuente: Guías de Norma AASHTO

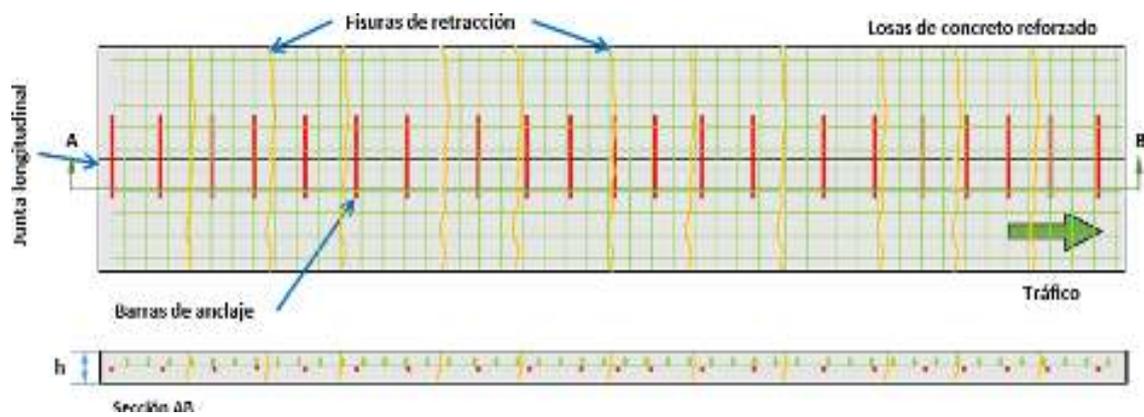


**Figura N° 08: Losas prefabricadas en sistemas de pavimento rígido convencional o con pre tensionamiento**

Fuente: Guías de Norma AASHTO

**c. Pavimento de concreto continuamente reforzado**

- Produce grietas transversales unidas por barras de acero
  - o El espacio entre grietas debe estar dentro de cierto rango para que pequeños bloques de pavimento no se caigan o produzcan grandes bloques de concreto.
- La conexión entre los rieles en la costura longitudinal:
  - o Anclaje de acero corrugado



**Figura N° 09: Esquema de un pavimento de concreto continuamente reforzado**

Fuente: Guías de Norma AASHTO



**Figura N° 10: Proceso constructivo de un pavimento continuo de hormigón armado**

Fuente: Guías de Norma AASHTO

## **Elementos estructurales que integran un Pavimento**

### **Capa de Rodadura**

Hernández y Torres (2016), Es la parte superior de pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.

### **Base**

Miranda (2010) señaló que la base es el piso (pavimento flexible) debajo del pliegue. Su función es muy poderosa, puede absorber la mayor parte de la tensión vertical, y su rigidez o resistencia a la deformación bajo la tensión de tráfico repetida generalmente corresponde a la fuerza del tráfico pesado. Por lo tanto, para tráfico medio y ligero, se usa la matriz de partículas tradicional, pero para tráfico pesado, se han usado materiales en partículas tratados con agentes gelificantes.

### **Sub-Base**

Miranda (2010) determinó que, en un pavimento flexible, el subsuelo es la capa debajo del subsuelo y encima de la capa de subsuelo, debe ser un elemento que proporcione un soporte uniforme y permanente para el pavimento.

En el caso de un pavimento rígido, esta capa se encuentra directamente debajo de la losa de concreto, lo que puede no ser necesario cuando la capa de la calzada tiene una alta capacidad de carga.

Su función es proporcionar una base unificada para la base y proporcionar una plataforma de trabajo suficiente para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que también tenga un efecto de drenaje. Para este fin, el material utilizado debe estar libre de finos y generalmente es una capa de transición necesaria bajo cualquier circunstancia. Por lo general, se utiliza una matriz granular compuesta de materiales tamizados o parcialmente triturados, suelo estabilizado con cemento, etc.

## **Sub-Rasante**

Miranda (2010) Visto que este piso debe ser capaz de resistir los esfuerzos realizados por la acera. Interfiere con el diseño del espesor del pavimento y afecta el rendimiento del pavimento. Proporciona la altura necesaria para la subrasante y protege las aceras, mantiene su integridad incluso en condiciones de humedad severa y proporciona condiciones de soporte uniformes y permanentes. En cuanto a los materiales que constituyen el lecho de la carretera, es necesario utilizar tierra compactable y obtener al menos el 95% de su grado de compactación.

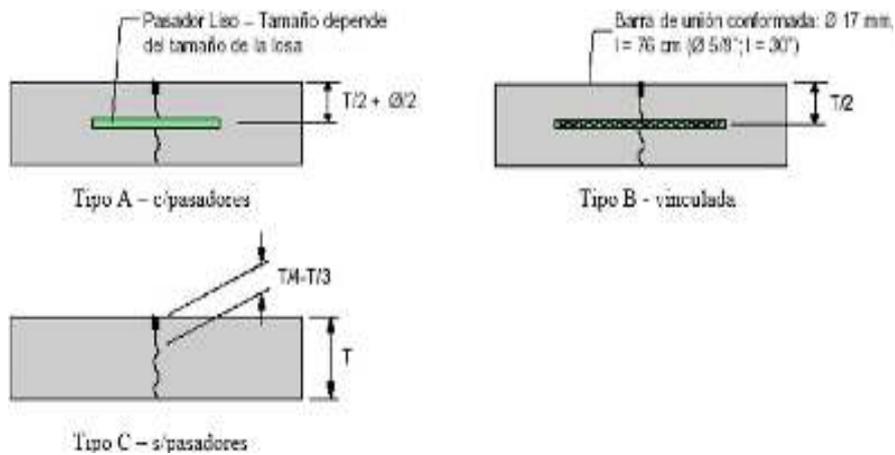
## **Juntas**

Morales (2005), indica que la función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas.

En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas.

## **Juntas de Contracción**

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones.

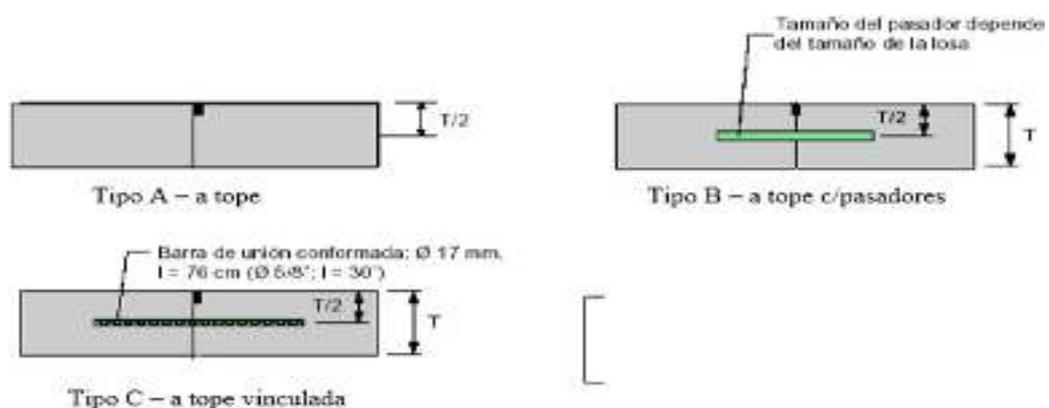


**Figura N° 11: Tipos de juntas de contracción**

Fuente: Tomado del artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la ACPA.

### Juntas de Construcción

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales. En la siguiente imagen se observan los diferentes tipos de juntas de construcción.



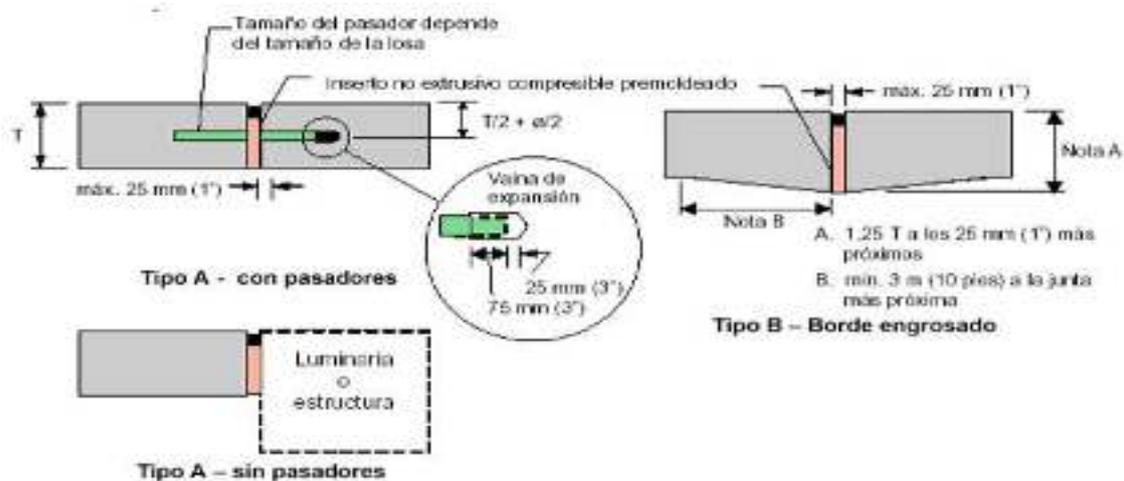
**Figura N° 12: Tipos de juntas de construcción**

Fuente: Tomado del artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la ACPA.

## Juntas de Expansión O Aislación

Cuando se expanden debido a un aumento de la temperatura, se usan para aislar la superficie cortada de la carretera para reducir la tensión de compresión en la misma. También se utilizan para aislar estructuras existentes.

Figura N° 13: Tipos de juntas de expansión



Fuente: Tomado del artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la ACPA.

## Sellos

Morales (2005), indica que la función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de estas (Descascaramiento). En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis.

El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir

con las siguientes características: Impermeabilidad, deformabilidad, resiliencia, adherencia, resistencia, estabilidad y durabilidad.

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Parta limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.
- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará | sobre la cara donde se adherirá el sellador.

### **Sellos Líquidos**

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar. Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acorta la vida útil de éste.

## Sellos Elastoméricos Preformados

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión. La forma del depósito de sellador comprimido asegura que siempre se proporcione una tasa de compresión de sellador promedio del 25%. La siguiente figura muestra los diferentes tipos de selladores.

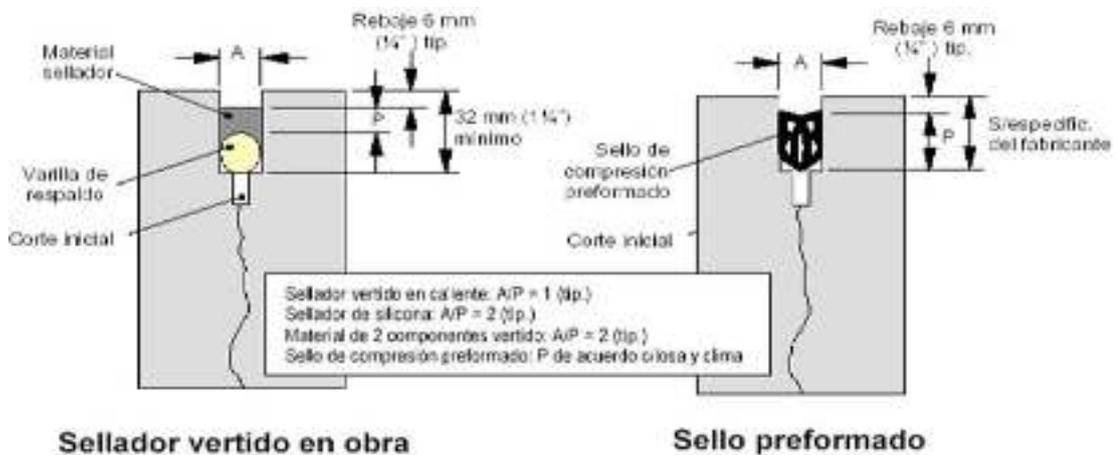


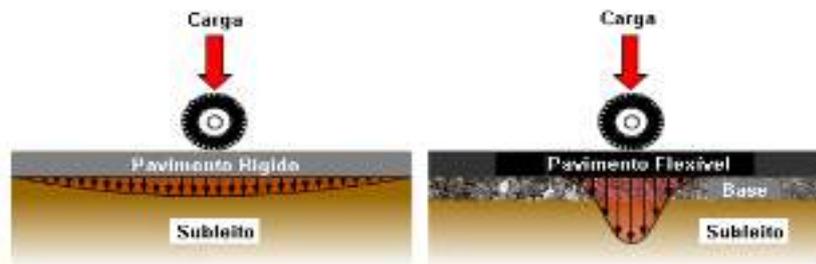
Figura N° 14: Tipos de selladores

Fuente: Tomado del artículo “Design and construction of joint for concrete highways”, publicado por la ACPA.

## Comportamiento Estructural del Pavimento Rígido

Morales (2005) Como resultado señaló que el rendimiento estructural del pavimento de hormigón está relacionado con su capacidad estructural para resistir o resistir el estrés de carga durante el período de uso; porque la carga de vehículos pesados causará una pérdida lenta y gradual de la capacidad de carga de la estructura del pavimento. Acera rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las

cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico.



**Figura N° 15: Distribución de carga en pavimento rígido y flexible**

Fuente: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/metodos-de-pavimentacao>

En todos los métodos de diseño de pavimentos, se reconoce que ocurrirán dos tipos de daños durante la vida útil de la estructura: daño funcional y daño estructural. Cuando la acera no puede proporcionar un paso seguro, se produce un mal funcionamiento y el vehículo no puede conducir cómodamente.

El daño estructural está asociado con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento, por lo que no puede soportar las cargas que soporta.

La destrucción estructural significa la degradación de la estructura del pavimento. Esta situación se produce cuando los materiales que componen la estructura están sujetos a cargas repetidas debido al tráfico y se produce sobre la base de cada capa de grietas estructurales relacionadas con la deformación o la tensión de tracción horizontal, lo que se denomina fatiga. dañar.

Un factor que afecta el rendimiento del camino es el tipo de carga aplicada y la velocidad de finalización. La superficie de la carretera soporta cargas móviles, y el hecho de que la carga aplicada se repita afecta la resistencia de la superficie de la carretera a su relativa rigidez.

Por lo general, el comportamiento estructural de la acera está relacionado con sus condiciones físicas, es decir, con grietas, fallas, desprendimientos u otras condiciones que pueden afectar por completo la capacidad de carga de la

estructura o el mantenimiento de la acera en cualquier situación que lo requiera

### **Propiedades Físicas y Mecánicas del Pavimento Rígido**

Ribera L., G. La relación agregada del hormigón es muy alta (50-80% en volumen), por lo que con la suspensión de cemento endurecido, agua libre, aire mezclado, aire capturado naturalmente o aditivos: Por el contrario, una gran parte de las propiedades de las mezclas de plástico y concreto endurecido depende de las propiedades y propiedades de los agregados, que deben estudiarse para obtener concreto de alta calidad.

Las características de los materiales que componen la estructura del pavimento; tamaño de partícula, límite de Attberger, clasificación SUCS y CBR (California Support Relationship). Los módulos flexibles son diferentes de las características de ingeniería.

Propiedades mecánicas: resistencia a la compresión, módulo elástico de formas estáticas y dinámicas, módulo de ruptura y fatiga.

Propiedades físicas: Granulometría, densidad, absorción y humedad, masa unitaria, resistencia.

### **Análisis Granulométrico (NTP 339.128 – ASTM D 422-63)**

Concretamente, este método cuantifica la distribución de las partículas del suelo. La distribución del tamaño de partícula del suelo de más de 200 mallas se completa mediante tamizado, mientras que la distribución del tamaño de partícula del material que pasa la malla 200 se prueba con un hidrómetro.

### **Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad de Suelos (NTP 339.129 – ASTM D 4318-93)**

El agua en su brazo afectó mucho el suelo. Cuanto más pequeñas son las partículas que componen el suelo, más destacado es este hecho. Esta reacción con el contenido de humedad se llama estado condensado y es el estado más representativo

Límite líquido: Se define como el contenido de humedad, expresado como un porcentaje, es decir, el límite entre los estados líquido y plástico del suelo, y

el suelo con un contenido de humedad mayor que LL se comporta como un fluido viscoso. Use el método de Casa Grande para determinar.

### **Clasificación de Suelos S.U.C.S. (NTP 339.134 – ASTM D 2487-93)**

Por lo que se refiere a este método de prueba describe un sistema de clasificación de suelos minerales y minerales orgánicos para fines de ingeniería. El sistema se basa en características definidas en laboratorio de tamaño de partícula, límite de líquido e índice de plasticidad. Cuando se requiere una clasificación precisa, se debe utilizar este sistema. Las diversas agrupaciones del sistema de clasificación han sido diseñadas para asociar generalmente varios tipos de suelos con su comportamiento en el campo de la ingeniería.

### **Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de Suelos Compactados en el Laboratorio (NTP 339.145 – ASTM D 1883 – 99)**

La prueba CBR es un método para medir indirectamente la resistencia a la penetración del suelo, y es una prueba relativamente simple para obtener indicadores de resistencia en carreteras, aeropuertos, sub base y sub base, aunque también se puede utilizar. No representa las características básicas del material. Se puede usar para el diseño de pavimentos usando métodos empíricos, y en el caso de métodos empíricos mecánicos se puede aplicar a través de la correlación con el módulo elástico.

### **Procedimiento de Diseño AASHTO 93 Variables Generales**

Se consideran como "Variables Generales de Diseño" aquellas que deben ser consideradas en el diseño y construcción de cualquier estructura de pavimentos. Dentro de esta categoría se incluyen: limitaciones de tiempo (tales como comportamiento y período de análisis), tráfico, confiabilidad y efectos ambientales

### **Limitaciones Relacionadas con el Tiempo (años) de Diseño**

La selección de varios períodos de diseño y de niveles de servicapacidad — también denominada “serviceabilidad” o “idoneidad”— obligan al Proyectista a considerar estrategias de diseño que vayan desde una estructura que requerirá bajo nivel de mantenimiento, y que prácticamente durará todo el período

seleccionado sin mayores acciones sobre él, hasta alternativas de construcción por etapas, que requerirán una estructura inicial más débil y un programa, previamente establecido, de mantenimiento y repavimentación.

Se denomina "período de comportamiento" al lapso que se requiere para que una estructura de pavimento nueva -o rehabilitada- se deteriore de su "nivel inicial de servicapacidad", hasta su nivel establecido de "servicapacidad final", momento en el cual exige de una acción de rehabilitación. El Proyectista debe, en consecuencia, seleccionar los extremos máximo y mínimo de servicapacidad.

El establecimiento de estos extremos, a su vez, se ve afectado por factores tales como: clasificación funcional del estado de un pavimento, percepción del público usuario de "cuánto debe durar una estructura nueva", fondos disponibles para la construcción inicial, costos asociados con el ciclo de vida de la estructura, y otras consideraciones de ingeniería. Se define como "período de análisis" al lapso que debe ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Normalmente coincide con el "período de comportamiento"; sin embargo, limitaciones prácticas y realísticas en el comportamiento de ciertos casos de diseño de pavimentos, pueden hacer necesario que se consideren varias etapas de construcción, o una rehabilitación programada, que permita el alcanzar el período de análisis deseado.

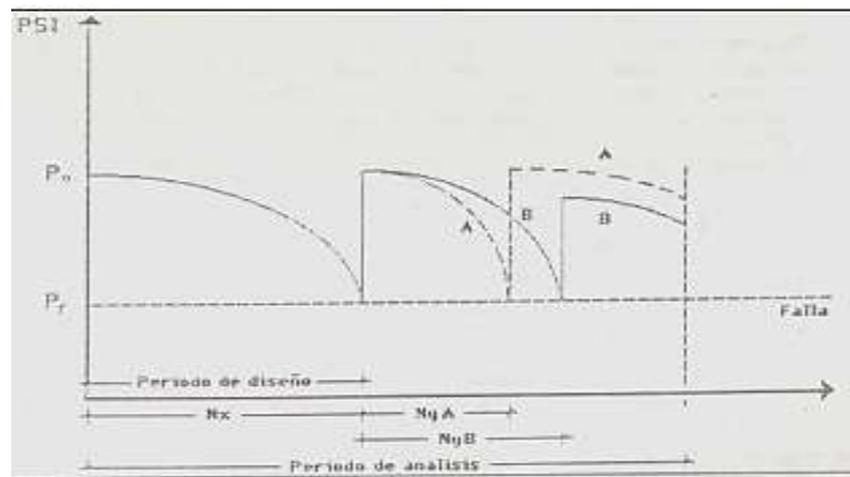
En los métodos AASHTO de 1961 y de 1972 era frecuente diseñar los pavimentos para un período máximo de 20 años; hoy en día, en el Método AASHTO '93, se recomienda que se estudien los pavimentos para un período de comportamiento mayor, ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de las alternativas a largo plazo basadas en análisis de costo-tiempo.

En cualquier caso, sin embargo, se recomienda que el período de análisis incluya al menos una rehabilitación de la estructura recomendada. Los lapsos de diseño sugeridos son:

**Tabla N°02: Lapsos de diseño sugerido**

Tipo de facilidad vial	Periodo de (en años) análisis	Diseño
Urbana de alto volumen	30-50	15-20(30)
Interurbana de alto volumen	20-50	15-20(30)
DE BAJO volumen		
Pavimentada con asfalto	15-20	5-12
Con rodamiento sin tratamiento (base granular sin capa asfáltica)	10-20	5-8

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO



**Figura N° 16: Representación gráfica del periodo de análisis**

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO

## Trafico

Por otro lado, la determinación del espesor del pavimento utilizando el método AASHTO '93 se basa en la "carga equivalente acumulativa determinada durante el diseño (Wt18)", que se calcula de acuerdo con el procedimiento determinado por el método AASHTO '72. Fue citado en un volumen y fue definido por el término Wt18.

Cuando se usa el método AASHTO '93, se debe usar el "factor de carga equivalente-FEi" (de acuerdo con el procedimiento para estimar la carga seguido por Venezuela).

## Confiabilidad Aplicada al Diseño de Pavimentos en el Método AASHTO 93

La "fiabilidad de diseño (R)" se refiere al grado de certeza (seguridad) de que una alternativa de diseño dada realmente durará un tiempo determinado dentro de un período de tiempo seleccionado.

La confiabilidad también puede ser definida como la probabilidad de que el número de repeticiones de cargas ( $N_t$ ) que un pavimento pueda soportar para alcanzar un determinado nivel de capacidad de servicio, no sea excedida por el número de cargas que realmente estén siendo aplicadas (WT) sobre ese pavimento".

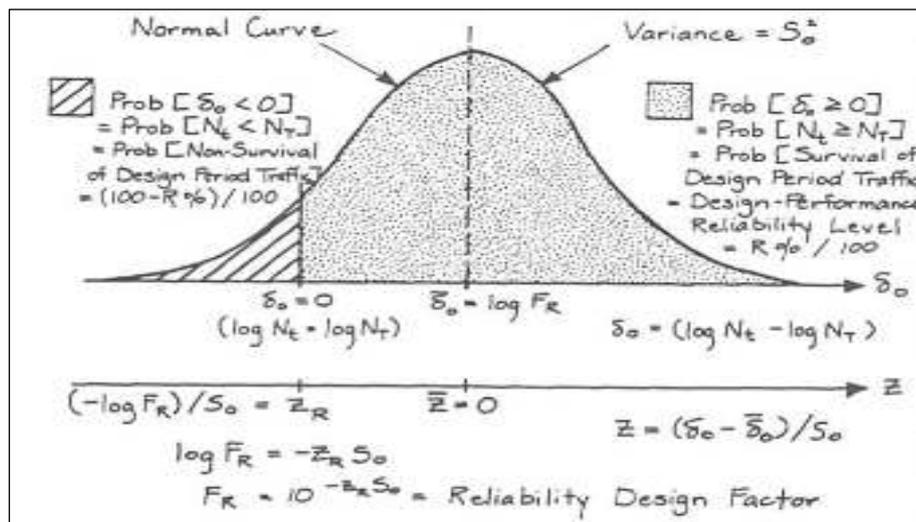


Figura Nª 17: Criterio de confiabilidad estadística

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO

La Figura "17" presenta en forma gráfica el concepto de la probabilidad de la distribución normal del error en la estimación del tráfico y comportamiento de la estructura, y es la base para las definiciones de la confiabilidad que caracterizan este método de diseño.

Si define "Wt18" como la carga de diseño equivalente y "WT" como la carga de trabajo real, verá un área en blanco en la Figura "B" que indica la probabilidad de éxito del diseño, que es  $\geq NT$  cuando  $Nt \geq pt$ . Esta probabilidad se define como el "nivel de confiabilidad (R)" del proceso de comportamiento de diseño y se expresa como:

$$R = 100 * \text{Probabilidad} (Nt \geq NT) = 100 * \text{Prob. (d)}$$

Para un determinado nivel de confiabilidad (R), habrá un factor de confiabilidad (FR), que es una función de la desviación estándar (So) y, a su vez, considera el material y el cambio esperado en el material. El proceso de construcción que dominará el diseño de la acera, la posibilidad de cambios pronosticados en el tráfico durante todo el período de diseño y los cambios normales en el comportamiento de la acera (valor Wt18).

Para un determinado nivel de confiabilidad (R), habrá un factor de confiabilidad (FR), que es una función de la desviación estándar (So) y, a su vez, considera el material y el cambio esperado en el material. El proceso de construcción que dominará el diseño de la acera, la posibilidad de cambios pronosticados en el tráfico durante todo el período de diseño y los cambios normales en el comportamiento de la acera (valor Wt18).

La confiabilidad (R), en el Método AASHTO '93, se establece mediante la correcta selección de este "Factor de Confiabilidad en el Diseño (FR)", y para cuya determinación es necesario transformar la curva del proceso de diseño a una "curva normalizada", mediante la relación

$$Z = ( \mu_0 - \mu_0 ) / S_0 = ( \mu_0 - \log FR ) / S_0$$

En esta curva normalizada, en el punto donde  $0 = \sigma$ , el valor de  $Z = ZR$  es decir:

$$ZR = (- \log FR) / S0$$

Para un nivel de confiabilidad dado, por ejemplo,  $R = 75\%$ , el valor de  $ZR$  puede obtenerse de la curva de distribución normal (curva Gaussiana), y el valor de  $ZR$  corresponde de  $(-\infty)$  a  $(100-R / 100)$ . En la curva gaussiana, para  $R = 75\%$ ,  $ZR = (-0.674)$

La ecuación anterior también puede ser escrita como:

$$\log FR = - ZR * S0$$

ó también como:

$$FR = 10^{-ZR * S0}$$

Ambas ecuaciones pueden ser consideradas como una definición algebraica del Factor de Confiabilidad de Diseño.

La Tabla 03 permite obtener los niveles adecuados de Confiabilidad ( $R$ ) para diferentes tipos de vías, clasificadas por la AASHTO, según su grado de servicio.

**Tabla 03: Niveles de confiabilidad para los diferentes tipos de vías**

<b>Clasificación de la via</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
Autopistas	5-99.9	80-99.9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y vías agrícolas	50-80	50-80

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO

Una vez que se selecciona el valor "R" que el diseñador considera apropiado, el valor ZR se busca en la Tabla 04. Sí, el diseñador obviamente no tiene experiencia en diseño, ya que cuanto mayor sea el valor de "R", esta será la "confianza" en el diseño, intentará seleccionar el valor en el rango alto de la Tabla 04

Finalmente, el valor de "confiabilidad" de la fórmula de diseño ASSHTO-93 es el valor ZR

**Tabla 04: Valores de Zr en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad**

<b>Confiabilidad (r)</b>	<b>Valor de zr</b>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO

## Desviación Estándar del Sistema (SO)

Por otro lado, el valor de la desviación estándar seleccionada (So) debe representar las condiciones locales. La tabla 5 " se recomienda para uso general, pero estos valores se pueden ajustar según la experiencia local.

**Tabla 05: Valores recomendados de desviación estándar (So)**

Condición de diseño	Desviación estadar
Cambios previstos en el rendimiento de la carretera (sin errores de tráfico)	0.25
Cambio total en la predicción del comportamiento de la superficie de la carretera y la estimación del tráfico	0.35 - 0.50 (0.45 valor recomendado)

Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO

## Selección del Período de Análisis y del Período de Diseño Estructural

Para seleccionar el período de análisis y diseño, la clasificación de carreteras se muestra en la Tabla 06

**Tabla 06: Categorías de las Vías**

CATEGORÍA DE LA VÍA				
	I	II	III	Especial
<b>Descripción</b>	Autopistas interurbana, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	> 5000	1000 – 10000	< 1000	< 10000
Periodo de análisis		15 a 30 años	15 a 30 años	
Periodo de diseño estructural pde		15 años	5 Años	

Fuente: Guías de Norma AASHTO

## **Capa de Refuerzo**

Esta es una estrategia sostenible que puede preservar y extender la vida útil de las aceras que pueden usarse para reparaciones menores. Su objetivo principal es aumentar la capacidad estructural y eliminar el daño superficial del pavimento existente; al realizar entre la capa de refuerzo que se colocará y la acera Combinación adecuada para lograr esto.

Debido a la falta de conocimiento, a menudo se evitan soluciones factibles, por lo tanto, sobre la base de considerar los requisitos de uso y los métodos de diseño, se estudia la elección de usar la capa de mejora.

## **Evaluación de Pavimentos**

Yarango (2014), La evaluación de peatones puede comprender el estado del edificio y formular medidas correctivas para lograr el objetivo de mantenibilidad.

Existen varios métodos para efectuar la evaluación de la condición o estado de la superficie del pavimento. Todos los métodos se realizan por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales. Desde el año 90 se ha aplicado métodos en la cual se pueden efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo.

## **Evaluación Estructural**

Yarango (2014), Existen diferentes métodos de evaluación de pavimentos. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los Ensayos Destructivos y lo Ensayos No Destructivos.

Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de ésta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas

determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación. Los trabajos suministran información adicional como:

Los espesores de las capas conformantes, los contenidos de humedad, la posible causa del deterioro de la capa (agrietamientos), la densidad de cada capa, la capacidad de soporte en el material de subrasante.

Por otro lado, se pueden efectuar ensayos mediante perforaciones con la ayuda de equipos de calado, barrenos, saca muestras, etc. Esta metodología, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” por cuestiones de espacio.

Sólo puede registrar potencia de cada capa.

En cuanto a los ensayos no destructivos, éstos se pueden llevar a cabo mediante medidas de las deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión deformada producida por la carga, son útiles para investigar las propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema quizás más difundido de medición de deflexiones es mediante el empleo de la Viga Benkelman. Este dispositivo se lo utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, e integrar sus resultados para una interpretación global.

Otro equipo con el que se pueden realizar mediciones es con un deflectómetro de Impacto. Éste es un método no destructivo, que sirve para la evaluación estructural de pavimentos y conocimiento detallado de su estado. Esta técnica

es de alto rendimiento, sin mayores interferencias al tránsito de las vías y además es utilizado de forma rápida y precisa.

Asimismo, se puede utilizar para evaluar un pavimento, principalmente en su etapa receptiva, el perfilómetro láser. Éste proporciona información sobre la rugosidad del pavimento. La rugosidad son alteraciones del perfil del camino (a nivel de rasante), que provocan vibraciones en los vehículos y cuya información permite estimar la serviciabilidad presente del pavimento.

### **Evaluación Superficial**

Yarango (2001), Existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos. El objetivo es evaluar el grado en que el pavimento satisface los requisitos desde el punto de vista del confort y seguridad de circulación del usuario.

Los más famosos son:

- Recomendaciones de la Universidad de Wisconsin (PASER)
- CONREVIAL
- Índice de condición del pavimento (PCI) Estos métodos son fáciles de aplicar y no requieren equipo experimentado.

Estos métodos son fáciles de aplicar y no requieren equipo experimentado. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y es una parte importante de toda investigación. La inspección visual generalmente se divide en dos etapas, a saber, la etapa inicial y la etapa detallada. La inspección visual inicial tiene como objetivo realizar una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza en vehículos de baja velocidad que cubren todo el camino.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una

herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

### **Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER)**

El método de Evaluación y Calificación del Pavimento (PASER) desarrollado por el Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin proporciona un catálogo de fallas basado en una escala gráfica, con categorías que van del 1 al 10, donde 10 representan las mejores condiciones de calidad.

No considera la escala intermedia que permite una mayor sensibilidad para identificar superficies dañadas. La evaluación cumple los criterios para diseñar otros métodos.

**Tabla N°07: Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras SEALCOAT**

<b>Edad de la Superficie</b>	<b>Fallas visibles</b>	<b>Estado general drenaje y mejoras</b>	<b>Clasificación de la Superficie</b>
1 año	No hay peligro excelente superficie	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere Mantenimiento	5 excelente
2-4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la Superficie	Excelente o buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4 bueno
3-5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario si tú mejoras de drenaje y parches. Es recomendado mantenimiento preventivo	3 regular
Más de 5 años de edad	Se aprecian grietas de borde y parches. Aparición de baches y pérdidas significativas de la Superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de parches y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado	2 pobre
Más de 5 años de edad	Gran pérdida de superficie del borde soalcoat, agrietamiento severo y/o grietas de cocodrilo, parches en mal estado	La base del drenaje deficiente es amplia, y la necesidad de mejorar el nuevo recubrimiento de doble sello es deficiente. Nuevo doble la necesidad de mejora.	1 fallo

Fuente: Wisconsin Transportation Information Center. Manual PASER, Sealcoat Roads. Edit. WisDOT. Wisconsin, 2001.

## **Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)**

La Asociación de Reparación de Carreteras ha propuesto un método que utiliza una serie de fallas obtenidas de la superficie de la acera para la evaluación de la superficie y la evaluación estructural midiendo la deflexión.

La caracterización del estado de la superficie de la calzada, en este método considera tres aspectos:

- El relevamiento de las distintas manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación).
- El análisis del tipo de falla observada, estableciendo las probables causas o mecanismos que la han originado (interpretación)
- Establecer la condición de servicio del pavimento en base a la magnitud, extensión, tipo de falla y mecanismo de deterioro, orientado hacia el futuro empleo de la información (Evaluación).

Este método se usó por muchos años, el cual tiene la limitación que no llega a un indicador final de la condición global del pavimento, no considera las áreas afectadas con un determinado tipo de deterioro; razón por la cual los resultados del relevamiento de fallas no son confiables y no se alcanzara la precisión que corresponde el costo de mantenimiento y presupuesto de obra.

## **Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

Vásquez (2002) señaló que PCI es un indicador digital que puede evaluar la condición de la superficie del pavimento y medir la condición actual del pavimento en función de las fallas observadas en el pavimento.

PCI también indica la integridad estructural y las condiciones de funcionamiento de la superficie, como la aspereza local y la seguridad. No puede medir la capacidad estructural o medir directamente la resistencia al deslizamiento o la aspereza. Proporcionar una base objetiva y razonable para determinar las necesidades de mantenimiento y reparación y sus prioridades.

El monitoreo continuo del PCI es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor. Este método fue elaborado por el cuerpo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Inicialmente fue desarrollado para pavimentos de aeropuertos y posteriormente, ampliado para vías, calles y estacionamientos de pavimentos asfálticos y de concreto de cemento Portland (simples y armados).

La evaluación de la superficie puede ser realizada en forma continua o por toma de muestras, de igual manera que en el levantamiento continuo. El tramo debe ser dividido en segmentos denominados áreas de unidad de muestreo que varía de 135m<sup>2</sup> a 315 m<sup>2</sup>. Cada segmento es inventariado identificando y registrando manualmente en una planilla, los tipos, las cantidades y severidades de cada defecto encontrado.

PCI es un índice numérico que varía de cero (0) para aceras con fallas o malas a cien (100) para carreteras en condiciones ideales.

**Tabla N°08: Rangos de calificación del PCI**

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

El cálculo de PCI se basa en los resultados de una lista visual de las condiciones del camino, que determinan el nivel, la gravedad y el número de cada daño. PCI fue desarrollado para obtener indicadores de integridad estructural del pavimento y condiciones de operación de la superficie

La información sobre daños obtenida como parte de la lista puede comprender claramente la causa del daño y su relación con la carga o el clima.

La siguiente tabla muestra los aspectos más destacados en el grado PCI

**Tabla N°09: Calificación del PCI**

<b>Calificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>100</b>	La superficie de la carretera está en un estado "perfecto".
<b>70</b>	El punto donde la acera comenzó a fallar Ubicado donde se deben iniciar medidas preventivas y / o de mantenimiento menores.
<b>55</b>	El punto donde la acera necesita mantenimiento local para corregir fallas más serias. Condiciones para corregir defectos graves. Sus condiciones de disparo siguen siendo "buenas", pero su disminución o disminución de la calidad de disparo comenzó a intensificarse.
<b>40</b>	La superficie de la carretera muestra fallas más obvias y sus condiciones de operación se pueden clasificar como puntos "generales" o "aceptables", y el deterioro está aumentando rápidamente. Este punto está cerca del "mejor" punto definido para la rehabilitación.
<b>0</b>	Las aceras se deterioraron mucho, ocurrieron algunas fallas de alto nivel y el tráfico no pudo circular a la velocidad normal. La acera se considera "no calificada" y requiere medidas de mantenimiento importantes, y finalmente reconstruye la mayor parte de su área

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

La tabla resume las operaciones que se considerarán en función del valor PCI calculado de cada ruta.

**Tabla N°10: Intervención según rango (PCI)**

<b>Rango PCI</b>	<b>Intervención</b>
0-30	Construcción
31-70	Rehabilitación
71-100	Mantenimiento

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

El trabajo de mantenimiento (PCI > 70) se refiere a actividades que "aumentan" la vida útil de las estructuras de pavimento en términos de comodidad y seguridad. Puede constituir medidas preventivas y / o correctivas.

Los trabajos de rehabilitación (70 > PCI > 30) se refieren a las actividades necesarias para "restaurar" la estructura del pavimento cuando se construyó originalmente bajo las condiciones de carga y los niveles de servicio en términos de seguridad y protección. comodidad

Finalmente, el trabajo de construcción (PCI < 30) está relacionado con las características de la nueva estructura del pavimento en el camino sólido o de tierra, o debe reconstruirse debido al deterioro de la condición.

### **Causas De Fallas**

El daño al pavimento es causado por muchas razones

**Tabla N°11: Causas de fallas**

<b>Falla</b>	<b>Causas</b>
<b>Tráfico de diseño</b>	- cargas mayores a las de diseño - incremento del tráfico
<b>Proceso constructivo</b>	- deficiencias en los procesos constructivos - diseños inadecuados
<b>Deficiencias de proyecto</b>	- mala calidad y dosificación de los materiales - mala valoración en la subrasante
<b>Factores ambientales</b>	- elevación de la napa freática, inundaciones - lluvias, congelamiento, sales
<b>Deficiente mantenimiento</b>	- técnicas inadecuadas de mantenimiento - falta de conservación

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

**Tráfico de Diseño:** En muchos casos, el flujo de diseño de la superficie de la carretera es incorrecto y la carga es mucho mayor de lo esperado. Esto se debe a errores en el método de carga o al aumento del tráfico a lo largo de los años.

**Proceso Constructivo:** Los defectos en el proceso de construcción debilitan la acera. Esto se debe a un espesor y mezcla insuficientes, y a una distribución y compacidad insuficientes de las capas.

**Deficiencias de Proyecto:** Diseño insuficiente y mala evaluación de la calzada. Por otro lado, a veces la calidad y la dosis de la mezcla de asfalto son deficientes, y la calidad de los materiales utilizados en la producción es deficiente.

**Factores Ambientales:** Aumento del nivel del agua subterránea, inundaciones, lluvias a largo plazo, cambios de temperatura, congelación, sales nocivas. Y la falta de drenaje superficial o profundo.

**Deficiente Mantenimiento:** Falta de mantenimiento y conservación.

Se considera que las fallas consideradas en el método PCI tienen un total de 19 para superficies de asfalto y 19 para superficies de concreto de cemento Portland, involucrando a todos los comunes en la degradación del pavimento.

**SUPERFICIE DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.**

Blow up / Buckling	Elocup / Buckling
Carrier Breaks	Grietas de Expansión
Cracked Slab	Losa Crackea
Durability "C" Crack	Grietas de Durabilidad "C"
Faulting	Lapida
Joint Seal	Sello de Junta
Lane / Shoulder Drops Off	Desnivel Carril / Borde
Linear Cracking	Grietas Lineales
Patching (Large)	Parches grandes
Patching (Small)	Parches pequeños
Polluted Aggregates	Polvientos de Agregados
Potholes	Repasos
Pumping	Bachas
Punch-out	Funcionamiento
Railroad crossing	Cruce de Vía Ferrea
Scaling / Edge Cracking / Cracking	Desmenuamiento / Grietas de Borde / Cracking
Reinforce Cracks	Grietas de Reforzación
Spalling Corrosion	Desmenuamiento de Pasajero
Spalling Joint	Desmenuamiento de Junta

**Figura 18: Fallas en pavimento rígido**

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

Es importante que el evaluador de la superficie de la carretera esté familiarizado con este tipo de fallas, su gravedad y los métodos de medición establecidos en este método. Los tipos más comunes de fallas en el pavimento de asfalto son: piel de cocodrilo, contracción, reflexión articular, grietas longitudinales y transversales, baches, grietas, surcos, desintegración o desintegración de la superficie. Se encuentra que la frecuencia de los tipos de fallas restantes considerados en este método es baja.

Para determinar la gravedad de la inspección de daños realizada, se debe evaluar la calidad (o la calidad del viaje) del daño del tráfico, como las ondas y los cruces de ferrocarril. Con este fin, la superficie de la carretera está cubierta de automóviles de tamaño estándar a la velocidad prescrita por la ley. La parte de la superficie de la carretera cerca de la señal de stop debe clasificarse a la velocidad de desaceleración de aproximación normal. En algunos casos, es necesario comprender cómo la calidad del rodaje se ve afectada por varios tipos de fallas para determinar su gravedad.

Las siguientes son pautas generales para ayudar a determinar la gravedad de la calidad del tráfico

**L: (Low: Bajo).** Se siente vibración en el vehículo (por ejemplo, a través de ondas), pero por razones de comodidad o seguridad, no es necesario reducir la velocidad. O un solo golpe o hundimiento hará que el vehículo rebote ligeramente, pero difícilmente causará molestias.

**M: (Medium: Medio):** La vibración en el vehículo es muy grande y la velocidad debe reducirse para mayor comodidad y seguridad. O una sola protuberancia o pandeo provocará un rebote significativo, lo que provocará molestias.

**H: (High: Alto).** La vibración en el vehículo es demasiado grande y, para mayor comodidad y seguridad, la velocidad debe reducirse significativamente. O Un solo golpe o depresión hará que el vehículo rebote excesivamente, causando graves molestias o un alto peligro potencial o daños graves al vehículo.

**Tabla N°12: Calificación de la condición de pavimento PCI**

Rango de clasificación	
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

El cálculo de PCI se basa en los resultados de una lista visual de las

condiciones del camino, que determina el nivel, la gravedad y el número de cada daño. PCI fue desarrollado para obtener indicadores de integridad estructural del pavimento y condiciones de operación de la superficie. Como parte de la lista, la información sobre daños obtenida puede comprender claramente la causa del daño y su relación con la carga o el clima.

### **Patologías en los Pavimentos Rígidos**

Grietas lineales (grietas longitudinales, laterales y diagonales). Vásquez Luis (2002) señaló que estas grietas, que dividen la losa en dos o tres piezas, generalmente son causadas por la carga de tráfico repetida y la deformación del gradiente de calor o humedad. Las placas divididas en cuatro o más se cuentan como placas divididas. En general, las grietas de baja gravedad están relacionadas con el pandeo o la fricción y, por lo tanto, no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares (que tienen solo unos pocos pies de largo y no se extienden por toda la placa plana) se consideran grietas de retracción

### **Niveles de severidad**

Sin placa de refuerzo

**L:** Grietas sin sellar con un ancho de menos de 12.0 mm (incluyendo relleno insuficiente), o cualquier ancho de grietas en las que el relleno esté en un estado satisfactorio. No hay escala

**M:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grietas sin sellar con un ancho entre 12,0 mm y 51,0 mm.
2. Grietas sin sellar con un ancho que no exceda de 51.0 mm y una escala de óxido menor a 10.0 mm.
3. Sellado de grietas de cualquier ancho inferior a 10.0 mm de tamaño

**H:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grietas sin sellar con un ancho mayor de 51.0 mm.
2. Grietas selladas o sin sellar de cualquier ancho mayor a 10.0 mm. Placa de refuerzo

**L:** Grietas sin sellar con un ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o sellar grietas de cualquier ancho con condiciones de llenado satisfactorias. No hay escala

**M:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grietas sin sellar con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grietas sin sellar con un ancho que no exceda los 10.0 mm y un ancho máximo de 76.0 mm.
3. Selle grietas de cualquier tamaño hasta 10.0 mm.

**H:** existe una de las siguientes condiciones:

1. Grietas sin sellar de más de 76.0 mm de ancho.
2. Ya sea que la grieta esté sellada o no sea ancha, el tamaño es mayor a 10.0mm.

### **Medida**

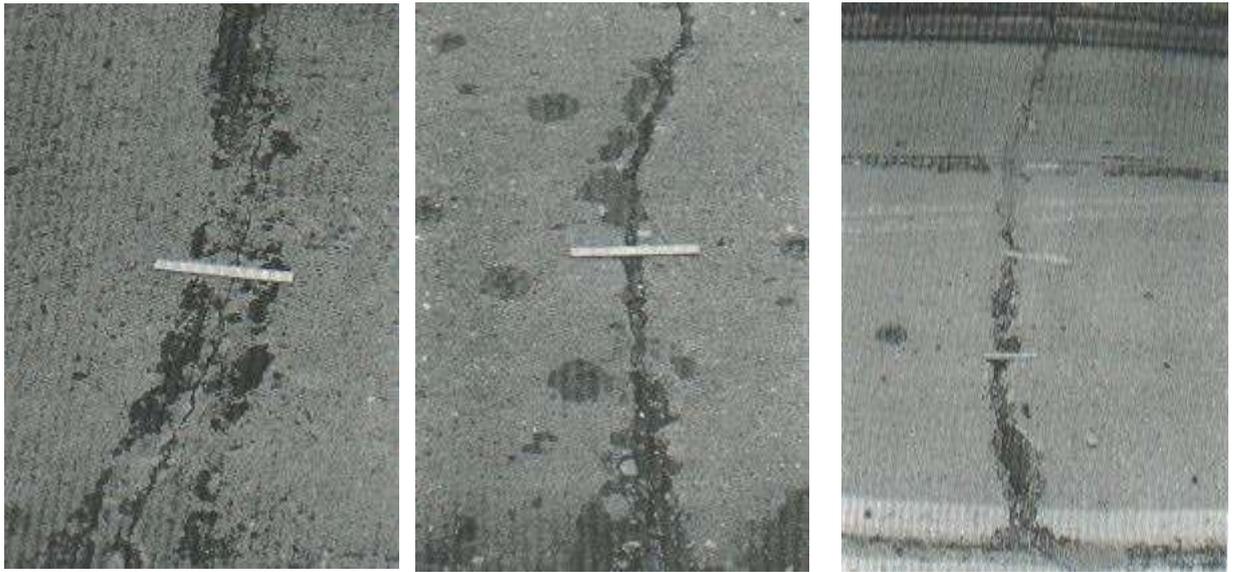
Así mismo después de determinar la gravedad, registre el daño como una tableta. Si se producen dos grietas de gravedad media en una placa, la placa se considera como un soporte para grietas de alta gravedad. Un tablero dividido en cuatro o más piezas se cuenta como un tablero dividido. Las placas con una longitud superior a 9,10 m se dividen en "placas" de aproximadamente la misma longitud y tienen costuras imaginarias, suponiendo que estén en un estado ideal.

### **Opciones de reparación**

**L:** No hice nada. La grieta del sello es mayor a 3.0 mm.

**M:** sello de grieta

**H:** sello de parche de profundidad de grieta. Reemplace la tableta



**Figura N° 19 : Agrietamiento longitudinal de Losa**

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

### **Grieta De Esquina**

Vásquez Luis (2002), sostiene que el agrietamiento de la esquina se refiere a la grieta que intercepta la junta de la placa desde la esquina a una distancia menor o igual a la mitad de la longitud de la placa en ambos lados. Por ejemplo, una placa con un tamaño de 3.70 mx 6.10 m tiene una grieta en un lado de 1.50 m y una grieta en el otro lado de 3.70 m. Esta grieta no se considera una grieta de esquina, sino una grieta diagonal. Sin embargo, si se trata de una grieta en la esquina, la grieta interceptará un lado a 1,20 m y el otro lado a 2,40 m. Una grieta de la esquina es diferente a la otra esquina se extiende verticalmente a todo el grosor del tablero, mientras que la otra esquina se cruza con la junta en ángulo.

Con esto quiero decir, que las cargas repetidas más la pérdida de soporte y la tensión de deformación pueden causar grietas en las esquinas.

### **Niveles de Severidad**

L: Las grietas se definen por grietas de baja resistencia, y el área entre la grieta y la junta tiene poca o ninguna grieta.

M: Definido por una grieta de gravedad media, o el área entre la grieta y la articulación indica una grieta de gravedad media (M).

H: Se define como una grieta de alta resistencia o el área entre la costura y la grieta está muy agrietada.

### **Medida**

En los siguientes casos, la tableta dañada se registra como una (1) tableta:

1. Tiene solo una grieta en la esquina
2. Contiene múltiples grietas de gravedad específica.
3. Contiene dos o más grietas de diferente gravedad

Puesto que, para dos o más grietas, se registrará la gravedad más alta. Por ejemplo, las grietas de esquina de una placa son menos severas, mientras que las grietas de esquina moderadamente severas deben considerarse como un (1) bloque con grietas de esquina moderadas.

### **Opciones de reparación**

L: No hice nada. Sellar grietas superiores a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parche profundo.

H: Parche profundo.



**Figura N° 20 Grieta ADe Esquina**

Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

### **Pulimento de Agregados**

Vásquez Luis (2002), plantea que este daño es causado por la aplicación repetida de cargas de tráfico. Cuando los agregados en la superficie se suavizan, el agarre del neumático se reduce considerablemente. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura de la acera no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El agente de pulido agregado disperso en el concreto es insignificante y blando. En relación con las evaluaciones anteriores, cuando los resultados de la prueba antideslizante son bajos o se reducen significativamente, se informa de dicho daño.

### **Niveles de Severidad**

La gravedad no está definida. Sin embargo, antes de la clasificación como un estado de defecto y se determine como un defecto, el grado de pulido debe ser alto.

### **Medida**

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa. Opciones de reparación

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.



**Figura N° 21 Pulimento de Agregados**

Fuente: Autor del Proyecto

## **Escalonamiento**

Sánchez (2009), sostiene que dicho deterioro es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina, también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

Algunas causas comunes son:

1. La base es suave y asentada.
2. Bombee o erosione el material debajo del tablero.
3. El borde del tablero se deformará debido a los cambios de temperatura o humedad.

## **Niveles de Severidad**

Como se muestra en la siguiente tabla, se definen por la diferencia de nivel de grietas o costuras:

<b>L</b>	3 a 10 mm
<b>M</b>	10 a 19 mm
<b>H</b>	mayor que 19 mm

## **Medida**

La escala a través de la costura se considera una placa plana. Solo se calculan los tableros afectados.

## **Opciones de reparación**

L: No hice nada. Fresado

M: Fresado

H: Fresado



**Figura N° 22: Escalonamiento entre Losas Adyacentes**

Fuente: Sánchez (2009), Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido

### **Pérdida de Sello en las Juntas**

Sánchez (2009), sostiene que la pérdida de sello en las juntas se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua.

Este deterioro se debe al endurecimiento por oxidación del material de sello, pérdida de adherencia con los bordes de las losas, levantamiento del material del sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas, escasez o ausencia del material de sello, material de sello inadecuado.

Vásquez Luis (2002) señaló que los tipos típicos de lesiones articulares son

- Retirar el sellador.
- Sellador extruido.
- Crecimiento de la vegetación.
- El material de relleno está endurecido (oxidado).
- Pérdida de adherencia al borde de la tableta.
- No hay o no sellador en el conector.

### **Niveles de Severidad**

L: El sellador de toda la parte está en buenas condiciones. Funciona bien, con daños menores.

M: toda la sección transversal está en buenas condiciones, y uno o más de ellos están moderadamente dañados. El sellador debe ser reemplazado dentro de dos años.

H: La condición de la sección transversal en general es muy buena, uno o más de los daños mencionados anteriormente son graves. El sellador debe reemplazarse de inmediato

### **Medida**

Las losas no se registran una por una, sino que se evalúan en función del estado general del sellador en toda el área.

### **Opciones de reparación**

L: No hice nada.

M: resellar la articulación.

H: resellar la articulación



**Figura N° 23: Perdida del Sello en las Juntas**

Fuente: Sánchez (2009), Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido

## **Parches**

Vásquez Luis (2002) señaló que un parche se refiere a un área donde el pavimento original se ha eliminado y reemplazado con nuevos materiales. El corte de servicios públicos es un parche que ha reemplazado la acera original para permitir la instalación o el mantenimiento de las instalaciones subterráneas. El nivel de gravedad de la minería de servicios es el mismo que el parche normal.

### **Niveles de severidad**

**L:** El parche funciona bien y casi no hay daños.

**M:** El borde del parche está moderadamente deteriorado o despegado. El parche se puede quitar muy laboriosamente.

**H:** El parche está severamente dañado. La condición deteriorada requiere reemplazo.

### **Medida**

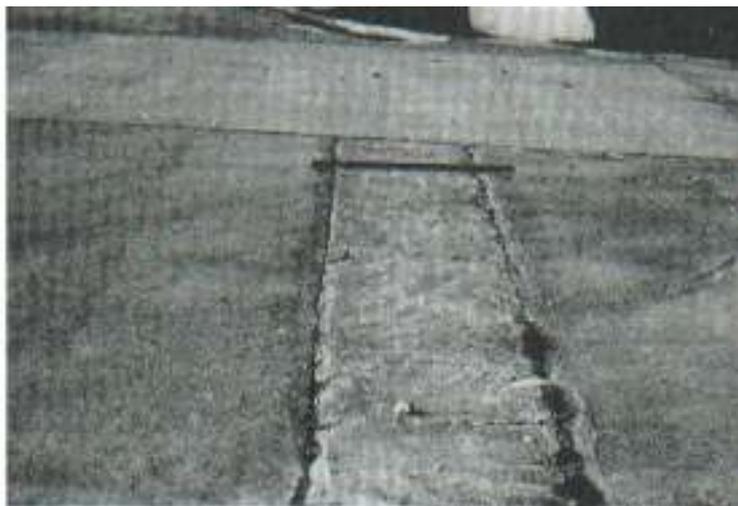
Si una placa tiene uno o más parches con el mismo nivel de gravedad, se considera que tiene la placa dañada. Si el nivel de gravedad de una sola tableta es más de uno, se considera la tableta con el nivel de gravedad más alto. Si la causa del parche es más grave, solo se cuenta el daño original.

### **Opciones para Reparación**

**L:** No se hace nada.

**M:** Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

**H:** Reemplazo del parche



**Figura N° 24: Perdida del Sello en las Juntas**  
Fuente: Vásquez (2002) Manual Pavement Condition Index (PCI)

## **Mantenimiento y Rehabilitación**

### **Parchados y reparaciones para servicios públicos**

Altamirano (2010), indica que un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los parchados disminuyen la serviciabilidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma.

En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Si bien los parches por reparaciones en servicios públicos se deben a causas bien diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

### **Reconstrucción**

Sánchez (2000) sostiene que es la demolición, remoción y reemplazo parcial

o total del pavimento asfáltico existente, conservando la explanación y el alineamiento de la vía. Constituye el caso más enérgico de rehabilitación y se aplica cuando el pavimento presenta elevados índices de deterioro y no posee vida residual.

La reconstrucción se puede acometer a través de una nueva estructura asfáltica o de un pavimento rígido nuevo.

### **Hipótesis**

Al determinar la patología y proponer medidas correctivas, será posible mejorar los pavimentos rígidos en la Avenida Jorge Chávez

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar la acera rígida en la calle Jorge Chávez en el distrito de Sullana de Piura para que pueda restaurarse a la normalidad proponiendo una cubierta de refuerzo.

#### **Objetivos Específicos**

- Para diagnosticar el tipo patológico del pavimento rígido del índice de condición del pavimento de Piura Sullana / método de la calle Jorge Chávez (PCI) seleccionado para cada segmento de carretera de la calle Jorge Chávez de Piura.
- Determine la severidad del pavimento rígido en la calle Jorge Chávez en el distrito Sullana de Piura para clasificar las pautas generales de mantenimiento.
- Caracterice la estructura del pavimento rígido mediante pruebas de calicateo y diamante: la subrasante, los cimientos y la losa del camino seleccionado.
- Propuesta para mantener y / o reparar el pavimento rígido de la calle Jorge Chávez en el distrito de Sullana de Piura.

**CAPITULO II**

**METODOLOGÍA**

## **Tipo de Investigación**

La investigación en este artículo es descriptiva y analítica. Es descriptivo porque describe el estado real observado directamente por el autor, y este estado corresponde a la acera rígida de la calle Jorge Chávez en Piura Sullana sin cambiarla. Y analítico porque estudia los detalles y determina la causa.

## **Diseño de la Investigación**

Según Churchill (2003), existen dos tipos de investigación descriptiva cuando se realiza una investigación descriptiva en este estudio: vertical, horizontal u horizontal.

En este estudio se hizo uso de una investigación transeccional, pues se buscó realizar una recolección de datos y evaluar una situación en un punto determinado de tiempo. De acuerdo al estudio, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Este estudio corresponde a un diseño descriptivo, no experimental, ya que las propiedades físicas y mecánicas del pavimento estudiado serán analizadas y evaluadas para obtener el daño estructural presentado por la carretera, y los trabajos de construcción continuarán, reparar el paquete estructural y basándose en el método de AASHTO 93 para el diseño de sobrecapa de refuerzo (asfáltica), que consiste en el diseño de pavimentos empleando n modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro denominado número estructural (SN), el cual es fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase.

El plan de diseño de la investigación es el siguiente:

<b>M1.....X1..... O1</b>
--------------------------

Dónde:

**M1:** Muestras de mezclas de suelos extraídas de: Rasante, Sub base,

Base

**X1:** Variable: Propiedades físicas y mecánicas del suelo de Sub base y base, agregados del concreto de la vía.

**O1:** Observaciones: resultados posibles a obtenerse de la mecánica de suelos y aplicación del método de AASHTO 93.

### **Población**

Acerca de esta investigación la población es determinada por la totalidad del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura, donde las vías se encuentran en mal estado y que requieren de mantenimiento y rehabilitación, entre estas calles tenemos: San Juan, Las Lomas, La Callao, Av. Buenos Aires, Av. Brasil y Calle 6.

### **Muestra**

Se seleccionó 3 cuadras en la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura, las cuales fueron evaluadas. Se efectuó prospecciones de campo (calicatas) para ver el comportamiento y tipo del suelo, y una prueba de diamantina en cada cuadra para analizar la resistencia del concreto.

### **Técnicas e Instrumentos de Investigación**

La técnica utilizada es la investigación bibliográfica, porque los precedentes se recopilan a través de documentos bibliográficos y observaciones de campo, lo que permite que la evaluación obtenga información sobre el estado físico de la carretera mediante inspección visual. Diferentes partes del pavimento rígido seleccionado.

Con respecto a la herramienta de investigación, se utiliza una tarjeta de observación, que ayuda a recopilar la información y los datos necesarios para estudiar la patología del pavimento rígido, describir el tipo de daño, las posibles causas y las posibles soluciones.

**CAPITULO III**

**RESULTADOS**

## **Resultados**

El propósito de este estudio es promover y estandarizar los estándares y procedimientos para identificar y recopilar información relacionada con el deterioro del pavimento rígido, y realizar trabajos de mantenimiento de carreteras en las secciones de carretera seleccionadas (3 bloques).

Por otra parte, en este contexto y de acuerdo a nuestros objetivos específicos se presentan los resultados obtenidos:

**A. Describir el tipo patológico de pavimento rígido, de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura para cada tramo seleccionado mediante el método del Índice de Condición del Pavimento / calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura (PCI).**

Para evaluar los tipos de patologías del estado físico de las vías se tomaron diferentes aspectos, pero específicamente se tomaron en cuenta la inspección visual, estos se describen a continuación:

- Descripción de las calles de mayor tránsito para definir las características más relevantes para su identificación.
- Principales mecanismos que originan su deterioro.
- Procedimientos de medición y cuantificación.
- Métodos correctivos a aplicar, intervenciones ajustadas de acuerdo a especificaciones técnicas.
- Panel fotográfico que ayudan a su identificación.



Figura N°25 cuadra 1 de la calle Jorge Chávez entre calles Atahualpa, La Brea y Brazil  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Descripción:</b>	calle principal
<b>Características:</b>	<p>Presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular.</p> 



Figura N°26: Cuadra 2 de la Calle. Jorge Chávez entre calles Brazil y Pariñas  
Fuente: Elaboración Propia

<p><b>Descripción:</b></p>	<p>calle principal</p>	
<p><b>Características:</b></p>	<p>Presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular.</p>	



Figura N°27: Cuadra 3 de la Calle. Jorge Chávez entre calles Pariñas y Vichayal  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Descripción:</b>	calle principal
<b>Características:</b>	<p>Presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular.</p> 

De acuerdo con lo anterior la información recolectada se recolectó en los instrumentos propios del Índice de Condición del Pavimento, que consistió en el llenado de formatos con la información de campo, posteriormente se procedió a procesar los datos.

**Calle. Jorge Chávez tramo 1**



Figura 28: Calle. **Jorge Chávez tramo 1**, Pulimiento de Agregados y Parche  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Descripción:</b>	Jorge Chávez <b>TRAMO 1</b>
<b>Características:</b>	<p>Presenta diversas fallas como el pulimiento de agregados y presenta un parche de un área aproximada a 4 m<sup>2</sup></p> 



Figura 29: Calle. **Jorge Chávez tramo 1**, Grietas longitudinales  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 30: Calle. **Jorge Chávez tramo 1**, Junta de sello de daños  
Fuente: Elaboración Propia

## Calle. Jorge Chávez tramo 2



Figura 31: Calle. **Jorge Chávez tramo 2**, Grietas Longitudinales y Popouts  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Descripción:</b>	Jorge Chávez <b>TRAMO 2</b>
<b>Características:</b>	<p>Presenta diversas fallas como grietas longitudinales (derecha arriba) y popouts (derecha abajo)</p> 



**Figura 32:** Calle. **Jorge Chávez tramo 2**, pulimento de agregados  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 33:** Calle. **Jorge Chávez tramo 2**, Parche  
Fuente: Elaboración Propia

### Av. Jorge Chávez tramo 3



Figura 34: Calle. **Jorge Chávez tramo 3, Pulimento de Agregados**  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 35: Calle. **Jorge Chávez tramo 3, Popouts**  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 36: Calle. **Jorge Chávez tramo 3, Grietas Longitudinales**  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 37: Calle. **Jorge Chávez tramo 3, Parche**  
Fuente: Elaboración Propia

**Las fallas encontradas son:** Pulimiento de agregados, Popouts, Parches, daño del sellado de Junta, Grietas longitudinales y a continuación se presenta su descripción, causa y alternativa de solución para cada una de ellas según el PCI, y que nos permitirá presentar la propuesta de solución de sobrecapa.

**RESUMEN DE EVALUACION DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA CALLE JORGE CHAVEZ MEDIANTE EL METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO**

<b>Falla</b>	<b>Descripción de la falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Alternativa de solución</b>
Grietas Longitudinales	Grieta que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extiende desde una junta transversal hasta el borde de la losa.	Asentamiento de la base o subrasante; losa de ancho excesivo; carencia de una junta longitudinal, aserrado tardío de la junta	Reparar toda la losas afectadas mediante espesores de acuerdo a las condiciones de flujo y concretos con módulo de rotura considerables.
Pulimento de agregados	Cuando los agregados en la superficie se suavizan, el agarre del neumático se reduce considerablemente.	Este daño es causado por la aplicación repetida de cargas de tráfico. Falta de acabado superficial. Reuniendo aislamiento	Superficie ranurada. Sobrecarpeta
Daño del sello de la junta	Bajo cualquier condición, el suelo o la roca se acumularán en las juntas, o permitirán que se infiltren grandes cantidades de agua. La acumulación de materiales incompresibles evita que la tableta se hinche y puede causar grietas	Retirar el sellador. Sellador extruido. Crecimiento vegetal. Endurecimiento (oxidación) del material de relleno. Pérdida de adherencia al borde del tablero. ¿Hay falta de sellador en la junta?	Dependiendo de las condiciones del flujo, todas las losas afectadas se llenan de espesor y se aplica un módulo considerable de ruptura al concreto. Sellado conjunto
Parche	En esta área, la acera original ha sido demolida y reemplazada con nuevos materiales. Los cortes de servicios públicos son parches que han reemplazado la acera original y se pueden usar para instalar o mantener instalaciones subterráneas	Excavación para reparación de tuberías. Hundimiento de la base.	Reemplazo del parche mejorando la base en material y compactado
Popouts	Una pequeña acera que sale de la superficie de la acera.	Partículas blandas que se mezclan en la preparación de las losas y con el tiempo tiende a salir a flote desprendiéndose.	Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.

**B. Determinar los niveles de severidad del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura para catalogar un criterio general de reparación mediante el Índice de Condición del Pavimento**

Se realizó la evaluación del PCI, en los tramos seleccionado.

Para el PCI se usó ábacos para poder determinar el valor deducido y CDV (ver anexos)

**TRAMO 1**

Fallas:

1. Grietas lineales (longitudinales)
2. Pulido agregado
3. Descascaramiento de la junta
4. Parche grande
5. Popouts
6. Grietas de retracción

En la siguiente tabla se evaluará los tipos de falla y la cantidad de fallas encontradas en el tramo 1 siendo el área: 425.60m<sup>2</sup>

<b>Rango PCI</b>	<b>Intervención</b>
0 - 30	Construcción
31 - 70	Rehabilitación
71 - 100	Mantenimiento

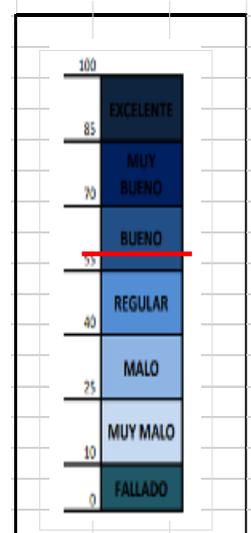
FICHA TÉCNICA						
TEMA:	EVALUACION DE PAVIMENTOS POR METODO PCI - CALLE JORGE CHAVEZ - SILLANA - PI					
FECHA	18/03/19					
DESCRIPCION	LA UNIDAD DE MUESTREO PROVIENE DE UN PAVIMENTO CON SUPERFICIE DE CONCRETO, CUYOS DETALLES DE UBICACIÓN, LOCALIZACION, N° DE MUESTRA, TAMAÑO Y POSIBLES TIPOS DE DAÑOS A ENCONTRAR SE PRESENTAN A CONTINUACION:					
EXPLORACION DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
ZONA	AA. III. STA TERESA	ABSCISA INICIAL	0+000	UNIDAD DE MUESTREO	GRAMO 1	
CODIGO DE VIA	STA TER	ABSCISA FINAL	0+060.8	AREA DE MUESTREO (m <sup>2</sup> )	425.6	
TIPOS DE DAÑOS POSIBLES						
1. BLOWUP - BUCKLING	10. PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 M2).					
2. GRIETA DE ESQUINA.	11. PULIMENTO DE AGREGADOS.					
3. LOSA DIVIDIDA.	12. POPOUTS.					
4. GRIETA DE DURABILIDAD "D".	13. BOMITEO.					
5. ESCALA.	14. PUNZONAMIENTO.					
6. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA	15. CRUCE DE VIA FÉRREA.					
7. DESNIVEL CARRIL / BERMA.	16. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELAIDO					
8. GRIETAS LINEALES (líneas longitudinales, transversales y diagonales).	17. GRIETAS DE RETRACCION					
9. PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M2) Y ACOMETIDAS DE	18. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.					
	19. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.					
RESULTADOS DE LA UNIDAD DE MUESTREO						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
9	MEDIO	33.106	33.106	8%	4	
11	UNICA	383.04	383.04	90.0%	10	
19	MEDIO	425.6	425.6	100%	25	
8	MEDIO	106.4	106.4	25%	19	
13	UNICA	87.552	87.552	21%	5	
17	BAJA	129.96	129.96	31%	3	
NUMERO DE DEDUCCIONES	$m = 1 + \left( \frac{9}{98} \right) \left[ 100 - HDV \right] \leq 10$			7.89	Diferencia fraccionaria	0.89

### Evaluación de valores deducidos

#	VALOR REDUCIDO						TOTAL	q	CDV
1	25	19	10	5	4	3	66	6	33
2	25	19	10	5	4	2	65	5	35
3	25	19	10	5	2	2	63	4	37
4	25	19	10	2	2	2	60	3	39
5	25	19	2	2	2	2	52	2	42
6	25	2	2	2	2	2	35	1	35

MAX CDV	42
PCI	58.0
RATING	BUENO

Se calcula el PCI=100-MAX CDV



## **TRAMO 2:**

Fallas:

1. Grietas lineales (transversales y longitudinales)
2. Pulimiento de agregados
3. Descascaramiento de la junta
4. Parche grande
5. Popouts

En la siguiente tabla se evaluará los tipos de falla y la cantidad de fallas en el **tramo 2** siendo el área: 374.40m<sup>2</sup>

<b>Rango PCI</b>	<b>Intervención</b>
0 - 30	Construcción
31 - 70	Rehabilitación
71 - 100	Mantenimiento

**FICHA TÉCNICA**

TEMA: EVALUACION DE PAVIMENTOS POR METODO PCI - CALLE JORGE CHAVEZ - SULLANA - PIURA

FECHA: 18/09/2019

DESCRIPCILA UNIDAD DE MUESTREO PROVIENE DE UN PAVIMENTO CON SUPERFICIE DE CONCRETO, CUYOS DETALLES DE UBICACIÓN, LOCALIZACIÓN, N° DE MUESTRA, TAMAÑO Y POSIBLES TIPOS DE DAÑOSA ENCONTRAR SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN:

**EXPLORACION DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO**

ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
AA.HH.STA TERESA	0+060.80	TRAMO 2
CODIGO DE VIA	ABSCISA FINAL	ÁREA DE MUESTREO (m2)
STA_TER	0+112.80	374.4

**TIPOS DE DAÑOS POSIBLES**

- |   |  |
|---|--|
| 1. BLOWUP - BUCKLING  | 10. PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 M2).           |
| 2. GRIETA DE ESQUINA.   | 11. PULIMENTO DE AGREGADOS.                      |
| 3. LOSA DIVIDIDA.   | 12. POPOUTS.                                     |
| 4. GRIETA DE DURABILIDAD "D".                                 | 13. BOMBEO.                                      |
| 5. ESCALA.  | 14. PUNZONAMIENTO.                               |
| 6. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.                                | 15. CRUCE DE VÍA FÉRREA                          |
| 7. DESNIVEL CARRIL / BERMA.                                   | 16. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO |
| 8. GRIETAS LINEALES (Grietas                                  | 17. GRIETAS DE                                   |
| RETRACCIÓN longitudinales, transversales y diagonales).       | 18.  |
| DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.                                  |  |
| 9. PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M2) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS | 19. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.                   |

**RESULTADOS DE LA UNIDAD DE MUESTREO**

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
9	MEDIO	123.2			123.2	33%	23
11	UNICA	251.2			251.2	67.1%	8.4
19	MEDIO	355.68			355.68	95%	25
12	UNICO	193.6			193.6	52%	10
8	MEDIO	57.6			57.6	15%	12

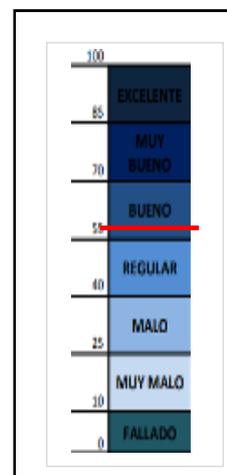
NUMERO DE DEDUCCIONES	$m = 1 + \left( \frac{9}{98} \right) (100 - HDV) \leq 10$	m	7.8	Diferencia	0.8
-----------------------	---	---	-----	------------	-----

Evaluación de valores deducido

#	VALOR REDUCIDO						TOTAL	q	CDV
1	25	23	12	10	8.4		78	5	43
2	25	23	12	10	2		72	4	42
3	25	23	12	2	2		64	3	41
4	25	23	2	2	2		54	2	43
5	25	2	2	2	2		33	1	33

MAX CD	43
PCI	57.0
RATING	BUENO

Se calcula el PCI=100-MAX CDV



### **TRAMO 3:**

Fallas:

1. Grietas lineales (transversales y longitudinales)
2. Pulimiento de agregados
3. Descascaramiento de la junta
4. Parche grande
5. Popouts
6. Escalonamiento

En la siguiente tabla se evaluará los tipos de falla y la cantidad de fallas encontradas en el **tramo 3** siendo el área encontradas área: 432.00 m<sup>2</sup>

<b>Rango PCI</b>	<b>Intervención</b>
0 - 30	Construcción
31 - 70	Rehabilitación
71 - 100	Mantenimiento

**FICHA TÉCNICA**

TEMA: EVALUACION DE PAVIMENTOS POR METODO PCI - CALLE JORGE CHAVEZ - SULLANA - PIURA

FECHA: 18/09/2019

DESCRIPCILA UNIDAD DE MUESTREO PROVIENE DE UN PAVIMENTO CON SUPERFICIE DE CONCRETO, CUYOS DETALLES DE UBICACIÓN, LOCALIZACIÓN, N° DE MUESTRA, TAMAÑO Y POSIBLES TIPOS DE DAÑOSA ENCONTRAR SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN:

**EXPLORACION DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO**

<b>ZONA</b> AA.HH.STA TERESA	<b>ABSCISA INICIAL</b> 0+112.80	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> TRAMO 3
<b>CODIGO DE VIA</b> STA_TER	<b>ABSCISA FINAL</b> 0+172.80	<b>ÁREA DE MUESTREO (m2)</b> 432

**TIPOS DE DAÑOS POSIBLES**

- |   |  |
|---|--|
| 1. BLOWUP - BUCKLING  | 10. PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 M2).           |
| 2. GRIETA DE ESQUINA.   | 11. PULIMENTO DE AGREGADOS.                      |
| 3. LOSA DIVIDIDA.   | 12. POPOUTS.                                     |
| 4. GRIETA DE DURABILIDAD "D".   | 13. BOMBEO.                                      |
| 5. ESCALA.  | 14. PUNZONAMIENTO.                               |
| 6. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.  | 15. CRUCE DE VÍA FÉRREA                          |
| 7. DESNIVEL CARRIL / BERMA.   | 16. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO |
| 8. GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales). | 17. GRIETAS DE RETRACCIÓN                        |
| 9. PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M2) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS             | 18. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.                 |
|   | 19. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.                   |

**RESULTADOS DE LA UNIDAD DE MUESTREO**

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
9	MEDIO	44			44	10%	5
11	UNICA	388			388	89.8%	10
19	MEDIO	410.4			410.4	95%	25
12	UNICO	330.4			330.4	76%	13.5
8	MEDIO	86.4			86.4	20%	14.4
5	ALTA	86.4			86.4	20%	29.7

NUMERO DE DEDUCCIONES

$$m = 1 + \left( \frac{9}{98} \right) (100 - HDV) \leq 10$$

m =

7.46

Diferencia fraccionaria

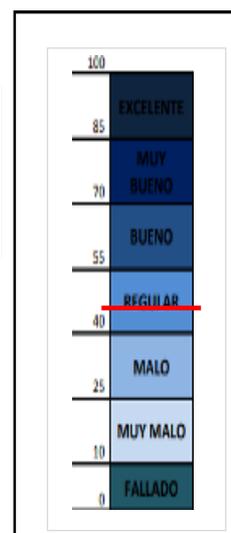
0.46

**Evaluación de valores deducido**

#	VALOR REDUCIDO							TOTAL	q	CDV
1	29.7	25	14.4	13.5	10	5		98	6	51.2
2	29.7	25	14.4	13.5	10	2		95	5	54.2
3	29.7	25	14.4	13.5	2	2		87	4	51.1
4	29.7	25	14.4	2	2	2		75	3	48.2
5	29.7	25	2	2	2	2		63	2	48.3
6	29.7	2	2	2	2	2		40	1	40

MAX CD	54.2
PCI	45.8
RATING	REGULAR

Se calcula el PCI=100-MAX CDV



- C. Respecto al objetivo específico N°3 La perforación y las pruebas de diamante se utilizan para caracterizar la estructura del pavimento rígido: el lecho del camino, los cimientos y la losa del camino seleccionado.

### Análisis granulométrico

En tabla Resumen, al efectuar la granulometría para determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño, se encontró que el **máximo tamaño** es de 3/4".

Hay menor porcentaje de finos de un 6.1%

Tenemos excelentes materiales, como el grado A-1-B fragmentos de roca, grava y arena.

Tabla N° 13  
Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)

MUESTRA : AFIRMADO

Estado: MO (M201)	177kg	EXPERIENCIA	2011
Proyecto: Bases de	147kg	EXPERIENCIA	1971
Proyecto: Vial por construir	98.4kg	EXPERIENCIA	19.00 a 19.40

Sieve (tamizado)		Porcentaje retenido (%)	Diferencia por sieve (g)	Porcentaje acumulada (%)	Porcentaje	Clasificación AASHTO
#2	75mm	0	0	0	0.00	Materiales granulares Excelentes tanto como para el lecho de 3/4" fragmentos de roca, grava y arena
#10	2.0mm	0	0	0	0.00	
#20	0.85mm	0	0	0	0.00	
#40	0.425mm	0	0	0	0.00	
#60	0.25mm	0.15	0.15	0.15	0.15	Material que se clasifica como (ver en la tabla con símbolo de color)
#100	0.15mm	0.15	0.15	0.15	0.15	
#200	0.075mm	6.1	6.1	6.1	6.1	Material que se clasifica como (ver en la tabla con símbolo de color)
#425	0.0425mm	6.1	6.1	6.1	6.1	
Total		100	100	100	100	

#4	4.75mm	99.85	0.15	99.85	99.85	Fosa (ver) #4 (g)	50.1
#10	2.0mm	99.85	0.15	99.85	99.85	Fosa (ver) #10 (g)	50.1
#20	0.85mm	99.70	0.30	99.70	99.70	Lech	1.81
#40	0.425mm	99.55	0.45	99.55	99.55	Lech	0.854
#60	0.25mm	99.40	0.60	99.40	99.40	Lech	0.120
#100	0.15mm	99.25	0.75	99.25	99.25	Lech	0.043
#200	0.075mm	93.9	6.1	93.9	93.9	Lech	0.043
Total		100	100	100	100		

Limite Líquido (LL)	0
Limite Plástico (LP)	0
Índice Plasticidad (IP)	0

Fuente: Investigación Propia



**Relación de soporte – CBR (ASTM d – 1883)**

El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D - 1557)		10
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )		2115
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		6.8
DENSIDAD SECA DE REFERENCIA (g/cm <sup>3</sup> )		212
DENSIDAD SECA DE LA CAPA (%)		95.9
	EN SEUDO PLAS	ESPECIFIC. 17%
APROXIMADA 1.2%	HUMEDAD DE PLASTICIDAD	

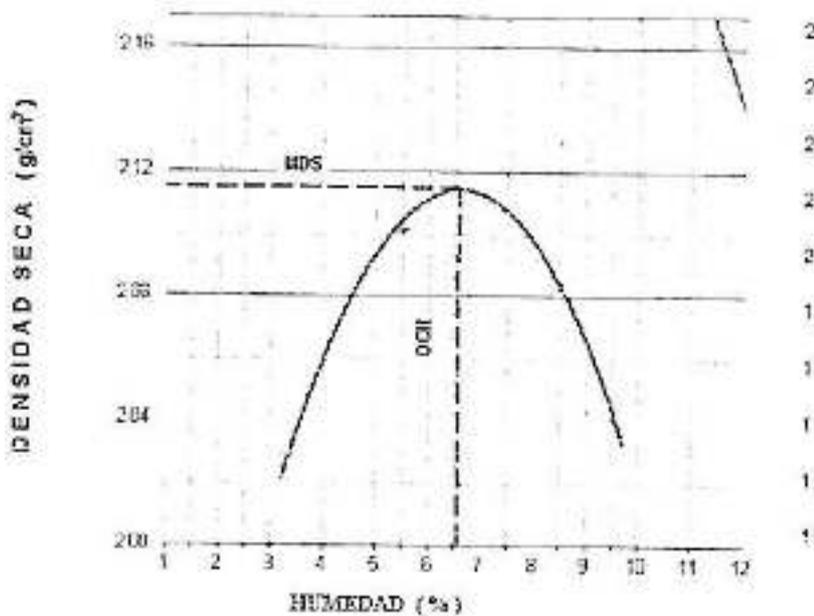


Figura N°40: Relación de Soporte – CBR (ASTM D – 1883)

Fuente: Investigación Propia

## Proctor modificado

Nos sirve para determinar la máxima densidad seca y obtener el óptimo contenido de humedad.

Tabla N° 14: Proctor modificado norma ASTM D- 1557/ MTC E 115

MUESTRA : M-1 AFIRMADO

METODO COMPACTACION	"C"	NÚMERO DE GOLPES		SE
MEMBRANA DE COMPACTACION ESTANDAR		27.7 kg/cm <sup>2</sup>		
01 - PESO SUELO HUMEDO + MOLDE (g)	7492.0	7683.0	7764.0	7721.0
02 - PESO DE MOLDE (g)	2680.0	2680.0	2680.0	2680.0
03 - PESO SUELO HUMEDO (g)	4812.0	5003.0	5125.0	5041.0
04 - VOLUMEN DE MOLDE (CM <sup>3</sup> )	2364.0	2364.0	2364.0	2364.0
05 - DENSIDAD SUELO HUMEDO (g/cm <sup>3</sup> )	2.123	2.123	2.123	2.123
06 - TABLÓN"	01	02	03	04
07 - PESO SUELO HUMEDO + TABLÓN (g)	546.0	578.0	628.0	577.0
08 - PESO SUELO SECO + TABLÓN (g)	546.0	546.0	578.0	529.2
09 - PESO DEL AGUA (g)	0.0	32.0	50.0	47.8
10 - PESO DEL TABLÓN (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
11 - PESO SUELO SECO (g)	546.0	546.0	578.0	529.2
12 - CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.7	9.5	7.3	9.2
13 - DENSIDAD DEL SUELO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	2.347	2.105	2.310	2.257

Contenido Optimo Humedad 6.6% /

Densidad Seca Máxima, 2.115g/cm<sup>3</sup>

Fuente: Investigación Propia

## Contenido de humedad

El contenido de humedad es la cantidad de agua que presenta el suelo en este caso la calicata – 2 presenta más humedad como se muestra en el gráfico.

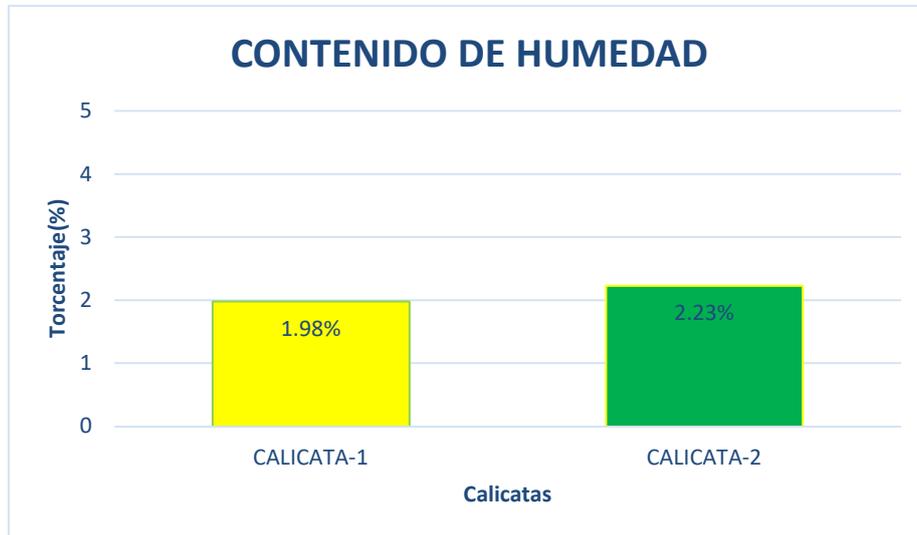


Figura N°41: Contenido de humedad de las calicatas.

Fuente: Investigación Propia

## Análisis granulométrico

Según los resultados en el laboratorio obtenemos que para las 02 calicatas es el mismo suelo según (AASHTO) A-1-b Grava y arena arcillosa o limosa y según "S.U.C.S." GP-GW Gravas mal y bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.

**Tabla N°15: Clasificación de suelos.**

<b>GRANULOMETRÍA-RESUMEN</b>		
<b>CANLICATAS</b>	<b>AAHSTO</b>	<b>(S.U.C.S.)</b>
CALICATA - 1	A-1-b. Piedra triturada y arcilla o limo.	GP-GW Gravas mal y bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
CALICATA - 2	A-1-b. Piedra triturada y arcilla o limo.	GP-GW Gravas mal y bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.

Fuente: Guías de Norma AASHTO

### **Límites de Atterberg o consistencia**

Se realizó el ensayo en el laboratorio de mecánica de suelos, con la copa de casa grande y obtuvimos como resultado 0.00 para las 02 calicatas como se muestra en la tabla. Es estos suelos no son plásticos.

**Tabla N°16: Límites de Atterberg del suelo**

<b>LIMITES ATTERBERG –RESUMEN</b>			
<b>CALICATAS</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>
<b>N° 1</b>	0.00	0.00	0.00
<b>N° 2</b>	0.00	0.00	0.00

Fuente: Investigación Propia

## RESUMEN DEL PROCTOR MODIFICADO

Lo que se muestra en el gráfico es una comparación entre el contenido óptimo de humedad de las calicatas.

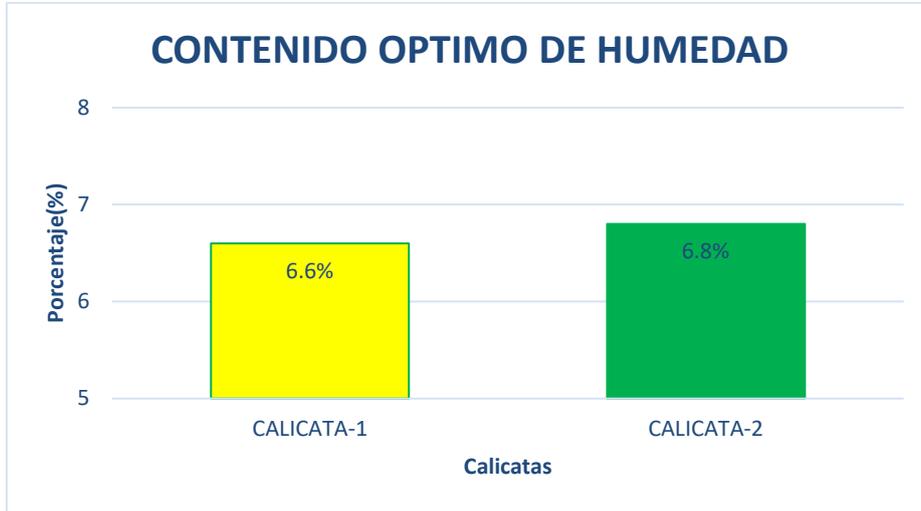


Figura N°42: Contenido de óptimo de humedad.

Fuente: Investigación Propia

## MAXIMA DENSIDAD SECA

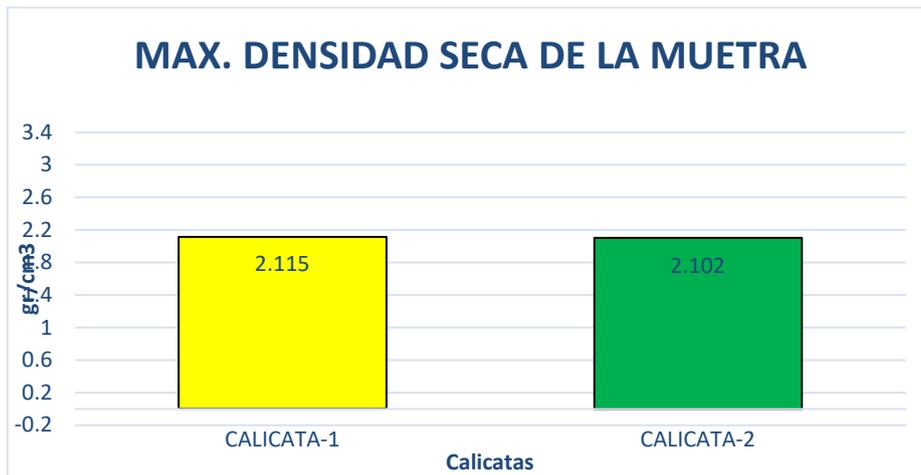
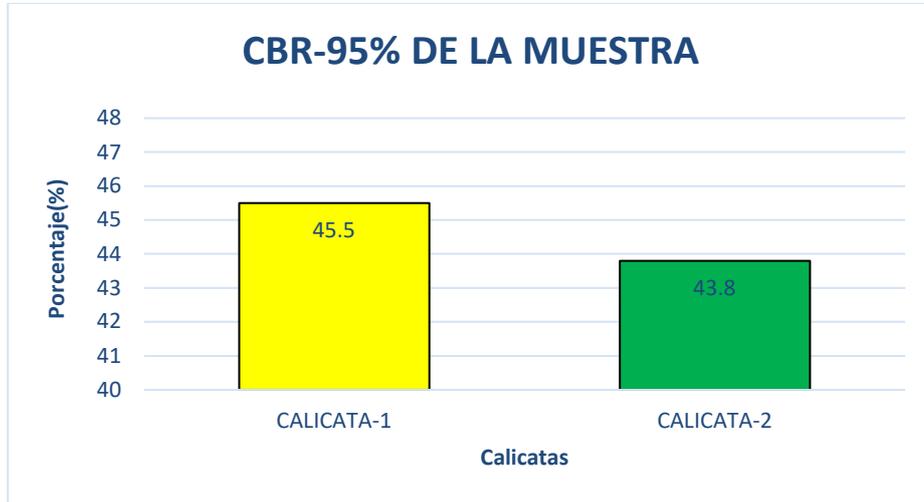


Figura N°43: Máxima densidad seca.

Fuente: Investigación Propia

## RESUMEN CBR

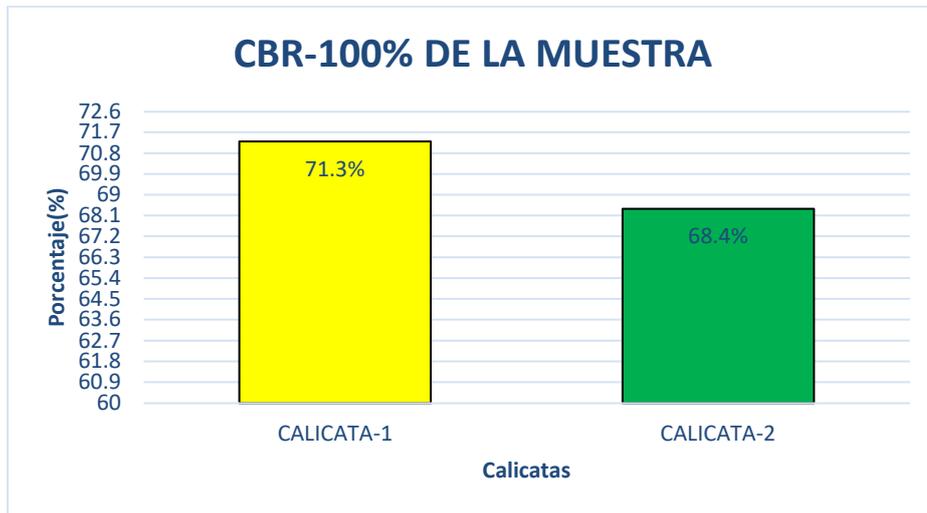
CBR al 95% de la Máxima densidad seca se muestra en el siguiente gráfico



**Figura N°44: CBR 95%.**

Fuente: Investigación Propia

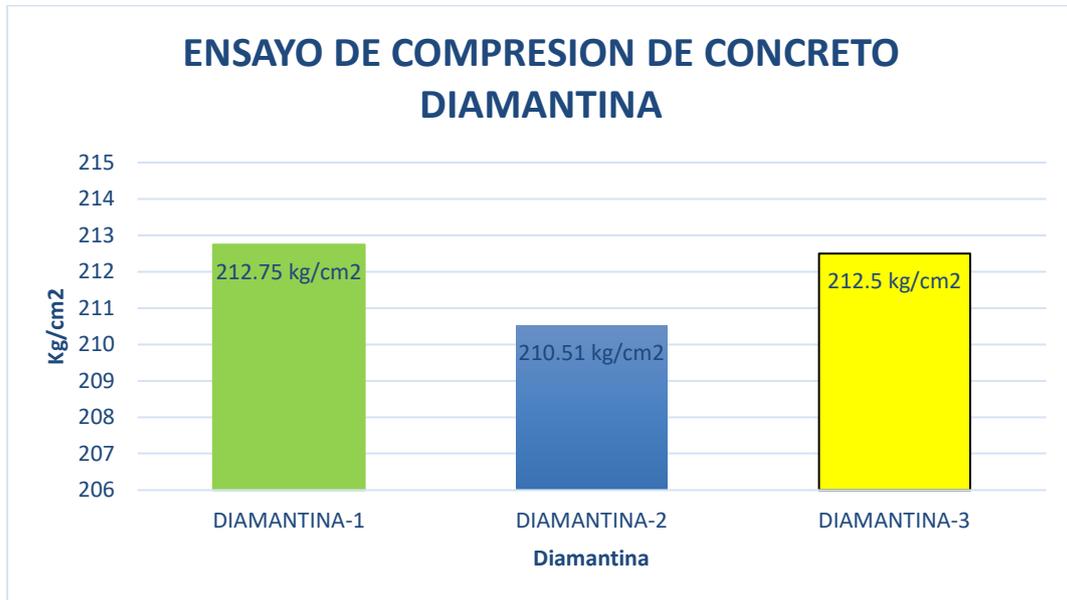
La siguiente figura muestra el CBR cuando la densidad seca máxima es del 100%



**Figura N°45: CBR 100%.**

Fuente: Investigación Propia

## ENSAYO DE COMPRESIÓN LOSA DE CONCRETO KG/CM2



**FIGURA N°46: Ensayos de diamantinas**

Fuente: Investigación Propia

### Prueba de diamantina

En esta tabla se resume los ensayos realizados en el pavimento rígido en estudio, en el cual se realizó la extracción de tres muestras de acuerdo con ASTM C42 M. a longitud de 10 cm y conocer la resistencia de este, siendo así los resultados de resistencia indicada  $F'C=202.90\text{kg/cm}^2$ , 210.54 y 212.75, con un tamaño máximo de piedra  $\frac{1}{2}$ ".

**Tabla N° 17: Ensayo de resistencia a la compresión de testigos extraídos con perforadora diamantina (ASTM C, AASHTO T – 22 NTP - 33,059 – 2011)**

MUESTRA : LOSA DE CONCRETO

N°	TESTIGO ELEMENTO	PESO (gr)	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA MAXIMA Kg	FACTOR	FC	OBSERVACION
								CORREC	Kg/cm <sup>2</sup>	
1	MUESTRA 1	297.50	7.00	5.08	2097	20.27	3850.00	1.120	212.75	Tam. Max. Piedra $\frac{1}{2}$ "
2	MUESTRA 2	258.50	6.20	5.08	2057	20.27	3810.00	1.120	210.54	Tam. Max. Piedra $\frac{1}{2}$ "
3	MUESTRA 3	272.50	6.00	5.08	2241	20.27	2980.00	1.380	202.90	Tam. Max. Piedra $\frac{1}{2}$ "

Fuente: Investigación Propia

**Observaciones:** la extracción de las muestras o testigos de concreto extraídos de la pavimentación rígida de la A, Jorge Chávez, distrito de Sullana fueron a longitud de 10 cm y las correcciones se tomaron según insto E – 704 numeral 6.2.

- D.** Respecto al objetivo específico: Proponer el mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura, se presenta como anexo la alternativa de solución al **estado actual del pavimento rígido que es Regular a malo (PCI) proponiendo una sobre capa de refuerzo AASHTO 1993 de 1.5" o 3.8 cm de espesor**

Tabla N°18: Relación de Soporte – CBR (NORMA ASTM D- 1883)

MATERIAL: M-1 AFIRMADO

<b>Características</b>						
Numero de Molde			1	2	3	
Numero de Capas			5	5	5	
Numero de Golpe			56	25	12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm			27.7	12.2	6.1	
<b>Densidad Seca [CBR]</b>						
01-Peso Suelo Húmedo + molde (g)			9,625.0	9,198.0	9,070.0	
02-Peso del Molde (g)			4,523.0	4,504.0	3,973.0	
03-Peso Suelo Húmedo (g)			5,102.0	4,694.0	5,097.0	
04-Volumen del MOLDE cm			2,263.000	2,180.000	2,512.000	
05-Densidad Suelo Húmedo (g/cm)			2.255	2.153	2.029	
06-Tarro N°			0.0	0.0	0.0	
07-Peso Suelo Húmedo-tarro (g)			577.3	704.0	633.0	
08-Peso Suelo Seco-tarro (g)			547.0	664.3	597.7	
09-Pesodel Agua (g)			30.3	39.7	35.3	
10-Peso del Tarro			88.6	65.4	64.7	
11-Peso Suelo Seco			458.4	598.9	533.0	
12-Contenido de Humedad (%)			6.6	6.6	6.6	
13-Densidad del Suelo Seco (g/cm)			2.115	2.019	1.903	
<b>Saturación</b>						
Embebido	Fecha	Hora	Lec.Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Día 01	7-Oct-18	5.00PM	0.02	0.01	0.01	
Día 02	8-Oct-18	5.00PM	0.03	0.03	0.04	
Día 03	9-Oct-18	5.00PM	0.05	0.05	0.06	
Día 04	10-Oct-18	5.00PM	0.05	0.05	0.06	
Expansión %			1.1	1.1	1.3	
<b>Absorción</b>						
Numero de Molde			1	2	3	
01-Peso Suelo Húmedo Antes (g)			5,102.0	4,694.0	5,097.0	
02-Peso Suelo Embebido + molde (g)			9,711.1	9,290.4	9,184.7	
03-Peso del Molde (g)			4,523.0	4,504.0	3,973.0	
04-Peso Suelo Embebido (g)			5,188.1	4,786.4	5,211.7	
05-Peso del Agua Absorbida (g)			86.1	92.4	114.7	
06-Peso del Suelo Seco (g)			4,785.7	4,402.2	4,780.4	
07-Absorción del Agua (%)			1.8	2.1	2.4	
<b>Penetración</b>						
<b>Factor Anillo:</b> Carga [kgf]= Lectura Dial* 4.2491345+27.92018						
Molde	1 (56 Golpe)		2 (25 golpes)		3 (12Golpes)	
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
0.53	19.0	108.7	8.0	61.9	5.0	49.2
1.3	68.0	316.9	27.0	142.6	13.0	83.2
1.9	138.0	614.3	54.0	257.4	23.0	125.7
2.5	189.0	913.01	70.0	325.36	34.0	172.39
3.2	276.0	1200.7	103.0	465.6	59.0	278.6
3.8	290.0	1260.2	166.0	733.3	77.0	355.1
5.08	389.0	1680.8	221.0	967.0	114.0	512.3
7.6	494.0	2127.0	309.0	1340.9	159.0	703.5
10.16	600.0	2577.4	340.0	1472.6	169.0	746.0
12.7	660.0	2832.3	390.0	1685.1	197.0	865.0
Carga (%)	831.01 kgf. [61.1 %]		325.36 kgf [23.9 %]		172.39 kgf [12.7 %]	

Fuente: Investigación Propia

**CAPITULO IV**

**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

## Análisis y Discusión

- Se aplicó un método de Índice de Condición del Pavimento para lograr el objetivo específico de determinar los tipos de patologías del pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura para cada tramo tal como lo aplicó Núñez R. (2015), en su artículo "Investigación sobre la destrucción del pavimento rígido en algunas calles de las comunidades de Laguito, Castillo Grande y Bocagrande en la zona de aguas subterráneas altas de Cartagena" De los tramos estudiados(3) se verifica que su estado es REGULAR y un tercer tramo su estado es MALO, a diferencia del autor antes citado este no presentó estado MALOS, por lo que su solución debe ser mucho más concreta y total, que permita mejorar la transitabilidad vehicular y se disminuyan riesgos de accidentes con el posterior perjuicio de los pobladores o transeúntes de la Calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura,

### Patologías encontradas en los Pavimentos:

- A lo largo de la Av. Jorge Chávez, presenta en su mayoría patologías como grietas longitudinales), daño de sello de junta, baches, pulimiento de agregados, Popouts. Predominando de estos el pulimiento de agregados en todos los tramos evaluados.
- Los niveles de severidad de estas fallas más comunes son elevados (H) o Medias (M) en ninguno de los casos las fallas son de baja incidencia (L), es decir la incidencia de la falla es bastante notoria y afecta un área considerable de la muestra tomada.
- Respecto a la caracterización de la estructura del pavimento rígido: subrasante, base y losa de las vías seleccionadas mediante el calicateo, como la calicata en la cuadra 03 se pudo evaluar mediante los ensayos más a fondo que el material granular (afirmado) está en buenas condiciones como **base de soporte**, Según el nivel permitido, determine los fragmentos de grava y arena.
- En la calicata se pudo evaluar que la subrasante es de tipo de grava mal graduada con limo y arena, su CBR es de 71.3% de (100% compactación de Proctor Modificado) por lo que tiene un comportamiento estructural adecuado.

- Siguiendo con la caracterización del pavimento rígido se extrajo probetas de concreto de 10 cm de largo aproximadamente con el ensayo de DIAMANTINAS, también se realizó la ESCLEROMETRÍA en la calicata 1, 2 y 3 el concreto de la losa del pavimento presento un rompimiento columnar y su resistencia a la compresión de estos concreto es mayor al  $f'c$  diseño por lo que el problema no está en la resistencia del concreto. Sino en el alto volumen de transito
- Respecto al objetivo de proponer una alternativa de solución, y considerando mis antecedentes de solución planteados como por ejemplo Mendieta D. (2016), en su trabajo de investigación ha diseñado una sobrecapa de refuerzo flexible sobre el pavimento rígido de la calle Jorge Chávez, distrito de Sullana, Piura, ya que este pavimento de concreto tiene diferentes fallas funcionales y no tanto estructurales. El diseño de la sobre capa se realiza considerando AASHTO 1993 en donde intervienen parámetros de diseño como el estudio de tráfico y conteo vehicular, periodo de diseño de 15 años y una tasa anual de crecimiento de 4% el IMD (índice Medio Diario) es de 581 vehículos en ambas direcciones. Morales, Mendieta o Loria también aplicaron como solución, las sobrecapa de refuerzo y coinciden en el espesor de entre 1.5” y 2”.

## Tablas comparativas

**Tabla N°19: Categoría de Subrasante**

<b>Categoría de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
S0 = Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1 = Subrasante Pobre	De CBR $\geq$ 3% A CBR < 6%
S2 = Subrasante Regular	De CBR $\geq$ 6% A CBR < 10%
S3 = Subrasante Buena	De CBR $\geq$ 10% A CBR < 20%
S4 = Subrasante Muy Buena	De CBR $\geq$ 20% A CBR < 30%
S5 = Subrasante Excelente	De CBR $\geq$ 30%

Fuente: Manual de carreteras, MTC. (2013). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

**Tabla N°20: Plasticidad de diversos Suelos arcillosos/limosos**

<b>Plasticidad de diversos Suelos arcillosos/limosos</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Suelo</b>	<b>IP</b>	<b>Grado de Plasticidad</b>
<b>I</b>	Arena o Limo	0 – 1	No Plástico
	• Traza de Arcilla	1 – 5	Ligera Plasticidad
	• Poca Arcilla	5 – 10	Baja Plasticidad
<b>II</b>	Franco Arcilloso	10 – 20	Mediana Plasticidad
<b>III</b>	Arcilloso Limoso	20 – 35	Alta Plasticidad
	Arcilla	>35	Muy Alta Plasticidad

Fuente: Manual de carreteras, MTC. (2013). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

**Tabla N°21: Clasificación y uso del suelo el valor CBR**

<b>CBR</b>	<b>Clasificación Cualitativa del Suelo</b>	<b>Uso</b>
2 – 5	Muy Mala	Sub-rasante
5 – 8	Mala	Sub-rasante
8 – 20	Regular – Buena	Sub-rasante
20 – 30	Excelente	Sub-rasante
30 – 60	Buena	Sub-base
60 – 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Manual de carreteras, MTC. (2013). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- ❖ En resumen, al evaluar partes seleccionadas de las aceras que se estudian en la calle Jorge Chávez, se puede determinar la condición actual de la superficie, lo que indica que las mediciones de fallas se pueden clasificar como criterios generales de restauración para mostrar opciones económicas basadas en la intensidad y el grado. Campo terapéutico.
- ❖ Se encontró en total 06 patologías estimadas por el manual PCI de severidad media: Pulimiento de agregados, Popouts, escalonamiento, Parches, Daño del sellado de Junta, Grietas longitudinales.
- ❖ AA. HH La Santa Vía Jorge Chávez de Santa Teresita tiene un índice de estado actual (PCI) de 53. Por lo tanto, la carretera tendrá una clasificación convencional; es necesario considerar reparaciones para aumentar el tiempo de operación antes de que ocurra un deterioro grave.
- ❖ En conclusión, los resultados del estudio de suelos en lo que respecta al pavimento, en la base y sub rasante tiene un mismo material, al realizar el ensayo de CBR para medir la resistencia del suelo al 100%, nos arroja como resultado promedio de 70% de CBR, esto nos indica que a nivel de sub rasante se tiene un material excelente, mientras como material de base se encuentra dentro de los parámetros de un material regular bueno, para lo que es base de un pavimento se necesita un buen material que alcance un CBR de 80% hasta 100%.
- ❖ La resistencia a la compresión del concreto de la losa del pavimento rígido, en 3 testigos extraídos con de diamantinas fueron de: 212.75, 210.54 y 212.50 kg/cm<sup>2</sup> por lo cual cumple con la resistencia requerida que es de 210kg/m<sup>2</sup>.
- ❖ La restauración de la acera rígida de la calle Jorge Chávez en el distrito de Sullana debe realizarse con una capa de cubierta reforzada con un espesor de 3,8 cm. (Anexo)

**CAPITULO VI**  
**RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES

- ❖ Es decir, que es necesario determinar en primer lugar las causas que produjeron el daño del pavimento para así poder realizar una reparación correcta, logrando así evitar una recurrencia.
- ❖ Se da como alternativa diseñar una sobrecapa de refuerzo flexible sobre un pavimento de concreto o asfáltico parcialmente destruido, garantizando el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado, obteniendo los mejores resultados económicos.
- ❖ Se recomienda cortar una capa de material contaminado a nivel de cota de Buzones, para luego ser reemplazado por un material granular tipo 1, graduación “B” de la especificación AASHO M 147 A fin de neutralizar asentamientos y la agresión de los suelos al concreto.
- ❖ Se recomienda aplicar un mantenimiento correcto en los tramos que existen grietas, baches, depresiones y un reemplazo de los parches deteriorados; para así evitar un mayor deterioro a futuro.
- ❖ Con respecto a las carreteras que se evalúan, es importante realizar una nueva evaluación dentro de los 6 a 12 meses para que las curvas de comportamiento de estas carreteras puedan ejecutarse después de un período de tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

*Aquí me gustaría agradecer a muchas personas y colegas por su ayuda en el proceso de investigación y escritura de este trabajo.*

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitir culminar mis estudios superiores y a mis padres que me han ayudado y apoyado en todo mi producto, a mi asesor Ing. Segundo Urrutia Vargas, que me brindó la oportunidad de alcanzar mi objetivo.*

*Y a todos los docentes por brindarme sus conocimientos y consejos durante mi desarrollo personal y profesional*

*Javier Lachira. A*

**CAPITULO VII**

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

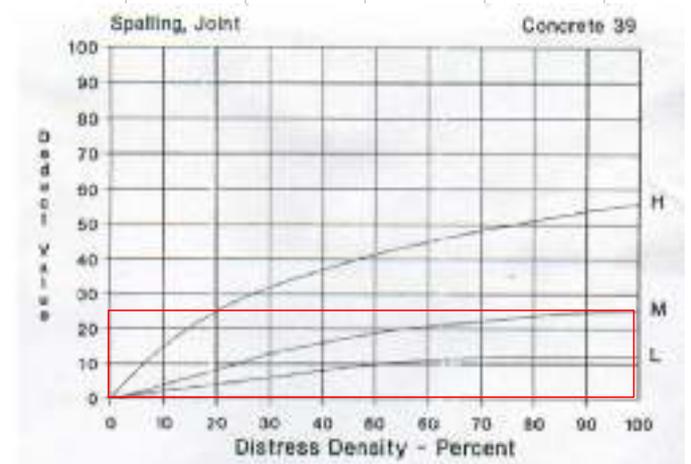
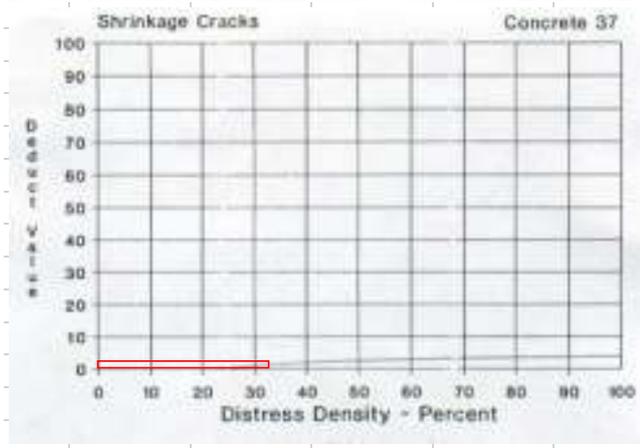
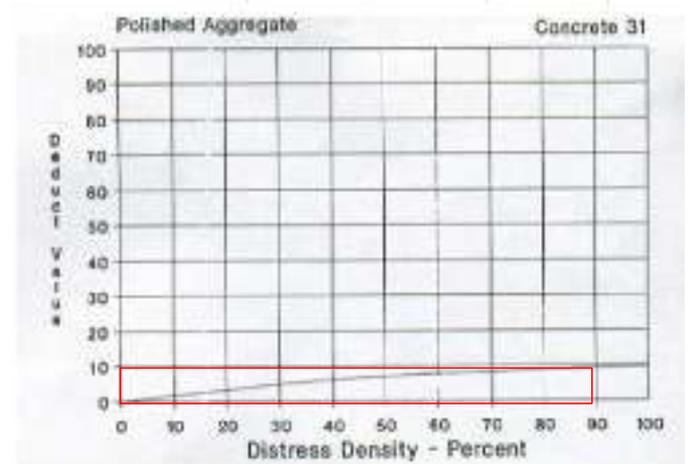
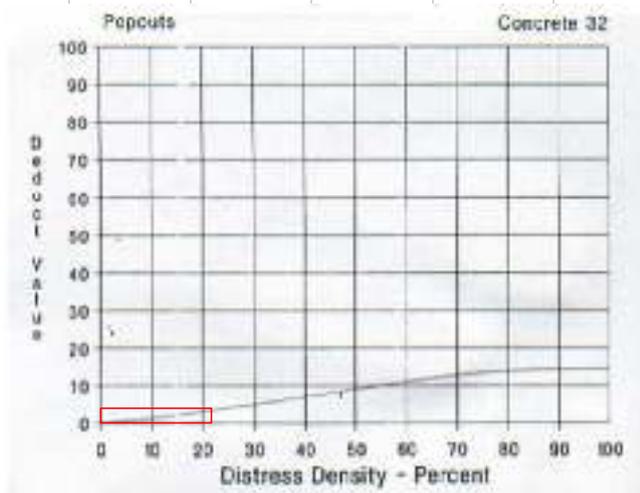
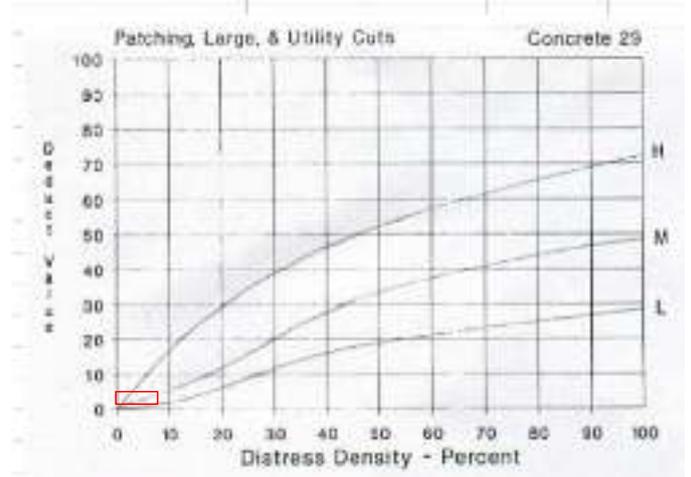
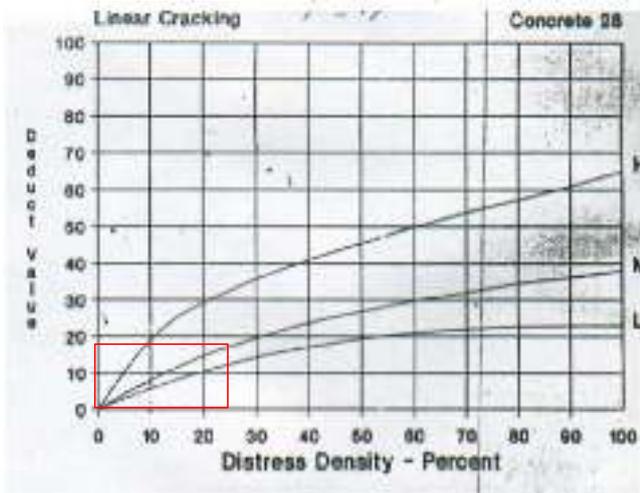
## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldana, S. (2004). Mantenimiento de carreteras con concreto. Recuperado:  
<http://refi.upnorte.edu.pe/handle/1153/7333>.
- Aashto, M. (1993). Guia para el diseño de estructuras de pavimentos.  
Recuperado: <http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/>
- Becerra, S. (2012). Topicos de pavimentos de concreto. Recuperado:  
<https://es.slideshare.net/castilloaroni/>
- Bermeo, R. (2003). Diseño de sobrecapas asfálticas de refuerzo en pavimentos usando el método del instituto del asfalto. Recuperado:  
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/198052>
- Llorach, V. (1992). Manual de diseño estructural de pavimentos.  
Recuperado: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/221225>.
- Hernández, S. (2016). Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la av. Fitzcarrald tramo carretera Pomalca.  
Recuperado: <http://www.trianglegironi.cat/images/im>
- Molenaar, A. (1996). Diseño de sobrecapas asfálticas para pavimentos con geogrietas. Recuperado: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspac>
- Sanchez, g. (2017). Evaluación del estado de pavimento de la Av. Ramón Castilla. Recuperado: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_doc](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_doc).
- Vásquez, V. (2002). Manual Pavement Condition index. Recuperado:  
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/190782>
- Vergara, V. (2015). Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible. Recuperado:  
<http://repositorio.ufpso.edu.co:8021/2365>

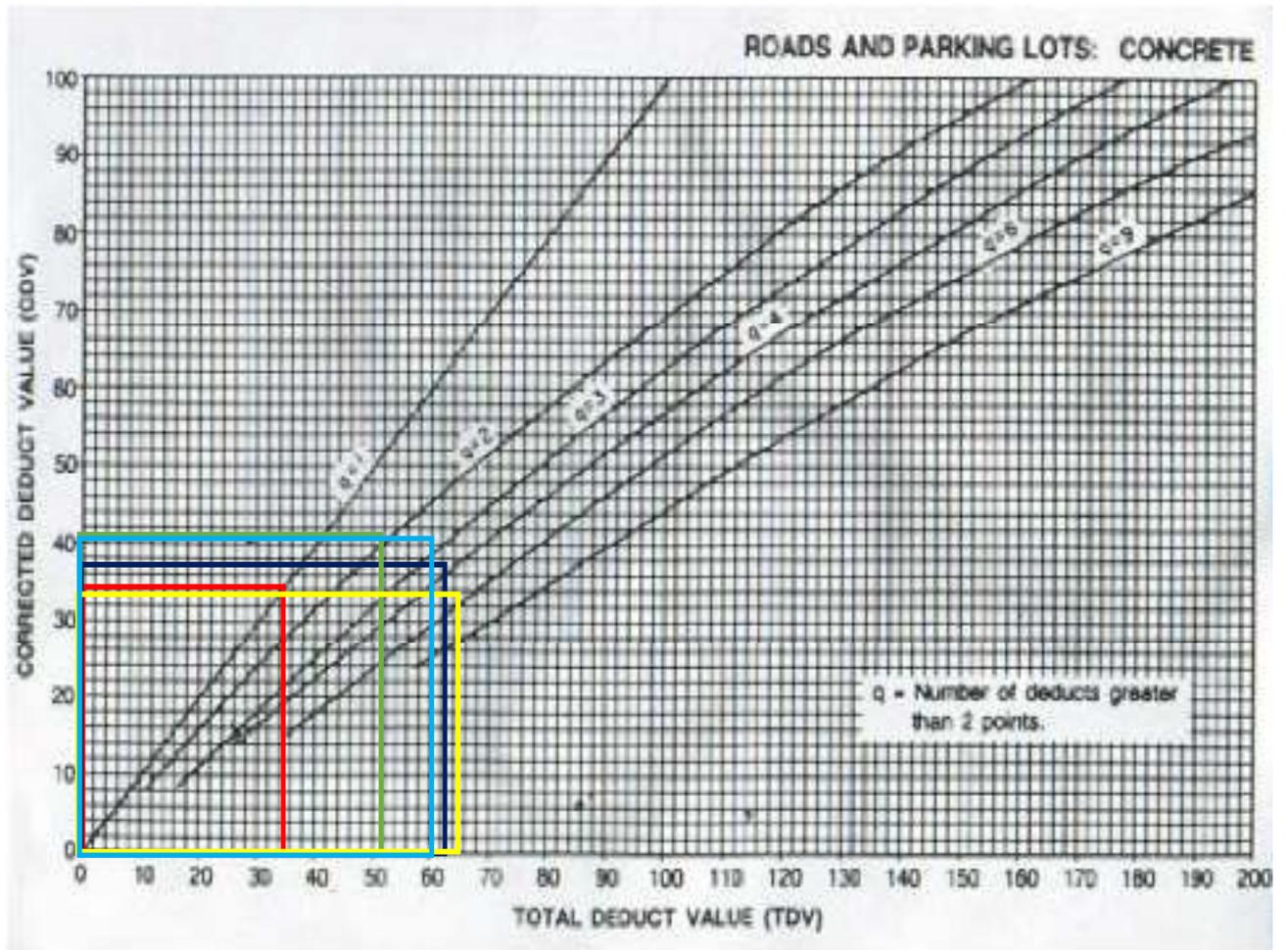
## **CAPITULO VIII**

# **ANEXOS**

## Abacos Método PCI



Valor deducido corregido - PCI



**PLAN DISEÑO DE UNA SOBRECAPA DE REFUERZO PARA  
MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA CALLE JORGE  
CHAVEZ – SULLANA - PIURA**

## DISEÑO DE LA SOBRECAPA DE REFUERZO

Para nuestro caso en particular hemos optado por utilizar el siguiente método:

### **METODO**

#### **Método de la AASHTO - 93, de los EEUU**

El diseño estructural de la sobrecapa flexibles para carreteras empleando el método AASHTO, requiere del uso de nomogramas y catálogos de diseño.

Se ha diseñado una hoja de cálculo en Excel para pavimento flexible.

## ESTUDIO DE TRÁFICO

### CONTEO VEHICULAR

Prom. : 1 hora

HORA INICIO: 12: 15pm

HORA TERMINO: 1:15pm

### **CALLE: JORGE CHAVEZ – SULLANA**

VEHICULOS	DIA							TOTAL Veh./semanal	VEH. PROM.
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO		
AUTOS	78	64	37	50	70	65	73	437	62
CAMIONETAS	48	45	25	33	54	38	45	288	41
COMBIS	30	25	12	18	25	12	13	135	19
CAMIONES 2 ejes (C2)	7	12	4	3	11	9	13	59	8
MOTOTAXIS	1322	1309	1128	1038	1350	1333	1340	8820	1260
MOTO LINEALES	164	156	121	110	174	149	163	1037	148
<b>TOTAL veh./hra./dia</b>	<b>1649</b>	<b>1611</b>	<b>1327</b>	<b>1252</b>	<b>1684</b>	<b>1606</b>	<b>1647</b>	<b>10776.00</b>	<b>1539</b>

conversión de mototaxis a autos	441	436	376	346	450	444	447
	33	31	24	22	35	30	33

**TABLA DE ESTUDIO DE TRAFICO CORREGUIDA CON CONVERSIÓN DE VEHICULOS**

VEHICULOS	DIA							TOTAL Veh./semanal	VEH. PROM.
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO		
AUTOS	551	532	437	418	555	539	552	3584	512
CAMIONETAS	48	45	25	33	54	38	45	288	41
COMBIS	30	25	12	18	25	12	13	135	19
CAMIONES 2 ejes (C2)	7	12	4	3	11	9	13	59	8
<b>TOTAL veh./hra./dia</b>	<b>636</b>	<b>614</b>	<b>478</b>	<b>472</b>	<b>645</b>	<b>598</b>	<b>623</b>	<b>4066</b>	<b>581</b>

**IMD. Vehiculos= 581**

PROMEDIO	AUTOS	CAMIONETAS	COMBIS	PESADOS
580.914	512.06	41.14	19.29	8.43
100%	88.15	7.08	3.32	1.45

**FC= 1.50**

PROMEDIO	AUTOS	CAMIONETAS	COMBIS	PESADOS
871.371	768.09	61.71	28.93	12.64
100%	88.15	7.08	3.32	1.45

**DISEÑO DE LA SOBRECAPA DE ASFALTO (METODO AASHTO)**

Tipo de Vía: Vía secundaria (AA.HH. SANTA TERESITA)

Ubicación: Sullana

Nº de Carriles: 2

Periodo de Diseño: 15

Tasa Anual de Crecimiento %: 4%

Transito:

De acuerdo al estudio realizado de transito se ha determinado un IMD

581 veh. en ambas direcciones.

Distribuidos en la siguiente forma:

<u>CUADRO N°02</u>	
AUTOS	512
CAMIONETAS	41
COMBIS	19
CAMIONES 2 ejes (C2)	8
<b>IMD</b>	<b>581</b>

Veh. en ambas direcciones

<u>CUADRO N°03</u>	
AUTOS	256
CAMIONETAS	21
COMBIS	10
C2	4
<b>IMD</b>	<b>291</b>

**RESOLUCION:**

**1.- Calculo del EAL de diseño:**

IMD	581	veh/dia
N° vehículos pesados	8	
N° de vehículos en el carril de diseño:		
Cuadro N° 02	100%	
Cuadro N° 03	50%	
Calculo=	291	

Distribuidos de la siguiente forma:

**CUADRO N°3**

AUTOS	256.03	256
CAMIONETAS	20.57	21
COMBIS	9.64	10
CAMIONES 2 ejes (C2)	4.21	4
		291

**Calculo del factor camión (TF):**

TIPO	Carga por eje delantero (Ton)	Carga por eje posterior(Ton)			Factor camion(TF)
		1	2	3	
AUTOS	7	7			
LEF	0.546	0.546			1.092
CAMIONETAS	7	7			
LEF	0.546	0.546			1.092
COMBIS	7	7			
LEF	0.546	0.546			1.092
CAMIONES 2 ejes (C2)	7	11			
LEF	0.546	3.150			3.697

**Calculo del factor de crecimiento (GF) del tránsito futuro:**

$$\text{Factor} = \frac{((1+r)^n - 1)}{r} \quad \text{donde } r = \text{tasa}/100$$

$$n = 15 \quad \text{años}$$

$$r = 4\%$$

$$GF = 20.02358764$$

**Calculo del EAL de diseño:**

TIPO	Veh/año	TF	GF	EAL
AUTOS	93440	1.092	20.02358764	2043767.075
CAMIONETAS	7665	1.092	20.02358764	167652.7679
COMBIS	3650	1.092	20.02358764	79834.65137
CAMIONES 2 ejes (C2)	1460	3.697	20.02358764	108068.6982

EAL 2399323.192

2.40E+06

EAL=	3 x 10 <sup>6</sup>
------	---------------------

**Calculo del módulo resiliente (Mr)**

Se ha considerado un CBR= 9%

$$Mr = 3000 \text{CBR}^{0.65}, \text{ para } 7.2\% < \text{CBR} < 20\%$$

Psi= libra-fuerza por pulg cuadrada=presión

$$M_r = 12513.50253 \text{ psi} \approx 1.25E+04 \text{ psi}$$

### Coeficiente de drenaje (mi)

De acuerdo a la información, la calidad del drenaje es bueno y los coeficientes de drenaje para la base y sub base es 1.15

Base granular:  $m_2 = 1.00$

Sub-base granular:  $m_3 = 1.25$

No se considera el posible efecto del drenaje en la capa de concreto asfáltico.

### Coeficiente de aporte estructural (ai)

Los coeficientes de aporte estructural:  $a_1, a_2$  y  $a_3$  están en función del tipo de material de cada capa:

Capa superficial de concreto asf.(capa estabilidad alta)  $a_1 = 0.44$

Capa de base  $a_2 = 0.20$

Capa de sub-base  $a_3 = 0.11$

### **CARTA DE DISEÑO DE la SOBRECAPA DE REFUERZO AASHTO 1993**

$$EAL = 3 \times 10^6$$

DATOS:  $R = 90\%$

$S_o = 0.44$

$M_r = 1.25E+04 \text{ psi}$  transformando a  $10^3$   $12.51 \times 10^3$

$\Delta PSI = 2.5$

Respuesta:  $SN = 3.35$

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

$D_1 = 1.48$  SOBRECAPA DE DISEÑO

### **RESOLVIENDO:**

$D_1 = ?$  pulg

$D_2 = 8$  pulg

$D_3 = 8$  pulg



## Trabajos de campo



**Extraccion de prueba de concreto (DIAMANTINA 1)**



**Extraccion de prueba de concreto (DIAMANTINA 2)**



**Extraccion de prueba de concreto (DIAMANTINA 3)**



**Muestra de suelo (Calicata)**

## Trabajos de gabinete



**Tamizado de la muestra**



**Ruptura de las muestras de concreto extraídas**



## CONTENIDO DE HUMEDAD



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

### CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D 2216)

**SOLICITA:** PAGO LA CUBIERTA ABASTECIMIENTO - TARRA BUCARONDE.  
**TESIS:** TITULACION DEL EDIFICIO VIVIENDA DEL PUEBLO INDIO DE LA CUELA EN LA PROVINCIA DE TARRA SU ISLA NEGRAS  
 PROFESOR COORDINADOR ALTA INGENIERIA DE SOLUCION CONSERVACION Y REPARACION  
**DIRECCIÓN:** SULLANA - SULLANA - PERU  
**MUESTRA:** ARENOSA  
**FECHA:** 20/06/2016

INSTRUMENTO	0-1		
Peso de tara - VH	205.00		
Peso de tara - VS	204.00		
Peso de tara	204.00		
Peso del agua	7.00		
W <sub>1</sub>	3.5%		
Coeficiente de humedad (w)	1.00		

**NOTA:** La muestra fue tomada y ensayada por el laboratorio de esta Universidad.


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jorge Mantónes Rojas  
 2016

## PROCTOR MODIFICADO



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

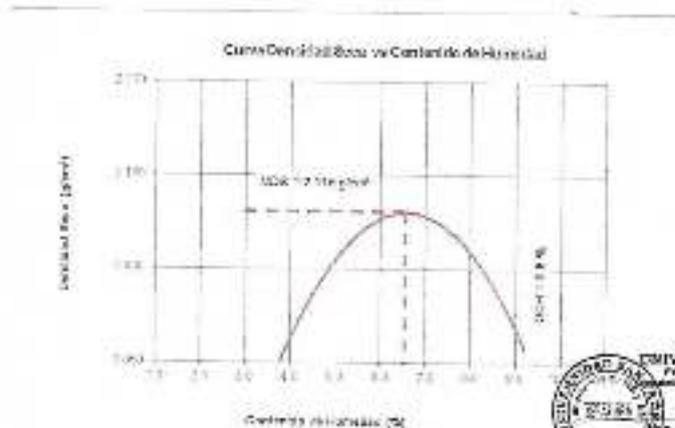
### PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D-1557/ MEC E-115

**SOLICITA:** REMPLAZO TEMPORALMENTE A VÍAS ALDEANOS  
**TIPO:** PAVIMENTACIÓN ESTACIONAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA CALLE JORGE CIVALES  
 PARA LA REHABILITACIÓN PROVISIONAL COMO ALTERNATIVA DE RECONSTRUCCIÓN DE ESPALDADO  
**MATERIAL:** M. 1 AFINADO  
**LUGAR:** BILCAMA - SULLANA - PERÚ  
**FECHA:** 16/03/19

Método de Compactación	W <sub>P</sub>	Número de Golpes		G <sub>max</sub>
Ejemplo de Compactación: Standard		25.7 kg/cm <sup>2</sup>		
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7447.0	7595.0	7793.0	7791.0
02 - Peso del Molde (g)	2899.0	2935.0	2970.0	2935.0
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4547.0	5023.0	5123.0	5126.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2294.0	2294.0	2294.0	2294.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.123	2.221	2.261	2.245
06 - Tarea W <sub>p</sub>	01	02	03	04
07 - Peso Suelo Húmedo + Tarea (g)	6982	570.0	600.0	677.0
08 - Peso Suelo Seco + Tarea (g)	6462	540.0	678.0	602.2
09 - Peso del agua (g)	520	30.0	42.0	57.8
10 - Peso del Suelo (g)	50	0.0	0.0	0.0
11 - Peso Suelo Seco (g)	6460	540.0	678.0	602.2
12 - Coeficiente de Humedad (w)	8.2	5.5	7.3	9.2
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.847	2.103	2.110	2.657

Contenido Óptimo Humedad **8.2 %** Densidad Saca Máxima **2.110 g/cm<sup>3</sup>**



## RELACION DE SOPORTE CBR



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

**RELACION DE SOPORTE - CBR  
NORMA ASTM D-1587**

**SOLICITA:** BARRERA LACRUZA ADEMARTE, UIVER, ALEXANDER  
**UBICACION DEL ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO RECIBIDO DE LA C.A. E.F. FONDOS GRANDES PARA SURTIR EL TAC DE PROYECTO COMO ALTERNATIVA DE SOLUCION INGENIERIA DE ESTUDIO:**  
**MATERIAL:** M-1 ARMADO  
**LUGAR:** SULLANA - SULLANA - PERU  
**FECHA:** 15/06/2018

Características						
Número de Muestras	1	2	3	4	5	6
Número de Capas	5	5	5	5	5	5
Número de Colas	30	30	30	30	30	30
Presión de compactación (kg/cm <sup>2</sup> )	37.7	12.2	37.7	37.7	37.7	37.7
Densidad Seca (20°C)						
01 - Peso seco húmedo + molde (kg)	9.623.0	8.188.0	9.273.0	9.273.0	9.273.0	9.273.0
02 - Peso del molde (kg)	4.753.0	4.554.0	4.753.0	4.753.0	4.753.0	4.753.0
03 - Peso seco húmedo (kg)	5.127.0	4.494.0	5.127.0	5.127.0	5.127.0	5.127.0
04 - Volumen de moldes (cm <sup>3</sup> )	2.282.000	2.180.000	2.282.000	2.282.000	2.282.000	2.282.000
05 - Densidad seca húmedo (kg/cm <sup>3</sup> )	2.246	2.059	2.246	2.246	2.246	2.246
06 - Llave (g)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
07 - Peso seco húmedo + Llave (kg)	377.2	374.0	377.2	377.2	377.2	377.2
08 - Peso húmedo seco + Llave (kg)	347.0	342.0	347.0	347.0	347.0	347.0
09 - Peso de agua (kg)	30.2	32.0	30.2	30.2	30.2	30.2
10 - Peso de la Llave (kg)	39.6	39.4	39.6	39.6	39.6	39.6
11 - Peso seco seco (kg)	338.4	302.6	338.4	338.4	338.4	338.4
12 - Coeficiente de humedad (%)	6.8	6.6	6.8	6.8	6.8	6.8
13 - Densidad de campo (kg/cm <sup>3</sup> )	2.115	2.040	2.115	2.115	2.115	2.115
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )						
Presión	Presión	Presión	Presión	Presión	Presión	Presión
01-01	7.00-10	0.075M	0.25	0.25	0.25	0.25
01-02	8.0-10-10	0.075M	0.25	0.25	0.25	0.25
01-03	9.0-10-10	0.075M	0.25	0.25	0.25	0.25
01-04	10.0-10-10	0.075M	0.25	0.25	0.25	0.25
Absorción (%)						
Absorción	1	2	3	4	5	6
01 - Peso seco húmedo + molde (kg)	5.123.0	4.784.0	5.027.0	5.027.0	5.027.0	5.027.0
02 - Peso seco embaldosado + molde (kg)	0.257.1	0.280.2	0.257.1	0.257.1	0.257.1	0.257.1
03 - Peso del molde (kg)	4.773.0	4.524.0	4.773.0	4.773.0	4.773.0	4.773.0
04 - Peso seco embaldosado (kg)	5.188.1	4.788.4	5.188.1	5.188.1	5.188.1	5.188.1
05 - Peso del molde + Llave (kg)	39.1	39.4	39.1	39.1	39.1	39.1
06 - Peso del molde seco (kg)	4.788.7	4.452.2	4.788.7	4.788.7	4.788.7	4.788.7
07 - Absorción de agua (%)	1.8	2.1	1.8	1.8	1.8	1.8
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )						
Factor de Impacto (kg/cm <sup>2</sup> ) = Llave (kg) / (Volumen (cm <sup>3</sup> ) * 1000)						
Módulo						
1.000 Golpes			2.125 Golpes		3.145 Golpes	
PM (mm)	Los. (kg)	Carpa (kg)	Los. (kg)	Carpa (kg)	Los. (kg)	Carpa (kg)
0.075	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.075	10.0	108.7	80.0	61.8	80.0	61.8
1.0	30.0	242.8	20.0	142.8	20.0	142.8
1.8	78.0	614.3	64.0	267.4	64.0	267.4
2.5	130.0	853.01	70.0	283.31	70.0	283.31
3.2	200.0	1222.7	100.0	448.0	100.0	448.0
3.8	280.0	1582.2	140.0	593.2	140.0	593.2
5.0	380.0	2193.8	200.0	814.0	200.0	814.0
7.5	500.0	2927.0	280.0	1040.9	280.0	1040.9
10.0	650.0	3827.4	360.0	1372.0	360.0	1372.0
15.0	900.0	5137.2	480.0	1851.1	480.0	1851.1
Carpa (kg)						
0.075	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	10.0	108.7	80.0	61.8	80.0	61.8
1.8	30.0	242.8	20.0	142.8	20.0	142.8
2.5	78.0	614.3	64.0	267.4	64.0	267.4
3.2	130.0	853.01	70.0	283.31	70.0	283.31
3.8	200.0	1222.7	100.0	448.0	100.0	448.0
5.0	280.0	1582.2	140.0	593.2	140.0	593.2
7.5	380.0	2193.8	200.0	814.0	200.0	814.0
10.0	500.0	2927.0	280.0	1040.9	280.0	1040.9
15.0	650.0	3827.4	360.0	1372.0	360.0	1372.0
Carpa (kg)						
0.075	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	10.0	108.7	80.0	61.8	80.0	61.8
1.8	30.0	242.8	20.0	142.8	20.0	142.8
2.5	78.0	614.3	64.0	267.4	64.0	267.4
3.2	130.0	853.01	70.0	283.31	70.0	283.31
3.8	200.0	1222.7	100.0	448.0	100.0	448.0
5.0	280.0	1582.2	140.0	593.2	140.0	593.2
7.5	380.0	2193.8	200.0	814.0	200.0	814.0
10.0	500.0	2927.0	280.0	1040.9	280.0	1040.9
15.0	650.0	3827.4	360.0	1372.0	360.0	1372.0



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)      Ciudad Universitaria    Urb. Los Pirras Mz. B-20    Chiclayo    C.A. 051570137  
[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)      Ciudad Universitaria    Urb. Los Pirras Mz. B-20    Chiclayo    C.A. 051570137



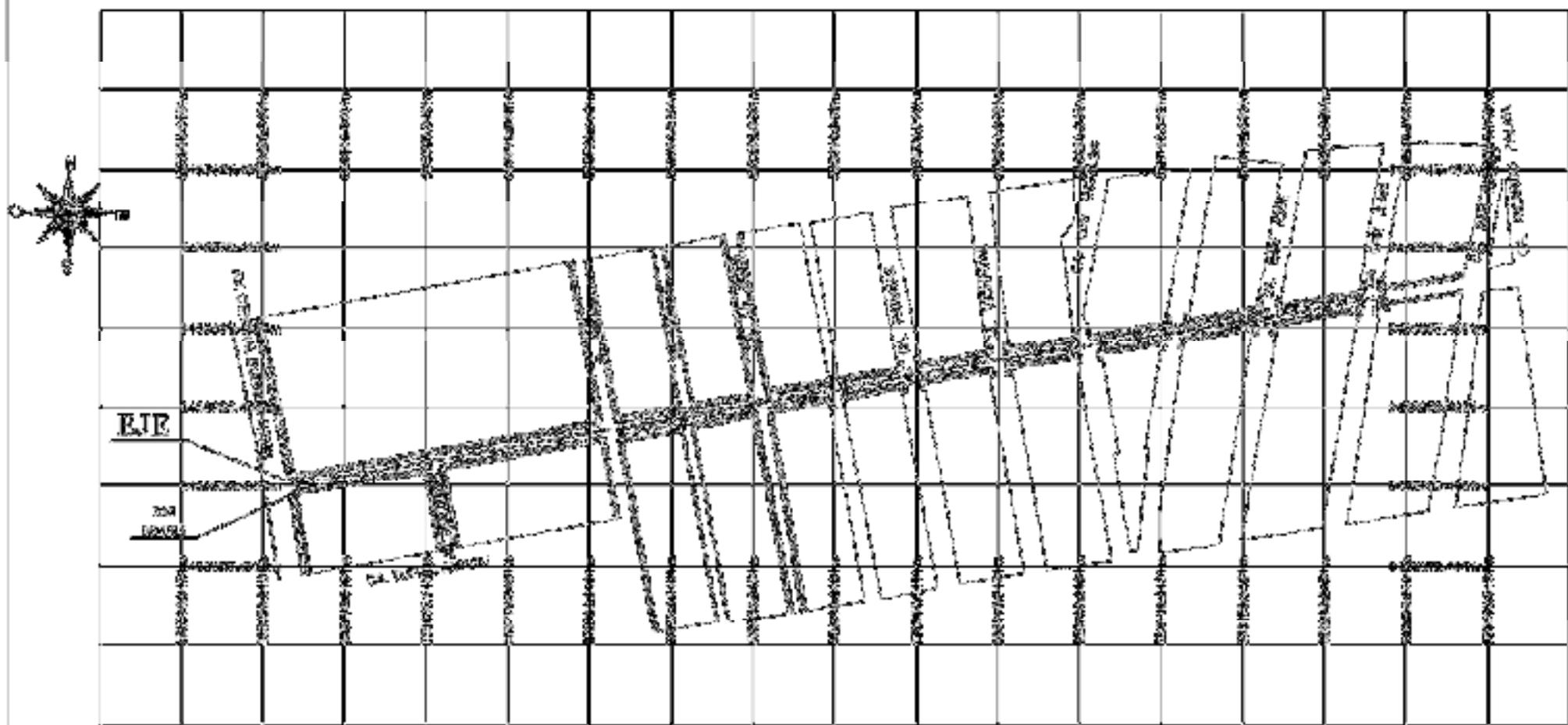


**Zona de estudio – Calle Jorge Chávez - Distrito de Sullana – Provincia de Sullana - Piura**

**Calicatas y Muestras de diamantinas**



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CALLE JORGE CHAVEZ - ALHEL JUAN  
VELASCO ALVARADO - SULLANA.



OBJETIVO: EVALUACION DEL DISEÑO ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE LA CALLE JORGE CHAVEZ PARA EL RANCHO ALDON PROSPERIDAD COMO ALTERNATIVA DE SOLUCION SOBRE CAPA DE REPLAZO

TITULO: PLANTA GENERAL

AUTORES: JAVIER ALEXANDER CALDERIN A.  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO