



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Diseño de Pavimento Rígido aplicando los métodos
AASHTO 93 y PCA, calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo-
Tumbes - 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Saldarriaga Sánchez, Jimmy Junior (ORCID: 0000-0002-6164-5406).

ASESOR:

DR. López Carranza, Atilio Rubén (ORCID: 0000-0002-3631-2001)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

El siguiente trabajo de investigación, se lo dedico a Dios, que siempre está guiándome con su poder, cuidándome a mí y mi madre Rosimary Sanchez Marchan, mi padre Jimmy Saldarriaga Cruz, mi hijo Jerico Jadiel Saldarriaga Castillo y al Bebé que viene en camino, mi esposa Melissa Paola Castillo Inga, mi Suegra Rosa Inga Macalupu, mi Suegro Jorge castillo Atoche, mi Hermana Rosemery Saldarriaga Sanchez , mi Hermano Favio Saldarriaga Sanchez y amigos que siempre nos hemos apoyado en este largo camino universitario para convertirnos en grandes profesionales y mi asesor Dr. Atilio Lopez sin él no hubiera culminado el proyecto de investigación con su docencia y paciencia.

Agradecimiento

No existen palabras para describir, las diferentes personas que estuvieron apoyándome siempre, sin embargo, las personas más importantes que estuvieron siempre, mi esposa Melissa con su paciencia y comprensión en este proceso, mis hijos que son mi motor y motivo para no dejarme caer en los momentos difíciles que pasé, mi madre y padre que con su crianza me hicieron un hombre de bien y siempre estuvieron ahí dándome aliento para cumplir mi meta, a mis suegros que también me dieron su apoyo cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. Introducción	1
II. Marco teórico	6
III. Metodología	40
3.1. Tipo y diseño de la investigación	40
3.2. Variables, operacionalización	40
3.2.1. Variable	40
3.3. Población, muestra y muestreo	41
3.4. Técnica e instrumento de la recolección de datos	42
3.5. Procedimiento	44
3.5.1. Ensayos de laboratorio.....	44
3.5.2. Estudio de trafico.....	44
3.5.3. Metodología AASHTO para el diseño del pavimento rígido.....	47
3.5.4. Metodología PCA para diseño de pavimento rígido	55
3.5.5. Juntas.....	70

3.5.6. Transferencia de carga.....	71
3.5.7. Costos del pavimento	71
3.6. Método de análisis de datos	74
3.7. Aspectos éticos.....	75
IV. Resultados.....	76
4.2.1. Proctor Modificado.....	77
4.3. Estudio De Trafico	80
4.3.1. Metodología para el trabajo de campo	80
4.3.2. Evaluacion de transito existente	80
4.3.3. Calculo de indice medio diario semanal	80
4.3.4. Cálculo del índice medio anual.....	82
4.3.5. Composición Vehicular	88
4.3.6. Tráfico vehicular diario	89
4.3.7. Proyección del transito	90
V. Discusión	96
VI. Conclusiones	99
VII. Recomendaciones	101
Referencias.....	102
Anexos	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos de la subbase no tratada	18
Tabla 2 Valores k de diseño para subbases tratadas con cemento	19
Tabla 3 Cargas por eje	20
Tabla 4 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple) Fuente: (Tiznado & Zavaleta , 2020).....	22
Tabla 5 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje tandem)	23
Tabla 6 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple).....	24
Tabla 7 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje tandem)	25
Tabla 8 Formato de verificación del espesor de tanteo	27
Tabla 9 Valores recomendados para la Confiabilidad (R), Desviación estándar normal (ZR) y Error Estándar Combinado (So)	30
Tabla 10 Parámetros de Serviciabilidad Según Ejes Equivalentes	31
Tabla 11 Valores de resistencia del concreto.....	32
Tabla 12 Transferencia de Carga.....	34
Tabla 13 Capacidad del drenaje.....	34
Tabla 14 Coeficiente del drenaje.....	35
Tabla 15 Estudio de tránsito vehicular IMDS.....	47
Tabla 16 Índice de serviciabilidad Inicial	47
Tabla 17 Índice de serviciabilidad Inicial	48
Tabla 18 Factor de distribución por dirección.....	48
Tabla 19 Número de carriles en ambas direcciones $D = 0.5$	48
Tabla 20 Factor de distribución por carril	48
Tabla 21 Código de eje cargado	49
Tabla 22 Confiabilidad.....	50
Tabla 23 Desviación estándar normal (ZR)	50
Tabla 24 Error estándar combinado (So)	51
Tabla 25 Drenaje.....	53
Tabla 26 Coeficiente de transmisión de carga	53
Tabla 27 Rotura de concreto.....	55
Tabla 28 Módulo de reacción	56

Tabla 29 Determinación del Módulo de Reacción(K) en función al CBR(%)	56
Tabla 30 Determinación del Módulo de Reacción de la Subbase Granular, en función del Módulo de Reacción de la Subrasante	57
Tabla 31 cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual)	58
Tabla 32 Calculo para el F. IMDA	58
Tabla 33 Ejes Equivalentes, ESALs	59
Tabla 34 Distribución de Cargas por Eje en Kips	60
<i>Tabla 35 Carga de Liviano Ligero</i>	61
Tabla 36 Carga por Eje Simple – Repeticiones Máximas Admisibles	67
Tabla 37 Carga por Eje Simple – Repeticiones Máximas Admisibles	67
Tabla 38 Resumen de Análisis de datos del Método PCA	69
Tabla 39 Metrados según método AASHTO.....	72
Tabla 40 Metrados según método PCA	72
Tabla 41 Análisis de costo unitario de Base Granular	73
Tabla 42 Análisis de costo unitario de Pasadores Lisos	73
Tabla 43 Análisis de costo unitario de Concreto $f'c=210$ kg/cm ²	74
Tabla 44 Clasificación de suelos	77
Tabla 45 Ensayo de compactación – Proctor Modificado (Calicata 1)	77
Tabla 46 Ensayo de compactación – Proctor Modificado (Calicata 2)	78
Tabla 47 Compactación CBR (Calicata 1).....	78
Tabla 48 Carga-Penetración del suelo natural (Calicata 1).....	79
Tabla 49 Compactación CBR (Calicata 2).....	79
Tabla 50 Carga-Penetración del suelo natural (Calicata 2).....	79
Tabla 51 Índice medio diario semanal – Calle Pedro Ruiz Gallo.....	81
Tabla 52 Índice medio diario semanal – Calle Los Diamantes	81
Tabla 53 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo	82
Tabla 54 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo.....	83
Tabla 55 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo.....	84

Tabla 56 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes.....	85
Tabla 57 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes.....	86
Tabla 58 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes.....	87
Tabla 59 Tráfico Vehicular diario -Calle Los Diamantes.....	89
Tabla 60 Tráfico Vehicular diario -Calle Pedro Ruiz Gallo	90
Tabla 61 Proyección de tráfico – Calle Los Diamantes	91
Tabla 62 Proyección de tráfico – Calle Pedro Ruiz Gallo.....	92
Tabla 63 Análisis Comparativo de costos de Pavimento entre método AASHTO y PCA	94
Tabla 64 Registro de calicatas.	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1 Clasificación vehicular (Tipos de vehículos) – Calle Los Diamantes	45
Gráficos 2 Clasificación Vehicular (Horas)- Calle Los Diamantes.....	45
Gráficos 3 Clasificación vehicular (Tipos de vehículos) – Calle Pedro Ruiz Gallo	46
Gráficos 4 Clasificación Vehicular (Horas)- Calle Pedro Ruiz Gallo	46
Gráfico 5 Composición vehicular - Calle Pedro Ruiz Gallo	88
Gráfico 6 Composición vehicular – Calle Los Diamantes	88
Gráficos 7 Comparación del presupuesto entre ambos métodos de diseño	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de cargas en pavimentos rígidos	11
Figura 2 Elementos de un pavimento rígido de juntas	12
Figura 3 Elementos.....	13
Figura 4 <i>Elementos de un pavimento rígido con juntas</i>	14
Figura 5 Esquema de concreto reforzado.....	15
Figura 6 <i>Pavimento reforzado</i>	16
Figura 7 Pavimentos de losas cortas	17
Figura 8 <i>Análisis por erosión- - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón)</i>	26
<i>Figura 9 Monograma de determinación del módulo de reacción compuesto</i>	33
Figura 10 Nomograma de AASHTO 93.	36
Figura 11 Junta de expansión Tipo 1	38
Figura 12 Junta de expansión Tipo 2.....	39
Figura 13 Ensayos De Laboratorio	44
Figura 14 ESAL para pavimento rígido METODO DEL AASTHO.....	49
Figura 15 Monograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante.....	52
Figura 16 Espesores del pavimento – Método AASTHO	55
Figura 17 Análisis de Fatiga y Erosión – Método PCA	68
Figura 18 Datos importantes para el Diseño de pavimento rígido - Método de la Portland Cement Association PCA 84	70
Figura 19 Numero de calicatas para exploración de suelos.	117
<i>Figura 20 conteo vehicular IMDS</i>	118
Figura 21 conteo vehicular IMDS.....	119
Figura 22 conteo vehicular IMDS.....	120
Figura 23 conteo vehicular IMDS.....	121
Figura 24 conteo vehicular IMDS.....	122
Figura 25 conteo vehicular IMDS.....	123
Figura 26 conteo vehicular IMDS.....	124
Figura 27 Toma de la excavación de la calicata Nro. 1	125

Figura 28 Toma de la excavación de la calicata Nro. 2	125
Figura 29 Se está realizando el ensayo de compactación para el ensayo de CBR...	126
Figura 30 Se culmino de realizar la compactación, para después ser sumergidas en agua las muestras para el ensayo de CBR.	126
Figura 31 Se puede observar como el tesista, realiza la prueba de CBR.....	127
Figura 32 Se realiza el tamizaje y tomar los datos para realizar los ensayos de limite líquido y limite plástico.	127
Figura 33 La muestra se procede a humedecer para realizar el ensayo de limite líquido	128
Figura 34 Las muestras del ensayo de limite líquido, se procede a transportarlos al horno.	128

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar la estructura del pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes – 2021. Para ello la metodología utilizada fue investigación de tipo aplicada con un diseño no experimental transeccional descriptivo. La población la conformo la infraestructura de las calles los Diamantes y Pedro Ruiz, por ende, la muestra poblacional que se ha tomado en cuenta en la presente investigación, es de 226.42ml. La técnica empleada en la investigación es la observación, la cual permitió conocer y evaluar la variable propuesta, como instrumento se logró utilizar la guía de observación, la cual está conformada por formatos de acuerdo a las normas. El resultado general fue significativo de acuerdo a la relación entre ambos diseños. Para el diseño de pavimento rígido con el método AASHTO se determinó una carpeta de rodadura de 16 cm y para el método PCA se determinó una carpeta de rodadura de 20 cm según los cálculos. Finalmente se elaboró el presupuesto referencial para ambos diseños. Siendo el 14.95% el valor diferencial referente a la relación que sostienen entre ambos diseños. En conclusión, Se determinó, la estructura del pavimento rígido empleando ambos métodos para posterior a ello ser comparados y evaluados. Considerando, que se utilizaron las mismas características para cada método. Siendo así, el método AASHTO, el método que obtuvo el diseño más significativo. Donde se notó más económico el primer diseño debido a su precisión en el cálculo de espesores

Palabras clave: Diseño, Pavimento Rígido, AASHTO 93, PCA

ABSTRACT

The general objective of this research work was to determine the structure of the rigid pavement applying the AASHTO 93 and PCA methods in Los Diamantes and Pedro Ruiz Gallo Street -Tumbes - 2021. For this, the methodology used was applied research with a descriptive non-experimental transectional design. The population was made up of the infrastructure of Los Diamantes and Pedro Ruiz streets, therefore, the population sample that has been taken into account in this research is 226.42ml. The technique used in the research is observation, which allowed to know and evaluate the proposed variable, as an instrument it was possible to use the observation guide, which is made up of formats according to the norms. The overall result was significant according to the relationship between both designs. For the rigid pavement design with the AASHTO method a 16 cm tread was determined and for the PCA method a 20 cm tread was determined according to the calculations. Finally, the referential budget for both designs was drawn up. Being 14.95%the differential value referring to the relationship between both designs. In conclusion, the structure of the rigid pavement was determined using both methods to later be compared and evaluated. Considering that the same characteristics were used for each method. Thus, the AASHTO method, the method that obtained the most significant design. Where the first design was found to be more economical due to its precision in the thickness calculation

Keywords: Design, Rigid Pavement, AASHTO 93, PCA

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la construcción se viene desarrollando en base a un factor muy importante a nivel mundial. Por este motivo, se busca recalcar su gran valor e importancia. Este rubro tiene una constante transformación debido a los múltiples avances tecnológicos y de modernización lo cual permite a cada nación una modernización de infraestructuras y a la vez un incremento de la economía.

En el pasar de los años la construcción ha logrado un crecimiento sostenible. Asimismo, el transporte ha logrado tener un desarrollo que le ha permitido seguir marcando diferencia en el crecimiento económico y social de una nación, mediante el cual se logra ejecutar anualmente en proyectos y megaproyectos con la finalidad de ver una ciudad más moderna.

Actualmente, el desarrollo que se viene dando en los países, está basado principalmente en la estructura de las vías de comunicación las cuales relacionan la economía, social y culturales con los pueblos. Agotándose cada año millones de dólares y horas en construcción, mantenimiento y rehabilitación de vías. Los costos de la materia prima aumentan y nuestra seguridad es puesta en riesgo por las condiciones inestables de los pavimentos. (Mallma, 2018)

El paquete estructural de pavimento no solo abarca el aspecto técnico, sino también el ámbito económico, siendo de gran importancia al desarrollar un proyecto. Para lo cual, los espesores de las capas se logran observar y a la vez se definen mediante el diseño de pavimentos, los cuales demuestran si son los más idóneos para el presupuesto. (Montejo, 2014)

Por ello, a raíz del pasar de los años se ha dado una constante evolución de las metodologías de diseño de acuerdo a los diversos estudios practicados en EE.UU. En 1952, se realizó la primera prueba de pistas, en el que, American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO), logró la construcción de pistas de prueba para pavimentos rígidos y flexibles. Obteniendo, un espesor en cada capa que comprende una estructura vial, siendo este, uno de

los objetivos empleados para diseñar un pavimento y obtener así el mínimo nivel de deterioro. (ICG, 2012).

La técnica de AASHTO 2002, tiene como objetivo fundamentar los resultados del programa LTPP, el cual permite establecer una profunda aceleración en la búsqueda de innovación de carreteras de América Latina, siendo de gran importancia en la elaboración de diseños de proyectos de gran envergadura. Sin embargo, se ha logrado conocer otro tipo de métodos relacionados al diseño de pavimentos, como el uso de la metodología PCA. (Figueroa, 2005)

En el Perú, durante el primer periodo semestral del 2021, MTC ha logrado cumplir un papel importante en la reactivación económica del país generando empleo. De tal manera se ha cumplido con la reducción de brechas en la infraestructura aeroportuaria, portuaria, terrestre y de conectividad digital. Cabe precisar que en el primer semestre se logró un nivel de ejecución de inversión del 92% superando la meta del gasto corriente del 106% del nivel de ejecución. (Castro, 2021)

Por ello, en el mes de junio en transporte y comunicaciones se logró ejecutar S/ 803.1 millones con una diferencia del 2% al mes de junio del 2019. Asimismo, el gasto corriente se conformó por obras de mantenimiento de vías concesionadas y vías no concesionadas. Los cuales son importantes porque contribuyen al fortalecimiento del transporte y el desarrollo socioeconómico en diferentes regiones del país. (Castro, 2021)

Asimismo, La normativa de la Ley de obras Públicas N° 30477 regula el proceso de ejecución de obras con la finalidad de aliviar el malestar del ciudadano como consecuencia de las pésimas condiciones de las infraestructuras de las áreas públicas Con la finalidad de favorecer al ciudadano y autorizadas por los municipios. (Congreso de la República del Perú, 2016)

Mientras tanto, los materiales de pavimentación deben cumplir con las normas reglamentadas, cumpliendo con cada una de las especificaciones técnicas de construcción vigentes, no obstante, cuando se requiera nuevas especificaciones que tengan concordancia con el proyecto, buscando ampliar, complementar o

reemplazar las especificaciones generales. Los encargados del proyecto deberán emitir un informe con las especificaciones importantes para el proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, [MTC], 2014)

De acuerdo a la elaboración del diseño del pavimento rígido por distintas metodologías se sabe que no se obtienen precisamente los mismos volúmenes. influyendo significativamente en el presupuesto de cada proyecto. Asimismo, se considera importante para el diseño del pavimento rígido, elaborar una comparación entre el método AASHTO y PCA. Dadas las metodologías se logra observar diferentes comportamientos de una estructura vial durante el periodo de utilidad, ya que existen diferentes variables y parámetros entre ambos métodos.

Por lo tanto, se logra evidenciar el uso de métodos que han sido aplicados en el diseño del pavimento rígido, Considerando el análisis de consumo obtenido en la fatiga y erosión de la capa de rodadura, por ello la fatiga a logrado ser la expresión de las fisuras provocadas por el transporte vehicular en la parte superficial de las losas, asimismo se da la erosión de estas debido al deterioro del concreto.

Ante la problemática referida, se intenta determinar el método más apropiado para desarrollar un diseño de pavimento. Por lo que se procedió a formular como problema general de investigación: ¿Cómo diseñar la estructura del pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021?

Planteando a la vez los siguientes problemas específicos: ¿Cómo influye la subrasante en la construcción del pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes – 2021?, ¿Cómo influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes – 2021? ¿Cómo se determina los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021 ¿Cómo se determinar el análisis del costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO- 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021

Se justifica teóricamente, porque permitirá aportar a nuevos conocimientos lo cual implica conocer el proceso de cada una de las metodologías AASHTO-93 y PCA propuestas en esta investigación. Por ello estas metodologías han demostrado el comportamiento que se da en la estructura de los pavimentos como consecuencia de los esfuerzos de las cargas las cuales se han dado por el transporte vehicular. Logrando un análisis de cada una de las fallas que se han generado en los pavimentos rígidos en su vida útil, por ello se han propuesto criterios que puedan demostrar el costo del pavimento rígido y su comportamiento estructural.

Asimismo, se trata de conocer cuál de las propuestas planteadas logra representar un diseño ideal para el pavimento rígido en la calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo, lo cual se espera lograr una adecuada infraestructura vial y a la vez una reducción de costos generados de acuerdo a su mantenimiento en su vida útil.

Por ello, se plantea el objetivo general, el cual nos permitirá dar respuesta a la problemática planteada: Determinar la estructura del pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo - Tumbes – 2021, Formulando como objetivos específicos: Determinar la subrasante en la construcción del pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes – 2021. Determinar de qué manera influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes – 2021. Determinar los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021. Determinar el análisis del costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO- 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021.

Asimismo, se expone la siguiente hipótesis general: H_1 : Existe una adecuada comparación de la estructura del pavimento rígido mediante el método AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo. Por ello, como hipótesis específicas: H_1 : Se realizó una adecuada representación de la subrasante en la construcción de pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo.

H₁: Se estableció la manera que influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo. **H₁**: Se Determinó los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo. **H₁**: Se determinó el costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo.

II. MARCO TEÓRICO

Continuando con el desarrollo del presente estudio, se ha considerado tomar en cuenta otros estudios de investigación con la finalidad de darle un mayor valor a la presente es por ello que ha tomado antecedentes internacionales; Cabrera y Urgiles, (2017) plantearon su investigación sobre un análisis al diseño de pavimentos basados en la metodología AASHTO y PCA. Informe para obtener el grado de ingeniero civil. Universidad de Cuenca. Formulando como objeto de estudio, investigar el desempeño del AASHTO y PCA. Con el propósito de realizar un análisis a los parámetros que influyen a cada uno de los métodos, dando con el espesor que optimice el diseño, a la vez permite entender los parámetros más importantes de cada uno de los métodos. Concluyendo que los parámetros del PCA y AASHTO en el diseño de pavimento rígido, logra optimizar los métodos, además evalúa la sensibilidad de los parámetros de entrada, por lo tanto, el proceso que desarrolla en el de PCA, donde los que influyen en el espesor que se da en la losa son los diseños de la subrasante (k) el periodo del diseño (n), el concreto (MR) y el espesor bases. Asimismo, en el método AASHTO propone la transferencia de carga (J) como parámetro más significativo, Coeficiente de drenaje, el periodo de diseño estructural (n) y confiabilidad.

Mora y Argüelles, (2015) propuso una investigación sobre el diseño de pavimento rígido, informe de tesis que le permitió obtener el grado de ingeniero en la Universidad de Colombia. Planteó como objeto de estudio Planteó el objetivo de determinar el paquete estructural adecuado en un pavimento de concreto hidráulico que garantice la resistencia de cargas de transporte vehicular de los carriles de la ciudad de Honda Tolima, por ello, este estudio es de tipo aplicado con un diseño descriptivo, concluyendo que el diseño que brinda el método AASHTO no es el adecuado para ser usado, esto debido a que la capa del espesor en base al método AASHTO es de 180 mm, por ello no se recomienda utilizarlo en el método PCA porque los parámetros de erosión y fatiga son mayores al 100%.

Ospina, (2018) realizó una investigación referente al diseño estructural del pavimento rígido. Tesis que permitió obtener el título de especialista en Diseño y Construcción del Pavimento, Universidad Cooperativa de Colombia. Teniendo como objeto de estudio crear un diseño de pavimento para algunas vías urbanas. La presente investigación usó una metodología aplicada con un diseño descriptivo. Concluyó que el PCA es un importante factor en la ejecución de los pavimentos, teniendo en cuenta el cumplimiento de las características de los automóviles que suelen transitar por la dicha vía, y del lugar donde se lograra ejecutar, asimismo se determinaron las dimensiones considerando los parámetros de la estructura.

Robles, (2018) realizó una investigación referente al diseño de pavimento en el segmento vial. informe de investigación que permitió obtener el título en la especialidad de ingeniería de pavimentos, Universidad de Granada. Planteó el objeto de estudio crear un diseño del pavimento rígido para el segmento vial. Concluye que en el método PCA la estructura del espesor es de 20 cm en la subbase y 18 cm en losa, Asimismo el método AASHTO logró un espesor de 5.08 cm de losa, cuando lo mínimo es de 15 cm permitido, el cual no cumple con lo solicitado. Asimismo, se ha demostrado que los pavimentos ubicados en dicha zona se encuentran en mal estado esto debido a un mal diseño de concreto utilizado.

Nova, (2017) realizó su investigación sobre una propuesta de rehabilitación del pavimento rígido. Informe de investigación que le permitió obtener el título de especialidad en ingeniería de pavimento, Universidad de Granada. Formuló como objeto de estudio establecer alternativas de rehabilitación considerando los parámetros y variables que influyen en la estructura del pavimento rígido. El cual permitió reducir los obstáculos de transitabilidad que aquejan a diario a la ciudadanía y así lograr la recuperación de las vías públicas dañadas.

Asimismo, se toman a antecedentes nacionales como: Tiznado y Zavaleta, (2020) realizó una investigación referente al pavimento rígido usando el método AASHTO 93 y PCA, informe de investigación para obtener el grado de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo. Tiene como objeto de estudio: Efectuar el análisis comparativo en la estructura de los pavimentos rígidos basado en el método de AASHTO y PCA. Estableciendo una metodología de tipo aplicada, de diseño no

experimental con un nivel descriptivo. Concluyendo que se realizó un estudio de transporte vehicular teniendo un conteo semanal de 2402 vehículos donde el 79.60% pertenecen a vehículos livianos y 20.40% en vehículos pesados. Por ello el análisis de suelo se determinó mediante ensayos, teniendo como resultado de las muestras el CBR de C-01 es igual a 30.7%, CBR de C-02 es igual 42.3% y el CBR de C-03 siendo igual a 29.0%, Se logro observar que la carretera ha sido construida por una buena subrasante. Logrando los espesores de losa en el método AASHTO y PCA, los cuales son de 17 y 20 cm, aplicando una base granular de 15 cm para ambos métodos. Se obtuvo mayor espesor en el diseño brindado por la metodología PCA.

Vílchez, (2020) propuso una investigación referente al pavimento rígido flexible. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil, Universidad Peruana de los Andes. Se formuló como objeto de estudio análisis comparativo del costo del pavimento rígido y flexible. Su método de estudio fue analítico - sintético, descriptivo y no experimental. Considerando la Vía PE 5S como población, obteniendo una muestra de un tramo del óvalo, cuya muestra de estudio fue probabilística. Concluyendo. Se logró concluir que el análisis del pavimento flexible es más económico en 25.02% a la vez el pavimento rígido es 42.68%. Por ello el método AASHTO 93 de pavimentos rígidos el número de ejes es equivalente a (W18).

Chávez, (2018) logró una comparación entre pavimento rígido y el flexible, Tesis de grado de Ingeniero civil, Universidad César Vallejo. Tiene como objeto de estudio realizar un análisis para lograr una técnica alternativa y económica entre un pavimento rígido y flexible, Por lo tanto, la investigación tiene una metodología de tipo aplicada con un diseño descriptivo, concluyendo que el costo para la construcción de un pavimento flexible ante un pavimento rígido es mucho menor, demostrando los costos de S/. 490,210.34 y S/. 1,913,036.95 respectivamente.

Vega, (2018) realizó su investigación sobre el diseño de pavimentos, Informe de grado de ingeniería civil, Universidad Católica del Perú. Tiene como objeto de estudio determinar un diseño de pavimento por el método AASHTO y PCA, concluyó que se debe realizar el diseño de pavimento, además se logró demostrar que el espesor de base es de 15 cm para ambos métodos. Por lo tanto el método AASHTO obtiene 4 cm menos de capa de rodadura a diferencia del PCA; por ello se logró elegir al más económico y óptimo el cual fue el método AASHTO, el cual logra demostrar que tiene un espesor de 90 cm, siendo la subbase de 55 cm la base de 25 cm y la carpeta de rodadura de 4 plg, lo cual presentó alternativas de un menor costo inicial con S/. 1, 203,703 ante un pavimento rígido con un costo que asciende a S/. 1, 261,528. El pavimento rígido tiene un presupuesto mayor al 4.8% con respecto al pavimento flexible.

Calla, (2015) realizó una investigación referente a la Pavimentación, el cual le permitirá obtener el grado de Ingeniero civil, Universidad Nacional del Altiplano. En el desarrollo de su investigación se formuló como objeto de estudio elaborar un estudio de pavimentación con la finalidad de mejorar las condiciones del tránsito peatonal y vehicular. teniendo una metodología aplicada descriptiva. concluyendo que los ejes equivalentes de 0.27×106 a través de la metodología PCA el pavimento tiene una estructura de espesor total 40 cm. Siendo de 20 cm la base granular y a la misma vez la capa de rodadura.

Para lograr el desarrollo de la investigación se han tomado en cuenta teorías que respaldan la presente. La teoría del asfalto de Welborn, la cual se enfocó en el envejecimiento del asfalto durante un corto y largo tiempo, esta teoría empleada se basó en los calentamientos dados en los asfaltos como consecuencia del tiempo y las altas temperaturas. Logrando detectar grandes cambios en el grado del endurecimiento dado por los valores de las propiedades empíricas de la penetración y ductilidad de los asfaltos. (Welborn, 1979, como se cito en Vargas & Reyes, 2010)

Asimismo, (Gil, s.f. cómo se citó en Díaz Bravo, 2019) menciona a la teoría de la elasticidad la cual consiste en realizar el análisis y un estudio más profundo de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de todos aquellos materiales que suelen ser utilizados en las capas asfálticas. Logrando demostrar de que si los materiales suelen ser sometidos a una tracción su longitud va a lograr aumentar eventualmente, además si su fuerza es grande esta puede ocasionar que los materiales sufran daños como el romperse.

El pavimento, se compone por capas intercaladas, las cuales se diseñan y se elaboran técnicamente mediante los insumos seleccionados los cuales serán comprimidos. La estructura se apoya en la subrasante, la cual se da por el resultado del movimiento de tierras. El cual es creado con la intención de resistir las reiteradas cargas que son provocadas por el transporte público. (Montejo, 2002)

Por ello, en la construcción como segunda capa se conoce a la base, siendo esta la que resiste la carpeta, por ello tiene como finalidad lograr transmitir a la subbase el peso de las cargas producidas por el transporte. Por ello, la capa será de base granular la cual debe cumplir con un CBR \geq 80%. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2014)

Asimismo, la Subbase es la primera capa que se realiza al construir una estructura de pavimento, dicha capa es la que sostiene a la base y al estrato de rodadura, de igual manera su función principal es transportar las cargas de tránsito hacia la subrasante. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2014)

Según, Briceño González et al. (2019) los pavimentos rígidos son estructuras compuestas por las losas de concreto, puestas sobre una base o subbase, ubicándose sobre la subrasante, por ello primordialmente todo esfuerzo es absorbido por dichas losas, transmitiendo de una manera uniforme el esfuerzo a las capas inferiores.

Por ello unos de los problemas a los que se enfrentan constantemente los pavimentos rígidos, es la constante repetitiva exceso de cargas de transporte, que logra ocasionar la desintegración y fracturamiento dada la existencia de grietas transversales y longitudinales. Asimismo se presentan fallas conocidas como la piel

de cocodrilo, lo cual considera necesario establecer un diseño apropiado para evitar o minimizar estas condiciones. (González et al. 2019)

Asimismo, los pavimentos al ser construidos tienen el propósito de resistir las constantes cargas dinámicas y estáticas, por ende se debe dar un espesor suficiente para evitar las fallas. Por ello los pavimentos deben cumplir con cada una de las características exigidas de acuerdo al uso que tendrán. Los pavimentos para las carreteras que están diseñados para cargas pesadas y los pavimentos industriales diseñados para montacargas, cargas distribuidas y cargas puntuales. (Muñoz, 2019)

Asimismo, las principales ventajas de los pavimentos rígidos son la resistencia y durabilidad. Los cuales están diseñados para una durabilidad no menor de 30 años. A la vez recibir intervenciones mínimas de mantenimiento. Ocurriendo por la manera como se distribuye la carga y los pesos por todo el terreno (Carvalho, et al.,2019, p.2).

Por lo tanto. El costo que se genera a raíz de la construcción de las vías radica en el gasto del proyecto, obtención, extracción de los materiales, equipos de construcción, mantenimiento, rehabilitación y operaciones durante toda la vida útil del diseño del pavimento. (Carvalho, et al.,2019, p.2).

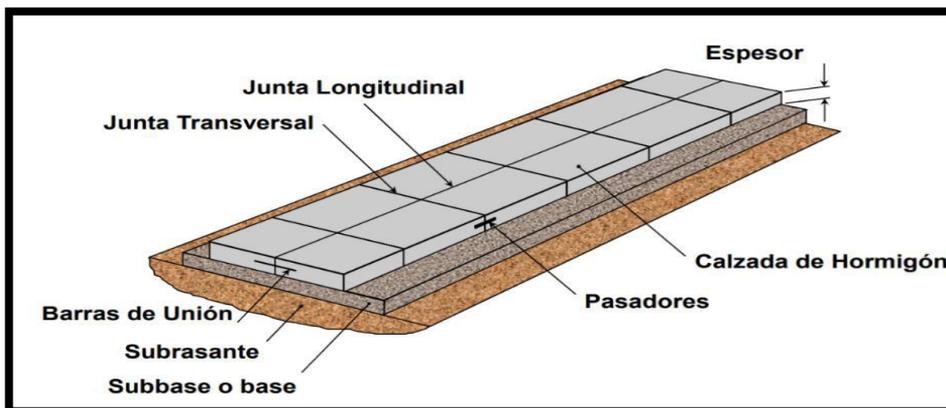
Figura 1 Distribución de cargas en pavimentos rígidos



Nota: Las losas de concreto son de vital importancia para el pavimento rígido, esto se da por la rigidez del pavimento. Asimismo, son quienes absorben el aumento de esfuerzos que son como resultado del tránsito. Siendo la subbase formada por un

material granular con un soporte de capacidad inferior a la que se pretende por la base. (Universidad Mayor De San Simón, 2004)

Figura 2 Elementos de un pavimento rígido de juntas

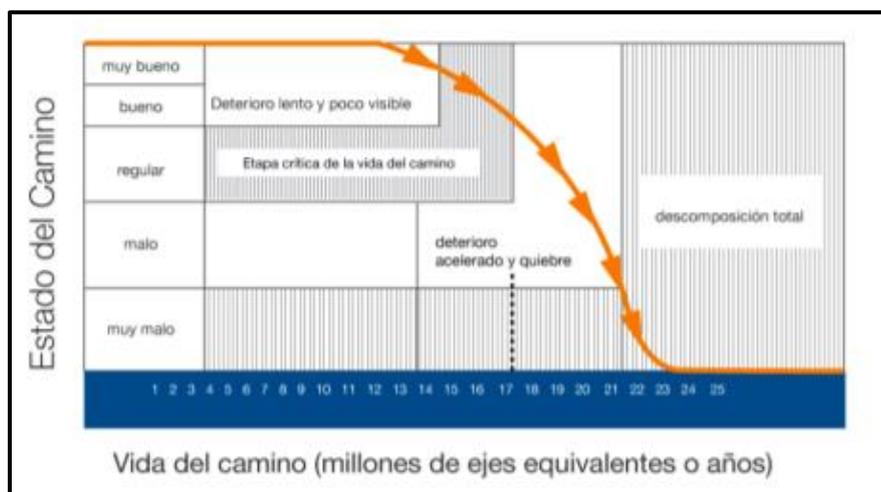


Fuente: American Concrete Pavement Association (ACPA)

Los pavimentos, son estructurados, transformados y conservados con el objetivo de alcanzar comportamientos funcionales y estructurales en su existencia; Por ello el comportamiento funcional tiene características que atentan a la carpeta de rodadura. Además, se relaciona con la comodidad y seguridad del usuario. Asimismo, el comportamiento estructural se relaciona con integridad estructural del pavimento, teniendo una estructura que soporta acciones combinadas del transporte y el medio ambiente. (Becerra, 2012)

Por lo tanto, las construcciones adecuadas de los pavimentos tienen un factor de impactación enorme de durabilidad. Por ellos estos empiezan bien, lo cual a medida que va pasando el tiempo y la transcurrida circulación del transporte genera el deterioro. El clima también es otro factor que influye en su deterioro. El cual recientemente ha sido considerado en las metodologías del diseño. (Becerra, 2012)

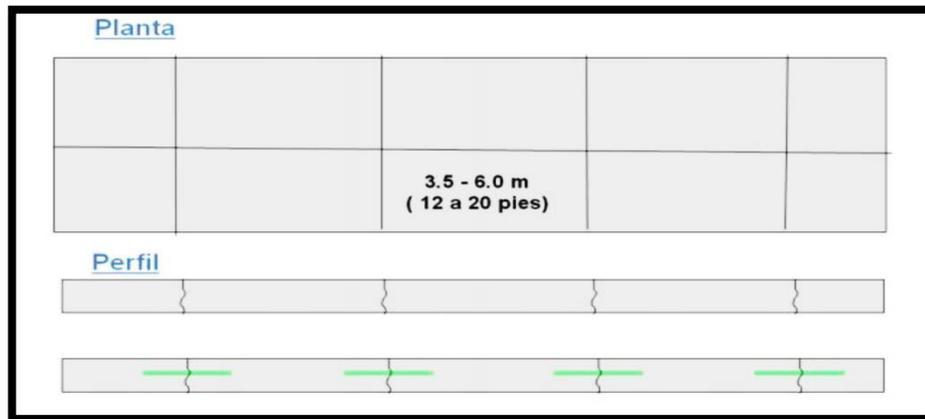
Figura 3 Elementos



Fuente: Becerra

Los pavimentos se clasifican en 4 tipos, siendo utilizados en las vías, diferenciándose de la manera como son distribuidos en la carpeta de rodadura. De concreto simple con juntas (JPCP) requiere de juntas de contratación transversal que están espaciadas en 3.5 m y 6.0m. Se genera una transferencia de carga de paños adyacentes a través de trabazón de los agregados o la aplicación de los pasadores. Por ello se incita el agrietamiento, propio del concreto como un comportamiento, originan tensiones en los cambios de temperaturas y humedad. Recomiendan utilizar espaciamientos de 6.0 m y no permitir que supere los 4.5 m el espacio de los paños. (Becerra, 2012)

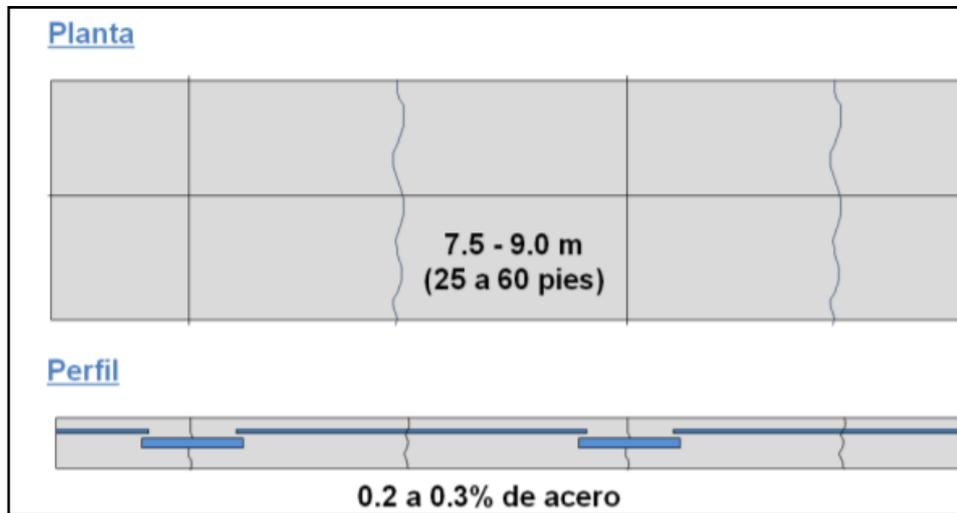
Figura 4 Elementos de un pavimento rígido con juntas



Fuente: Becerra, (2012)

El pavimento es armado de barras transversales (JRCP), lo cual permite consolidar con mallas de acero las carpetas de rodadura y a la vez el diseño logra un espaciado dilatado en las juntas transversales, logrando un rango de 7.5 a 9.0 m. Por otro lado, las carpetas de rodadura a sí cuentan con refuerzos de acero, lo más probable que se presentan pequeñas fisuras, que se logran controlar mediante la losa de concreto. Empleándose pasadores en este tipo de pavimento en la transferencia de cargas.

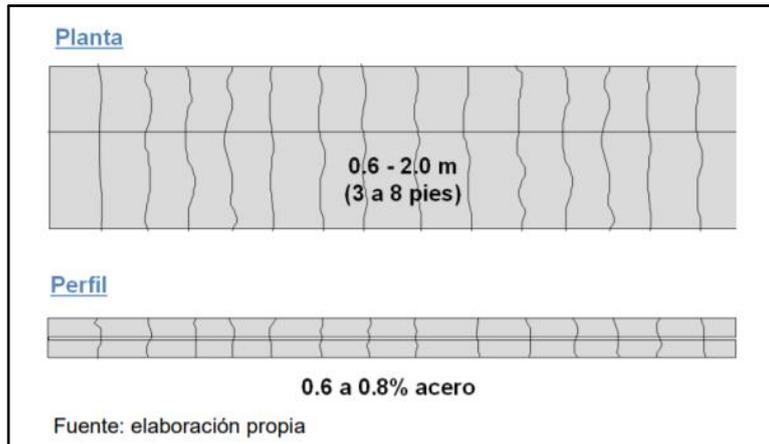
Figura 5 Esquema de concreto reforzado



Fuente: Becerra, (2012)

Pavimentos reforzados (CRCP) presenta tensiones que son controladas mediante armaduras de acero que permite utilizar una mayor proporción de cuantía. Haciendo presencia de fisuras controladas en lo largo del pavimento a distancia de 0.60 a 2.0m, Este tipo de pavimento se viene realizando de manera constante en Europa. (Becerra, 2012)

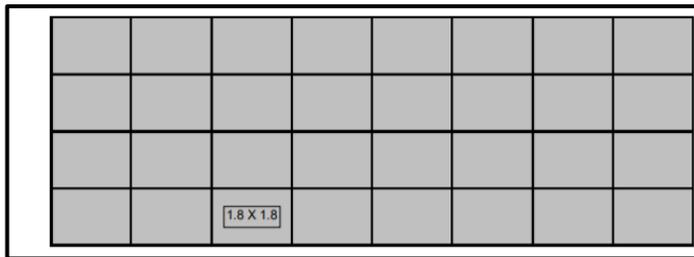
Figura 6 Pavimento reforzado



Fuente: Becerra, (2012)

De concreto con losas cortas (OPTIPAVE) este pavimento es creado con el fin de ser usado en lugares con condiciones climáticas muy elevadas. Este tipo trabaja con losas de condiciones pequeñas con una dimensión de 1.8 m x 1.8 m. aunque puede variar. teniendo como objetivo controlar las fisuraciones y optimizar los espesores, siendo desplazados por los esfuerzos de compresión con los que el concreto trabaja muy bien logrando la reducción de los espesores. (Becerra, 2012)

Figura 7 Pavimentos de losas cortas



Fuente: Becerra, (2012)

Asimismo, al realizar el diseño de pavimento es de gran importancia lograr reconocer las fallas funcionales y estructurales que suelen darse en la construcción de las vías peatonales, siendo la falla funcional el factor más importante sobre las decisiones de diseño, por ello, se debe considerar la resistencia contra fallas en la construcción de pavimentos, asegurándose que se cumplirá su función prevista (Wiley, 1975).

El método del Portland Cement Association (PCA) se centra en dos factores fundamentales el análisis de la Fatiga el cual consiste en evitar que se desarrollen agrietamientos en las losas a consecuencia de las cargas cíclicas a las que están sometidos los pavimentos. El análisis de la erosión, este factor consiste en limitar las desperfecciones de bordes de las losas, originadas por la erosión de la superficie de apoyo. (Jaimes, 2020)

Por lo tanto la PCA hace uso de diferentes parámetros como las continuas repeticiones de las montacargas, cargas distribuidas sobre el terreno, cargas puntuales y el soporte del suelo, logrando calcular el espesor de la losa a través de una serie de monogramas, por ello se debe determinar al espesor por carga puntual, fatiga por carga distribuida, considerando cuál será el uso de pavimentos se puede descartar alguna de estas situaciones, Permitiendo escoger el modelo final que contenga un mayor espesor del resultante entre las solicitudes consideradas. (Muñoz & Orobio,2018)

Su finalidad de este método es crear pavimentos con la misma metodología de otros, el cual determina logra determinar la altura mínima de la estructura de los pavimentos rígidos. El costo es un factor que tiene gran importancia en la creación

de estos pavimentos, por consiguiente, se debe determinar correctamente los espesores de la estructura, para lograr obtener los adecuados costos para su mantenimiento y el presupuesto total. (Montejo, 2014)

El método de rotura del concreto a 28 días, se utiliza para lograr establecer la resistencia del concreto debido a su deformación, la cual se apoya en vigas afectadas con el paso del tiempo y lo estipulado en la NTP 339.08. Por ello las deformaciones se dan a consecuencia de otros esfuerzos, produciéndose en algunos casos las altas temperaturas, se deben considerar algunos parámetros para la disminución de estos efectos como: el espesor debe ser de 0.15 y 0.30 m. Lo cual debe tener una formade $1,0 < \text{largo ancho} < 1.5.$, por lo que debe considerar las recomendaciones del PCA para la separación entre juntas (Alvarez & Martinez, 2015)

El módulo de reacción K, se refiere al patrón que se utiliza para tener una respuesta de la capa de la subrasante, siendo el indicador quien logra determinarla en los pavimentos. Asimismo, se hace más sencillo los cálculos a través del empleo constante “ K” quien a su vez determina la deformación y esfuerzo de las interacciones de suelo dadas en la estructura, ya que las deformaciones se direccionan proporcionalmente a los esfuerzos. (Tiznado & Zavaleta, 2020)

Tabla 1 Efectos de la subbase no tratada

Valor K de la subrasante, PCI	Valor K de la subbase, PCI			
	4	6	9	12
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Packard

Tabla 2 Valores k de diseño para subbases tratadas con cemento

Valor K de la subrasante, PCI	Valor K de la subbase, PCI			
	4	6	8	10
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-

Fuente: Packard

Por ello, se considera que la seguridad de carga (LSF) debe ser multiplicado por las cargas de ejes considerando que se usa la $LSF = 1,2$ que se aplica en proyectos de carreteras con múltiples carriles y con constante flujo de transporte, sin interrupciones y con gran volumen. $LSF = 1,0$ siendo usado en calles que tengan poca concurrencia de tránsito, como las vías residenciales.

Asimismo, se debe determinar la distribución de carga teniendo en cuenta datos referentes a la continua presencia de cargas diarias por ejes de transporte vehicular los cuales son importantes para controlar la cantidad de ejes simples y tándem de diferente carga que se dan en un determinado periodo de diseño, a la misma vez los datos se pueden tomar de varias formas, considerando al estudio del tráfico como el mas significativo ya que permite determinar la medición de las cargas para el proyecto. (Tiznado & Zavaleta, 2020)

Se define el método AASHTO por los tipos de cargas móviles que se presentan, por unidades de transporte de 2 ejes (H20, H15), asimismo con 3 ejes (HS20-44) y además vehículos que su carga sea distribuida, con ejes de cargas concentradas. Además el factor de desgaste se ocasiona sobre la estructura pavimentada por los ejes. Por ello el AASHTO debe diseñar los métodos estructurales con el propósito de soportar el peso de camiones de cargas distribuida a 952 kg/ml por trocha de 3,05 m. (Pinto & Torres, 2015)

Tabla 3 Cargas por eje

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE (EE8.2tn)
Ejes de ruedas simples (EEs1)	$EE_{s1} = [P/6.6]^{4.1}$
Ejes de ruedas dobles (EEs1)	$EE_{s2} = [P/8.2]^{4.1}$
Ejes tandem (EETA1)	$EE_{TA1} = [P/13.0]^{4.1}$
Ejes tandem (EETA2)	$EE_{TA2} = [P/13.3]^{4.1}$
Eje Tridem (EETR1)	$EE_{TR1} = [P/16.6]^{4.0}$
Eje Tridem (EETR2)	$EE_{TR2} = [P/17.5]^{4.0}$
P- peso real de ejes en toneladas	

Fuente: Manual de carretera de suelos geología, geotecnia y pavimentos

Según, Minchán, (2019) se calcula el determinado número de las repeticiones de los ejes de diseño, el cual permitirá conocer la cifra de las constantes repeticiones de las cargas por ejes. Asimismo, se logra dar con la erosión y fatiga mediante la acumulación del daño. Considerando que el valor de D debe ser mayor a 1, por ello se escoge un mayor espesor y rehacer los pasos previos. Sin embargo, el espesor empleado en la prueba será adecuado siempre y cuando D sea menor o igual a 1.

Se considera la fatiga como un criterio de falla, producida por las cargas de borde la cual genera esfuerzos en la tracción por flexión. Asimismo, propone el espesor de diseño que la fatiga no debe exceder del 100%.

Se plantea al esfuerzo como equivalente, empleando tablas de diseño de espesor tanteo de losa y la reacción compuesta del módulo. Por ello el espesor de la losa tiene como objetivo controlar las fisuras como consecuencia de la fatiga, se basa el diseño en los esfuerzos críticos de bordes, situando la carga en la mitad de la longitud del borde exterior. Se deben considerar a las bermas de hormigón, la cual logra minimizar significativamente la tensión crítica del borde. Su análisis está

basado en concepto de daño acumulado planteado por la siguiente fórmula de ecuación de criterio de falla, para calcular el análisis de la fatiga:

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} \dots \dots (6)$$

Donde:

m: número de peso por eje.

n_i : número previsto de repeticiones para el grupo de carga i.

N_i : número permisible de repeticiones para el grupo de carga i

El análisis por fatiga, determina que la constante concurrencia de peso en las losas genera esfuerzos que generan agrietamientos, por lo que un adecuado análisis lograra el impedimento de las fisuras en las losas de concreto. (Castro & Orobio, 2015)

Tabla 4 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple)

Espesor de losa (pulg.)	K de la subrasante-subbase, PCI						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825	726	671	634	584	523	484
4.5	699	616	571	540	498	448	417
5	602	531	493	467	432	390	363
5.5	526	464	431	409	379	343	320
6	465	411	382	362	336	304	285
6.5	417	367	341	324	300	273	256
7	375	331	307	292	271	246	231
7.5	340	300	279	265	246	224	210
8	311	274	255	242	225	205	192
8.5	285	252	234	222	206	188	177
9	264	232	216	205	190	174	163
9.5	245	215	200	190	176	161	151
10	228	200	186	177	164	150	141
10.5	213	187	174	165	153	140	132
11	200	175	163	154	144	131	123
11.5	188	165	153	145	135	123	116
12	177	155	144	137	127	116	109
12.5	168	147	136	129	120	109	103
13	159	139	129	122	113	103	97
13.5	152	132	122	116	107	98	92
14	144	125	116	110	102	93	88

Fuente: (Tiznado & Zavaleta , 2020)

Tabla 5 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje tandem)

Espesor de losa (pulg.)	K de la subrasante-subbase, PCI						
	50	100	50	200	50	500	700
4	679	585	542	516	486	457	443
4.5	586	500	460	435	406	378	363
5	516	436	399	376	349	321	307
5.5	461	387	353	331	305	278	264
6	416	348	316	296	271	246	232
6.5	380	317	286	267	244	220	207
7	349	290	262	244	222	199	186
7.5	323	268	241	224	203	181	169
8	300	249	223	208	188	167	155
8.5	281	232	208	193	174	154	143
9	264	218	195	181	163	144	133
9.5	248	205	183	170	153	134	124
10	235	193	173	160	144	126	117
10.5	222	183	164	151	136	119	110
11	211	174	155	143	129	113	104
11.5	201	165	148	136	122	107	98
12	192	158	141	130	116	102	93
12.5	183	151	135	124	111	97	89
13	176	144	129	119	106	93	85
13.5	168	138	123	114	102	89	81
14	162	133	118	109	98	85	78

Fuente: (Tiznado & Zavaleta , 2020)

Tabla 6 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple)

Espesor de losa (pulg.)	K de la subrasante-subbase, PCI						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640	559	517	489	452	409	383
4.5	547	479	444	421	390	355	333
5	475	417	387	367	341	311	294
5.5	418	368	342	324	302	276	261
6	372	327	304	289	270	247	234
6.5	334	294	274	260	243	223	212
7	302	266	248	236	220	203	192
7.5	275	243	226	215	201	185	176
8	252	222	207	197	185	170	162
8.5	232	205	191	182	170	157	150
9	215	190	177	169	158	146	139
9.5	200	176	164	157	147	136	129
10	186	164	153	146	137	127	121
10.5	174	154	144	137	128	119	113
11	164	144	135	129	120	112	106
11.5	154	136	127	121	113	105	100
12	145	128	120	114	107	99	95
12.5	137	121	113	108	101	94	90
13	130	115	107	102	96	89	85
13.5	124	109	102	97	91	85	81
14	118	104	97	93	87	81	77

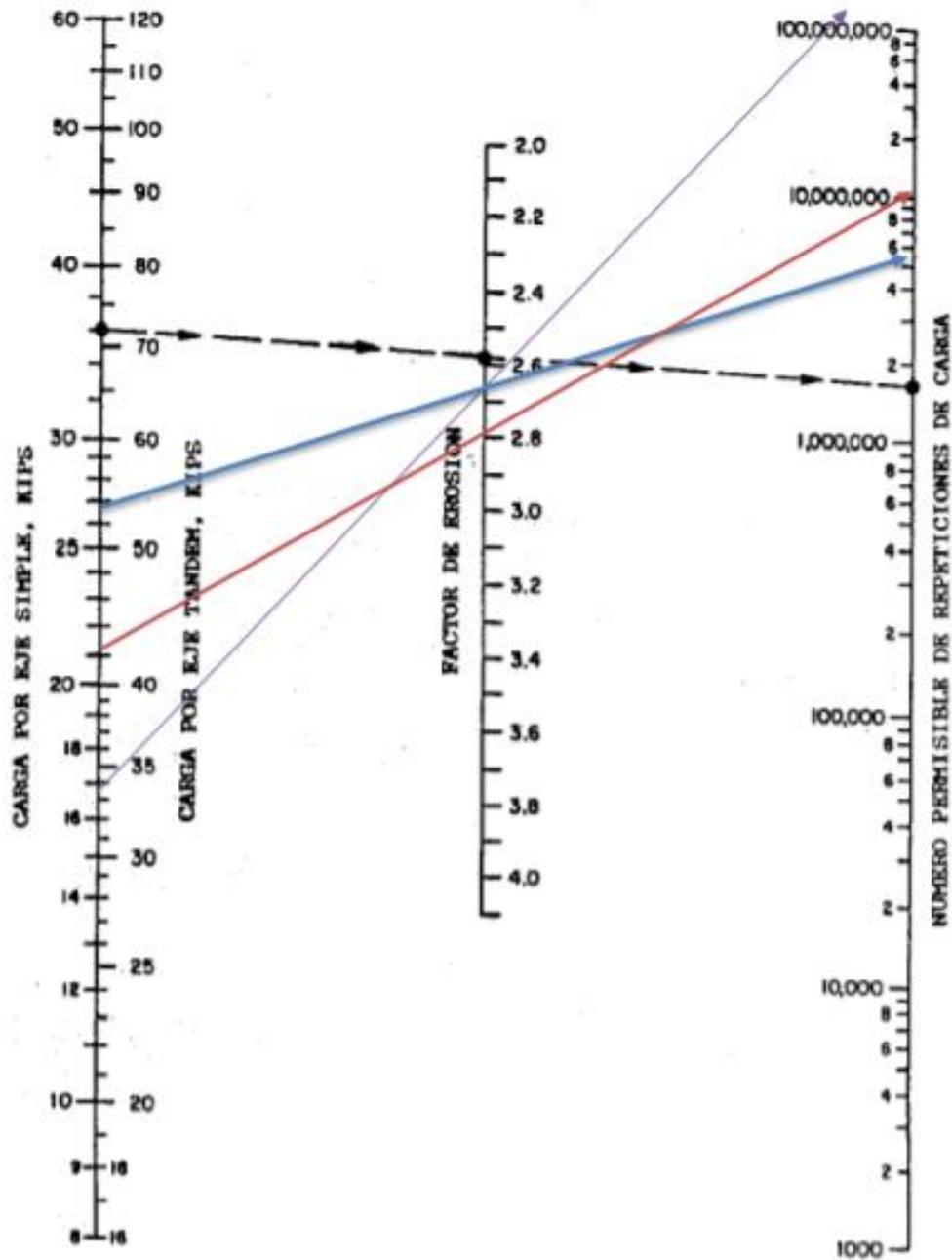
Fuente: (Tiznado & Zavaleta , 2020)

Tabla 7 T6a Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje tandem)

Espesor de losa (pulg.)	K de la subrasante-subbase, PCI						
	50	100	150	200	300	500	700
4	534	468	439	422	403	388	384
4.5	461	400	372	356	338	322	316
5	404	349	323	308	290	274	267
5.5	360	309	285	271	254	238	231
6	325	277	255	241	225	210	203
6.5	295	251	230	218	203	188	180
7	270	230	210	198	184	170	162
7.5	250	211	193	182	168	155	148
8	232	196	179	168	155	142	135
8.5	216	182	166	156	144	131	125
9	202	171	155	146	134	122	116
9.5	190	160	146	137	126	114	108
10	179	151	137	129	118	107	101
10.5	170	143	130	121	111	101	95
11	161	135	123	115	105	95	90
11.5	153	128	117	109	100	90	85
12	146	122	111	104	85	86	81
12.5	139	117	106	99	91	82	77
13	133	112	101	95	86	78	73
13.5	127	107	97	91	83	74	70
14	122	103	83	87	79	71	67

Fuente: (Tiznado & Zavaleta , 2020)

Figura 8 Análisis por erosión- - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón)



Fuente: (Chairman & Vice, 210)

En la presente tabla se presenta el formato para lograr la verificación los diferentes tipos de tanteo, considerados simple, tándem y trídem considerados por los ejes.

Tabla 8 Formato de verificación del espesor de tanteo

ANÁLISIS DE FATIGA					ANÁLISIS DE EROSIÓN	
CARGA POR EJE (Kn)	CARGA POR EJE x Fsc	NÚMERO REPETICIONES ESPERADAS	NÚMERO REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO DE FATIGA (%)	NÚMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES	DAÑO POR EROSIÓN (%)
1	2	3	4	5	6	7
EJES SENCILLOS		Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos			Factor de erosión	
EJES TÁNDEM		Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos:			Factor de erosión	
EJES TRÍDEM		Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos:			Factor de erosión	
TOTAL				TOTAL		

Fuente: Menéndez, 2016

Por ello, se obtiene el espesor final del pavimento ya que este debe ser menor e igual al 100% de la erosión de la fatiga y el daño. Si no logra cumplir con este requisito se debe volver a realizar dicho procedimiento aumentando el valor del espesor o de la losa en 0.5 pulgadas. (Menéndez, 2016)

Según, Minchán, (2019) el método AASHTO para los pavimentos sin refuerzos, fue desarrollado con la finalidad de darle una proporción al espesor, que a la vez garantice un adecuado nivel en el ciclo de vida del desempeño del pavimento. Este método en términos del índice de servicio actual, tiene una variación de 0 a 5. Por lo tanto, en un pavimento nuevo el PSI es de 4.5, además el final del ciclo de vida del pavimento en una carretera tiene un valor de PSI = 2,5 considerando que el valor final del PSI = 2,0 es usado en caminos secundarios.

AASHTO 93 plantea un adecuado diseño para pavimentos de concreto hidráulico este se basa en la recolección de los datos empíricos que se han logrado en la prueba de AASHTO. el cual tiene como principio fundamental relacionar el comportamiento con las secciones de un pavimento debido a las cargas que las capas de rodadura soportan para ser utilizadas en el procedimiento y desarrollo de criterios de diseño de pavimentos. (Tiznado & Zavaleta , 2020)

El desarrollo del diseño del pavimento rígido de concreto se da a través del método AASHTO, el cual considera los siguientes pasos: Debe estimar un periodo de diseño, considerar la estimación del tráfico en el diseño (W_{18}), se debe establecer la relación entre la desviación estándar total y la confiabilidad R , plantear la relación efectiva de la subrasante k , se debe estimar la pérdida de la serviciabilidad del diseño y la determinación del espesor de la D . (Minchán, 2019)

El diseño tiene un periodo de fijación, el cual se establece de acuerdo al requerimiento y funciones de las expectativas de las instituciones o agencias. Por ello los pavimentos rígidos deben considerar que el periodo de diseño debe ser mayor con el fin de que la alternativa sea viable económicamente, lo cual debe considerar como mínimo 20 años. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones,[MTC] 2014)

Asimismo, el tránsito de diseño se representa de acuerdo a las repeticiones de los ejes, siendo equivalentes al periodo del diseño que se determinan de acuerdo al procedimiento presentado. Por ello se considera a la cantidad de reiteraciones de los ejes de 8.2tn, que permite determinar el periodo del diseño. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, [MTC] 2014)

Calculando a través de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Nrep\ de\ EE\ 8.2\ tn = \sum [EE_{dia-carril} \times FCA \times 365]}$$

Por ello, se ha considerado el diseño como un factor de confiabilidad R%, donde la incertidumbre y el desempeño del pavimento. R% es la probabilidad en el pavimento tendrá un nivel desempeño alto. Al dar por finalizado el periodo del diseño. Los rangos de R% de AASHTO son de un porcentaje de 85 a 99,9%, del 80 a 99%, 80 a 95% y de 50 a 80%. (Minchán, 2019)

Tabla 9 Valores recomendados para la Confiabilidad (R), Desviación estándar normal (ZR) y Error Estándar Combinado (So)

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Local	80-99	75-95
Colectoras	80-95	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		50-80
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.3
93	-1.476	0.3
94	-1.555	0.3
95	-1.645	0.3
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29

Fuente: Guide for Design of Pavement Structures. AASHTO 1993

La serviciabilidad demuestra el grado de confort que tiene la vía. Lo cual permite que la escala tenga una variación de 0 a 5, siendo 5 una mayor condición, representándose a través de una ecuación con dos valores: índice inicial de servicio (p0) y el índice final (pt). Permitiendo que se ingrese a la ecuación la diferencia de los valores de ambos índices, logrando determinar una variación o diferencia. Por ello el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2014) refiere el valor del índice de serviciabilidad el cual está referido a la estimación de ayuda para evaluar el deterioro de la losa de pavimento de concreto hidráulico.

Tabla 10 *Parámetros de Serviciabilidad Según Ejes Equivalentes*

TIPO DE CAMINOS	TIPO DE TRAFICO	EXPRESION DE EJES EQUIVALENTES ACUMULADO		INDICE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (PT)	DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tráfico	TP1	150,001	300,000	4.1	2.0	2.1
	TP2	300,001	500,000	4.1	2.0	2.1
	TP3	500,001	750,000	4.1	2.0	2.1
	TP4	750,001	1'000,000	4.1	2.0	2.1
	TP5	1'000,001	1'500,000	4.3	2.0	2.3
	TP6	1'500,001	3'000,000	4.3	2.5	1.8
	TP7	3'000,001	5'000,000	4.3	2.5	1.8
	TP8	5'000,001	7'500,000	4.3	2.5	1.8
	TP9	7'500,001	10'000,000	4.3	2.5	1.8
Para demás Caminos	TP10	10'000,001	12'500,000	4.3	2.5	1.8
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.3	2.5	1.8
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.5	3.0	1.5
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.5	3.0	1.5
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.5	3.0	1.5
	TP15	> 30'000,000		4.5	3.0	1.5

Fuente: MTC, 2014

Las propiedades del concreto son determinadas por el módulo E_c elástico y el de 28 días de roturas de hormigón S_c . Ambas son requeridas como parámetros de entrada. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014 el concreto debe cumplir con ciertos requisitos antes de llegar a ser empleado en las construcciones de pavimentos rígidos, los cuales deben considerar la resistencia a la flexo tracción y resistencia a la compresión.

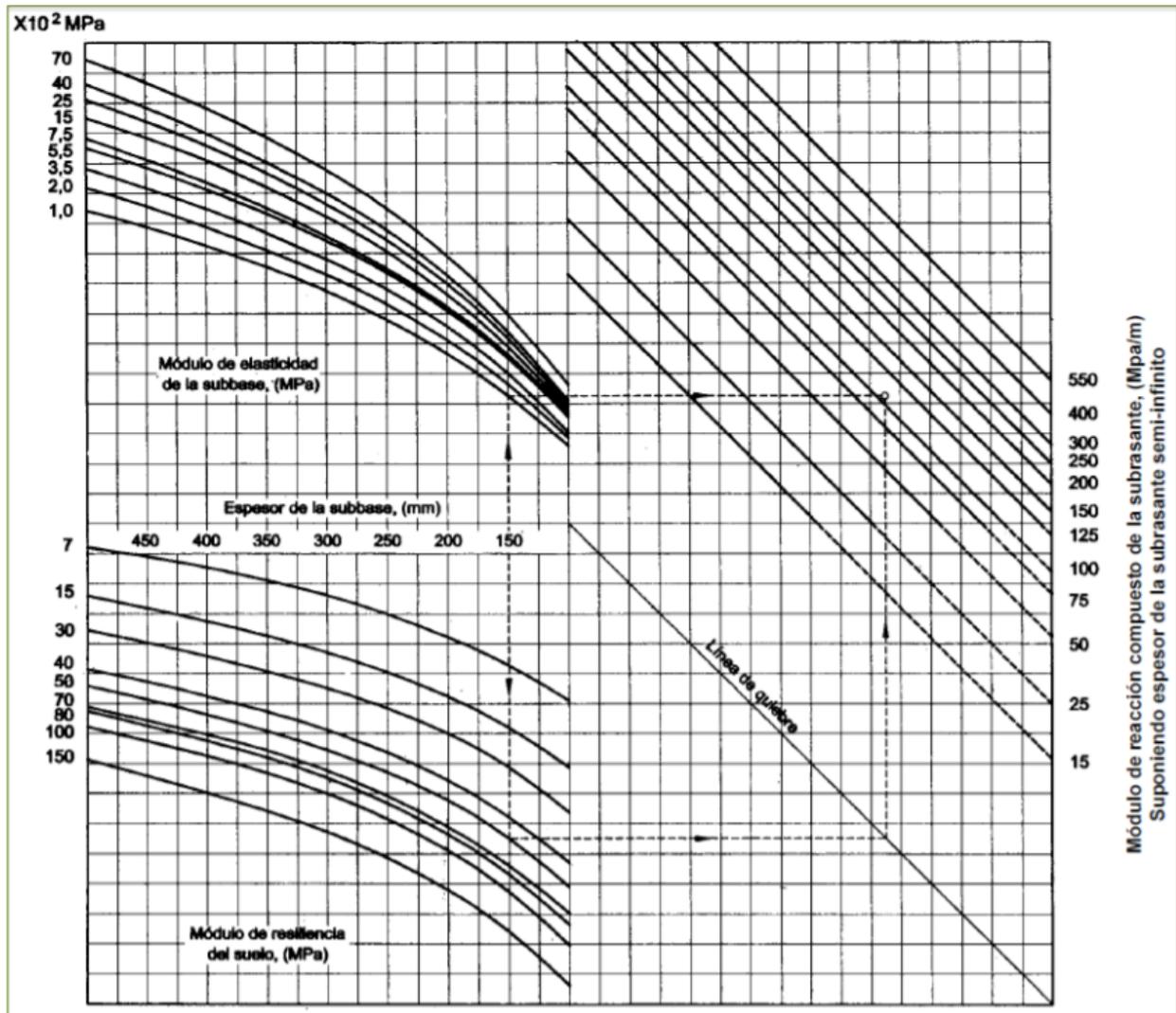
Tabla 11 Valores de resistencia del concreto

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia a la Flexo tracción del concreto (M_r)	Resistencia equivalente a la compresión del concreto (f_c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/Cm ²	280 kg/Cm ²
$> 5'000,000$ EE	42 kg/Cm ²	300 kg/Cm ²
$\leq 15'000,000$ EE		
$> 15'000,000$ EE	45 kg/Cm ²	350 kg/Cm ²
$\leq 30'000,000$ EE		

Fuente : Menéndez, 2016

De Acuerdo a Minchán, (2019) el módulo de subrasante y la subbase, señalan que módulo resiliente el cual es transformado en el módulo de reacción subrasante considerando la variación a través del año, este valor se corrige por la presencia de la subbase y por la presencia del lecho rocoso si en caso este se encuentre a menos de 3 metros de profundidad. Estas correcciones se efectúan mediante los nomogramas siguientes:

Figura 9 Monograma de determinación del módulo de reacción compuesto



Fuente: Chairman & Vice, 210

El índice numérico del coeficiente de transferencia de la carga, ha permitido eficientemente lograr la transferencia de la carga de diferentes diseños de conjuntos, mediante la presente tabla se han establecido los valores de J para realizar la prueba de las condiciones de la pista. Determinando que los valores más bajos están asociados con los dispositivos de transferencia de carga tales como berma y pasadores. (Minchán, 2019)

Tabla 12 Transferencia de Carga

Berma	Asfalto		PCC	
	de Si	No	Si	No
Dispositivo de transferencia de carga				
Tipo de pavimento con juntas y refuerzo CRCP	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
	2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA

Fuente: Minchán, (2019)

Asimismo, el coeficiente de drenaje, se considera con el fin de considerar los cambios en los requisitos del espesor, debido a las diferencias de las propiedades de drenaje del pavimento y el subsuelo el coeficiente de drenaje Cd se incluyó en el diseño de espesor de AASHTO. Se considera un valor de $Cd = 1$ para las condiciones del AASHTO Road Test.

Tabla 13 Capacidad del drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	El agua no se evacua

Fuente: Minchán, (2019)

Tabla 14 Coeficiente del drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10
Bueno	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00
Mediano	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90
Malo	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80
Muy malo	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80 a 0.70	0.70

Fuente: Minchán, (2019)

Según Minchán, (2019) el espesor requerido en las losas de los pavimentos requerido, se logra obtener mediante la utilización del monograma o ecuación correspondiente. Por ello los aspectos ambientales que generan que se expanda la capa del soporte, el desperfecto como consecuencia del desgaste es el causante de la pérdida del servicio e hinchazón del congelamiento. a estas pérdidas se suman la causada por la carga del tráfico por motivos de diseño.

Ecuación: Para el Método AASHTO.

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_c) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51x \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W_{18} = Tráfico de ejes.

Z_r = Factor de desviación de R.

S_0 = Desviación estándar de las variables.

D = Espesor de capa de rodadura en milímetros.

ΔPSI = Diferencial de serviciabilidad prevista para el diseño.

P_t = Serviciabilidad final.

$S'C = Mr$ = Módulo de rotura del concreto (Mpa).

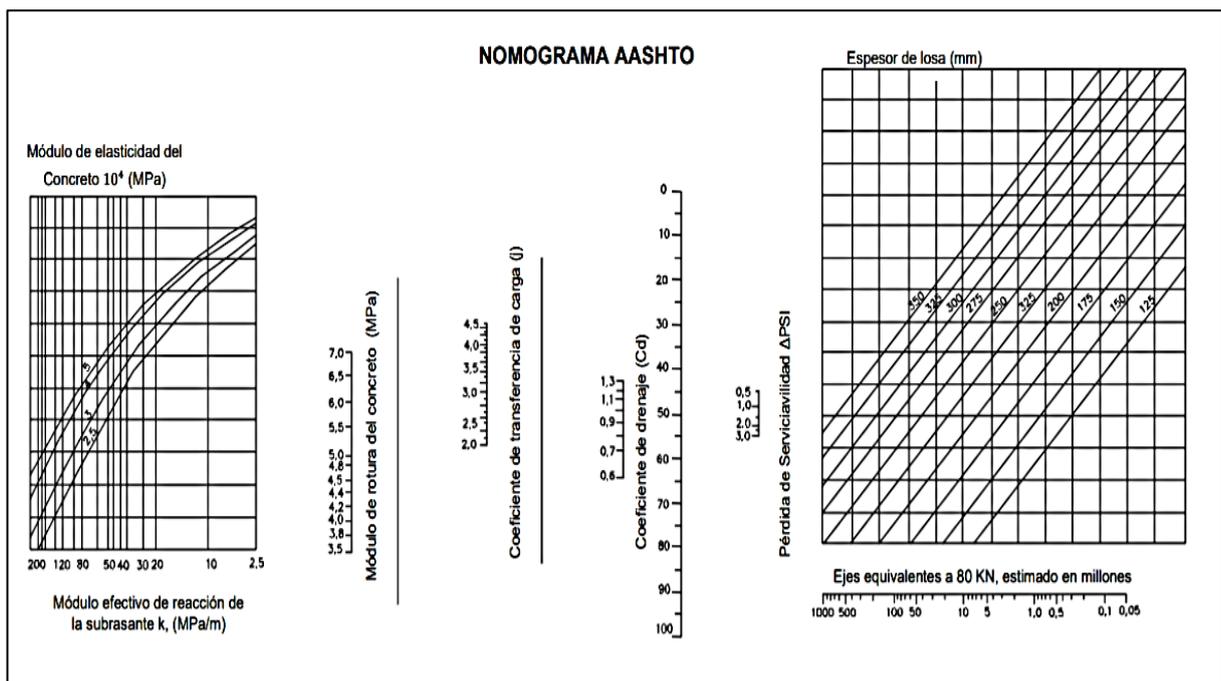
J = Factor de transferencia de carga.

C_d = Coeficiente de drenaje.

E_c = Módulo de elasticidad del concreto (Mpa).

K = Módulo efectivo de reacción del terreno de fundación (Mpa/m).

Figura 10 Nomograma de AASHTO 93.



Fuente: Minchán

De acuerdo a la creación de pavimentos, por ende, también se considera al diseño de las juntas, el cual menciona que este diseño debe de tener en cuenta las condiciones que permitan la transferencia de las cargas deseadas, además de permitir el uso de sellos que evitan la infiltración de agua y la penetración de materiales incompresibles que impidan el libre movimiento de la losa.

Además, para establecer el adecuado método de juntas, se debe considerar las condiciones climáticas, ambientales, el espesor de losa, tipo de subbase, el tráfico y el tipo de berma. Se debe tener como referencia el desempeño pasado de juntas que tengan las mismas condiciones la cual servirá como Fuente en plantear parámetros para el diseño de juntas. (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón , 2015)

Las juntas tienen como principal objetivo, de evitar la aparición de grietas y fisuras que puedan surgir en una losa de pavimento, esto es debido a la contracción del concreto en el pasar del tiempo ya que este va perdiendo la humedad, también por la alteración de temperaturas que se presentan en la losa ante el medio ambiente. (MTC, 2014)

En la presente investigación se ha tomado en cuenta cuatro tipos de juntas que son aplicadas en la construcción de pavimentos, entre ellas tenemos a las **juntas transversales de contracción**, se construyen en el eje de la vía, espaciadas con el fin de minimizar las fisuras transversales de la losa. Demostrando que la rigidez de la base, el espesor del pavimento y el clima ocasionan una separación entre las juntas transversales. Asimismo se relaciona con la longitud , el radio y la fisura transversal. (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón , 2015)

Las juntas transversales de construcción se realizan al finalizar el trabajo o interrupciones de colocación, logrando producirse en un lapso de 60 o 90 minutos dependiendo el clima. Se determina un tiempo desde que da inicio a la elaboración del hormigón hasta su puesta en la obra logrando su acabado. Siendo la junta construida coincidiendo con la junta de contratación, si no se llega a dar, se ubica dentro del tercio medio de la longitud de la losa y siempre en forma perpendicular a la línea central. (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón , 2015)

Asimismo se dan las juntas longitudinales, estas son las que van paralelamente con el eje central de la vía, controlando la fisuración, delineación del tránsito. Por ello cuando se logra ejecutar el vaciado en una pasada de uno o más carriles, generalmente se produce el traspaso de la carga por la trabazón mecánica de los agregados, originándose en la junta después del corte, además deben considerar utilizar barras corrugadas. (Ins. Boliviano del Cemento y el Hormigón , 2015)

Por último, se presenta a las juntas separación y expansión, las cuales son construidas con la finalidad de permitir los movimientos de losas sin perjudicar al pavimento adyacente, el cruce de las calles, la estructuración de puentes, drenajes, y otras estructuras. Por ello se consideran dos tipos de juntas de expansión una se basa en el uso de barras lisas para la transferencia de cargas, la cual permite que las barras se mueven libremente por la condición de expansión o contracción. El otro tipo de junta consiste en que no tiene dispositivos de transferencia de carga, permitiendo que el espesor de la losa tenga un incremento gradual del 25%

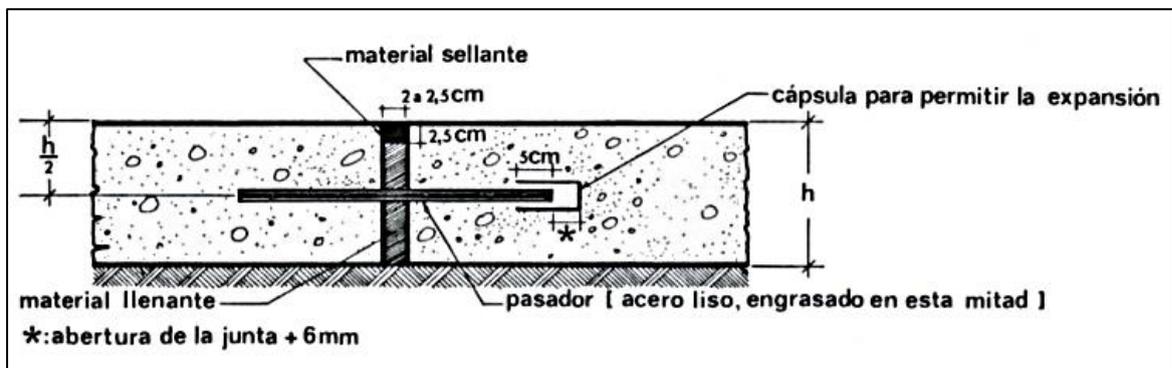


Figura 11 Junta de expansión Tipo 1

Fuente: InsT. Boliviano

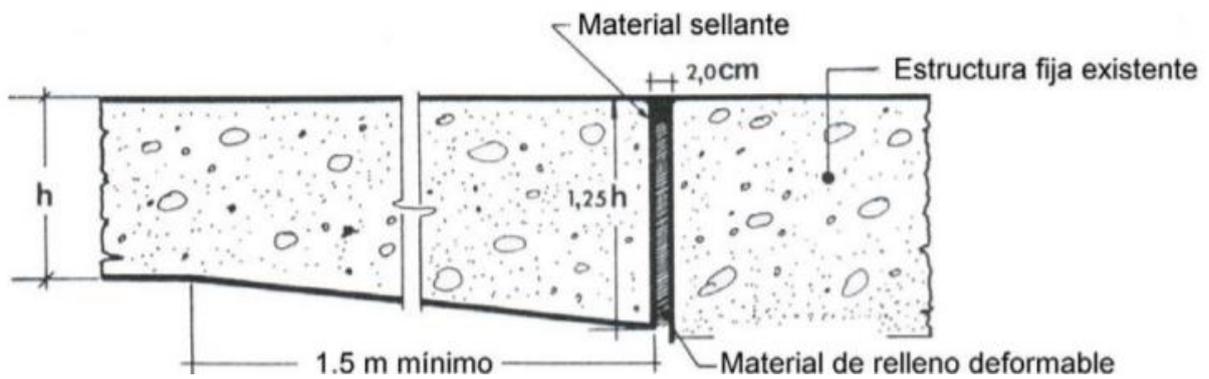


Figura 12 Junta de expansión Tipo 2

Fuente InsT. Boliviano

De acuerdo a ello el tráfico es un factor que influye de manera relevante en la creación de pavimentos. Para ello se debe considerar de manera correcta ya que depende de las variables que coincidan con una inadecuada estimación. Utilizando un método estándar equivalente (EALF) para lograr el cálculo del tráfico, calculando las constantes repeticiones de los ejes en los diferentes periodos del diseño de pavimento (ESAL). Siendo usado en la metodología AASHTO. (Vega Périgo , 2018)

III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque permitió al investigador adquirir nuevos conocimientos y lograr aplicarlos en el campo de estudio con la finalidad de dar solución a los diversos problemas. Para Vargas, (2019), las investigaciones aplicadas se denominan también Investigaciones prácticas e empíricas, las cuales se caracterizan por buscar aplicar o utilizar los nuevos conocimientos adquiridos, que permiten obtener rigurosamente resultados y dar a conocer la realidad.

Asimismo, la investigación tiene un diseño no experimental transeccional descriptivo, porque no se manipulan las variables, ya que solo se recolectaron los datos mediante la observación del fenómeno tal y como es. Para Hernández et al. (2017) las investigaciones no experimentales son las que se realizan sin manipular libremente las variables y a la vez observan el campo de estudio tal y como es en el contexto natural con el fin de poder realizar su análisis. Además, el diseño transeccional es el que permite recolectar los datos en un solo momento, en su tiempo preciso, logrando realizar la descripción de las variables y un análisis de su incidencia e interrelación dado en su momento.

3.2. Variables, operacionalización

3.2.1. Variable

La variable se operacionaliza considerando el diseño de la investigación, la cual por ser transversal descriptiva y por estar conformada por una sola variable se cree conveniente hacer uso del esquema de MTO.

Donde:

M: Es la toma de la muestra donde se ejecutará el estudio.

T: Es el momento en que se logra la observación

O: Es el recojo de la información más relevante.

El pavimento, se compone por capas superpuestas estas se diseñan y ejecutan de manera horizontal, técnicamente con insumos seleccionados los cuales serán apropiadamente comprimidos. La estructura se apoya en la subrasante, la cual se da por el resultado del movimiento de tierras. (Montejo, 2002) permitiendo operacionalizar es estudio del cual se obtuvieron las dimensiones de los métodos AASHTO 2 y PCA.

Por ello, los indicadores se han considerado como parte importante del estudio, porque a través de ellos se logró medir el valor de las variables. Hicks et al., (2015) mencionan que los indicadores son aquellos que logran corregir las tendencias a perspectivas sesgadas de la variable logrando la deliberación. Asimismo, se consideró la escala ordinal que se obtiene mediante la observación.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población la conformo la infraestructura de las calles los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo con una extensión de 550 metros. López, (2014) Considera a la población como un conjunto de personas u objetos de lo cual se quiere conocer algo.

Asimismo, Arias et al. (2016) consideran que la población se conforma por un grupo definido, limitado y accesible que permite seleccionar la muestra la cual debe cumplir con una serie de criterios. Por ello se considera una población a personas, muestras biológicas, animales, etc.

Por ende, la muestra poblacional que se ha tomado en cuenta en la presente investigación, es de 226.42m entre ambas calles. Asimismo, Aguilar, (2015), menciona que una población finita es cuando se puede observar el total de la población de estudio por lo tanto se trabaja con la siguiente fórmula.

$$\frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Dónde:

Z= Nivel de confianza = 1.96

p = Proporción = 50%

q = Proporción esperada= 50%

N= Tamaño del universo = 550 metros

E = Error de muestreo = 5%

n=Tamaño de la Muestra ?

$$\frac{1.96^2 * 550 * 50\% * 50\%}{5\%^2 * (550 - 1) + (1.96^2 * 50\% * 50\%)}$$

$$n = 226.42m$$

El muestreo que se establece en la presente investigación, es el probabilístico debido a que el muestreo es quien asigna a cada unidad de la población la probabilidad de ser seleccionada. (Kleeberg & Ramos, 2014)

3.4. Técnica e instrumento de la recolección de datos

La técnica empleada en la investigación es la observación, la cual permitió conocer y evaluar la variable propuesta. Yuni y Urbano, (2014) Mencionan que la observación es un proceso que se realiza para lograr obtener nuevos conocimientos que permitan conocer la realidad. Además, la observación trata de realizar un estudio e inspección de las cosas o hechos que acontecen en la realidad.

Según, Rodríguez et al., (2016) nos dicen que la técnica de la observación se realiza cuando el investigador es quien adopta la función de observador, es decir cuando se encuentra inmerso en los periodos de tiempo, observándose que puede suceder. El investigador es aquel privilegiado porque es él quien conoce los fenómenos de estudio.

Asimismo, como instrumento se logró utilizar la guía de observación, la cual está conformada por formatos de acuerdo a las normas. Tejada y Salvatierra, (2019) menciona, que para obtener el recojo de la información se hace uso de la

guía de observación, la cual está conformada por formatos estándares relacionados a la norma, permitiendo a los siguientes ensayos realizarse de manera confiable

- El ACI- COMITÉ 211 diseño de mezcla.
- Realizando un frecuente análisis de los agregados granulométricos gruesos y finos del (ASTM C-136).
- Verifica el contenido de la humedad del agregado (NTP 339.185, MTC E 215).
- Logra tener una adecuada absorción y peso de los agregados gruesos (ASTM C-127) y finos (ASTM C-128).
- Comprueba el Vacío y peso de agregados (ASTM C-29).
- Mantiene una compresión del (NTP 339.034, ASTM C-39).
- Logra establecer la resistencia del (ASTM C 78, MTC E 709, AASHTO T97).
- Permite demostrar la adecuada absorción del concreto (ASTM C-642, ASTM C-127)

3.5. Procedimiento

3.5.1. Ensayos De Laboratorio.

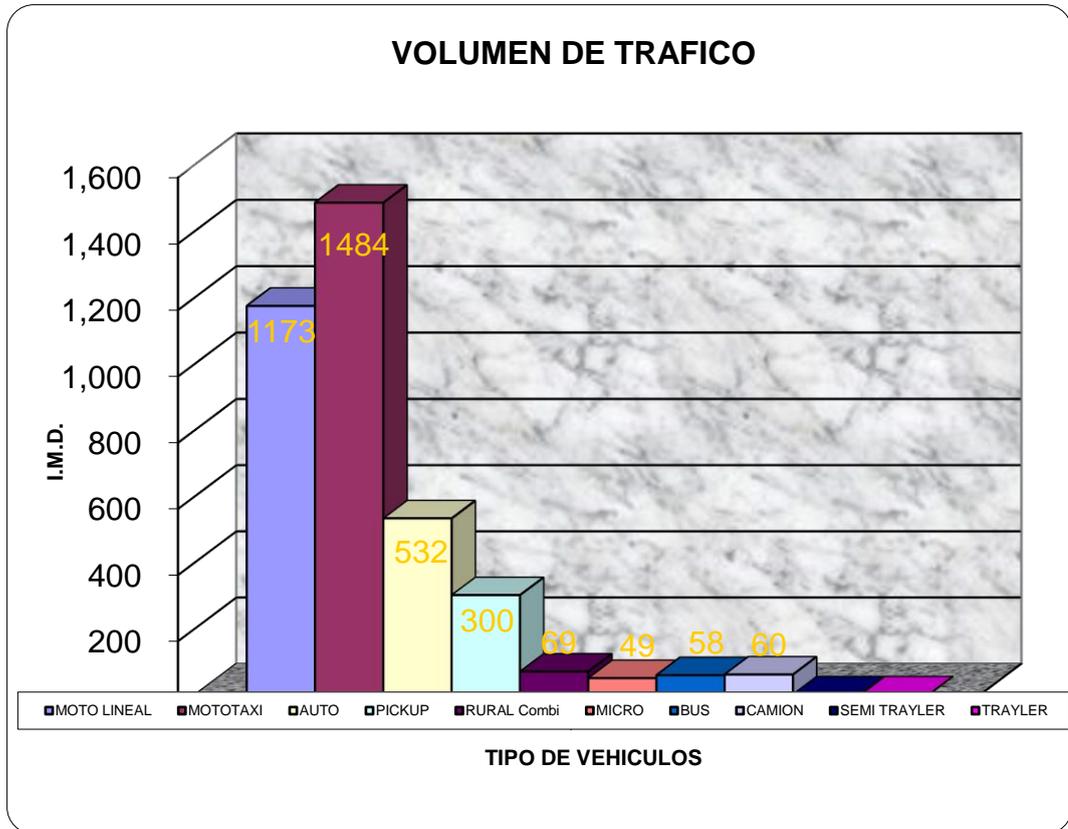
Figura 13 Ensayos De Laboratorio

PROCESOS.	DESCRIPCIÓN.	TIPO Y/O NORMA.	TIEMPO/ DÍAS.
1er.	Procedimientos para obtención de los materiales.	Exploración de suelos, 2 calicatas/ ASTM D420-69 MTC 2014.	2
2do.	Procedimiento para recolección de datos.	Granulometría por tamizado/ ASTM D6913/d6913 m-17.	1
		Limite liquido/ ASTM D4318-17.	2
		Limite PLASTICO/ ASTM D4318-17.	1
		Clasificación SUCS y ASSHTO/ ASTM D2487-17 ASTM D3282-17.	2
		Proctor modificado/ ASTM D1557-12.	9
		Valor de soporte de california (CBR) ASTM D1883-16.	9
3er.	Procedimiento para análisis de recolección.	Se analizan los datos mediante en oficina mediante, hojas de cálculos y gráficas relacionadas con las especificaciones del manual EG- 2013 MTC.	3
			3
			2
4to.	Resultados.	Se empieza a darle sentido a los objetivos que nos hemos propuesto, con los resultados que se han hallado en el proyecto de investigación.	10
	Discusión.		
	Conclusiones.		
Días totales para el proyecto de investigación			43

3.5.2. Estudio de trafico

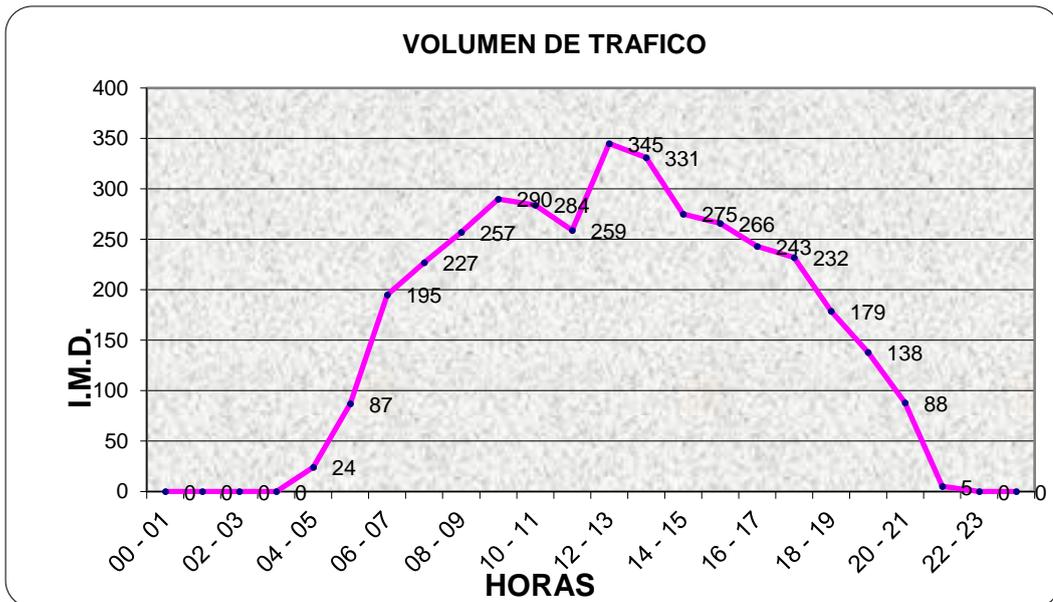
Este estudio que se realizo a los vehiculos en la la Calle los Diamantes y la Calle Pedro Ruiz Gallo, perteneciendo al distrito de Tumbes , Departamento de Tumbes, al registrar los vehiculos se ha realizado su determinada clasificacion diariamente , por una semana mediante graficas según su tipo de vehiculo y hora.

Gráficos 1 Clasificación vehicular (Tipos de vehículos) – Calle Los Diamantes



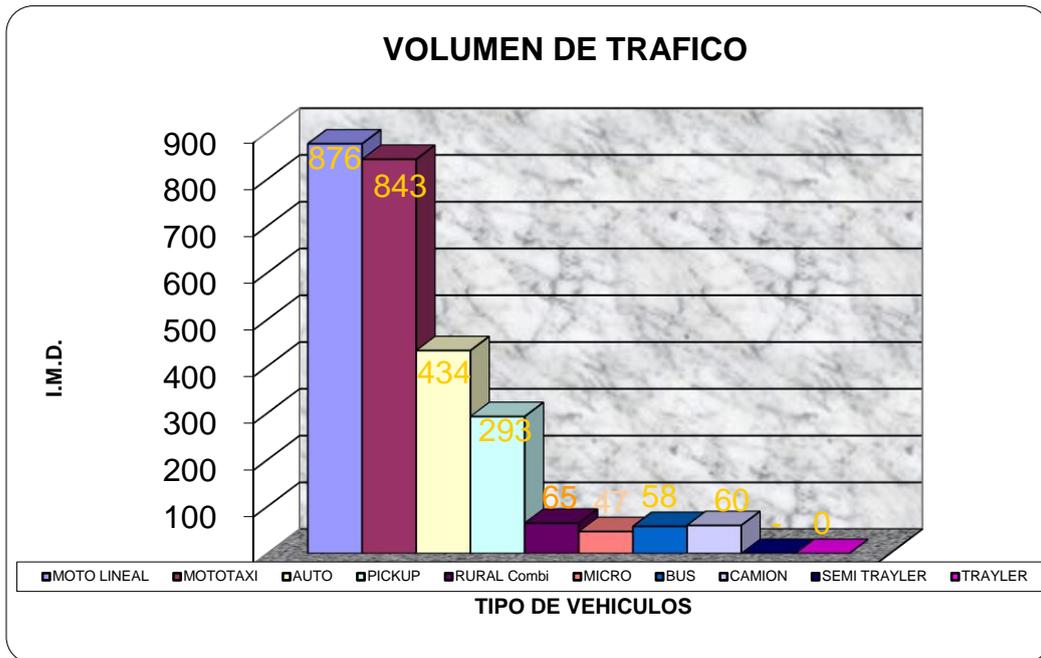
Fuente: Elaboracion Propia.

Gráficos 2 Clasificación Vehicular (Horas)- Calle Los Diamantes



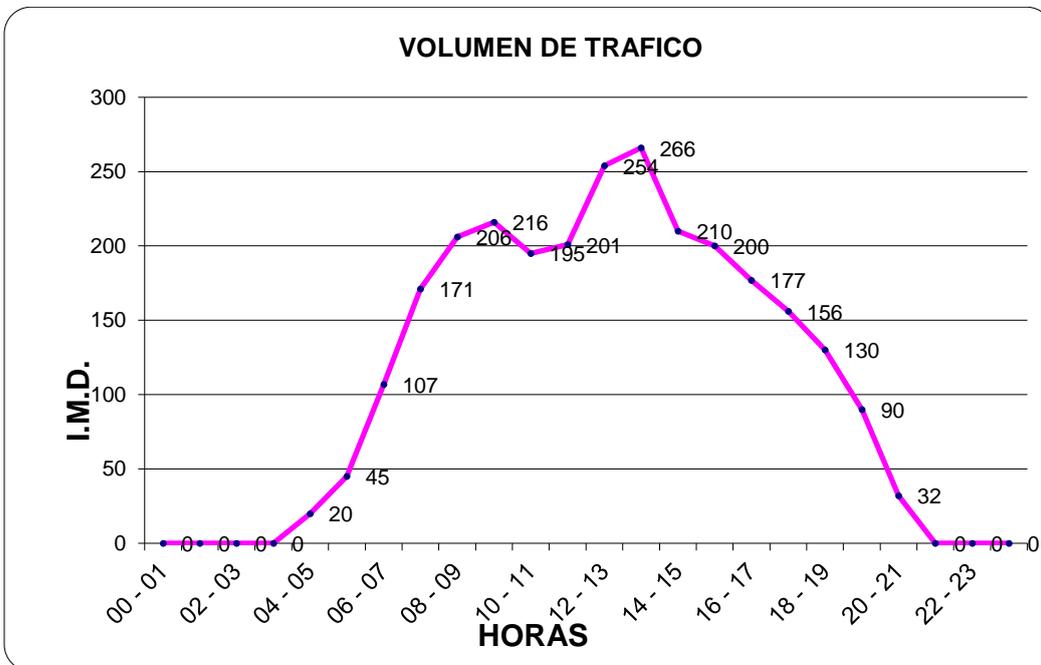
Fuente: Elaboracion Propia.

Gráficos 3 Clasificación vehicular (Tipos de vehículos) – Calle Pedro Ruiz Gallo



Fuente: Elaboracion propia.

Gráficos 4 Clasificación Vehicular (Horas)- Calle Pedro Ruiz Gallo



Fuente: Elaboracion propia.

3.5.3. Metodología AASHTO para el diseño del pavimento rígido

Se muestra paso a paso el diseño del pavimento rígido, con la metodología AASTHO 93 de la carretera Calle Los Diamantes.

Periodo de diseño

Para el diseño se escogera un periodo de 20 años.

Tabla 15 Estudio de tránsito vehicular IMDS

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 -50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

Espesor de losa

Para las reiteraciones de los ejes equivalentes se realiza un calculo, se asume un espesor para el pavimento de esa manera lograr hallar el factor de la presion de los neumaticos.

Espesor = 200 mm = 20 cm (Asumido)

Indices de serviciabilidad

Tabla 16 Índice de serviciabilidad Inicial

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 17 Índice de serviciabilidad Inicial

INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL	
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes	
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor	

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 18 Factor de distribución por dirección

Po=	4.5	serviciabilidad inicial	
Pt =	2	serviciabilidad final	$\Delta PSI = Po - Pt = 2.5$

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 19 Número de carriles en ambas direcciones D = 0.5

Número de carriles en ambas direcciones	D 10	
2	0.50	factor de dirección ida y vuelta
4	0.45	
6 o más	0.40	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Factor de distribución por carril

L =	1 un carril en cada sentido =>	W18 =	100%
Nº DE CARRIL EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO		
1	100		
2	80 - 100		
3	60 - 80		
4 o más	50 - 75		

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 21 Código de eje cargado

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento	
L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tándem
L2 = 3	eje tridem

Fuente: Elaboración propia.

L2: Este valor depende del tipo de eje en contacto con el pavimento

Figura 14 ESAL para pavimento rígido METODO DEL AASTHO

CALCULO DEL ESAL PARA PAVIMENTO RIGIDO (METODO AASTHO)

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES
 PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASTHO 93Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"

UBICACIÓN: ESTE DE TUMBES

DATOS: T= 20 años
 esp = 200 mm
 Ft = 2
 D = 0.5 factor de dirección ida y vuelta
 L = 1 un carril en cada sentido => W18 = 100%

FORMULA DEL ESAL PARA PAVIMENTO RIGIDO METODO DEL AASTHO

$$Fec = - \frac{W_{18}}{W_{18}}$$

$$\log \frac{W_{18}}{W_{18}} = 4.62 \log(18+1) - 4.62 \log(L_1 + L_2) + 3.28 \log(L_2) + \frac{G_1}{\beta_1} - \frac{G_2}{\beta_2}$$

$$G_1 = \log \frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5} \quad \beta_1 = 1 + \frac{3.63 (L_1 + L_2)^{1.52}}{(D + 1)^{0.44} (L_2)^{1.52}}$$

FACTOR DE CRECIMIENTO: $G - Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$

ESAL = nI = (no) (G) (D) (L) (365) (Y)

En Donde: W₁₈ = # Aplicaciones de carga definida al final del tiempo t
 W_{18e} = # Aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t

Tipo de Vehículo	VEHICULOS LIGEROS						BUS						CAMIONES UNITARIOS						SEMITRAILER											
	Autos		Pick up		C. Rural		Micros		E		SE		E		SE		E		SE		2S V252		2S3		3S 1/3S 2		≥3S 3			
	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.	déant.	post.		
CARGA	1	0.8	1.2	1.5	1.5	2	2	7	11	7	16	7	11	7	18	7	23	7	11	18	7	11	25	7	18	18	7	18	25	
Lx (Kips)	2.2059	1.7647	2.6471	3.3089	3.3089	4.4118	4.4118	6.6177	15.441	24.265	15.441	35.294	15.441	24.265	15.441	39.706	15.441	50.736	15.441	24.265	39.706	15.441	24.265	55.148	15.441	39.706	39.706	15.441	39.706	55.148
no	76	76	43	43	10	10	7	7	6	6	3	3	9	9	2	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
f%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
Gt	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	
L2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	3	1	1	2	1	1	3	1	2	2	1	2	3	
93B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
log(Wrt/Wt)	3.5704	3.8674	3.3117	2.9771	2.9771	2.5198	2.5198	1.8338	0.2902	-0.572	0.2902	-0.366	0.2902	-0.572	0.2902	-0.59	0.2902	-0.521	0.2902	-0.572	-0.59	0.2902	-0.572	-0.679	0.2902	-0.59	-0.59	0.2902	-0.59	-0.679
G = Wt/VWrt	0.0003	0.0001	0.0005	0.0011	0.0011	0.009	0.009	0.0147	0.5126	3.7307	0.5126	2.3215	0.5126	3.7307	0.5126	3.8914	0.5126	3.3191	0.5126	3.7307	3.8914	0.5126	3.7307	4.779	0.5126	3.8914	3.8914	0.5126	3.8914	4.779
G Y	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778	29.778
ESAL	111.08	56.048	114.02	246.34	57.289	164.19	114.94	557.75	16715	121647	8357.3	37849	25072	192470	5571.5	42296	0	0	2785.8	20274	21148	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL	1421.653915						184567.5044						255409.0972						44208.06604											
TOTAL	0.49 x 10 ⁶																													

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Total} = \frac{1421.653915 + 184567.5044 + 255409.0972 + 44208.06604}{1000000} = 0.49 \times 10^6$$

Tabla 22 Confiabilidad

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

$$R = 80 \%$$

Tabla 23 Desviación estándar normal (ZR)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29
ZR =	-0.841	

Tabla 24 Error estándar combinado (So)

TIPO	(So)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40
So =	0.35

Módulo de reacción de subrasante “k”

Método empírico o mecanístico

- **Datos de la subbase: CBR= 30%**

-Ecuación Guía Mecanica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 * CBR^{0.64}$$

MR = 22529.342 psi = 155.45 Mpa

-Ecuación de Kentucky

-

(regresión exponencial)

$$MR = 1910 (CBR)^{0.68}$$

MR = 19296.379 psi = 133.15 Mpa

(regresión polinómica 2°)

$$MR = -7.5 CBR^2 + 800 CBR + 1820$$

MR = 19670 psi = 135.72 Mpa

Mínimo: ME = 133.15 Mpa

ME: Modulo de Elasticidad de la Sub Base.

- **Datos de la subrasante: CBR = 4.00%**

-Ecuación Guía Mecanica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 * CBR^{0.64}$$

MR = 6204.5359 psi = 42.81 Mpa

Ecuación de After Van Til et al

(regresión exponencial)

$$MR = 5490 (CBR)^{0.30}$$

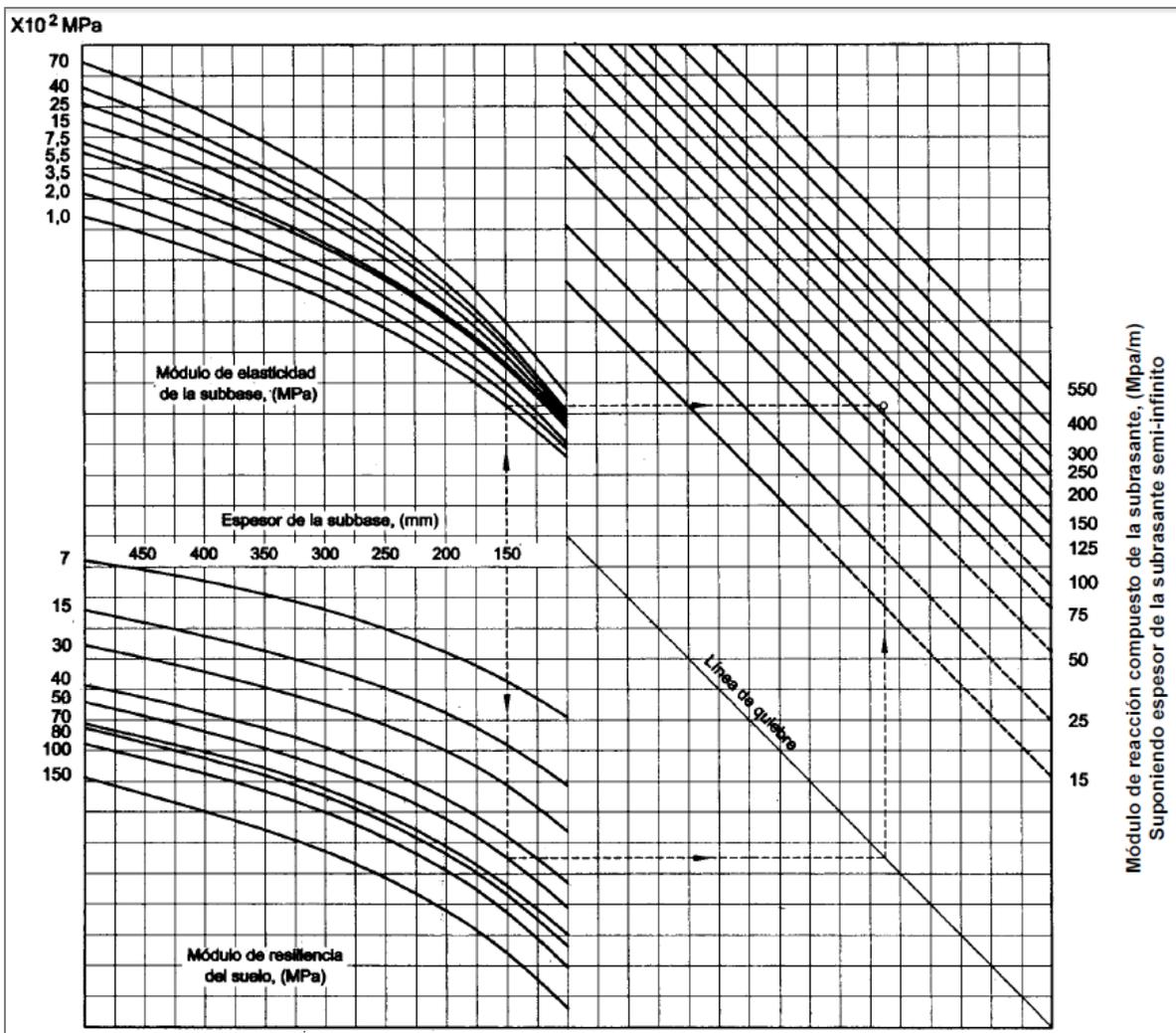
MR = 8321.284 psi = 57.42 Mpa

Mínimo: MR = 42.81 Mpa

MR: Modulo de Resiliencia del suelo.

Con estos datos podemos entrar al nomograma para encontrar el módulo de reacción compuesto.

Figura 15 Monograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante



MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRAZANTE (K) = 100.00 Mpa/m

Tabla 25 Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA			
	Excelente	2 horas		
Bueno	1 día			
Mediano	1 semana			
Malo	1 mes			
Muy malo	el agua no evacua			
Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad <u>proximos</u> a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Tabla 26 Coeficiente de transmisión de carga

Valores de coeficiente de transmisión de carga	Hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Con. Asfáltico		Con. Hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
Tipo de Pavimento				
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	—	2.3 - 2.9	—

J = 3.00

Módulo de elasticidad del concreto

Concreto $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$

$E_c = 57000 (f'c)^{0.5}$

$E_c = 3115170 \text{ psi} = 21494.7 \text{ Mpa}$

Módulo de rotura del concreto (mr)

Concreto $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$

$Mr = 8 - 10 (f'c)^{0.5}$

$Mr = 546.5 \text{ psi} = 3.77 \text{ Mpa}$

Determinación del espesor de pavimento (D)

Para el método de diseño AASTHO la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35\text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_{dx} = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

Datos

K =	42.52	Mpa/m	So =	0.35	
Ec =	21495	Mpa	R =	80 % =>	ZR = -0.841
Mr =	3.77	Mpa	Pt =	2	
J =	3.00		ΔPSI =	2.5	
Cd =	0.95		W80 =	0.42 x 10 ⁶	
			D =	??? mm	por tanteo
			D =	152.05 mm	

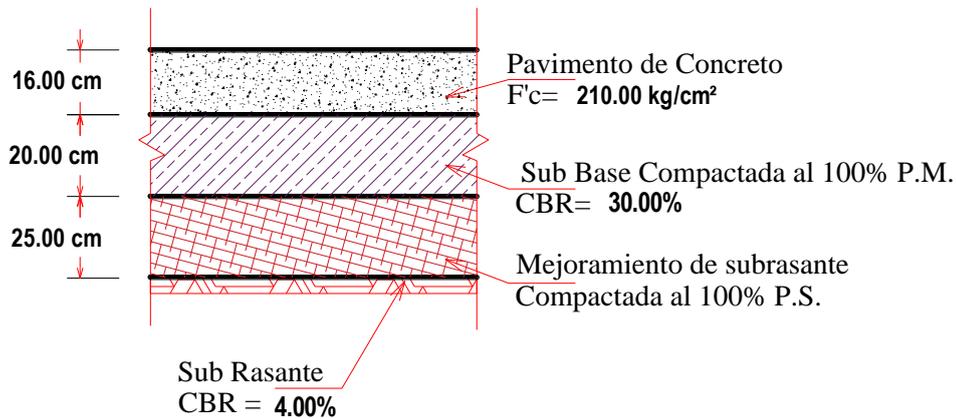
Resolviendo: Primer miembro = segundo miembro

$$5.62 = -0.29435 + 6.140700304 + -0.36418814 + -0.105817317 \rightarrow 5.62 = 5.704$$

- Espesor de pavimento de concreto calculado (D) = 152.05 mm
- Espesor de pavimento de concreto asumido (D) = 16.00 cm

Resultado del diseño del paquete estructural del pavimento:

Figura 16 Espesores del pavimento – Método AASTHO



Fuente: Elaboración propia.

3.5.4. Metodología PCA para diseño de pavimento rígido

Se efectuó el siguiente procedimiento:

A) Fijar tipo de junta y berma

Según el plano Topográfico que nos muestra la sección transversal de la Calle los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo concretamos que, el ancho para aplicar el diseño es finito por que en ambos lados de la vía tenemos veredas existentes.

Por lo tanto, precisamos la Junta con Dowells pero no se consideran bermas en sus laterales.

B) Determinar el módulo de rotura del concreto (para 28 días)

Para determinar el módulo se tomó en cuenta la resistencia a la compresión del concreto y la guía del manual de carreteras suelos, geología y pavimentos.

Tabla 27 Rotura de concreto

Rango de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia a la compresión (Kg/cm. ²)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm. ²)	CONVERSION A PSI (lb/plg.2)
< 5'000,000	210	40	569

Fuente: Elaboración Propia

C) Establecer el módulo de reacción k (equivalente) de la subrasante.

Para calcular el módulo de reacción K de la subrasante se consideró el porcentaje CBR, definitivo a partir del ensayo de California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California.

Para el desarrollo de la presente tesis se realizaron dos calicatas, teniendo los siguientes resultados de CBR para aplicar en el diseño PCA:

Tabla 28 Módulo de reacción

CALICATA	UBICACIÓN	CBR al 95% de M.D.S. (%) para 0.1"
C-01	CALLE LOS DIAMANTES	4.2
C-02	CALLE PEDRO RUIZ GALLO	3.8

Fuente: Elaboración Propia

Entonces según la tabla anterior determinamos a criterio utilizar el porcentaje de CBR al 95% promediando los dos porcentajes resultando 4.0%. como valor de diseño, tomamos como referencia ese dato para considerar el tramo mas desfavorable para ambas calles.

Tabla 29 Determinación del Módulo de Reacción(K) en función al CBR(%)

CBR	K	CBR	K	CBR	K	CBR	K
2	2	7	5.3	14	7.2	33	10
2.1	2.1	7.6	5.6	15	7.3	35	10.5
2.8	2.8	8	5.7	16	7.5	39	11.2
3	3	9	6	18	7.8	43	12
4	3.9	10	6.2	20	8	47	13
4.7	4.2	11	6.5	22	8.4	52	14
5	4.4	12	6.7	25	8.8	57	15
6	4.9	13	6.9	30	9.6	64	16.8

$$K= 3.9 \text{ Kg/cm}^3$$

$$K= 140.90 \text{ pci}$$

Determinación del Módulo de Reacción de la Sub base (Kc).

Tabla 30 Determinación del Módulo de Reacción de la Subbase Granular, en función del Módulo de Reacción de la Subrasante

VALOR K DE LA SUBRASANTE PCI	VALOR K DE LA SUBBASE, PCI			
	4	6	9	12
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

SUBRASANTE		SUBBASE
100	-	160
140.9	-	Kc
200	-	270

$$K_c = 197.18 \text{ pci}$$

D) Fijar el factor de seguridad de carga (FSC).

Para fijar el factor de seguridad de carga se considera 1.0 usado en calles con poco volumen de tránsito, vías residenciales.

E) Determinar la distribución de ejes de carga.

Para el cálculo, se tomó en cuenta el manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos, el cual nos muestra la repartición de cargas por ejes equivalentes (EE), obtuvimos el siguiente calculo, partiendo desde el IMDA.

Tabla 31 cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual)

TIPO DE VEHICULO	MI	J	V	S	D	L	M	IMDA	FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL(FE)	IMDA-2021	FORMULA (MANUAL MTC-PG 75) (1+i) ⁿ	IMDA-2024	FORMULA (MANUAL MTC-PG 77)	IMDA-2044(VEHICULOS QUE PASAN EN 20 AÑOS)
V.LIGEROS	186	170	167	97	117	103	116	137	1.122	154	1.089	167	29.78	4985
BUSES	8	9	10	7	5	9	10	8	1.043	8	1.121	9	29.78	279
CAMIONES	13	21	10	8	4	11	10	11	1.043	11	1.154	13	29.78	394
TRAILER SEMITRAILER	15	21	11	9	6	16	13	13	1.043	14	1.154	16	29.78	466
							TOTAL=	169		187		206		6124

Fuente: Elaboración Propia

Para continuar con los cálculos, agrupamos la carga por eje, calculando el factor de equivalencia de carga para luego calcular el factor de índice medio diario anual. Según se muestra en la tabla N°32.

Tabla 32 Calculo para el F. IMDA

TIPO DE VEHICULO	IMDA-2024	CARGA DE VEHICULO POR EJE(TN)	FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGAS	F.IMDA
V.LIGEROS	167	1	0.000436385	0.07
	167	1	0.000436385	0.07
BUSES	9	11	3.334826273	30.01
	9	16	2.342740494	21.08
CAMIONES	13	18	3.458004411	44.95
	13	23	3.685352143	47.91
TRAILER SEMITRAILER	16	18	3.458004411	55.33
	16	25	4.164931279	66.64
			TOTAL=	266.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 Ejes Equivalentes, ESALs

F.IMDA	TIEMPO	Fd	Fc	Fca	EE=ESALs
266.07	365	0.5	1	29.78	1,446,050.54

Fuente: Elaboración Propia

F) Calcular el número esperado de repeticiones de ejes de diseño

Para el cálculo de repeticiones permisibles en el diseño por el método PCA, es importante determinar el número de cargas reiteradas de ejes equivalentes por cada tipo.

Cabe resaltar, que es necesario realizar el cálculo mediante grupos de ejes simple y ejes tándem. Tal como se muestra a continuación.

CÁLCULO DE ESPESORES:

1. Carga por eje en Toneladas

$$1 = \text{carga en kips} * 0.454$$

Tabla 34 Distribución de Cargas por Eje en Kips

	calles residencial es	carretera de tercera clase	carretera de segunda clase	carretera de primera clase	autopista de segunda clase	autopista de primera clase
	liviano ligero	Liviano	Mediano	Pesado ligero	Pesado	Sobrecargado
Ejes simples	Numero de ejes por cada 1000 camiones					
Carga kips	1	2	3	4	5	6
34.0						0.19
32.0						0.54
30.0				0.45	0.58	0.63
28.0				0.85	1.35	1.78
26.0			0.07	1.78	2.77	3.52
24.0			1.60	5.21	5.92	4.16
22.0		0.96	2.60	7.85	9.83	9.69
20.0		4.23	6.63	16.33	21.67	41.82
18.0		15.81	16.61	25.15	28.25	68.27
16.0	11.57	38.02	23.88	31.82	38.83	57.07
14.0	20.87	56.11	47.76	47.73	53.94	
12.0	39.07	124.00	116.76	182.02	168.85	
10.0	103.40	204.96	142.70			
8.0	283.13	483.10	233.60			
6.0	369.97	732.28				
4.0	846.15	1693.31				
Ejes tandem	Numero de ejes por cada 1000 camiones					
Carga kips	1	2	3	4	5	
60.0						0.57
56.0						1.07
52.0				1.19	1.96	1.79
48.0				2.91	3.94	3.03
44.0			1.16	8.01	11.48	3.52
40.0			7.76	21.31	34.27	20.31
36.0	14.22	4.19	38.79	56.25	81.42	78.19
32.0	27.82	69.59	54.76	103.63	85.54	109.54
28.0	38.55	68.48	44.43	121.22	152.23	95.79
24.0	42.24	39.18	30.74	72.54	90.52	71.16
20.0	64.33	57.10	45.00	85.94	112.81	
16.0	72.69	75.02	59.25	99.34	124.69	
12.0	48.34	139.30	91.15			
8.0	39.21	85.59	47.01			
4.0	15.12	31.90				

2. Correlación carga por LSF

$$2 = 1 * \text{FACTOR DE SEGURIDA0}$$

3. Repeticiones en el periodo de diseño

$$3 = \text{NUMERO DE CAMIONES} * \text{carga escogida}$$

dependiendo de que tipo de transito es

Tabla 35 Carga de Liviano Ligero

	calles residencial es	carretera de tercera clase	carretera de segunda clase	carretera de primera clase	autopista de segunda clase	autopista de primera clase
	liviano ligero	Liviano	Mediano	Pesado ligero	Pesado	Sobrecargado
Ejes simples	Numero de ejes por cada 1000 camiones					
Carga kips	1	2	3	4	5	6
34.0						0.19
32.0						0.54
30.0				0.45	0.58	0.63
28.0				0.85	1.35	1.78
26.0			0.07	1.78	2.77	3.52
24.0			1.60	5.21	5.92	4.16
22.0		0.96	2.60	7.85	9.83	9.69
20.0		4.23	6.63	16.33	21.67	41.82
18.0		15.81	16.61	25.15	28.25	68.27
16.0	11.57	38.02	23.88	31.82	38.83	57.07
14.0	20.87	56.11	47.76	47.73	53.94	
12.0	39.07	124.00	116.76	182.02	168.85	
10.0	103.40	204.96	142.70			
8.0	283.13	483.10	233.60			
6.0	369.97	732.28				
4.0	846.15	1693.31				
Ejes tandem	Numero de ejes por cada 1000 camiones					
Carga kips		1	2	3	4	5
60.0						0.57
56.0						1.07
52.0				1.19	1.96	1.79
48.0				2.91	3.94	3.03
44.0			1.16	8.01	11.48	3.52
40.0			7.76	21.31	34.27	20.31
36.0	14.22	4.19	38.79	56.25	81.42	78.19
32.0	27.82	69.59	54.76	103.63	85.54	109.54
28.0	38.55	68.48	44.43	121.22	152.23	95.79
24.0	42.24	39.18	30.74	72.54	90.52	71.16
20.0	64.33	57.10	45.00	85.94	112.81	
16.0	72.69	75.02	59.25	99.34	124.69	
12.0	48.34	139.30	91.15			
8.0	39.21	85.59	47.01			
4.0	15.12	31.90				

4. Repeticiones Admisibles

4.1. Esfuerzo Equivalente

$$\sigma_{eq} = \frac{6 * Me}{h^2} * f_1 * f_2 * f_3 * f_4$$

Donde:

“Me”, depende del tipo de eje y si el diseño es con berma o sin berma.

- Sin Berma de concreto

Eje - Simple

$$Me = -1600 + 2525 * \log(l) + 24.42 * l + 0.204 * l^2$$

Eje - Tándem

$$Me = 3029 - 2966.8 * \log(l) + 133.69 * l - 0.0632 * l^2$$

- Con Berma de concreto

Eje - Simple

$$Me = (-970.4 + 1202.6 * \log(l) + 53.587 * l)(0.8742 + 0.01088 * k^{0.447})$$

Eje - Tándem

$$Me = (2005.4 - 1980.9 * \log(l) + 99.008 * l)(0.8742 + 0.01088 * k^{0.447})$$

Además, el (l)

$$l = \frac{E * h^3}{12 * (1 - u^2)}$$

$$l = \frac{4000000 * h^3}{12 * (1 - 0.15^2)}$$

$$l = 32.18 \text{ in}$$

$$\log(l) = 1.5076$$

Posteriormente, Fórmula de f1:

En eje simple

$$F1 = \left(\frac{24}{SAL}\right)^{0.06} - \left(\frac{SAL}{18}\right)$$

$$F1 = \left(\frac{24}{18}\right)^{0.06} - \left(\frac{18}{18}\right)$$

$$F1 = 1.01741 \text{ (corrección de ejes sencillos)}$$

En eje Tándem

$$F1 = \left(\frac{48}{TAL}\right)^{0.06} - \left(\frac{TAL}{36}\right)$$

$$F1 = \left(\frac{48}{36}\right)^{0.06} - \left(\frac{36}{36}\right)$$

$$F1 = 1.01741 \text{ (corrección de ejes tandem)}$$

Fórmula de f2:

Sin berma de Concreto

$$F2 = 0,892 + \frac{h}{87,71} - \frac{h^2}{3000}$$

$$F2 = 0,892 + \frac{7.9}{87,71} - \frac{7.9^2}{3000}$$

$$F2 = 0,963 \text{ (Sin berma)}$$

Con berma de Concreto

$$F2 = 1 \text{ (Con berma)}$$

Fórmula de f3:

$$F3 = 0,894 \text{ (6% de tráfico en bordes)}$$

Fórmula de f4:

$$F4 = \left(\frac{1}{1,235 * (1 - CV)} \right)$$

$$F4 = \left(\frac{1}{1,235 * (1 - 0,15)} \right)$$

$F4 = 0,9526078$ (corrección por variación de resistencia)

$$\sigma_{eq} = \frac{6 * Me}{h^2} * f_1 * f_2 * f_3 * f_4$$

$$\sigma_{eq} = \frac{6 * 2793,2654}{7,9^2} * 1,01741 * 0,963 * 0,895 * 0,9526078$$

$$\sigma_{eq}(psi) = 259,0034 \text{ (para ejes simples)}$$

$$\sigma_{eq}(kg/cm^2) = 18,226105 \text{ (para ejes simples)}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{6 * 3203,9624}{7,9^2} * 1,01741 * 0,963 * 0,895 * 0,9526078$$

$$\sigma_{eq}(psi) = 225,80 \text{ (para ejes tándem)}$$

$$\sigma_{eq}(kg/cm^2) = 15,889808 \text{ (para ejes tándem)}$$

En el Método PCA, se recomienda el uso del Coeficiente de Poisson de la losa igual al 15% como valor para dicho diseño.

Teniendo en cuenta que para el cálculo respectivo al número de repeticiones máximas permisibles, debe de cumplir con uno de los 3 casos siguientes:

a) Si: $\frac{\text{Esfuerzo equivalente}}{\text{Resistencia M\u00ednima a la Flexo tracci\u00f3n del Concreto}} \geq 0,5$

$$\frac{259}{569} \geq 0,5$$

$$0,455 \geq 0,5 \text{ No cumple}$$

b) Si: $0,45 < \frac{\sigma_{eq}}{MR} < 0,55$

$$0,45 < \frac{259}{569} < 0,55$$

$$0,45 < 0,455 < 0,55 \text{ OK (SI CUMPLE)}$$

c) Si: $0,45 > \frac{\sigma_{eq}}{MR}$

$$0,45 > \frac{259}{569}$$

$$0,45 > 0,455 \text{ No cumple}$$

Para el caso que si cumpliera (el n\u00famero de repeticiones m\u00e1ximas permisibles ser\u00eda ilimitado):

$$N_f = \textit{ilimitado}$$

Entonces, utilizaremos la f\u00f3rmula del caso B, donde indica que:

$$N_f = \left(\frac{4,2577}{\frac{\sigma_{eq}}{MR} - (0,4325)} \right)^{3,268}$$

$$N_f = \left(\frac{4,2577}{\frac{259}{569} - (0,4325)} \right)^{3,268}$$

$$N_f = \left(\frac{4,2577}{0,455 - (0,4325)} \right)^{3,268}$$

$$N_f = 26'891'854.35402$$

$N_f = 26'891'855$ *repeticiones máximas permisibles*

Donde:

σ_{eq}	<i>Esfuerzo equivalente, en psi</i>
h	<i>Espesor de la losa, en pulgs</i>
k	<i>Módulo de reacción de la sub rasante, en pci</i>
$f1$	<i>Factor de ajuste del efecto dl peso de los ejes</i>
$f2$	<i>Factor de ajuste para las losas sin berma</i>
$f3$	<i>Factor de ajustee por el efecto en el esfuerzo</i>
$f4$	<i>Factor de ajuste por el aumento de la resistencia</i>
SAL	<i>Cargas de los ejes simples, en kips</i>
TAL	<i>Cargas de los ejes Tándem, en kips</i>
N_f	<i>Número de repeticiones máximas admisibles</i>

Tabla 36 Carga por Eje Simple – Repeticiones Máximas Admisibles

Carga por eje (Ton) (1)	Corrección carga por LSF (2)	Repeticiones en el periodo de diseño (3)	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles (4)	Acumulación de fatiga (5)	Repeticiones admisibles (6)	Acumulación erosión (7)
EJES SENCILLOS						
Esfuerzo equivalente:		1.8 MPa	259.0 psi			
Relación de esfuerzos:		0.415				
15.4	15.4	35	419	8.4%	418027	0.0%
14.5	14.5	100	1340	7.5%	590703	0.0%
13.6	13.6	8	4305	0.2%	857013	0.0%
12.7	12.7	157	13893	1.1%	1283993	0.0%
11.8	11.8	13	45063	0.0%	2002744	0.0%
10.9	10.9	296	147823	0.2%	3291713	0.0%
10.0	10.0	178	717005	0.0%	5811669	0.0%
9.1	9.1	1,227	17628969	0.0%	11399979	0.0%
8.2	8.2	2,927	Ilimitadas		26609648	0.0%
7.3	7.3	2,142	Ilimitadas		88691038	0.0%
6.4	6.4	3,863	Ilimitadas		1139779887	0.0%
5.4	5.4	7,232	Ilimitadas		Ilimitadas	
4.5	4.5	19,140	Ilimitadas		Ilimitadas	
3.6	3.6	52,409	Ilimitadas		Ilimitadas	
2.7	2.7	68,484	Ilimitadas		Ilimitadas	
1.8	1.8	156,627	Ilimitadas		Ilimitadas	

Tabla 37 Carga por Eje Simple – Repeticiones Máximas Admisibles

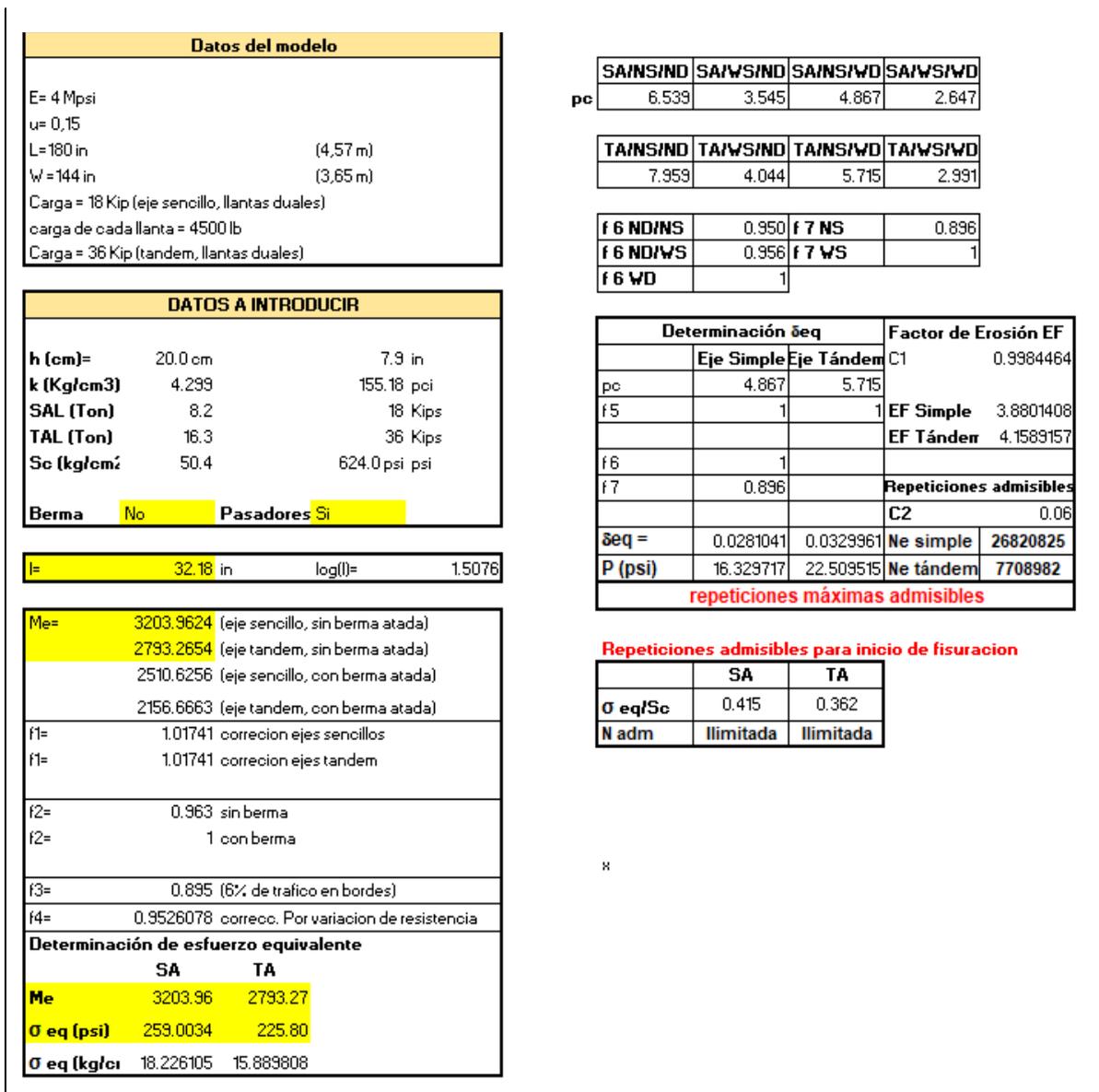
EJES TANDEM						
Esfuerzo equivalente:		1.6 MPa	225.8	psi		
Relación de esfuerzos:		0.362				
27.2	27.2	106	47060	0.2%	342196	0.0%
25.4	25.4	198	130929	0.2%	506365	0.0%
23.6	23.6	220	459098	0.0%	774930	0.0%
21.8	21.8	539	3659730	0.0%	1236858	0.0%
20.0	20.0	215	Ilimitadas		2084692	0.0%
18.2	18.2	1,436	Ilimitadas		3784539	0.0%
16.3	16.3	2,632	Ilimitadas		7660613	0.0%
14.5	14.5	5,150	Ilimitadas		18551450	0.0%
12.7	12.7	7,136	Ilimitadas		64827245	0.0%
10.9	10.9	7,819	Ilimitadas		920916741	0.0%
9.1	9.1	11,908	Ilimitadas		Ilimitadas	
7.3	7.3	13,455	Ilimitadas		Ilimitadas	
5.4	5.4	8,948	Ilimitadas		Ilimitadas	
3.6	3.6	7,258	Ilimitadas		Ilimitadas	
1.8	1.8	2,799	Ilimitadas		Ilimitadas	
			TOTAL, DE FATIGA	17.9%	TOTAL, DE EROSIÓN	0.3%

Para el Análisis de Fatiga y Erosión, se determina la deformación equivalente que depende si es con pasadores o sin pasadores; Para lo cual en este caso: Se utilizaran pasadores de 1". A continuación, se muestra la fórmula correspondiente a la deformación:

$$\delta_{eq} = \frac{pc}{k} * f_5 * f_6 * f_7$$

Posteriormente, se muestra en la siguiente figura el Análisis de Fatiga y Erosión:

Figura 17 Análisis de Fatiga y Erosión – Método PCA



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38 Resumen de Análisis de datos del Método PCA

RESUMEN DE ANALISIS DE DATOS						
K Subrasante	Espesor De Losa (Cm)	Módulo De Rotura (Mpa)	Factor De Seguridad	Consumo Fatiga	Consumo Erosión	Factibilidad
124.7 pci	20.0 cm	4.31	1	17.88%	0.34%	Es Factible
124.7 pci	21.0 cm	4.31	1	4.72%	0.22%	Es Factible
124.7 pci	22.0 cm	4.31	1	1.43%	0.14%	Es Factible
124.7 pci	23.0 cm	4.31	1	0.48%	0.10%	Es Factible
124.7 pci	24.0 cm	4.31	1	0.17%	0.06%	Es Factible
124.7 pci	25.0 cm	4.31	1	0.06%	0.04%	Es Factible
124.7 pci	26.0 cm	4.31	1	0.02%	0.03%	Es Factible
124.7 pci	27.0 cm	4.31	1	0.01%	0.02%	Es Factible
124.7 pci	28.0 cm	4.31	1	0.00%	0.01%	Es Factible
124.7 pci	29.0 cm	4.31	1	0.00%	0.01%	Es Factible
124.7 pci	30.0 cm	4.31	1	0.00%	0.01%	Es Factible
124.7 pci	31.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	32.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	33.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	34.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	35.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	36.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	37.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	38.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	39.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	40.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	41.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	42.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	43.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	44.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	45.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	46.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	47.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	48.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	49.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	50.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	51.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible
124.7 pci	52.0 cm	4.31	1	0.00%	0.00%	Es Factible

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18 Datos importantes para el Diseño de pavimento rígido - Método de la Portland Cement Association PCA 84

1. PROPIEDADES DE LA CARRETERA			
Tipo de carretera:	calles residenciales		
Numero de carriles por sentido:	1		
Bermas :	No		
Barras pasajuntas:	Si		
Tipo de subbase:	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS		
Periodo de diseño:	20.00	años	
Tipo de distribución de cargas de tráfico:	liviano ligero		
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:	6.0	% (Método PCA considera el 6%)	
Factor de seguridad de cargas:	1.1		
T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=	199.00	vehículos/día	
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:	15.6%		
Tasa de crecimiento anual:	4.9%		
Factor de distribución por carril:	1.00		
Factor direccional:	50%		
Tráfico de diseño (solo camiones pesados):	185,106	(vehículos de más de cuatro llantas)	
1. PROPIEDADES DE LA BASE Y DEL CONCRETO			
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO f'c (Kg/cm2)=	210 kg/cm2		
Valor CBR subrasante:	4.00 %	Espesor losa de Hormigón:	20.0 cm
Módulo k de subrasante:	34.2 MPa/m 124.7 pci		
Modulo k combinado:	42.5 MPa/m 155.2 pci		
Modulo de rotura:	4.31 Mpa 624.0 psi		
Varianza de resistencia:	15% (Método considera 15%)	Espesor base:	20.0 cm
FACTOR DE SEGURIDAD:	1		

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5. Juntas

Para las dimensiones de los paños de concreto, el ancho del pavimento rígido es de 3,00 metros para ambos carriles por lo que tenemos como largo de 3,40 metro de largo de la losa. Esto nos interesará para conocer la cuantía de pasadores que emplearemos en el pavimento.

Ancho de Carril	3.00 m
Longitud de Losa	3.40 m

3.5.6. Transferencia de carga

En este diseño, el uso de pasadores se requiere cuando existe un número mayor de 4'000,000EE de ESAL. Teniendo este diseño el número indicado para lo recomendado. Por lo tanto, los espesores se determinan para cada método empleado

Para el pavimento diseñado con el Método AASHTO

Espesor	16 cm
Ø Pasador	1"
Long. Pasador	410 mm
Separación Pasador	300 mm

Para el pavimento diseñado Método PCI

Espesor	16 cm
Ø Pasador	1"
Long. Pasador	410 mm
Separación Pasador	300 mm

3.5.7. Costos del Pavimento

Para este diseño, se evaluará el costo solo de la estructura del pavimento; es decir, del pasador, base granular y la carpeta de rodadura. Posteriormente, se determina el metrado de cada partida, su análisis de costo unitario y finalmente su costo total de la estructura del pavimento.

Metrados

Tabla 39 Metrados según método AASHTO

METRADOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA LA METODOLOGIA AASHTO										
Item	Descripción	Und.	N° Veces	Dimensiones			N° Elementos	Longitud (m)	Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto				
1	METRADO PARA AASHTO									
1.01	BASE GRANULAR, E= 0.20 M	M2								3300.00
	Para pavimento		1.00	550.00	6.00				3300.00	
1.02	LOSA DE CONCRETO F'C=210 KG/CM2, E= 0.16 M	M2								3300.00
	Para pavimento		1.00	550.00	6.00				3300.00	
1.03	PASADORES LISOS	M								1062.72
	Para pavimento		162.00				16.00	0.41	1062.72	

Fuente: Elaboración Propia

	Long. del pavimento	Long. de c/paño	Cant. Pasadores
Cantidad de Pasadores	550.00	3.4	162

Tabla 40 Metrados según método PCA

METRADOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA LA METODOLOGIA PCA										
Item	Descripción	Und.	N° Veces	Dimensiones			N° Elementos	Longitud (m)	Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto				
1	METRADO PARA PCA									
1.01	BASE GRANULAR, E= 0.20 M	M2								3300.00
	Para pavimento		1.00	550.00	6.00				3300.00	
1.02	LOSA DE CONCRETO F'C=210 KG/CM2, E= 0.20 M	M2								3300.00
	Para pavimento		1.00	550.00	6.00				3300.00	
1.03	PASADORES LISOS	M								1062.72
	Para pavimento		162.00				16.00	0.41	1062.72	

Fuente: Elaboración Propia

	Long. del pavimento	Long. de c/paño	Cant. Pasadores
Cantidad de Pasadores	550.00	3.4	162

Costos Unitarios

Los costos de las partidas se muestran en el siguiente análisis de costos unitarios:

Tabla 41 Análisis de costo unitario de Base Granular

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA UN PAVIMENTO RIGIDO							
PARTIDA:	Base Granular E=0.20 M.						
Rendimiento:	1300 m2/día	Costo Unitario directo por:			m2	Total:	S/ 14.99
Descripción	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Costo Parcial	Costo Total		
1. Mano de Obra							
Oficial	hh	3.0000	0.0185	19.16	0.35		
Peón	hh	6.0000	0.0369	17.32	0.64		
					0.99		
2. Materiales							
Material Afirmado	m3		0.2000	55.00	11.00		
Agua	m3		0.0290	1.20	0.03		
					11.03		
3. Equipos y Herramientas							
Herramientas Manuales	%mo		5.0000	0.99	0.05		
Camión Cisterna (Agua)	hm	1.0000	0.0062	100.00	0.62		
Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 70 - 100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0062	180.00	1.12		
Motoniveladora de 125 HP	hm	1.0000	0.0062	190.00	1.18		
					2.96		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42 Análisis de costo unitario de Pasadores Lisos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA UN PAVIMENTO RIGIDO							
PARTIDA:	Pasadores Lisos						
Rendimiento:	200 m2/día	Costo Unitario directo por:			m	Total:	S/ 51.66
Descripción	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Costo Parcial	Costo Total		
1. Mano de Obra							
Operario	hh	1.0000	0.0400	24.21	0.97		
Oficial	hh	2.0000	0.0800	19.16	1.53		
Peón	hh	1.0000	0.0400	17.32	0.69		
					3.19		
2. Materiales							
Material Afirmado	kg		0.0300	15.00	0.45		
Agua	kg		3.9800	12.00	47.76		
					48.21		
3. Equipos y Herramientas							
Herramientas Manuales	%mo		5.0000	3.19	0.16		
Cizalla de acero para construcción	Und.	1.0000	0.0400	2.50	0.10		
					0.26		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43 Análisis de costo unitario de Concreto $f'c=210$ kg/cm²

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA UN PAVIMENTO RIGIDO							
PARTIDA:	Losa de Concreto $f'c=210$ kg/cm ² , E=0.20 cm						
Rendimiento:	110 m ² /día	Costo Unitario directo por:			m ²	Total:	S/ 93.65
Descripción	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Costo Parcial	Costo Total		
1. Mano de Obra							
Operario	hh	4.0000	0.2909	24.21	7.04		
Oficial	hh	2.0000	0.1455	19.16	2.79		
Peón	hh	10.0000	0.7273	17.32	12.60		
					22.43		
2. Materiales							
Piedra Chancada de 1/2"	m ³		0.1520	75.00	11.40		
Clavos para madera c/c 2 1/2"	kg		0.0600	4.66	0.28		
Arena Gruesa	m ³		0.1134	35.00	3.97		
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		1.9600	23.50	46.06		
Agua	m ³		0.0368	12.71	0.47		
					62.18		
3. Equipos y Herramientas							
Herramientas Manuales	%mo		3.0000	21.71	0.65		
Regla de Aluminio de 2"x3"x5 m	hm		0.0200	70.00	1.40		
Cortadora de Pavimento	hm	0.1000	0.0571	15.12	0.86		
Vibrador de Concreto 4 HP 2.4"		0.5710	0.3263	15.00	4.89		
Mezcladora de Concreto 11 P3 (23HP)	hm	1.0000	0.0727	16.95	1.23		
					9.04		

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Método de análisis de datos

Se ha logrado recolectar la información mediante un análisis más directo y a través de pruebas de laboratorio, han permitido tener un estudio más claro y preciso sobre la elaboración de los pavimentos. Según Hernández et al. (2017) menciona que los análisis en una investigación depende del nivel de medición que se da en las variables de estudio, hipótesis y el interés del investigador .

Asimismo, se consideraron los programas de ingeniería Civil 3D. Microsoft que permitieron realizar un adecuado estudio al diseño de pavimentos mediante el método PCA, además se ha creído conveniente hacer uso de la guía, para realizar la elaboración mediante el método de AASHTO 93 el diseño de pavimento de concreto.(MTC, 2014)

3.7. Aspectos éticos

La Universidad César Vallejo, ha establecido los principios éticos como un factor fundamental en las investigaciones, ya que considera al respeto como un principio muy importante ya que mediante este se predomina el respeto hacia las personas, a su condición y siempre salvaguardando su integridad física.

En el presente trabajo de investigación se consideró la responsabilidad y la ética respecto a la propiedad intelectual, los resultados, los datos obtenidos en el campo, y el análisis respectivo.

IV. Resultados

4.1. Resultado De Laboratorio

Las muestras que se extraído en este trabajo de investigación se realizaron 2 calicatas teniendo como distancia 1km con una respectiva profundidad de 1.50m de acuerdo a como nos indica el manual de carreteras Suelo, Geología, Geotécnica y Pavimento. En el capítulo IV – Suelos que nos otorga el Ministerio De Transporte y Comunicaciones.

4.2. Clasificación de suelos

En el siguiente proyecto tenemos un tramo de 550 m de la calle Los Diamantes y la calle Pedro Ruiz Gallo, en donde se ha extraído dos muestras para realizar su análisis, mencionamos que es importante realizar la visita de campo que se puede observar que la mayoría de veces la subrasante tiene el mismo suelo, esta forma se hicieron los ensayos para de esa manera poder comprobarlo.

El primer ensayo que se realizo fue el de análisis granulométrico y luego los Limites de Atteberg, obteniendo como resultado el tipo de suelo e índice de plasticidad homogéneo.

- **Calicata C-1:**

Se puede observar en los resultados como la primera muestra obtenida presenta un tipo de suelo de arcilla de mediana plasticidad (CL), teniendo en su granulometría de Grava: 0 %, Arena: 22% y Finos 78%, terminando con su índice de plasticidad (IP) de 18.2

- **Calicata C-2:**

Se puede observar en la segunda muestra, en donde se aprecia un tipo de suelo de arcilla de mediana plasticidad (CL), teniendo en su granulometría de Grava 0%, Arena 23% y Finos 77%, Terminando con su índice de plasticidad (IP) de 18.4

Tabla 44 Clasificación de suelos

Fuente: Elaboración Propia

Calicata	Profundidad	Muestra	Grava	Arena	Finos	L.L	L.P	I.P	S.U.C.S
N°	m		%	%	%				
C – 01	1.50	M1	0.0	22	78	39.5	21.3	18.2	CL
C – 02	1.50	M2	0.0	23	77	39.8	21.4	18.4	CL

Interpretación:

En la siguiente tabla se puede llegar apreciar la clasificación de cada calicata que se ha extraído en el campo, se continuo a realizar los ensayos de laboratorio como Granulometría y Limites de Atterberg. Dando como conclusión que las dos muestras extraídas comparten un mismo suelo, es decir un suelo arcilloso de mediana plasticidad.

4.2.1. Proctor Modificado

Tabla 45 Ensayo de compactación – Proctor Modificado (Calicata 1)

Proctor Modificado					
Descripción	Und	1	2	3	4
Contenido de agua	%	10.8	11.3	11.9	12.7
Densidad Seca	gr/cm3	1.73	1.82	1.90	1.81

Fuente: Elaboración Propia

Densidad Máxima (gr/cm3) 1.90

Humedad Optima (%) 11.9

Tabla 46 Ensayo de compactación – Proctor Modificado (Calicata 2)

Proctor Modificado					
Descripción	Und	1	2	3	4
Contenido de agua	%	10.8	11.1	11.8	12.4
Densidad Seca	gr/cm3	1.68	1.78	1.90	1.85

Fuente: Elaboración Propia

Densidad Máxima (gr/cm3) 1.90

Humedad Optima (%) 11.8

Interpretación:

Con las muestras extraídas, se coloca en una fuente para humedecerlo con un porcentaje de agua donde se mezcla hasta que el volumen quede húmedo, para después dividir en 5 partes, donde se colocara en el molde para proceder con 25 golpes en cada capa, finalizando los golpes se quita el collarín para extraer el material que excede en la parte superior del molde para pesarlo, para finalizar se extrae la muestra del molde para que sea pesado , luego ser secado en un horno donde estará durante un par de horas para de esa manera lograr calcular la muestra su humedad.

4.2.2. Soporte de California (CBR)

Tabla 47 Compactación CBR (Calicata 1)

Descripción	Compactación CBR – Calicata 1					
	1		2		3	
Molde Nro.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.00		2.06		2.13	
Densidad Seca (gr/cm3)	1.78		1.83		1.90	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48 Carga-Penetración del suelo natural (Calicata 1)

Penetraciones (Pulgadas)	Molde Nro.1			Molde Nro.2			Molde Nro. 3		
	Sin Corregir		Corregidas	Sin corregir		Corregidas	Sin corregir		Corregidas
	L.C	Carga kg	CBR %	L.C	Carga kg	CBR %	L.C	Carga kg	CBR %
0.1	2.6	56	4	3.3	71	5.1	4	85.6	6.2
0.2	4.1	88	4.2	5.3	113	5.5	6.4	137	6.6

Fuente: Elaboración Propia, 2021

C.B.R. al 95% de M.D.S (%) 0.1"	4.2%
C.B.R. al 100% de M.D.S (%) 0.1"	6.2%

Tabla 49 Compactación CBR (Calicata 2)

Descripción	Compactación CBR – Calicata 1					
	1		2		3	
Molde Nro.						
Condición de muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Densidad Humedad (gr/cm3)	1.98		2.12		2.13	
Densidad Seca (gr/cm3)	1.77		1.87		1.90	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50 Carga-Penetración del suelo natural (Calicata 2)

Penetraciones (Pulgadas)	Molde Nro.1			Molde Nro.2			Molde Nro. 3		
	Sin Corregir		Corregidas	Sin corregir		Corregidas	Sin corregir		Corregidas
	L.C	Carga kg	CBR %	L.C	Carga kg	CBR %	L.C	Carga kg	CBR %
0.1	2.3	49	3.5	3.2	68	4.9	3.9	83	6
0.2	4.1	88	4.2	5	1.07	5.2	6.1	130	6.3

Fuente: Elaboración Propia, 2021

C.B.R. al 95% de M.D.S (%) 0.1"	3.8%
C.B.R. al 100% de M.D.S (%) 0.1"	6.0%

Interpretación:

-Se tuvo que tener 3 especimenes, pesarlos y colocarles el collar a cada uno y el disco espaciador, despues se compacto con 5 capas con 10 golpes , 25 golpes y 56 golpes, al primer,segundo y tercer especimen respectivamente.

-Desmotamos el molde para invertirlo y colocarlo nuevamente, quitando al disco espaciador con los anillos para de manera las sobrecargas completar , donde se sumerge por un tiempo de cuatro días.

-Despues que se cumplio con el tiempo , se cambia a un mecanismo de prensa para aplicar carga del piston de penetracion, se apunta las diferentes lecturas de las cargas para las penetraciones.

4.3. Estudio De Trafico

4.3.1. Metodologia para el trabajo de campo

La metodologia utilizada se baso en la observacion hecha en la respectiva localidad, con la guia del Manual para Conteo de Trafico, se establecio una estacion para contar el trafico.

4.3.2. Evaluacion de transito existente

sta via donde se a realizado los estudios el terreno natural se puede observar como se encuentra en un mal estado, provocando que los vehiculos no tengan un buen acceso.

De acuerdo al conteo que se realizo a los vehiculos que cruzan por esta via , mayormente son vehiculos ligeros y con un flujo de vehiculos regular.

4.3.3. Calculo de indice medio diario semanal

Es la cantidad de vehiculos totales que cruzan por un tiempo dado , menos o igual a un año, dividio con los dias del periodo.

Los resultados del proceso de contar los vehiculos,con los datos que se han obtenido al contar y clasificar los vehiculos en el campo , se realizo el analisis la consistencia de la misma.

En el cuadro se resume el recuento del trafico y la clasificacion diaria.

Tabla 51 Índice medio diario semanal – Calle Pedro Ruiz Gallo

TRAMO	RUTA	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO												
					MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS	TRAYLERS
CALLE PEDRO RUIZ GALLO		E - 1	E	1,328	432	419	214	148	28	25	24	5	33	-	-	-	-
			S	1,348	444	424	220	145	37	22	15	14	27	-	-	-	-
			E + S	2,676	876	843	434	293	65	47	39	19	60	-	-	-	-
			%	100.0	32.7	31.5	16.2	10.9	2.4	1.8	1.5	0.7	2.2	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52 Índice medio diario semanal – Calle Los Diamantes

TRAMO	RUTA	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO												
					MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS	TRAYLERS
CALLE. LOS DIAMANTES		E - 1	E	1,862	571	758	263	152	30	26	24	5	33	-	-	-	-
			S	1,863	602	726	269	148	39	23	15	14	27	-	-	-	-
			E + S	3,725	1,173	1,484	532	300	69	49	39	19	60	-	-	-	-
			%	100.0	31.5	39.8	14.3	8.1	1.9	1.3	1.0	0.5	1.6	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Cálculo del índice medio anual

Con los volúmenes diario semanales con el tipo de vehículos, se continuo a realizar el INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, en donde mostramos, es importante dar mención que estos valores que se aprecian se consideran el transito que se a contabilizado en ambos sentidos.

Tabla 53 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.10.21		VIERNES 08.10.21		SABADO 09.10.21		DOMINGO 10.10.21		LUNES 11.10.21		MARTES 12.10.21		PROMEDIO DIARIO					
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)				
Autos	36.00	43.90	30.00	37.74	29.00	36.02	30.50	55.96	36.50		59.84		27.50	45.08	27.50	45.83	31	45.35		
Camionetas Pick Up	28.00	34.15	26.00	32.70	29.00	36.02	13.50	24.77	17.00		27.87		15.50	25.41	17.50	29.17	21	30.62		
Camioneta Rural	5.50	6.71	6.00	7.55	6.00	7.45	2.50	4.59	3.50		5.74		5.00	8.20	4.00	6.67	5	6.79		
Micro	4.00	4.88	4.00	5.03	7.00	8.70	1.00	1.83	1.50		2.46		3.50	5.74	2.50	4.17	3	4.91		
Ómnibus 2E	3.00	3.66	3.50	4.40	3.50	4.35	2.00	3.67	1.50		2.46		3.00	4.92	3.00	5.00	3	4.08		
Ómnibus 3E	1.00	1.22	1.00	1.26	1.50	1.86	1.50	2.75	1.00		1.64		1.50	2.46	2.00	3.33	1	1.99		
Camión 2 E	4.50	5.49	9.00	11.32	4.50	5.59	3.50	6.42	0.00		0.00		5.00	8.20	3.50	5.83	4	6.27		
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00		
Camión 4E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00		
Semitrailer 5E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00		
TOTAL PROMEDIO DIARIO	82.00	100.00	79.50	100.00	80.50	100.00	54.50	100.00	61.00		100.00		61.00	100.00	60.00	100.00	68.36	100.00		
																		TOTAL, PROMEDIO PERIODO	68	100.00
																		TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO		
																		DIAS LABORABLES	73	
																		VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA		
																		SABADO	55	
																		VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA		
																		DOMINGO	61	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.10.21		VIERNES 08.10.21		SABADO 09.10.21		DOMINGO 10.10.21		LUNES 11.10.21		MARTES 12.10.21		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB	IMD	DISTRIB (%)
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)
Autos	36.00	43.90	30.00	37.74	29.00	36.02	30.50	55.96	36.50	59.84	27.50	45.08	27.50	45.83	31	45.35
Camionetas Pick Up	28.00	34.15	26.00	32.70	29.00	36.02	13.50	24.77	17.00	27.87	15.50	25.41	17.50	29.17	21	30.62
Camioneta Rural	5.50	6.71	6.00	7.55	6.00	7.45	2.50	4.59	3.50	5.74	5.00	8.20	4.00	6.67	5	6.79
Micro	4.00	4.88	4.00	5.03	7.00	8.70	1.00	1.83	1.50	2.46	3.50	5.74	2.50	4.17	3	4.91
Ómnibus 2E	3.00	3.66	3.50	4.40	3.50	4.35	2.00	3.67	1.50	2.46	3.00	4.92	3.00	5.00	3	4.08
Ómnibus 3E	1.00	1.22	1.00	1.26	1.50	1.86	1.50	2.75	1.00	1.64	1.50	2.46	2.00	3.33	1	1.99
Camión 2 E	4.50	5.49	9.00	11.32	4.50	5.59	3.50	6.42	0.00	0.00	5.00	8.20	3.50	5.83	4	6.27
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
Camión 4E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
Semitrailer 5E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	82.00	100.00	79.50	100.00	80.50	100.00	54.50	100.00	61.00	100.00	61.00	100.00	60.00	100.00	68.36	100.00
TOTAL, PROMEDIO PERIODO															68	100.00
TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO																
DIAS LABORABLES															73	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA																
SABADO															55	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA																
DOMINGO															61	

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 55 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS, IMD (Veh/día), Calle Pedro Ruiz Gallo

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.10.21		VIERNES 08.10.21		SABADO 09.10.21		DOMINGO 10.10.21		LUNES 11.10.21	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
ómnibus 3E	1.00	18.18	1.00	10.00	1.50	25.00	1.50	30.00	1.00	100.00	1.50	23.08
Camión 2 E	4.50	81.82	9.00	90.00	4.50	75.00	3.50	70.00	0.00	0.00	5.00	76.92
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 4E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Semitrailer 5E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL, PROMEDIO DIARIO	5.50	100.00	10.00	100.00	6.00	100.00	5.00	100.00	1.00	100.00	6.50	100.00
										TOTAL, PROMEDIO PERIODO		
										TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES		
										VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO		
										VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO		

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 56 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.10.21		VIERNES 08.10.21		SABADO 09.10.21		IMD	DOMINGO 10.10.21		LUNES 11.10.21	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)		DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	
Autos	54.50	53.69	45.00	45.69	41.00	44.09	31.50	56.76	36.50	59.84	27.50	45.08	
Camionetas Pick Up	27.50	27.09	28.50	28.93	29.50	31.72	13.50	24.32	17.00	27.87	15.50	25.41	
Camioneta Rural	6.00	5.91	7.50	7.61	6.00	6.45	2.50	4.50	3.50	5.74	5.00	8.20	
Micro	5.00	4.93	4.00	4.06	7.00	7.53	1.00	1.80	1.50	2.46	3.50	5.74	
ómnibus 2E	3.00	2.96	3.50	3.55	3.50	3.76	2.00	3.60	1.50	2.46	3.00	4.92	
ómnibus 3E	1.00	0.99	1.00	1.02	1.50	1.61	1.50	2.70	1.00	1.64	1.50	2.46	
Camión 2 E	4.50	4.43	9.00	9.14	4.50	4.84	3.50	6.31	0.00	0.00	5.00	8.20	
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Camión 4E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Semitrailer 5E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL, PROMEDIO DIARIO	101.50	100.00	98.50	100.00	93.00	100.00	55.50	100.00	61.00	100.00	61.00	100.00	

TOTAL, PROMEDIO PERIODO
TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO
DIAS LABORABLES
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA
SABADO
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA
DOMINGO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.11.21		VIERNES 08.11.21		SABADO 09.11.21		IMD	DOMINGO 10.11.21	LUNES 11.10.21		MARTES 12.10.21		PROMEDIO DIARIO				
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)		DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)			
Autos	54.50	56.77	45.00	50.85	41.00	47.13	31.50	62.38	36.50	60.83	27.50	50.46	30.00	51.72	38.00	53.79			
Camionetas Pick Up	27.50	28.65	28.50	32.20	29.50	33.91	13.50	26.73	17.00	28.33	15.50	28.44	18.50	31.90	21.43	30.33			
Camioneta Rural	6.00	6.25	7.50	8.47	6.00	6.90	2.50	4.95	3.50	5.83	5.00	9.17	4.00	6.90	4.93	6.98			
Micro	5.00	5.21	4.00	4.52	7.00	8.05	1.00	1.98	1.50	2.50	3.50	6.42	2.50	4.31	3.50	4.95			
ómnibus 2E	3.00	3.13	3.50	3.95	3.50	4.02	2.00	3.96	1.50	2.50	3.00	5.50	3.00	5.17	2.79	3.94			
TOTAL, PROMEDIO DIARIO	96.00	100.00	88.50	100.00	87.00	100.00	50.50	100.00	60.00	100.00	54.50	100.00	58.00	100.00	70.64	100.00			
																	TOTAL, PROMEDIO PERIODO	71	100.00
																	TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO		
																	DIAS LABORABLES	77	
																	VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA		
																	SABADO	51	
																	VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA		
																	DOMINGO	60	

Fuente: Elaboración Propia

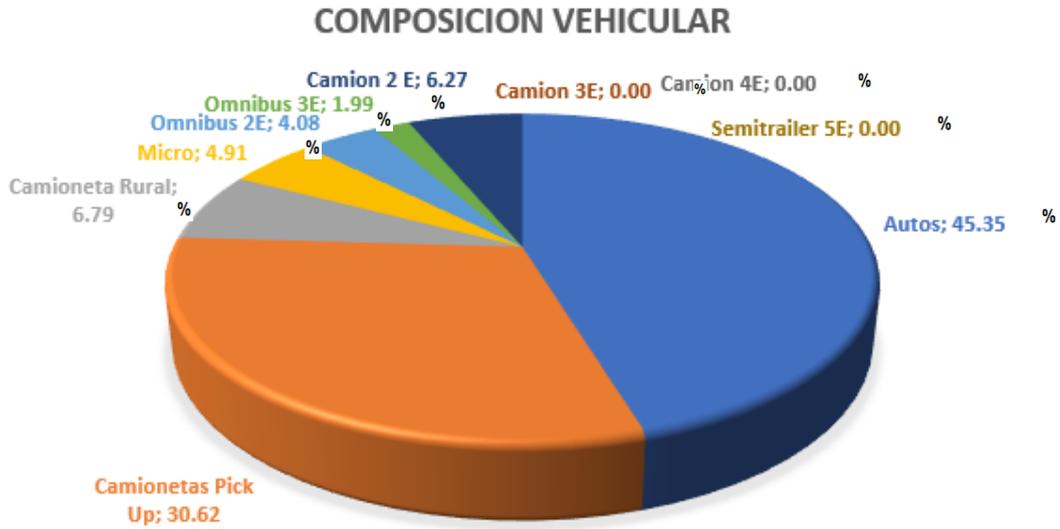
Tabla 58 IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS, IMD (Veh/día), Calle Los Diamantes

TIPO DE VEHICULOS	MIERCOLES 06.10.21		JUEVES 07.10.21		VIERNES 08.10.21		SABADO 09.10.21		IMD	DOMINGO 10.10.21	LUNES 11.10.21		MARTES 12.10.21		PROMEDIO DIARIO			
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)		DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)		
ómnibus 3E	1.00	18.18	1.00	10.00	1.50	25.00	1.50	30.00	1.00	100.00	1.50	23.08	2.00	36.36	1.36	24.05		
Camión 2 E	4.50	81.82	9.00	90.00	4.50	75.00	3.50	70.00	0.00	0.00	5.00	76.92	3.50	63.64	4.29	75.95		
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Camión 4E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Semitrailer 5E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL, PROMEDIO DIARIO	5.50	100.00	10.00	100.00	6.00	100.00	5.00	100.00	1.00	100.00	6.50	100.00	5.50	100.00	5.64	100.00		
																TOTAL, PROMEDIO PERIODO	6	100.00
																TOTAL, PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES	7	
																VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO	5	
																VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO	1	

Fuente: Elaboración Propia

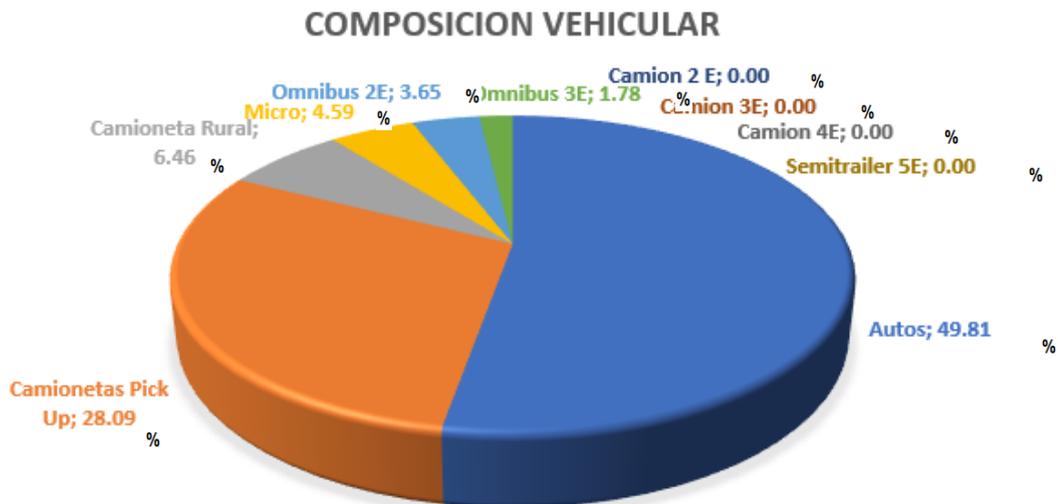
4.3.5. Composición Vehicular

Gráfico 5 Composición vehicular - Calle Pedro Ruiz Gallo



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6 Composición vehicular – Calle Los Diamantes



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En los dos gráficos estadísticos se puede notar en los resultados que se han obtenido en el estudio de tráfico vehicular para cada uno de los vehículos, donde se puede apreciar que hay una mayor cantidad de vehículos ligeros.

4.3.6. Tráfico vehicular diario

Tabla 59 Tráfico Vehicular diario -Calle Los Diamantes

Tráfico Vehicular Diario Clasificación E-01		
(Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	38	49.81
Camionetas Pick Up	21	28.09
Camioneta Rural	5	6.46
Micro	4	4.59
Ómnibus 2E	3	3.65
Ómnibus 3E	1	1.78
Camión 2E	4	5.62
Camión 3E	0	0.00
Camión 4E	0	0.00
Semitrailer 5E	0	0.00
TOTAL	76	100

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60 Tráfico Vehicular diario -Calle Pedro Ruiz Gallo

Tráfico Vehicular Diario Clasificación E-02		
(Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	31	45.35
Camionetas Pick Up	21	30.62
Camioneta Rural	5	6.79
Micro	3	4.91
Ómnibus 2E	3	4.08
Ómnibus 3E	1	1.99
Camión 2E	4	6.27
Camión 3E	0	0.00
Camión 4E	0	0.00
Semitrailer 5E	0	0.00
TOTAL	68	100

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En las dos tablas que se ha elaborado expresa el total del Índice Medio Anual, donde la primera tabla es 76 veh/ día con sus porcentajes y en la segunda tabla es de 68 veh/día con sus porcentajes.

4.3.7. Proyección del tránsito

Las tasas del crecimiento de los vehículos cambian, va a depender que tipo de vehículo, determinar su serie histórica del tráfico, basado en estudios anteriores del determinado tramo o de diferentes vías de la naturaleza similar. Para el tramo que se utilizó para el estudio no se encontró información con datos históricos o estadísticas de tráfico, que nos pueda haber servido de utilidad.

Tabla 61 Proyección de tráfico – Calle Los Diamantes

PROYECCION DE TRAFICO				
IMD (Veh/dia)				
Tasa de crecimiento poblacional (%) =			1.58	
Tasa de crecimiento PBI departamental (%) =			2.60	
Periodo de diseño (años)=			20	
TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE CREC.	IMD PROYECTADO
	IMD	DISTRIB (%)	(%)	
Autos	38	49.81	1.58	51
Camionetas Pick Up	21	28.09	1.58	29
Camioneta Rural	5	6.46	1.58	7
Micro	4	4.59	1.58	5
ómnibus 2E	3	3.65	1.58	4
ómnibus 3E	1	1.78	1.58	2
Camión 2 E	4	5.62	1.58	6
Camión 3E	0	0.00	1.58	0
Camión 4E	0	0.00	1.58	0
Semitrailer 5E	0	0.00	1.58	0
TOTAL	76	100.00		103

IMD proy. = 103 veh/dia

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62 Proyección de tráfico – Calle Pedro Ruiz Gallo

PROYECCION DE TRAFICO				
IMD (Veh/dia)				
Tasa de crecimiento poblacional (%) =	1.58			
Tasa de crecimiento PBI departamental (%) =	2.60			
Periodo de diseño (años)=	20			
TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IM D	DISTRIB (%)	CREC . (%)	PROYECTAD O
Autos	31	45.35	1.58	42
Camionetas Pick Up	21	30.62	1.58	28
Camioneta Rural	5	6.79	1.58	6
Micro	3	4.91	1.58	5
Omnibus 2E	3	4.08	1.58	4
Omnibus 3E	1	1.99	1.58	2
Camión 2 E	4	6.27	1.58	6
Camión 3E	0	0.00	1.58	0
Camión 4E	0	0.00	1.58	0
Semitrailer 5E	0	0.00	1.58	0
TOTAL	68	100.00		92

IMD proy. = 92 veh/dia

Fuente: Elaboración propia

Para la proyección de tráfico se ha empleado la siguiente formula:

$$Tr = T (1 + Rt)^{(n-1)}$$

Donde:

Tr = Proyección de tráfico en años “n”

T = IMD promedio del periodo de análisis

Rt = Tasa de crecimiento poblacional aplicada

n = Periodo de diseño

4.4. Diseño de Pavimento rígido – AASHTO

Se utilizo formulas y tablas para poder diseñar el pavimento de concreto de esa manera obtener el espesor de la losa.

n=	20 años	Pt=	2.00
W18=	0.42×10^6	J=	3.00
K=	50.44 Mpa/m	Cd=	0.95
Conf. (%)	80%	$E_c =$	21495 Mpa
=		$S_c =$	52.49 Mpa
Zr=	-0.841	D=	Tanteo
So=	0.35		

Al tantear el espesor de losa de la formulada que está dada por el AASHTO, tiene que ser igual a $\text{Log}_{10}(W18)$, se obtiene:

$$D = 152.05 \text{ mm} = 16 \text{ cm}$$

4.5. Diseño de Pavimento rígido – PCA

Para este diseño, de pavimento con método PCA, se da inicio a conocer cada parámetro que es fundamental para el desarrollo del cálculo de espesores tanto de la Carpeta de pavimento rígido como de la sub rasante. Así mismo, se conoció el consumo de fatiga y erosión que obtiene de manera independiente para ejes simples y tándem. Además, se calculó el número de repeticiones máximas permisibles haciendo uso del esfuerzo equivalente y del módulo de resiliencia obtenida para el diseño.

K Sub rasante	124.7
K Combinado	155.2
Espesor de Losa	8"
Sub base	8"
Factor de Seguridad de carga	1.1
Módulo de rotura	624.0

Se determinaron los porcentajes por debajo del cien por ciento para los consumos de Erosión y Fatiga. Siendo 17,88 y 3,34 respectivamente. Por lo consiguiente, el espesor de la carpeta de rodadura cumple con lo recomendado.

D 8" = 20 cm

Para el uso de pasadores:

Ø Pasador 1"
 Long. Pasador 410 mm
 Separación Pasador 300

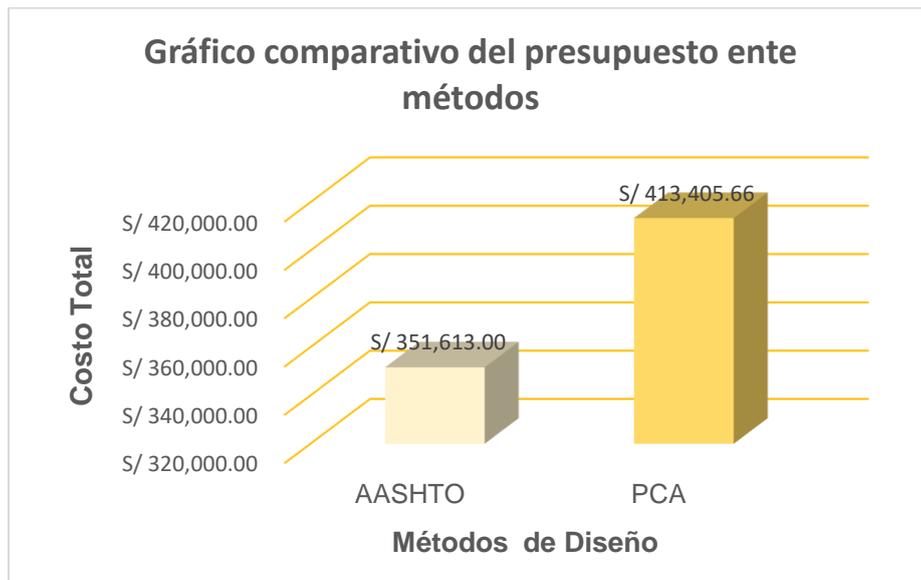
4.6. Costo del Pavimento rígido

Tabla 63 Análisis Comparativo de costos de Pavimento entre método AASHTO y PCA

COSTOS DEL PAVIMENTO RIGIDO						
ESTUDIO: COMPARACION ECONOMICA DE PAVIMENTO ENTRE EL METODO AASHTO Y PCA						
MÉTODO	PARTIDA	UND	METRADO	C.U	PARCIAL	COSTO TOTAL
AASHTO	BASE GRANULAR, E= 0.20 M	m2	3300.00	S/	14.99 S/ 49,473.16	
	LOSA DE CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m2	3300.00	S/	74.92 S/ 247,236.00	S/ 351,613.00
	PASADORES LISOS	m	1062.72	S/	51.66 S/ 54,903.83	
PCA	BASE GRANULAR, E= 0.20 M	m2	3300.00	S/	14.99 S/ 49,473.16	
	LOSA DE CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m2	3300.00	S/	93.65 S/ 309,028.67	S/ 413,405.66
	PASADORES LISOS	m	1062.72	S/	51.66 S/ 54,903.83	

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 7 Comparación del presupuesto entre ambos métodos de diseño



Fuente: Elaboración propia

El gráfico comparativo del presupuesto entre ambos métodos tal cual se muestra en la figura anterior. Demuestra que el Método AASTHO, representa un 14.95% menos costosa que el pavimento diseñado con el método PCA.

V. DISCUSIÓN

Según el estudio de tráfico elaborado para la calle Los diamantes el cual se encuentra clasificado en el tráfico vehicular diario E-01, donde indica que transitan 76 vehículos por día de los cuales el 49.81% son vehículos livianos, el 34,14% son categoría N1 y el 11.05% son vehículos pesados de categoría N2. Obteniendo un ESAL de 0.49×10^6 . Y siendo proyectado para un periodo de 20 años. Con una tasa de crecimiento poblacional de 1.58% y una tasa de crecimiento PBI departamental del 2.60%, se obtuvo que 103 vehículo transitarían en la calle Los diamantes para el 2044.

Para la calle Pedro Ruiz Gallo que obtuvo que transitan 68 vehículo por día y aplicando la proyección población en 20 años. Se determinó que transitarían 92 vehículos al día. Es decir, 11 vehículos menos que la calle Los diamantes. Para el segundo diseño con el método PCA donde se determinó el espesor de 8" (20 cm) para la capa de base granular y 8" (20 cm) de la carpeta de rodadura.

El resultado similar que presenta Tiznado y Zavaleta en su estudio en el año 2021, donde muestra que para una carretera de 2401 metros longitud. Transitan 343 vehículos por día de los cuales 79.60% son de vehículos livianos y el 17,07 y 3.33% son vehículo pesados de categoría N1 y N2 respectivamente. Obteniendo un ESSAL proyectado de 1.66×10^6 para el diseño de la metodología PCA donde termina de espesor 6" que asumido resulta de 20 cm. Y una carpeta de rodadura de 20 cm de espesor. Obteniendo así, un espesor de 16" equivalentes a 40 cm. Siendo así, el resultado similar al diseño de este proyecto.

Con respeto a la comparación de la estructura del pavimento rígido, resultó de manera adecuada. Viéndose, que para ambos diseños se calculó a detalle cada resultado obtenido. Puesto que, se utilizaron las características necesarias para el diseño.

En el primer diseño se logró obtener que la base granular determinada fue de 20 cm de espesor equivalente a 8" y que para el cálculo de la carpeta de rodadura se obtuvo un espesor de 16 cm. Que, sumados a la capa anterior, resultan 36 cm de

espesor. Siendo esta la estructura de pavimento determinada con el método AASHTO 93.

Por otro lado, en el segundo diseño se determinó el cálculo de espesores utilizando las mismas características aplicadas en el primer diseño. Obteniendo así, resultados similares y determinando cada uno de los parámetros que se requieren para cada etapa. Donde para el espesor de la base granular se obtuvo un espesor de 20cm. Y para la carpeta de rodadura se determinó un espesor igual de 20cm equivalentes a 8" por capa. Que, sumadas ambas capas se determinó un espesor de 16" equivalentes a 40 cm para el paquete estructural de este pavimento ubicadas en las calles los diamantes y Pedro Ruiz Gallo.

Se establece la manera en que influye en concreto en la construcción de pavimento rígido. Donde, al hacer uso de este tipo de pavimento su vida útil estimada es mayor a los 20 años. Para lo cual, para que esto suceda se tiene que realizar ciertos tipos de mantenimientos rutinarios, y anuales según se requiera. Y mantenimientos correctivos en casos especiales. Además, que si bien es cierto que su costo es alto a lo largo del tiempo resulta muy provechoso. Puesto que, su elaboración será viable y beneficiosa en cambios climáticos y otras eventualidades que deterioran muchas veces otros tipos de pavimentos.

Se determina el costo de estructura del pavimento mediante ambos métodos. Que, para el primer diseño se determinó que para la carpeta granular de 16 cm de espesor. Se obtuvo un metrado de 3300.00 m² y un costo unitario de S/. 14.99 soles que a producto de ello se obtuvo el costo de S/. 49,473.16 soles para la primera partida.

Para la losa de concreto de esfuerzo de compresión de 210 kg/cm² se determinó un metrado de 3300.00 m² y un costo unitario de S/. 74.92 soles que a producto de ello se obtuvo S/. 247,236.00 soles para la segunda partida.

Y finalmente se determinó el metrado para los pasadores lisos con un total de 1062.72 metros lineales y un costo unitario de S/. 51.66 soles que a producto de ello se obtuvo un valor de S/. 54,903.83 soles para la última partida del método AASTHO. Que, sumando el total de las 3 partidas. Se obtuvo el costo total del

diseño propuesto. Siendo, S/. 351,613.00 soles el monto total del presupuesto en el primer diseño de pavimento rígido.

Para el segundo diseño se determinó que, para la carpeta granular de 20 cm de espesor. Se obtuvo un metrado de 3300 m² y un costo unitario de S/. 14.99 soles que a producto de ello se obtuvo el costo de S/. 49,473.16 soles para la primera partida. Costo similar al diseño AASTHO puesto que, ambas bases comprenden del mismo espesor.

Para la losa de concreto de esfuerzo de compresión de 210 kg/cm² se determinó un metrado de 3300.00 m² y un costo unitario de S/. 93.65 soles que a producto de ello se obtuvo S/. 309,028.67 soles para la segunda partida. Costo diferente puesto que la carpeta de rodadura determinada para este método es mayor a lo calculado en el método AASHTO.

Por último, se determinó el metrado para los pasadores lisos con un total de 1062.72 metros lineales y un costo unitario de S/. 51.66 soles que a producto de ello se obtuvo un valor de S/. 54,903.83 soles para la última partida del método AASTHO. Costo similar al método AASHTO puesto que, su longitud en ambos diseños es el mismo calculado. Que, sumando el total de las 3 partidas. Se obtuvo el costo total del diseño propuesto. Siendo, S/. 413,405.66 soles el monto total del presupuesto en el segundo diseño de pavimento rígido.

Por lo tanto, se deduce que determinados ambos métodos de diseño. El primer diseño es más viable. Puesto que influye mucho en el valor económico. Siendo, el método AASHTO el 14.95% de valor diferencial menor al costo total de presupuesto referencial obtenido con el método PCI.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó, la subrasante del pavimento rígido en la construcción de ambas calles estudiadas. Teniendo en cuenta cada parámetro que fue necesario para su cálculo respectivo. Resultando que, su límite líquido es de 39.5, el límite plástico es de 21.3, el índice de plasticidad de 18.2, la máxima densidad seca 1.90 gr/cm³ y el CBR al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1" es de 4.2%. (Ver pág.73)

2. Se determinó, de qué manera influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos en ambas zonas de dicho estudio. Donde, de los resultados obtenidos del estudio de tráfico en la calle de los diamantes. Se muestra que transitan 76 vehículos por día. Mientras que en la calle Pedro Ruiz Gallo, transitan 68 vehículos por día. Es decir, 10.52% menos que los vehículos que transitan en la calle los diamantes. Además, que, con la obtención del ESAL de 0.49×10^6 y una proyección de 20 años se determinó un valor diferencial del 10.68% con una tasa de crecimiento del 1.58% respecto a cada calle. (Ver pág. 46)

3. Se determinó, los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por ambas metodologías. Donde, para el método AASHTO se determinó que la carpeta de rodadura es de 16 cm de espesor y para la base granular se obtuvo un espesor de 20 cm. Para lo cual, se obtuvo que su paquete estructural con el método AASHTO es de 36 cm de espesor. Mientras que, para el método PCA, se determinó un espesor de 20 cm para la carpeta de rodadura y de 20 cm de espesor para la base granular. Que, sumadas ambas capas. Resultan un espesor de 40 cm. Por lo tanto, resultó una diferencia de 4 cm. de espesor respecto al primer método empleado. (Ver pág. 44 y 52)

4. Se determinó, el análisis de costo del pavimento rígido aplicado para ambos métodos. Para lo cual, dio inicio con el desarrollo del método AASTHO, evaluando cada parámetro necesario para su correcto desarrollo. Obteniéndose, un

presupuesto de S/. 351,613.00 soles. Y posteriormente, se procedió a determinar el diseño con el método PCA, detallando sus características propuestas y asumidas. Logrando, obtener el cálculo de espesores para cada capa del paquete estructural estudiado. Además, Se consideró que el consumo de fatiga y erosión sea factible y cumpla con lo recomendado para el diseño. Obteniéndose, un presupuesto de S/.413,405.66 soles. Siendo mayor al primer diseño. Así mismo, se determinó el cálculo de los pasadores. Resultando S/. 54.903,83 soles lo estimado para ambos métodos. Para lo cual, la correcta aplicación de ambos métodos generará obtener mayor precisión en obtención de resultado. Por ende, el primer diseño resulta ser más favorable, para un diseño de pavimento rígido ubicado en calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo. Puesto que, es más económico para un proyecto de este tipo. (Ver pág. 90)

5. Se determinó, la estructura del pavimento rígido empleando ambos métodos para posterior a ello ser comparados y evaluados. Considerando, que se utilizaron las mismas características para cada método. Siendo así, el método AASHTO, el método que obtuvo el diseño más significativo. Puesto que, se obtuvo un presupuesto menor al diseño PCA. Siendo, el 14,95% el valor diferencial referente a la relación que sostienen entre ambos diseños. Donde se notó más económico el primer diseño debido a su precisión en el cálculo de espesores. Para lo cual, esta representación se muestra en la figura de comparación de presupuestos entre ambos diseños. (Ver pág. 90)

VII. RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de la estructura de pavimento rígido, se debería considerar el uso de nuevos métodos de diseño que se obtenga una mayor precisión al diseñar cada capa que comprende este paquete estructural. Para que, a su vez, sea beneficiado tanto el profesional involucrado como el cliente. Obteniendo una documentación ordenada tanto para el diseño, cálculo de cantidades y presupuesto referencial del proyecto. Llevando de la mano, también el tiempo de diseño sin causar deficiencias durante su proceso de diseño.
2. Para la influencia del tráfico vehicular en el diseño de pavimentos rígidos, se debería considerar el uso de softwares empleados a la metodología BIM que permitan identificar más a detalle cada parámetro relacionado al tráfico vehicular.
3. Para los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por ambas metodologías, se debería considerar módulos de roturas mayores para lograr identificar los espesores mínimos al diseño del pavimento empleado.
4. Para el costo del pavimento, se debería considerar también el estado del clima. Puesto que, cada región tiene tipo de climas que va de los más leves al más fuerte. Lo cual la humedad podría causar un costo adicional al estado económico determinado anteriormente.

REFERENCIAS

- Agregados (arena y grava). (2011). *sitecal*. Obtenido de <http://www.sitecal.com.bo/files/14.%20ENSAYO%20GRANULOMETRICO%20GRAVA-ARENA.pdf>
- Aguilar Barojas, S. (2015). Formulas for the calculation of the sample in health research. *Salud en Tabasco*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Alvarez Pouguta, I. P., & Martínez Ñañez, m. A. (2015). *Variabilidad de resultados en la modelación numérica de pisos industriales, alterando el modulo de rotura del concreto (tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia)*. Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2441/1/TRABAJO%20FINAL.pdf>
- Arias Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). The research protocol III. Study. *RAM*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>
- Becerra Salas, M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto*. Lima: Flujo Libre. Obtenido de https://www.academia.edu/9036949/Autor_T%C3%B3picos_de_Pavimentos_de_Concreto
- Bojorque, J., Cabrera, A., & Urgiles, D. (2017). *Application of the experimental design for the analysis of rigid pavements based on the PCA method*. Ecuador. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1975/1412>

- Briceño, J., González de Celis, G., & Briceño, B. (2019). Comparison of the material shedding in rigid pavements reinforced with electro-welded mesh or fibres. *redalyc*, 10. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5075/507567854012/>
- Cabrera Illescas, A. B., & Urgiles Parra, D. D. (2017). *Análisis de sensibilidad de parámetros en el diseño de pavimentos rígidos por los métodos de la AASHTO y PCA*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27328>
- Calla Mamani, E. A. (2015). *“Pavimentación De Los Jirones Achaya, Manco Capac, Conde De Lemus, Arica Y Puno De La Municipalidad Distrital De Caminaca Azángaro (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano)*. Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1862/Calla_Mamani_Efrain_Albert.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castro, J., & Orobio, A. (2015). Free Software for Concrete Pavement Design. *PCAcálculo*. Obtenido de https://edoc.tips/download/pcacalculo-software-libre-para-diseño-de-pavimentos-de-concreto--3_pdf
- Chairman, B., & Vice Chairman, K. (2010). *Design of Pavement Structures*. Published by the. Obtenido de <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- Chavez Vergara, A. R. (2018). *Análisis comparativo entre el pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Mullaca a Chavín. Huaraz - 2018 (Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo)*. Huaraz. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25965?show=full>

- Congreso de la República del Perú. (29 de Junio de 2016). Ley Que Regula La Ejecución De Obras De Servicios Públicos Autorizadas Por Las Municipalidades En Las Áreas de Dominio Público. *El Peruano*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-la-ejecucion-de-obras-de-servicios-publicos-a-ley-n-30477-1398360-5/>
- Díaz Bravo, M. A. (2019). *Índice de Condición de Pavimento Flexible del km 142 al km 148 de la Carretera Chota – Lajas, Región Cajamarca, 2017*. Chiclayo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37104/D%c3%adaz_BMA.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Figueroa Gómez , J. A. (2005). *Guía Para uso del Método de diseño de estructuras de pavimentos Nuevos Según Método AASHTO 2022 (Tesis de Pregrado, Universidad el Salvador)*. San Salvado. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4538/1/Gu%C3%ADa%20para%20el%20uso%20del%20m%C3%A9todo%20de%20dise%C3%B1o%20de%20estructuras%20de%20pavimentos%20nuevos%20seg%C3%BAn%20m%C3%A9todo%20AASHTO%202002.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2017). *Metodología de la Investigación*. Mexico: MC GRAW HILL. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., Rijcke, S., & Rafols, I. (2015). O Manifesto de Leiden em indicadores de investigação. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92438580012>

Instituto Boliviano Del Cemento Y El Hormigón . (2015). Lineamientos Generales para el Diseño Geométrico de Juntas. *IBCH*. Obtenido de https://www.ibch.com/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdown&id=16#:~:text=La%20colocaci%C3%B3n%20de%20juntas%20en,cambios%20de%20temperatura%20y%20humedad.&text=Por%20otra%20parte%20la%20presencia,en%20la%20losa%20de%20hormig%C3%B3n

Jaimes Chinome, A. C. (2020). *Guía Para El Diseño De Pavimentos Rígidos En Vías Urbanas Con Aplicación En Municipios Con Poblaciones Menores A 50 000 Habitantes(Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas Seccional Tunja)*. Tunja. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30448/2020Andresjaimes.pdf?sequence=1>

Kleeberg Hidalgo, F., & Ramos Ramírez, J. C. (2014). Sampling techniques in business and industry. *Ingeniería Industrial*, 33. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493002>

López, L. L. (2014). SAMPLE POPULATION AND SAMPLING. *Punto cero*. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>

Mallma Jimenez, J. L. (2018). *Evaluación de la Carpeta Asfáltica del Pavimento Flexible Aplicando el Método Índice de Condición del Pavimento (Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes)*. Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1041>

Menéndez Acurio, R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos ICG*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ingenieria-de-pavimentos-icg-pdf-free.html>

Minchán Lezcano, C. K. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE MÉTODOS DE DISEÑO AASHTO Y PCA APLICADO EN UNA VÍA PÚBLICA CAJAMARCA 2019* (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte). Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22273/Minch%c3%a1n%20Lezcano%20Christian%20Kevin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2016). GUÍA PARA LA GESTIÓN DE CUENTA DEL Impuesto Predial. *Cooperación alemana*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/tributos/doc/Guia_para_la_Gestion_de_Cuenta_IP.pdf

Ministerio de Transporte y Comunicaciones . (2021). El primer semestre del año el MTC. Obtenido de <https://peruconstruye.net/2021/07/01/en-el-primer-semestre-del-ano-el-mtc-ejecuto-s-4974-millones/>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos*. Colombia: Ediciones y Publicaciones. Obtenido de https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

Montejo Fonseca, A. (2014). *Ingeniería de pavimentos*. Colombia: Agora Editores. Obtenido de https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

Mora Cano, A. D., & argüelles saenz, C. A. (2015). *Diseño de Pavimento Rígido para la Urbanización Caballero y Gongora, Municipio de Honda - Tolima (Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia)*. Bogotá - Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2687/1/dise%C3%B1o%20de%20pavimento%20rigido%20para%20la%20urbanizaci%C3%B3n%20Caballero%20Gongora%2C%20Municipio%20de%20Honda-Tolima.pdf>

Muñoz-Valencia, A. F. (2019). PCAindustrial: free software to design industrial concrete pavements. *redaly*, 13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/496/49662418039/>

Muñoz-Valencia, A. F., & Orobio, A. (2018). PCAindustrial: free software to design industrial concrete pavements. *redly*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/496/49662418039/>

NOVA MORENO, J. D. (2017). *Propuesta de rehabilitación del pavimento rígido tramo Calle 127 D Cras 93f Y 96 (Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16526/NovaMorenoJoseDanian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>*

Novoa Ramírez, E., & Mejía Mejía, E. (2014). *Propuesta de rehabilitación del pavimento rígido tramo Calle 127 D Cras 93f Y 96 (Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada. Ediciones de la U. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uladech/70230?page=2>*

OSPINA CAMACHO, J. P. (2018). *Diseño Estructural de Pavimento Rígido de las Vías Urbanas en el Municipio del Espinal – Departamento del Tolima(tesis de Especialización, Universidad Cooperativa De Colombia. Colombia. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019_dise%C3%B1o_estructural_pavimento_r%C3%ADgido.pdf*

Pinto, A., & Torres, R. (2015). Impact of AASHTO LRFD bridge design specifications on analysis and design of reinforced concrete bridge decks. *Ciencia e Ingeniería*, 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550629002>

Robles Robles, r. H. (2018). *Diseño de un pavimento rígido para el segmento vial de la carrera 2 este entre la calle 41 b sur y calle 42 a sur del barrio la victoria la localidad de san cristóbal de la ciudad de bogotá. (Tesis de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20452/RoblesRoblesRamiroHernan2018.pdf?sequence=1>*

- Rodríguez Gómez , D., Meneses Naranjo , J., & Fábregues Feijoo, S. (2016). *Técnicas de Investigación social y educativa*. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uladech/114041>
- Tejada Abanto, E. G., & Salvatierra Oruna, L. F. (2019). *Efecto de la fibra de vidrio Tipo E sobre la resistencia a la compresión flexión y absorción del concreto de $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$* . Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39655/Tejada_AEG-Salvatierra_OLF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tiznado Aguilar , B. J., & Zavaleta Pejerrey, J. V. (2020). *Diseño de pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la carretera Matacoto, Yungay – Ancash - 2020 (Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo)*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63260>
- UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN. (2004). *Pavimentos*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2012/06/28/descargar-libro-completo-de-pavimentos/>
- Vargas Cordero, Z. R. (2019). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Educación*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Vargas, X., & Reyes, F. (2010). Asphalts' aging phenomenon. *Ingeniería E Investigación* . Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64316140003>
- Vega Pérrigo , D. A. (2018). *DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000)*. Lima. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISE%
c3%91O_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESI_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISE%c3%91O_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESI_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vega P érrigo, D. A. (2018). *Diseño De Los Pavimentos De La Carretera De Acceso Al Nuevo Puerto De Yurimaguas (Km 1+000 A 2+000)* (Tesis De Pregrado, Pontificia Universidad Católica Del Perú). Lima. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISE%
c3%91O_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESI
S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISE%c3%91O_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vilchez Alva, C. F. (2020). *Análisis comparativo de costos entre pavimento rígido y flexible de las vías alternas carretera marginal tramo ovalo Rondero - Bajo Portillo, Satipo*(Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes). Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2150>

Witczak , Y. (1971). *Principles of Pavement Design*. SECOND. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=UWBNPe6DeZ8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=Wiley,+J.+\(1975\).+Principles+of+Pavement+Design+\(2nd.\).+Interscience+Publication+%E2%80%93+Canad%C3%A1&ots=S_lqxRTfKv&sig=C7D8eRkDOB0trqxInWk6VxN61Lg#v=onepage&q=Wiley%2C%20J.%20](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=UWBNPe6DeZ8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=Wiley,+J.+(1975).+Principles+of+Pavement+Design+(2nd.).+Interscience+Publication+%E2%80%93+Canad%C3%A1&ots=S_lqxRTfKv&sig=C7D8eRkDOB0trqxInWk6VxN61Lg#v=onepage&q=Wiley%2C%20J.%20)

Yuni, , J. A., & Urbano, C. A. (2014). *Técnicas Para Investigar 2*. España. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA39&dq=tecnica+de+la+observaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjFs9L9rNDzAhW3KLkGHYuMCQAQuwV6BAglEAg#v=onepage&q=tecnica%20de%20la%20observaci%C3%B3n&f=false>

ANEXOS

Anexo 3: Operacionalización de variables.

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de investigación
V. I: El pavimento rígido	El cual es creado con el propósito de resistir las reiteradas cargas provocadas por el transporte público. (Montejo, 2002)	La variable se operacionaliza por las dimensiones de la Subrasante, Base, Concreto	Subrasante	Resistencia	Estudios de Laboratorio	Razón
			Base	Cargas		
				Evaluación del Tráfico (W18)		
			Concreto	Consistencia		
				Elasticidad		
				Espesor de la losa		
V. D: Método del diseño	Los métodos de diseños de pavimentos es necesario distinguir entre fallas funcionales y estructurales. Al menos en el caso de las vías peatonales, el factor principal que prevalece sobre la mayoría de las decisiones de diseño es la falla funcional. (Wiley, 1975).	La variable se operacionaliza por las dimensiones del método de Portland Cement Association (PCA) y el método AASHTO	Portland Cement Association (PCA)	Agrietamientos en las losas	Estudios de Laboratorio	Nominal
				Análisis de la erosión		
				Repetición de carga		
				Costo		
				Diseño del tránsito		
			Método AASHTO	Cargas Móviles		
				Tanteo de losa		
				Costo		

Anexo 4: Matriz de consistencia

Título	Problema	Justificación	Objetivos	Hipótesis	Tipo y Diseño de Investigación	Población	Muestra	Muestreo
<p>Diseño del Pavimento Rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo - Tumbes - 2021</p>	<p>General: ¿Cómo diseñar la estructura del pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo - Tumbes - 021?</p> <p>Específicos: ¿Cómo influye la subrasante en la construcción del pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021? ¿Cómo influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021? ¿Cómo se determina los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021? ¿Cómo se determina el análisis del costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO- 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021</p>	<p>-Permitirá aportar nuevos conocimientos del proceso de cada una de las metodologías AASHTO-93 y PCA propuestas en esta investigación.</p> <p>-La elaboración de ambos diseños aportara una idea mas clara al implementar un proyecto.</p> <p>-Demostrar el comportamiento que se da en la estructura de los pavimentos como consecuencia de los esfuerzos de las cargas las cuales se han dado por el transporte vehicular.</p> <p>-conocer cual de las propuestas planteadas logra representar un diseño ideal para el pavimento.</p>	<p>Objetivo General: Determinar la estructura del pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021</p> <p>Objetivo Específico: Determinar la subrasante en la construcción del pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021</p> <p>Determinar de qué manera influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021.</p> <p>Determinar los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021</p> <p>Determinar el análisis del costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO- 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo -Tumbes - 2021.</p>	<p>Hipótesis general: Existe una adecuada comparación de la estructura del pavimento rígido mediante el método AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo</p> <p>Hipótesis específicas: H₁: Se realizó una adecuada representación de la subrasante en la construcción de pavimento rígido de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo H₁: Se estableció la manera que influye el tráfico en la construcción de los pavimentos rígidos de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo H₁: Se Determinó los espesores que conforman el diseño del pavimento rígido empleados por las metodologías AASHTO 93 y PCA en las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo. H₁: Se determinó el costo de la estructura del pavimento mediante el método AASHTO 93 y PCA de las calles Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo.</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño No experimental transeccional descriptivo</p>	<p>Está conformada por la infraestructura vial de la calle los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo con una extensión de 550 metros</p>	<p>La norma T-86-90 recomendada por AASHTO en el manual de carreteras 2014 del capítulo IV de suelos del cuadro 4.1 Considerando una muestra de 226.42m</p>	<p>Probabilístico</p>

Anexo 5: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y PANEL FOTOGRÁFICO.

Descripción del área de estudio.

- Ubicación.

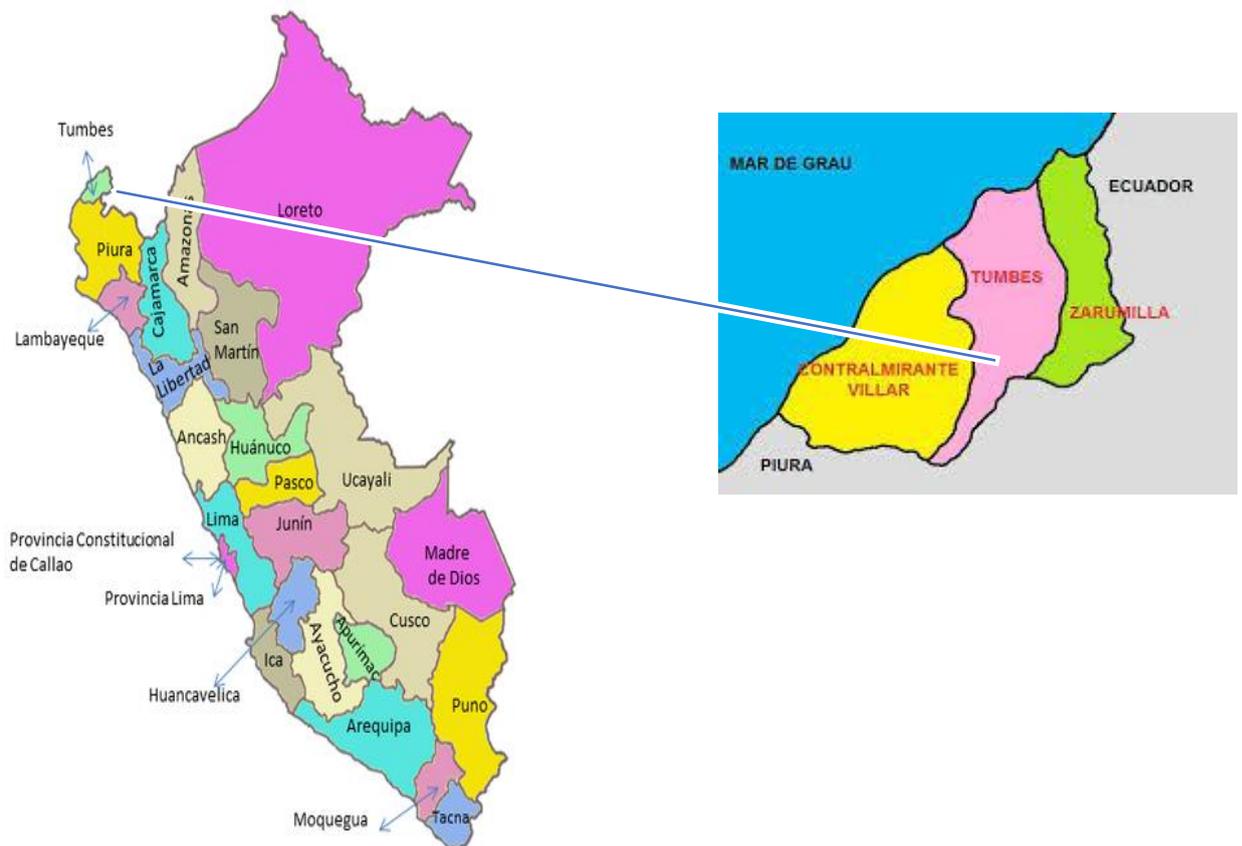
Actualmente el proyecto de investigación está ubicado en:

País: Perú

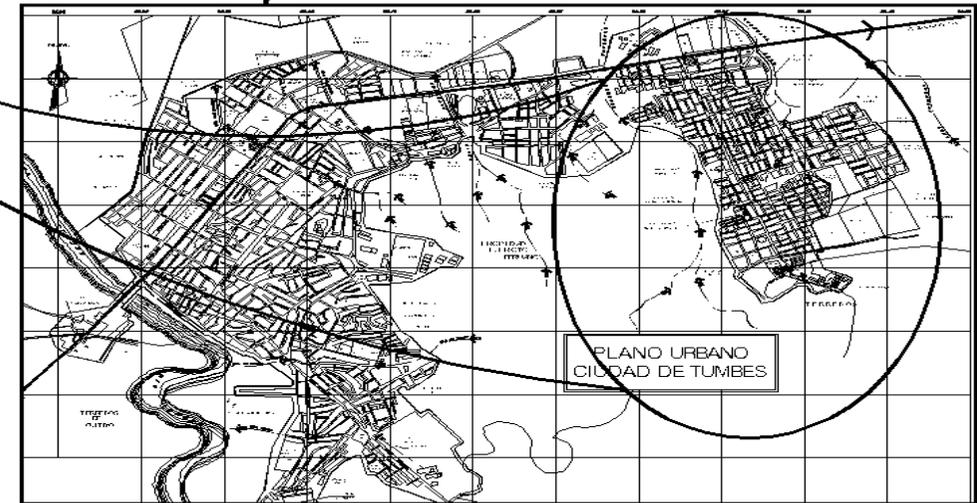
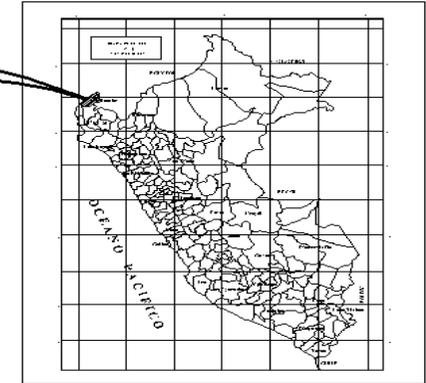
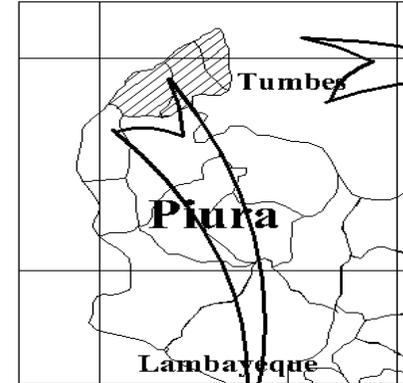
Departamento: Tumbes

Provincia: Tumbes

Distrito: Tumbes



- Plano de ubicación



PLANTA UBICACION TUMBES
ESCALA: 1:115.00

AUTORES: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ			
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA EN LA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO - TUMBES			
PROYECTO: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL			
PLANO: PLANO DE UBICACION	LUGAR: CAL. LAS ARTES- AV. SARITA COLONIA		
ESUELA DE INGENIERIA CIVIL	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	CIUDAD: TUMBES	LAMINA: U-01

Estudios de mecánica de suelos.

I.Ubicación

La calle Los Diamantes y calle Pedro Ruiz Gallo se encuentran ubicados en el distrito de Tumbes, Provincia de Tumbes, del departamento de Tumbes.

II.Estudio de mecánica de suelos (EMS)

El estudio se a realizado utilizando calicatas para realizar los análisis respectivos de como esta compuesto el suelo y de esa manera determinar la singularidad del suelo, de esta forma correctamente evaluar su clasificación de suelo para conocer y saber después diseñar la estructura del pavimento.

III.Calicatas para el (EMS)

De acuerdo a lo que nos brinda el MTC (2014), donde nos indica el numero de calicatas que hay que realizar, según el cuadro 4.1 de “Numero de calicatas para Exploración de suelos)” en donde se encuentra en el capitulo IV del manual. Antes de esto es importante haber realizado primero el estudio de trafico para tener conocimiento la cantidad de vehículos por día.

Figura 19 Numero de calicatas para exploración de suelos.

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Numero minimo de calicatas	Observacion
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alterna
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de primera clase: con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicara longitudinalmente y en forma alterna
Carreteras de segunda clase: con un IMDA entre 2000-4001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 3 calicatas x km	
Carreteras de tercera clase: con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 2 calicatas x km	
Carreteras de bajo volumen de transito: carreteras con IMDA < 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 1 calicatas x km	

Fuente: Manual de Carreteras y Pavimentos, 2014.

La cantidad de calicatas, en el cuadro 4.1 indica, que en nuestro caso se efectuara 2 calicatas, para 0+225 una calicata y la otra en intersección de Calle Pedro Ruiz Gallo – Calle Elías Aguirre, de las cuales fueron realizadas con una profundidad de 1.50m.

Tabla 64 Registro de calicatas.

Calicata	Profundidad	Distancia
C-01	1.50	0+225
C-02	1.50	Intersección de calle Pedro Ruiz Gallo-Calle Elías Aguirre

Figura 20 conteo vehicular IMDS

ESTACION:		AV. LOS DIAMANTES										FECHA:		06/10/2021						UBICACION:		ESTE DE TUMBES	
PROYECTO:		"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"																					
Hora	Sentido	VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS				SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%		
		Autar	Pick up	C. Rural	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3					
0-1	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
1-2	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
2-3	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
3-4	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
4-5	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
5-6	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
6-7	E	3																	3	2.8%			
	S	4																	4	3.9%			
7-8	E	6	1																7	6.6%			
	S	5	2																7	6.8%			
8-9	E	5	2					1											8	7.5%			
	S	4	3						1										8	7.8%			
9-10	E	5	2		1														8	7.5%			
	S	4	2	1				1											8	7.8%			
10-11	E	4	2							1									7	6.6%			
	S	3	2		1						1								7	6.8%			
11-12	E	3	4	2	2														11	10.4%			
	S	3	2	1						1									7	6.8%			
12-13	E	2	3	1															6	5.7%			
	S	3	4	2	1	1			1										12	11.7%			
13-14	E	4	3		1	2			2	1								1	13	12.3%			
	S	4	4	1	2	1	1												14	13.6%			
14-15	E	4	2	2		2	1	1											12	11.3%			
	S	5	2	1	1			1											10	9.7%			
15-16	E	4	2	1	1														8	7.5%			
	S	4	2																6	5.8%			
16-17	E	3	2					1											6	5.7%			
	S	3	1					1											5	4.9%			
17-18	E	2	2																4	3.8%			
	S	3	1																4	3.9%			
18-19	E	3	1																4	3.8%			
	S	3	1																4	3.9%			
19-20	E	2	2																4	3.8%			
	S	2	1																3	2.9%			
20-21	E	2																	2	1.9%			
	S	2																	2	1.9%			
21-22	E	3																	3	2.8%			
	S	2																	2	1.9%			
22-23	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
23-24	E																		0	0.0%			
	S																		0	0.0%			
Parcial	E	55	28	6	5	4	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	106	100.0%				
	S	54	27	6	5	2	1	4	2	0	1	0	0	0	1	0	0	103	100.0%				
TOTAL AMBOS SENT		109	55	12	10	6	2	9	3	1	1	1	0	0	0	1	0	209					
		52.15%	26.32%	5.74%	4.78%	2.87%	0.96%	4.31%	1.44%	0.48%	0.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.48%	0.00%	0.00%	100.0%					

Figura 21 conteo vehicular IMDS

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES		FECHA: 07/10/2021 UBICACION: ESTE DE TUMBES																			
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"		VEHICULOS LIGEROS					BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER			TOTAL	%	
Hora	Señal	Autos	Pick up	C. Rera	Micras	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
1-2	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
2-3	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
3-4	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
4-5	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
5-6	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
6-7	E	2																		2	2.1%
	S	3																		3	2.9%
7-8	E	3	2							1										6	6.3%
	S	3	2							2										7	6.7%
8-9	E	6	2																	8	8.3%
	S	4	2	2																8	7.7%
9-10	E	3	2							1										6	6.3%
	S	5	3	1	1	1				1										12	11.5%
10-11	E	4	2	2	1	1														10	10.4%
	S	5	3	2	2		1													13	12.5%
11-12	E	3	3	1		1				2	1									11	11.5%
	S	3	3							1										7	6.7%
12-13	E	4	3		1	1				2										11	11.5%
	S	3	3	2	1	2	1				1									13	12.5%
13-14	E	4	2	1	2	1														10	10.4%
	S	3	2	2																7	6.7%
14-15	E	3	2	1						1										7	7.3%
	S	4	2	1						1										8	7.7%
15-16	E	3	2							1										6	6.3%
	S	2	2							2										6	5.8%
15-16	E	3	2							1										6	6.3%
	S	2	2							2										6	5.8%
16-17	E	4	2																	6	6.3%
	S	3	2							2										7	6.7%
17-18	E	2	3																	5	5.2%
	S	3	2																	5	4.8%
18-19	E	2	1							1										4	4.2%
	S	2	1							1										4	3.8%
19-20	E	1	3																	4	4.2%
	S	3	1																	4	3.8%
20-21	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
21-22	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
22-23	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
23-24	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
Parcial	E	44	29	5	4	4	0	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	96	100.0%	
	S	46	28	10	4	3	2	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.0%	
TOTAL AMBOS SENT		90	57	15	8	7	2	18	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	200		
		43.06%	27.27%	7.10%	3.83%	3.35%	0.96%	8.61%	0.48%	0.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	95.7%		

Figura 22 conteo vehicular IMDS

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES		FECHA: 08/10/2021 UBICACION: ESTE DE TUMBES																		
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"		VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	z
Hora	Sentido	Autar	Pick up	C. Rural	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL	z
0-1	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
1-2	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
2-3	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
3-4	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
4-5	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
5-6	E	1																	1	1.1%
	S	1																	1	1.1%
6-7	E	2																	2	2.2%
	S	3																	3	3.2%
7-8	E	3	3																6	6.5%
	S	3	2																5	5.3%
8-9	E	2	2																4	4.3%
	S	3	2																5	5.3%
9-10	E	2	1							1									4	4.3%
	S	2	3							1									6	6.3%
10-11	E	3	2	1	2					2									10	10.8%
	S	3	1		1					1	1								7	7.4%
11-12	E	3	2	1	3														9	9.7%
	S	3	2			1													6	6.3%
12-13	E	3	3	1	2					1									10	10.8%
	S	3	2	2	2					1									10	10.5%
13-14	E	3	4							1									8	8.6%
	S	3	3	2	1	2				1									12	12.6%
14-15	E	3	3								1								7	7.5%
	S	5	2	2	2					1									12	12.6%
15-16	E	3	3	1		2				1									10	10.8%
	S	2	3		1	1				1									8	8.4%
16-17	E	3	1	2															6	6.5%
	S	2	3																5	5.3%
17-18	E	3	1																4	4.3%
	S	3	2												1				6	6.3%
18-19	E	2	1																3	3.2%
	S	2	1																3	3.2%
19-20	E	2	3																5	5.4%
	S	2	1																3	3.2%
20-21	E	2	2																4	4.3%
	S	2	1																3	3.2%
21-22	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
22-23	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
23-24	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
Parcial	E	40	31	6	7	3	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	100.0%
	S	42	28	6	7	4	2	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	95	100.0%
TOTAL AMBOS SENT		82	59	12	14	7	3	9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	188	
		43.62%	31.38%	6.38%	7.45%	3.72%	1.60%	4.79%	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	100.0%	

Página 5

Página 6

Figura 23 conteo vehicular IMDS

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES		FECHA: 09/10/2021 UBICACION: ESTE DE TUMBES																			
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"		VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%	
Hora	Sentido	Autur	Pick up	C. Rura	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
1-2	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
2-3	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
3-4	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
4-5	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
5-6	E	1																		1	1.7%
	S	1																		1	1.8%
6-7	E	1																		1	1.7%
	S	1																		1	1.8%
7-8	E	3	1																	4	6.9%
	S	3	1																	4	7.3%
8-9	E	3	2						1											6	10.3%
	S	2	2						1											5	9.1%
9-10	E	1	1						1											3	5.2%
	S	1	1	1					1											4	7.3%
10-11	E	3	1																	4	6.9%
	S	3	2																	5	9.1%
11-12	E	3																		3	5.2%
	S	4																		4	7.3%
12-13	E	1																		1	1.7%
	S	4							1											5	9.1%
13-14	E	2							2							1				5	8.6%
	S	1		1																2	3.6%
14-15	E		1	2		1														4	6.9%
	S		2		1	1														4	7.3%
14-15	E		1	2		1														4	6.9%
	S		2		1	1														4	7.3%
15-16	E	4	2		1			2												9	15.5%
	S	3	2			2	1													8	14.5%
16-17	E	2	1																	3	5.2%
	S	3	1																	4	7.3%
17-18	E	2	2						1											5	8.6%
	S	1	1																	2	3.6%
18-19	E	3	1																	4	6.9%
	S	1	1	1																3	5.5%
19-20	E	3	1																	4	6.9%
	S	1	1																	2	3.6%
20-21	E	1																		1	1.7%
	S	1																		1	1.8%
21-22	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
22-23	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
23-24	E																			0	0.0%
	S																			0	0.0%
Parcial	E	33	13	2	1	1	2	4	1	0	0	0	0	0	1	0				58	100.0%
	S	30	14	3	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0				55	100.0%
TOTAL AMBOS SENT		63	27	5	2	4	3	7	1	0	0	0	0	0	1	0				113	
		33.51%	14.36%	2.66%	1.06%	2.13%	1.60%	3.72%	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%				60.1%	

Figura 24 conteo vehicular IMDS

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES		FECHA: 10/10/2021 UBICACION: ESTE DE TUMBES																		
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"		VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	z
Hora	Sentido	Autur	Pick up	C. Rural	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL	z
0-1	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
1-2	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
2-3	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
3-4	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
4-5	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
5-6	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
6-7	E	1																	1	1.5%
	S	1																	1	1.6%
7-8	E	1																	1	1.5%
	S	3																	3	4.9%
8-9	E	4	2																6	9.0%
	S	1	2																3	4.9%
9-10	E	3	3																6	9.0%
	S	5	4																9	14.8%
10-11	E	4	1																5	7.5%
	S	3	1																4	6.6%
11-12	E	4	2																6	9.0%
	S	3																	3	4.9%
12-13	E	1	2								1								4	6.0%
	S	5	2	1															8	13.1%
13-14	E	5	2	2	1	2	1	1											14	20.9%
	S	3	2	1			1	1											8	13.1%
14-15	E	3			1	1													5	7.5%
	S	3		1	1														5	8.2%
15-16	E	1																	1	1.5%
	S	2		2					1	1									6	9.8%
16-17	E	4	1																5	7.5%
	S	1	1																2	3.3%
17-18	E	4	3																7	10.4%
	S	1	1																2	3.3%
18-19	E	3	1						1										5	7.5%
	S	2	1																3	4.9%
19-20	E	1																	1	1.5%
	S	1																	1	1.6%
20-21	E																		0	0.0%
	S		3																3	4.9%
21-22	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
22-23	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
23-24	E																		0	0.0%
	S																		0	0.0%
Parcial	E	39	17	2	2	3	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	67	100.0%
	S	34	17	5	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	61	100.0%
TOTAL AMBOS SENT		73	34	7	3	3	2	2	2	0	2	0	128							
		38.83%	18.09%	3.72%	1.60%	1.60%	1.06%	1.06%	1.06%	0.00%	1.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	68.12%	

Página 9

Página 10

Figura 25 conteo vehicular IMDS

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"

Hora	Sentido	VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%
		Autar	Pick up	C. Rural	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	E																		0	0.0%
0-1	S																		0	0.0%
1-2	E																		0	0.0%
1-2	S																		0	0.0%
2-3	E																		0	0.0%
2-3	S																		0	0.0%
3-4	E																		0	0.0%
3-4	S																		0	0.0%
4-5	E	1																	1	1.6%
4-5	S	1																	1	1.5%
5-6	E	1																	1	1.6%
5-6	S	1																	1	1.5%
6-7	E	1																	1	1.6%
6-7	S	2																	2	3.1%
7-8	E	1																	1	1.6%
7-8	S	3																	3	4.6%
8-9	E	2	1					1											4	6.5%
8-9	S	2	2					1											5	7.7%
9-10	E	1	1		1			2											5	8.1%
9-10	S	1	1	2	2	1	2	1											10	15.4%
10-11	E	2	2	1		2		1							1				8	12.9%
10-11	S	3	2	2	1		1				1								11	16.9%
11-12	E	1	2		2	1													6	9.7%
11-12	S	1	1																2	3.1%
12-13	E	1	1	1	1	2													6	9.7%
12-13	S	2	1	2															5	7.7%
13-14	E	3	2	2				1											8	12.9%
13-14	S	3	1																4	6.2%
14-15	E	2	1																3	4.8%
14-15	S	1																	1	1.5%
15-16	E	1						1											2	3.2%
15-16	S	1	2																3	4.6%
16-17	E	1	1					1	1		1								5	8.1%
16-17	S	2						1											3	4.6%
17-18	E	1	1																2	3.2%
17-18	S	2	2																4	6.2%
18-19	E	2																	2	3.2%
18-19	S	3	2					1											6	9.2%
19-20	E	1	2																3	4.8%
19-20	S	1																	1	1.5%
20-21	E	2	2																4	6.5%
20-21	S	2	1																3	4.6%
21-22	E																		0	0.0%
21-22	S																		0	0.0%
22-23	E																		0	0.0%
22-23	S																		0	0.0%
23-24	E																		0	0.0%
23-24	S																		0	0.0%
Parcial	E	24	16	4	4	5	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	62	100.0%	
Parcial	S	31	15	6	3	1	3	3	1	0	1	0	0	0	1	0	0	65	100.0%	
OTAL AMBOS SENT		55	31	10	7	6	3	10	2	0	2	0	0	0	1	0	0	127		
		43.31%	24.41%	7.87%	5.51%	4.72%	2.36%	7.87%	1.57%	0.00%	1.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.79%	0.00%	0.00%	100.0%		

Página 11

Página 12

Figura 26 conteo vehicular IMDS

ESTACION: E-1 AV. LOS DIAMANTES FECHA: 12/10/2021 UBICACION: ESTE DE TUMBES
 PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO-TUMBES - 2021"

Hora	Sentido	VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS				SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%
		Autar	Pick up	C. Rural	Micrar	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>-3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
1-2	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
2-3	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
3-4	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
4-5	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
5-6	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
6-7	E	1																	1	1.5%	
	S	2																	2	3.0%	
7-8	E	4	2																6	9.0%	
	S	3	2																5	7.6%	
8-9	E	1	1																2	3.0%	
	S	3	2																5	7.6%	
9-10	E	3								1			1						5	7.5%	
	S	5	3							1									9	13.6%	
10-11	E	2	1							1									4	6.0%	
	S	2	1							1	1								5	7.6%	
11-12	E	3	1	1			1								1				8	11.9%	
	S	1	1		2														4	6.1%	
12-13	E	1	2	1	2	1													7	10.4%	
	S	2	1	2		2	2												9	13.6%	
13-14	E	4	3	1	1	1				1									11	16.4%	
	S	3	3	1			1												8	12.1%	
14-15	E	2	1	2			1												6	9.0%	
	S																		0	0.0%	
15-16	E	1								1	1		1						4	6.0%	
	S	3	2							1									6	9.1%	
16-17	E	1	1																2	3.0%	
	S	2	1																3	4.5%	
17-18	E	2																	2	3.0%	
	S	2																	2	3.0%	
18-19	E	1	3																4	6.0%	
	S	1	2																3	4.5%	
19-20	E	1																	1	1.5%	
	S	1	1							1									3	4.5%	
20-21	E	1	3																4	6.0%	
	S	2																	2	3.0%	
21-22	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
22-23	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
23-24	E																		0	0.0%	
	S																		0	0.0%	
Parcial	E	28	18	5	3	4	0	4	2	0	2	0	0	0	1	0	0		67	100.0%	
	S	32	19	3	2	2	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		66	100.0%	
TOTAL AMBOS SENT		60	37	8	5	6	4	7	3	0	2	0	0	0	1	0	0		133		
		47.24%	29.13%	6.30%	3.94%	4.72%	3.15%	5.51%	2.34%	0.00%	1.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.79%	0.00%	0.00%		104.7%		



Figura 29 Se está realizando el ensayo de compactación para el ensayo de CBR



Figura 30 Se culmino de realizar la compactación, para después ser sumergidas en agua las muestras para el ensayo de CBR.



Figura 31 Se puede observar como el tesista, realiza la prueba de CBR



Figura 32 Se realiza el tamizaje y tomar los datos para realizar los ensayos de límite líquido y límite plástico.



Figura 33 La muestra se procede a humedecer para realizar el ensayo de limite líquido



Figura 34 Las muestras del ensayo de limite líquido, se procede a transportarlos al horno.

ANEXO 6: RESULTADOS DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

INFORME GEOTÉCNICO

TESIS: “DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021”



TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

UBICACIÓN:

REGIÓN : TUMBES

PROVINCIA: TUMBES

DISTRITO : TUMBES

**LUGAR : CALLE LOS DIAMANTES Y PEDRO
RUIZ GALLO**

Tumbes, octubre 2021



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 97 2945321 - RPM #688277 - Tumbes

INFORME GEOTECNICO

**TESIS: “DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021”**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

GENERALIDADES

I. INTRODUCCION

El Informe Geotécnico, es elaborado con la finalidad de conocer las características físicas y mecánicas del suelo, por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas “A cielo Abierto” y mediante ensayos del laboratorio.

II. UBICACION

El área en estudio se encuentra ubicada en la Calle Los Diamantes Y calle Pedro Ruiz Gallo, del sector nuevo tumbes del Distrito de Tumbes, Provincia y Región Tumbes.





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

III. OBJETIVOS

- Diseñar el método más factible para diseñar concreto rígido para un Pavimento.

IV. METODOLOGIA DEL TRABAJO

- Las muestras respectivas de este trabajo de investigación fueron de 2 calicatas teniendo 1Km de distancia con una profundidad respectiva de 1.50mt según indica el manual de carreteras Suelo Geología, Geotécnica y Pavimento. En el capítulo IV – Suelos que proporciona el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Se utilizó como técnica de recolección de datos la observación los instrumentos utilizados son los siguientes protocolos (Ensayos) Estandarizados por el MTC del Perú.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	INVESTIGACION
Observación Experimental	Protocolos (Ensayos)	Investigación CUASI - Experimental

V. NORMATIVA

MTCE - 107	(ASTMD 422)	ANALISIS GRANULOMETRICO
MTCE - 110	(ASTMD 1241)	LIMITE LIQUIDO
MTCE - 111	(ASTMD 1241)	LIMITE PLASTICO
MTCE - 115	(ASTMD 4715)	PROCTOR MODIFICADO
MTCE - 132	(ASTMD 1883)	C.B.R





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

VI. TRABAJO DE LABORATORIO

TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

6.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTMD – 2216

Se define como humedad natural de un suelo, como el peso del agua que contiene, dividido entre el peso seco, expresado en porcentaje.



6.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO:

ASTMD – 422

Este ensayo es realizado para determinar el tamaño de los granos, se efectúa utilizando mallas 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N° 4, 10, 30, 40, 60, 200; de acuerdo a las normas ASTM, para la clasificación de los suelos.



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Benítez Pantoja Ibar
CIP. 138833





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L.

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM 8688277 - Tumbes

6.3 LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO (ASTMD – 423)

Es la cantidad de agua máxima que puede almacenar un suelo expresado en porcentaje con el cual el suelo cambia de estado líquido a plástico, dicho ensayo se determina en la Copa Casa grande.



LIMITE PLASTICO (ASTMD – 424)

El límite plástico es la humedad mínima expresada como porcentaje del peso del material secado al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

6.4 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D- 1557

Este ensayo se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen en el suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Dicho ensayo tiene por objetivo determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima.



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. César Fernández Sánchez Torres R.R.
CIP. 138833



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

6.5 ENSAYO DE C.B.R. (CALIFORNIAN BOURING RATIO)

ASTMD – 1883

El valor relativo de Soporte Normal del Suelo (C.B.R) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación de humedad y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de 4 sección circular en una muestra de suelo respecto a la precisa para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada.

En el resultado de C.B.R. se puede clasificar el suelo usando la siguiente tabla que indice el empleo que puede dársele al material por lo que al C.B.R. se refiere:

VALORES REFERENCIALES DE CBR, USOS Y SUELOS

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub rasante
5 - 8	Mala	Sub rasante
8 - 20	Regular	Sub rasante
20 - 30	Excelente	Sub rasante
30 – 60	Buena	Sub base
60 – 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

VII. RESULTADOS DE LABORATORIO

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

- **CALICATA N° 01 (0.0 – 1.50mt.)**
 - **ESTRATO N° 01 (0.0 – 0.25mt.)**
Relleno Inapropiado (arcilla con basura)
Estado compacto y poco húmedo.
S.U.C.S = R
 - **ESTRATO N° 02 (0.25 – 1.50mt.)**
Arcilla de mediana plasticidad
Estado compacto y poco húmedo.
S.U.C.S = CL
- **CALICATA N° 02 (0.0 – 1.50mt.)**
 - **ESTRATO N° 01 (0.0 – 0.70mt.)**
Relleno Inapropiado (arcilla con basura)
Estado compacto y poco húmedo.
S.U.C.S = R
 - **ESTRATO N° 02 (0.70 – 1.50mt.)**
Arcilla de mediana plasticidad
Estado compacto y poco húmedo.
S.U.C.S = CL



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Renato Toranzo Ríos
CIP. 135833

CUADROS DE CLASIFICACION DE SUELO:

CALICATA N°	C1	
	0.0 – 0.25	0.25 - 1.50
Profundidad (mts.)	M1	M2
Muestra		
% Pasa malla N° 200	RELLENO INAPROPIADO	78.0
Limite Liquido		39.5
Limite Plasticidad		21.3
Indicé de Plasticidad		18.2
Contenido de Humedad		11.60
Clasificación S.U.C.S.	R	CL



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

CALICATA N°	C2	
	0.0 - 0.70	0.70 - 1.50
Profundidad (mts.)	0.0 - 0.70	0.70 - 1.50
Muestra	M1	M2
% Pasa malla N° 200		77
Limite Liquido	RELLENO INAPROPIADO	39.8
Limite Plasticidad		21.4
Indicé de Plasticidad		18.4
Contenido de Humedad		11.3
Clasificación S.U.C.S.	R	CL





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ESTRATIGRAFIA

TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

MUESTRA : C1

PROFUNDIDAD: 0.0 – 1.50mts.

FECHA : OCTUBRE, 2021

PROF. (m)	M	SIMB.	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	CLASIFICACION	
				S.U.C.S	AASHTO
0.25	M1		Relleno inapropiado (arcilla con basura). Estado compacto y poco húmedo.	R	-
1.25	M2		Arcilla de mediana plasticidad. Estado compacto y poco húmedo	CL	



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Antonio Torres Bar
CIP. 138833



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ESTRATIGRAFIA

TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

MUESTRA : C2

PROFUNDIDAD: 0.0 – 1.50mts.

FECHA : OCTUBRE, 2021

PROF. (m)	M	SIMB.	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	CLASIFICACION	
				S.U.C.S	AASHTO
0.70	M1		Relleno inapropiado (arcilla con basura). Estado compacto y poco húmedo.	R	-
0.80	M2		Arcilla de mediana plasticidad. Estado compacto y poco húmedo	CL	



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Percebal Ramos Pardo Ror
CIP. 156833



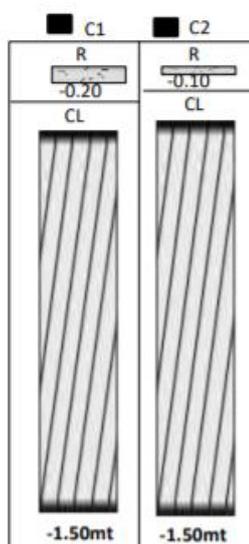
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

PERFIL LONGITUDINAL DEL SUELO



LEYENDA:

- Relleno inapropiado 
- Arcilla de mediana plst 



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Sánchez Torres Sr.
CIP. 138833



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

VISTA PANORAMICA

CALICATA N° 01 CALLE LOS DIAMANTES



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Antonio Toranzo Bar
CIP: 138833

REGISTRO: INDECOPI - RESOLUCION N° 021280



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

VISTA PANORAMICA

CALICATA N° 02 CALLE PEDRO RUIZ GALLO



REGISTRO: INDECOPI - RESOLUCION N° 021280



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS



REGISTRO: INDECOPI - RESOLUCION N° 021280



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93
Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021"**

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

CUADRO DE ENSAYOS DE C.B.R

CALICATA	%H	L.L	L.P	I.P	PROCTOR	C.B.R
C1	11.6	39.5	21.3	18.2	1.90	6.2
C2	11.3	39.8	21.4	18.4	1.90	6.0





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ANEXO

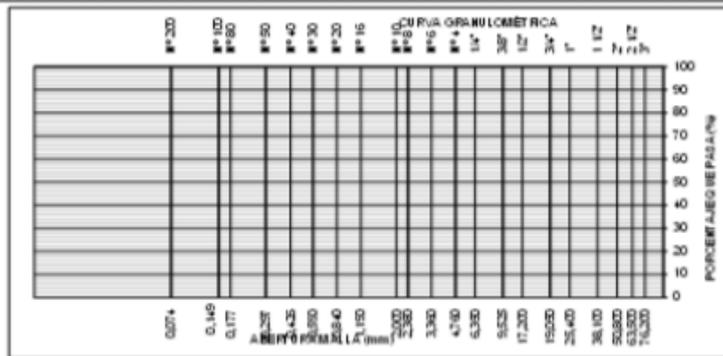
ENSAYOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TE SIS :	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE. LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021						
TE SIS :	JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ						
FECHA :	Octubre, 2021						
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO							
#	ABERTURA (mm)	PESO RETEN (g)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Material: Relleno Inapropiado Procedencia: C1 - M1 Profundidad: 0.0 - 0.25m
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						PESO TOTAL (Mo) = gr
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						PORCENTAJE DE AGREGADO
1/4"	6.350						
N° 4	4.760		RELLENO INAPROPIADO				Grava: %
N° 6	3.360						Arens: %
N° 8	2.380						Finos: %
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426						
N° 60	0.297						
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
Total							
CARACTERISTICA FISICA Y MECANICA DE LA MUESTRA							
Limite Líquido (%)							Humedad (%)
Limite Plástico (%)							
Indice de Plasticidad (%)							
Clasificación:		SUCS					
		AASHTO					



SUELO MAS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Antonio Lopez Bar
CIP. 138833

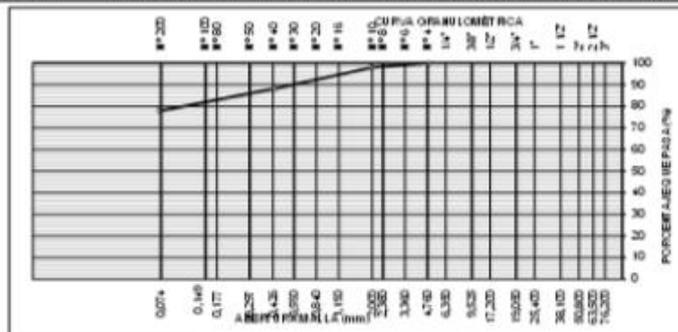


LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES

☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TE 913:	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTOYS Y PCA CALLE. LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021						
TE 913 :	JIMMY JUNIOR SILDARRIAGA SANCHEZ						
FECHA :	Octubre, 2021						
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO							
TAMIZADO	ABERTURA (mm)	PESO RETEN. (g)	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Materia: Arcilla de mediana plast.
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Procedencia: C1 - M2
1 1/2"	38.100						Profundidad: 0.25 - 1.50m.
1"	25.400						
3/4"	19.050						PESO TOTAL (W ₀) = 306gr
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						PORCENTAJE DE AGREGADO
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava: %
N° 6	3.360						arena: 22%
N° 8	2.380						Fina: 78%
N° 10	2.000	6.0	2.0	2.0	98.0		
N° 15	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	12.0	4.0	6.0	94.0		
N° 40	0.425	18.0	6.0	12.0	88.0		
N° 60	0.297	6.0	2.0	14.0	86.0		
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	24.0	8.0	22.0	78.0		
Total							
CARACTERISTICA FISICA Y MECANICA DE LA MUESTRA							
Limite Líquido (%)			39.5				
Limite Plástico (%)			21.3				Plasticidad (%)
Indice de Plasticidad (%)			18.2				11.00
Clasificación:	USCS	CL					
	AASHTO						



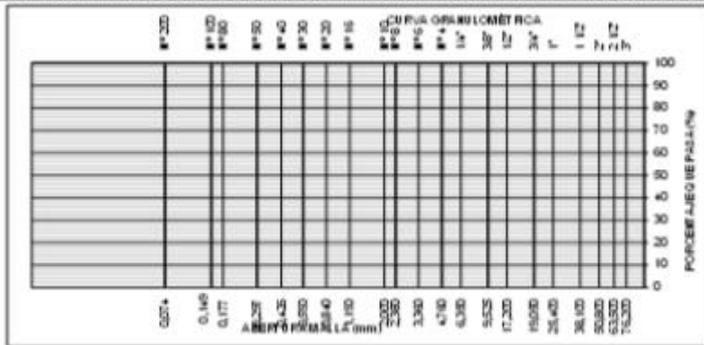
SUELO MAS E.I.R.L.
 Ing. Celso Fernández Torres Torres
 CIP: 138833



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972915321 - RPM #688277 - Tumbes

TE S I S :		DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021					
TE S I S :	JIMMY JUNIOR SILDARRIAGA SANCHEZ						
FECHA :	Octubre, 2021						
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO							
MEJILLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETEN (g)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Material: Relleno Inapropiado
2 1/2"	63.500						Procedencia: C2 - M1
2"	50.800						Profundidad: 0.0 - 0.70ml
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						PESO TOTAL (Wt) = gr
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						PORCENTAJE DE AGREGADO
1/4"	6.350						
N° 4	4.760						Grav: %
N° 6	3.360						Aren: %
N° 8	2.380						Fino: %
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426						
N° 60	0.297						
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
Total							
RELENO INAPROPIADO							
CARACTERISTICA FISICA Y MECANICA DE LA MUESTRA							
Limite Líquido (%)						Humedad (%)	
Limite Plástico (%)							
Indice de Plasticidad (%)							
Clasificación:		SUCS					
		AASHTO					



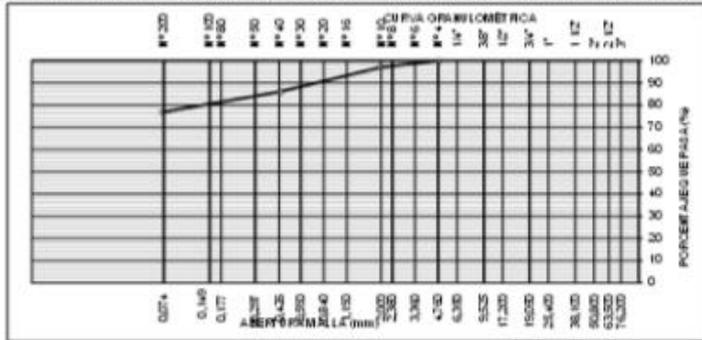
SUELO MAS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Sotelo Torres MSc
CIP. 138833



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TE SIS :		DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTOSS Y PCA CALLE. LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021					
TE SIS :		JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ					
FECHA :		Octubre, 2021					
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO							
N° de Tamiz	ABERTURA (mm)	PESO RETEN (g)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Materia: Arcilla de mediana plast
2 1/2"	63.500						Procedencia: C2 - M2
2"	50.800						Profundidad: 0.70 - 1.50mt.
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N° 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0		
N° 6	3.360						Grava : %
N° 8	2.390						Arenas : 23%
N° 10	2.000	9.0	3.0	3.0	97.0		Finos : 77%
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	15.0	5.0	8.0	92.0		
N° 40	0.426	18.0	6.0	14.0	86.0		
N° 60	0.297	6.0	2.0	16.0	84.0		
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	21.0	7.0	23.0	77.0		
Total							
CARACTERISTICA FISICA Y MECANICA DE LA MUESTRA							
Limite Líquido (%)		39.8					
Limite Plástico (%)		21.4					Humedad (%) 11.30
Indice de Plasticidad (%)		18.4					
Clasificación:	SMCS	CL					
	AASHTO						





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

TES IS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TES ISTA : JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ
MATERIAL REPRESENTATIVO: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
PROCEDENCIA: C1 - M2 / PROF. 0.25 - 150mt.
FECHA : Octubre, 2021

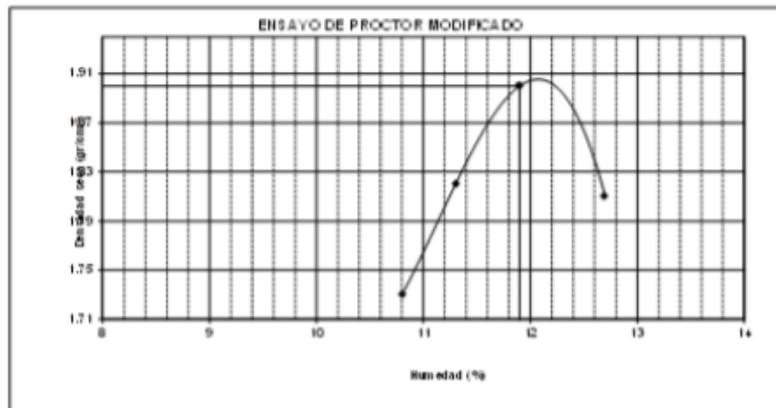
Compaction

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr)	8407	8687	8900	8878
Peso molde (gr)	3965	3965	3965	3965
Peso suelo compactado (gr)	4442	4722	4935	4913
Volumen del molde (cm ³)	237	237	237	237
Densidad humeda (g/cm ³)	187	2.088	2.080	2.090

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr)	270.00	270.00	270.00	270.00
Tara + suelo seco (gr)	260.28	259.84	259.36	258.70
Peso de agua	9.72	10.16	10.64	11.30
Peso de tara (gr)	170.00	170.00	170.00	170.00
Peso de suelo seco (gr)	90.28	89.84	89.36	88.70
Humedad (%)	10.8	11.3	11.9	12.7
Densidad Seca (g/cm ³)	1.780	1.820	1.900	1.870

Maxima Densidad seca (g/cm³) : **1.900**
Optimo Contenido de Humedad (%) : **11.9**



SUELO MAS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Santos Torres Sr.
CIP. 138833



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L.

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA
CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TESISTA: JIMMY JUNIOR SILDARRIAGA SANCHEZ

MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

PROCEDENCIA : C1 - M2/ PROF. 0.25- 1.50mt.

FECHA: Octubre, 2021

ENSAYO C.B.R. PARTE A

N° DE MOLDE	1		2		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPAS	12		25		56	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso del Molde + suelo húmedo (gr)	8,383		8,493		8,640	
Peso del molde (gr)	4,200		4,200		4,200	
Peso del suelo húmedo (gr)	4,183		4,293		4,440	
Volumen del suelo (cc)	2,084		2,084		2,084	
Densidad húmeda (gr/cc)	2		2.06		2.13	
Densidad seca (gr/cc)	1.78		1.83		1.9	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°			
Recipiente + suelo Húmedo (gr)	270	270	270
Recipiente + Suelo Seco (gr)	259.2	259.4	259.35
Peso del Agua (gr)	10.8	10.6	10.65
Peso del Recipiente (gr)	170	170	170
Peso del Suelo Seco (gr)	89.2	89.4	89.35
% de Humedad	12.1	12	11.9
Humedad Promedio			

C.B.R. = 6.2%

OBSERVACIONES:





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA
CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

ENSAYO C.B.R. PARTE B

Penetraciones Cargas C.B.R. (A) C.B.R. Kg x 0.0726 (B) C.B.R. Kg x 0.0487

Penetraciones (pulgadas)	Molde N° I 12 Golpes				Molde N° II 25 Golpes				Molde N° III 56 Golpes			
	Sin Corregir		Corregidas		Sin corregir		Corregidas		Sin Corregir		Corregidas	
	lectura cuadrante	carga Kg	Carga Kg	C.B.R %	lectura Cuadrante	carga Kg	carga Kg	C.B.R %	lectura cuadrante	carga Kg	carga Kg	C.B.R %
0.025	0.7	15			1	21			1.3	28		
0.05	1.4	30			1.8	38			2.5	53.5		
0.075	2.1	45			2.5	53			3.3	70.6		
0.1	2.6	56		4	3.3	71		5.1	4	85.6		6.2
0.125	3.1	66			4.3	92			4.8	103		
0.15	3.7	79			4.9	105			5.5	118		
0.2	4.1	88		4.2	5.3	113		5.5	6.4	137		6.6
0.3	4.5	96			5.6	119			6.8	145		
0.4												
0.5												



SUELO MAS E.I.R.L
Ing. Civil Fernando Suarez Torres Bar
CIP. 138833



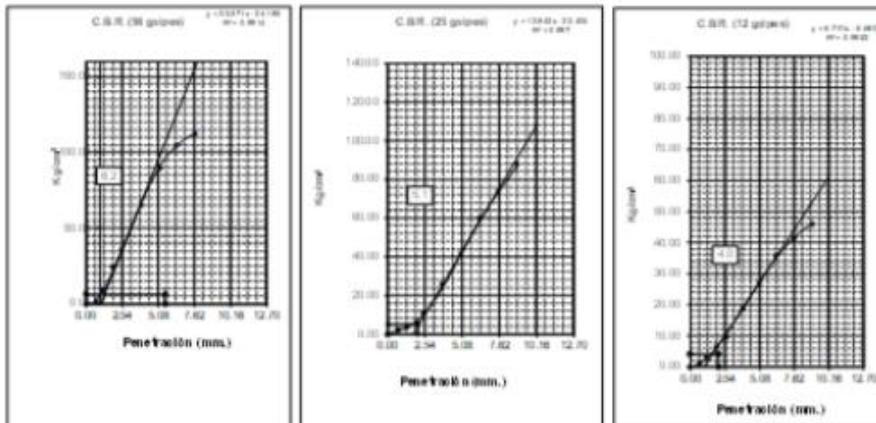
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ENSAJO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1583

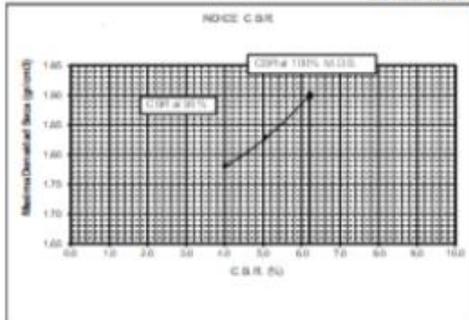
TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE. LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021
TESISTA : JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ
MATERIAL : ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL) C1-M2 PROF. 0.25-1.50m
FECHA : Octubre, 2021

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.900
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.9



C.B.R. (30) de GOLPES: 42 C.B.R. (25) de GOLPES: 51 C.B.R. (12) de GOLPES: 40

DE TERMINACION DE C.B.R.



96% DE M.D.S.: 1.808

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 42 %
 C.B.R. (96% M.D.S.) 0.1": 42 %



SUELO MÁS E.I.R.L.
 Ing. Chel Fernández Sánchez Torres
 CIP. 133833



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

ENSAJO DE PROCTOR MODIFICADO

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ
MATERIAL REPRESENTATIVO: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
PROCEDENCIA: C2 - M2 / PROF. 0.70 - 1.8 cm.
FECHA: Octubre, 2021

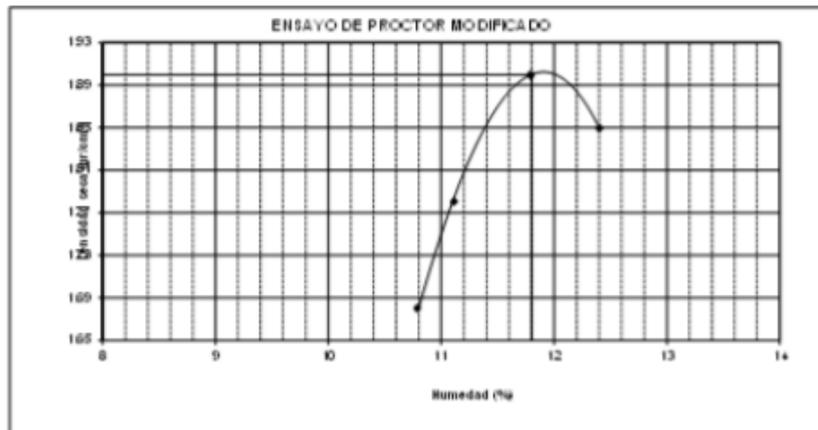
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Número de golpes	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr)	832	857	887	835
Peso molde (gr)	3965	3965	3965	3965
Peso suelo compactado (gr)	4347	4609	491	480
Volumen del molde (cm ³)	237	237	237	237
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.870	1.980	2.020	2.080

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr)	270.00	270.00	270.00	270.00
Tara + suelo seco (gr)	260.22	260.00	259.75	258.95
Peso de agua	9.78	10.00	10.25	11.05
Peso de tara (gr)	170.00	170.00	170.00	170.00
Peso de suelo seco (gr)	90.2	90.00	89.75	88.95
Humedad (%)	10.8	11.1	11.8	12.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.680	1.780	1.900	1.880

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : **1.900**
Optimo Contenido de Humedad (%) : **11.8**



SUELO MÁS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Antonio Torres Bar
CIP. 158833



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO 93 Y PCA
CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ
MATERIAL: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL)
PROCEDENCIA : C2 - M2/ PROF. 0.70- 1.50m.
FECHA: Octubre, 2021

ENSAYO C.B.R. PARTE A

N° DE MOLDE	1		2		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPAS	12		25		56	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso del Molde + suelo húmedo (gr)	8,325		8,622		8,655	
Peso del molde (gr)	4,200		4,200		4,200	
Peso del suelo húmedo (gr)	4,125		4,422		4,455	
Volumen del suelo (cc)	2,084		2,084		2,084	
Densidad húmeda (gr/cc)	1.98		2.12		2.13	
Densidad seca (gr/cc)	1.77		1.87		1.9	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°			
Recipiente + suelo Húmedo (gr)	270		270
Recipiente + Suelo Seco (gr)	259.44	259	259.45
Peso del Agua (gr)	10.56	11	10.55
Peso del Recipiente (gr)	170	170	170
Peso del Suelo Seco (gr)	89.44	89	89.45
% de Humedad	11.8	12	11.8
Humedad Promedio			

C.B.R. = 6,0 %





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA
CALLE: LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ GALLO, TUMBES 2021

TESISTA: JIMMY JUNIOR SALDARRIAGA SANCHEZ

ENSAYO C.B.R. PARTE B

Penetraciones Cargas C.B.R. (A) C.B.R. Kg x 0.0726 (B) C.B.R. Kg x 0.0487

Penetraciones (pulgadas)	Molde N° I 12 Golpes				Molde N° II 25 Golpes				Molde N° III 56 Golpes			
	Sin Corregir		Corregidas		Sin corregir		Corregidas		Sin Corregir		Corregidas	
	lectura cuadrante	carga Kg	Carga Kg	C.B.R %	Lectura Cuadrante	carga Kg	carga Kg	C.B.R %	lectura cuadrante	carga Kg	carga Kg	C.B.R %
0.025	0.2	4			0.5	11			1.3	28		
0.05	0.7	15			1.4	30			1.8	39		
0.075	1.6	34			2.2	47			2.7	58		
0.1	2.3	49		3.5	3.2	68		4.9	3.9	83		6
0.125	2.7	57.7			3.9	83.4			4.2	89.8		
0.15	3.8	81.3			4.7	101			5.8	124		
0.2	4.1	88		4.2	5	107		5.2	6.1	130		6.3
0.3	5.4	120			6.7	143			7	150		
0.4	6.1	131			7.8	167			7.9	169		
0.5												

Material Representativo. Arcilla De Mediana Plasticidad

Procedencia: C2 - M2/ PROF. 0.70- 1.50m.



SUELO MAS E.I.R.L.
Ing. Civil Fernando Antonio Torres Bar
CIP. 156833



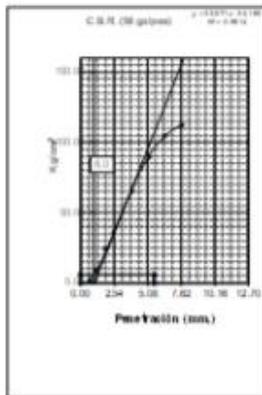
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

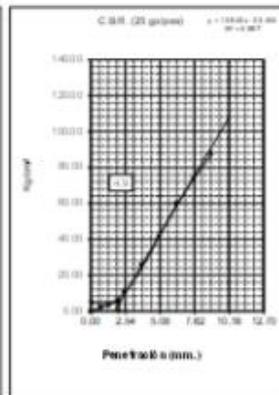
ENIAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) AFTM D-1583

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO93 Y PCA CALLE, LOS DIAMANTES Y PEDRO RUIZ CALLO, TUMBES 2021
TESISTA : JIMMY JUNIOR SILDARRIACA SANCHEZ
MATERIAL : ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL) C2-M2 PROF:0.70-1.80m
FECHA : Octubre, 2021

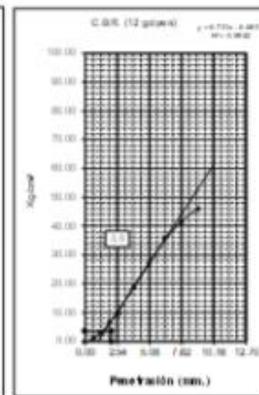
Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.800
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.8



CBR (0.7) 44 GOLPES: 6.0

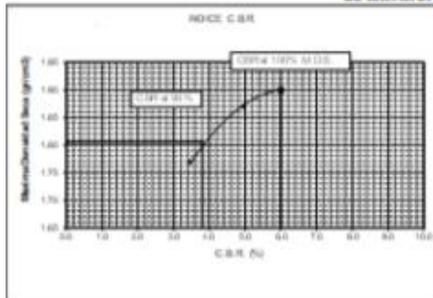


CBR (0.7) 25 GOLPES: 4.0



CBR (0.7) 12 GOLPES: 3.8

DETERMINACION DE C.B.R.



96% DE M.D.S.: 1.805

CBR (00% M.D.S.) 0.7: 6.0 %

CBR (96% M.D.S.) 0.7: 3.8 %



SUELO MAS E.I.R.L.
 Ing. Civil Fernando Antonio Torres Ber
 CIP. 138833



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

**Certificados de Calibración de
Maquinas**



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición, Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 006 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	CORTE DIRECTO	
Capacidad	2000 N	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STZJY-6	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	130612	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicador	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STZJY-6	
Número de Serie	130612	
División de Escala / Resolución	1 N	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2021-01-21	

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 16:02:20
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Ms. Fl. Int. 2ª Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 340-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición, Educación y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 009 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

1. Expediente	210015
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 El Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STHX-1A
Número de Serie	121010
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducción parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2021-01-20

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 15:54:17
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcañá Ms. 11 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 021 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr.Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	15000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	WT150001XEJ	
Número de Serie	120607066	
Capacidad mínima	5 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
5. Fecha de Calibración	2021-01-22	

Fecha de Emisión
2021-01-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 15:53:29
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcazar Ms. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

REGISTRO: INDECOPI - RESOLUCION N° 021280



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 010 - 2021

*Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	500 g	
División de escala (d)	0,1 g	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	YA 501	
Número de Serie	NO INDICA	
Capacidad mínima	2 g	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	15034 (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
5. Fecha de Calibración	2021-01-20	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 15:52:52
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Inte 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 322090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Escalas e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 005 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Prestión

Página 1 de 3

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr.Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Instrumento de Medición	PROBADOR DE HUMEDAD (SPEEDY)	
Alcance de indicación	0 % a 22 %	
División de Escala / Resolución	0,2 %	
Marca	SOLOTEST	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	15034	
Procedencia	BRASIL	
Identificación	NO INDICA	
Tipo	ANALOGICA	
5. Fecha de Calibración	2021-01-20	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 15:58:12
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. T1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 005 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	131218	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
5. Fecha de Calibración	2021-01-21	

Fecha de Emisión
2021-01-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Eleazar Ceñar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 15:59:09
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Ms. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 007 - 2021**

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA CBR	
Capacidad	50 kN	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STCBR	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	13311	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	CHINA	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
5. Indicador	ANALÓGICO	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	BAKER	
Número de Serie	SLA518	
División de Escala / Resolución	0,0001 pu/g.	
6. Fecha de Calibración	2021-01-20	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 16:03:13
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Ms. P1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0442
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
TEL: 522090 - CEL. 97 2945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 003 - 2021**

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 1 de 2

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Instrumento de medición	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES	
Fabricante	A&A INSTRUMENTS	
Número de Serie	181013	
Modelo	STMH-3	
Alcance de Indicación	0 a 9999 Vueltas	
Div. de escala / Resolución	1 Vuelta	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2021-01-20	
6. Lugar de calibración	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 16:06:21
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcazar Ma. T1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 001 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Fórmula 1 de 3

1. Expediente	210015	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SUELO MAS E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Cahuide N° 248 EL Milagro, Tumbes - Tumbes - TUMBES	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	
Alicance de indicación	0 mm a 10 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	NO INDICA	
Modelo	YBD-10	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Identificación	130612 (*)	
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2021-01-21	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-25

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.01.26 16:04:22
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Me. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com