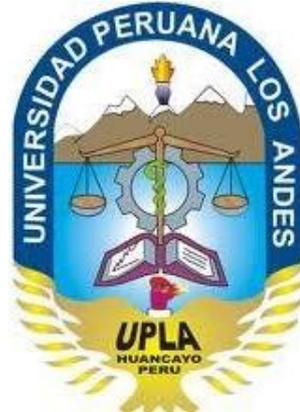


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN
EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,
CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO**

PRESENTADO POR:

Bach. MACHACUAY ROJAS, Miriam Katherin

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo.

Línea de Investigación del Programa de Estudios:

Estructuras.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORES

**ING. FABIAN BRAÑEZ, ALCIDES LUIS
DR. VIERA PERALTA, DEYBE EVYN**

Dedicatoria

La presente tesis se las dedico con todo el amor del mundo A mis padres por su incondicional apoyo Isabel y Raúl, a mi hermano Elvis y familia por su comprensión, amor y por darme la fortaleza para seguir adelante en cada momento.

A todas aquellas personas que estuvieron siempre dispuestas con sus sabios conocimientos a orientarme y motivarme para no desfallecer.

Agradecimiento

A Dios por darme la alegría de vivir, tener salud y bendecirme para hacer realidad este sueño anhelado, a mis padres Raúl Machacuay e Isabel Rojas por su incondicional apoyo y por todo el esfuerzo que significo todos estos años de estudio. También agradecer a mi hermano Elvis Machacuay por ser un buen compañero y ponerme de su ejemplo a seguir. Mencionar también a mi familia por los ánimos y aliento a continuar pese a las adversidades en especial a mi tía Carla por ser una maravillosa persona.

A la Universidad Peruana Los Andes por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A los docentes porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación profesional que empieza a dar frutos. Asimismo, aquellos docentes que marcaron cada etapa de mi camino universitario con sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

A todos mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigos.

Finalmente, aquellas personas que conocí en esta bonita etapa de mi vida, agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía. Sin importar donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio TORRES LÓPEZ
Presidente

Ing. Julio Buyu NAKANDAKARE SANTANA
Jurado Revisor

Ing. Vladimir ORDOÑEZ CAMPOSANO
Jurado Revisor

Ing. Anshie Josselyn WISMANN MANRIQUE
Jurado Revisor

Mg. Miguel Ángel CARLOS CANALES
Secretario Docente

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xi
Índice de fotografías	xiii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción	xvi
CAPÍTULO I	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Planteamiento del Problema	18
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Justificación de la investigación	21
1.3.1. Justificación social.....	21
1.3.2. Justificación metodológica	21
1.4. Delimitación.....	21
1.4.1. Delimitación Espacial.....	21
1.4.2. Delimitación Temporal.....	22
1.4.3. Delimitación Económica	22
1.5. Limitaciones	23
1.5.1. Limitación espacial.....	23
1.5.2. Limitación temporal	23
1.5.3. Limitación económica	23
1.6. Objetivos de la investigación.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II	25
MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de la investigación	25
2.1.1. Antecedentes Nacionales	25
2.1.2. Antecedentes internacionales	31
2.2. Marco Conceptual	35
2.2.1. Ciclo Historia de los pavimentos.....	35
2.2.2. Concepto de pavimento	36
2.2.3. Estructura de una vía.....	36
2.2.3.1. Carpeta asfáltica	36
2.2.3.2. Base granular y subbase	37
2.2.4. Tipos de pavimento.....	38
2.2.4.1. Pavimento flexible.....	38
2.2.4.2. Pavimento rígido	39
2.2.4.3. Pavimentos semirrígidos	39
2.2.5. Estructura de un pavimento.....	39
2.2.6. Mezcla asfáltica	40
2.2.6.1. Empleo.....	40

2.2.6.2. Funcionalidad	41
2.2.6.3. Propiedades de las mezclas asfálticas	41
2.2.6.4. Propiedades de las capas de rodadura.....	42
2.2.7. Estudio del tránsito para diseño del pavimento.....	43
2.2.7.1. Propiedades de las capas de rodadura.....	43
2.2.8. Clasificación De Los Vehículos.....	44
2.2.9. Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo de la disposición	45
2.2.9.1. Carga máxima legal.....	45
2.2.10. Determinación del tránsito existente.....	45
2.2.11. Suputación del tránsito durante el periodo de diseño.....	47
2.2.12. Cargas equivalentes para el diseño de pavimentos	49
2.2.13. Determinación del factor camión.....	49
2.2.13.1. Determinación del factor camión por el método.....	50
2.2.13.2. Determinación del factor camión por los métodos mopt-ingeroute y la universidad del cauca	51
2.2.14. Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño (N).....	52
2.2.15. Método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles.....	52
2.2.15.1. Introducción	52
2.2.15.2. Variables para el diseño	53
2.2.15.3. Criterios de comportamiento.....	55
2.2.15.4. Propiedades de los materiales	55
2.2.15.5. Características estructurales del pavimento	59
2.2.15.6. Diseño estructural del pavimento.....	59
2.2.16. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo pesado.....	60
2.2.16.1. Carga patrón para el diseño del pavimento	60
2.2.16.2. Obtención de la información sobre las cargas por eje y vehiculares..	65
2.2.16.3. Cargas por eje con otras configuraciones de ejes y rodado que produce el mismo deterioro que la carga patrón.....	65
2.2.16.4. Ejes tándem y triples con sistemas de rueda doble	65
2.2.16.5. Ejes cuádruples con sistema de rueda doble	66
2.2.16.6. Ejes simples con sistema de rueda simple	66
2.2.16.7. Ejes simples con sistema de rueda simple con neumáticos de banda ancha.....	67
2.2.16.8. Cargas por ejes recomendadas para el diseño de los pavimentos asfálticos.....	68
2.2.16.9. Factores de equivalencia de carga por vehículo pesado (FECV)	69
2.2.16.10. Factores de equivalencia de carga por vehículo pesado con las nuevas cargas de referencia	71
2.2.17. Revestimientos asfálticos y mantenimiento de pavimentos.....	71
2.2.17.1. Clasificación de las mezclas asfálticas	71
2.2.17.2. Revestimiento asfálticos – capas de protección	72
2.2.17.3. Factores que influyen en el diseño, costo del proyecto y mantenimiento	72
2.3. Definición de términos.....	73
2.4. Formulación de Hipótesis	76
2.4.1. Hipótesis general.....	76
2.4.2. Hipótesis específicas	76
2.5. Variables.....	77

2.5.1. Definición conceptual de las Variables	77
2.5.2. Definición Operacional de la Variable	77
2.5.3. Operacionalización de la variable	79
CAPÍTULO III.....	81
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	81
3.1. Método de investigación	81
3.2. Tipo de investigación	81
3.3. Nivel de la investigación	81
3.4. Diseño de la investigación	81
3.5. Población y muestra	82
3.5.1. Población	82
3.5.2. Muestra	82
3.6. Técnicas de recolección de datos	84
3.6.1. La técnica de recolección de datos	84
3.6.2. Instrumentos recolección de datos	84
3.7. Técnicas y análisis de datos	84
3.8. Procedimiento de la investigación	85
CAPÍTULO IV	86
RESULTADOS	86
4.1. Pesaje de vehículos en movimiento	86
4.1.1. Ejecución de la Investigación	87
4.2. Control Vehicular	88
4.2.1. Ubicación de la zona de Estudio	88
4.2.2. Punto de Análisis	88
4.3. Diseño de la carpeta asfáltica por el método AASHTO 93.	89
4.3.1. Tránsito Vehicular	89
4.3.2. Serviciabilidad	90
4.3.2.1. Índice de servicio inicial	90
4.3.2.2. Índice de servicio final	91
4.3.2.3. Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad	91
4.3.3. Confiabilidad	91
4.3.4. Desviación Estándar (S_o)	93
4.3.5. Módulo Resiliente de la subrasante M_r	93
4.3.6. Estabilidad Marshall	94
4.3.7. Coeficiente estructural de la base granular.	95
4.3.8. Coeficiente estructural de la sub-base granular	96
4.3.9. Drenaje	97
4.4. Diseño de espesores de pavimento con pesos normados.	98
4.4.1. Conteo Vehicular	98
4.4.2. Diseño con pesos Normados.	101
4.4.3. Pesos estandarizados y normados.	103
4.4.4. Obtención de graficas representativas.	104
4.4.5. Diseño de Paquete estructural	105
4.5. Diseño de espesores de pavimento con pesos reales.	107
4.5.1. Conteo vehicular	107
4.5.2. Diseño con pesos reales	111
4.5.3. Pesos estandarizados y normados.	113
4.5.4. Diseño de paquete estructural para pesos reales.	114
4.6. Medida de deflexión del pavimento.	115

4.6.1. Viga Benkelman en el Carril derecho.	116
4.6.2. Viga Benkelman en el Carril izquierdo.....	117
4.7. Diamantina de Carpeta asfáltica existente.	120
CAPÍTULO V	123
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	123
5.1. Contratación de prueba de hipótesis.....	123
5.1.1. Prueba de hipótesis - general.	123
5.1.2. Prueba de Hipótesis - Específicas.....	125
5.2. Interpretación de hipótesis general	130
5.3. Discusión de resultados.....	133
CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES	135
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	136
ANEXOS.....	138

Índice de Tablas

Tabla 1.-Porcentaje de vehículos pesados.....	48
Tabla 2: Factores de equivalencia	51
Tabla 3.-Cuadro de operacionalización de Variable Independiente	79
Tabla 4.- Cuadro de operacionalización de Variable Dependiente	80
Tabla 5.- Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	83
Tabla 6.- Centros de Pesaje vehicular.....	86
Tabla 7.- Índice de Serviciabilidad (p)	90
Tabla 8.- Índice de Servicio Inicial.....	90
Tabla 9.- Índice de Servicio Final	91
Tabla 10.- Diferencia del índice	91
Tabla 11.- Nivel de confiabilidad, R	92
Tabla 12.- Standard Normal, Zr	92
Tabla 13.- Desviación Estándar.....	93
Tabla 14.- Módulo Resiliente de la subrasante Mr	93
Tabla 15.- Módulo Resiliente.....	94
Tabla 16.- Coeficiente Estructural de la Primera Capa	95
Tabla 17.- Coeficiente Estructural de la Tercera Capa.....	96
Tabla 18.- Coeficiente Estructural de la Tercera Capa.....	97
Tabla 19.- Drenaje	97
Tabla 20.- Material Granular	98
Tabla 21.- Espesores del pavimento	107
Tabla 22.- Espesores del paquete estructural con carga vehicular	115
Tabla 23.- Peso Específico Bulk De Mezclas Asfálticas	121
Tabla 24.- Estabilidad Marshall.....	121
Tabla 25.- Ejes Equivalentes con y sin Carga Vehicular.....	123
Tabla 26.- Tipos de vehículos con factores de cambio	126
Tabla 27.- Número estructural	127
Tabla 28.- Porcentaje de variación del SN	129
Tabla 29.- Prueba De Hipótesis General	131
Tabla 30.- Prueba De Hipótesis Especifica A.....	131
Tabla 31.- Prueba De Hipótesis Especifica B.....	132
Tabla 32.- Prueba De Hipótesis Especifica C	132

Índice de Figuras

Figura 1.- Croquis de la ubicación de la investigación.....	22
Figura 2.- Distribución de cargas en las capas (Sáez, 2019).....	38
Figura 3.- Distribución de cargas (Sáez, 2019).....	40
Figura 4.- Aplicación de cargas al pavimento (Sáez, 2019).	42
Figura 5.- Nomograma para el a1 del Manual (AASHTO 93).....	94
Figura 6.- Nomograma para el a2 del Manual (AASHTO 93).....	96
Figura 7.- Nomograma para el a2 del Manual (AASHTO 93).....	97
Figura 8.- Porcentajes de incidencia vehicular (Bach. Machacuay 2019).....	98
Figura 9.- Participación vehicular Esal (Bach.Machacuay 2019).....	99
Figura 10.- Ficha Técnica (Bach. Machacuay 2019)	100
Figura 11.- Ficha Técnica (Bach. Machacuay 2019)	101
Figura 12.- Ficha técnica de conteo vehicular con ejes equivalentes (Bach. Machacuay 2019).....	102
Figura 13.- Tabla de pesajes estandarizados (Bach. Machacuay 2019).....	103
Figura 14.- Cantidad de vehículos ligeros en la Av. Mariscal Castilla vs el tipo de vehículo Ligero (Bach. Machacuay 2019)	104
Figura 15.- Cantidad vehicular según su configuración neumática en la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019).....	104
Figura 16.- Cantidad de vehículos pesados la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019).....	105
Figura 17.- Índice medio Diario (IMD) en la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019).....	105
Figura 18.- Ecuación AASHTO 93 (Bach. Machacuay 2019).....	106
Figura 19.- .- Porcentaje de incidencia con la carga vehicular (Bach. Machacuay 2019).....	108
Figura 20.- Incidencia vehicular con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)	108
Figura 21.- Conteo vehicular general (Bach. Machacuay 2019).....	110
Figura 22.- Cálculo de ejes equivalentes con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)	111
Figura 23.- Ejes equivalentes con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019) .	112
Figura 24.-Nuevos pesajes por eje (Bach. Machacuay 2019).....	113
Figura 25.- Programa Ecuación AASHTO 93 (Bach. Machacuay 2019)	114
Figura 26.- Deflectograma margen derecha (Bach. Machacuay 2019)	117
Figura 27.- Deflectograma margen izquierda (Bach. Machacuay 2019)	118
Figura 28.- Deflectograma de ambas vías (Bach. Machacuay 2019)	119
Figura 29.- Carga Vehicular vs ESAL (Bach. Machacuay 2019)	124
Figura 30.- Carga Vehicular vs IMDA (Bach. Machacuay 2019)	124
Figura 31.- Tipo De Vehículo Vs Factor E.E Total (Bach. Machacuay 2019)..	126

Figura 32.- Carga vehicular vs Espesor de carpeta Asfáltica (cm) (Bach. Machacuay).....	128
Figura 33.- Carga vehicular vs SN (Numero Estructural) (Bach. Machacuay)	130

Índice de fotografías

Fotografía 1.- Captación de número estructural	87
Fotografía 2.- Proceso de captación de datos	87
Fotografía 3.- Ubicación de la zona Evaluada	88
Fotografía 4.- Recolección de datos de Infracciones	89
Fotografía 5.- Verificación de pesaje Vehicular	89
Fotografía 6.- Cálculo de la variación de serviciabilidad	90
Fotografía 7.- Índice de serviciabilidad actual	91
Fotografía 8.- Calculo de deflexiones en el pavimento.....	95
Fotografía 9.- Registro de conteo vehicular.....	99
Fotografía 10.- Registro de conteo vehicular margen derecha	99
Fotografía 11.- Conteo vehicular nocturno	107
Fotografía 12.- Conteo vehicular ciudad Universitaria.....	109
Fotografía 13.- Ensayo de la Viga Benkelman.....	116
Fotografía 14.- Ensayo de la viga Benkelman margen Derecha	116
Fotografía 15.- Calculo de deflexiones en margen derecha	117
Fotografía 16.- Cálculo de la deflexión viga	119
Fotografía 17.- Calculo de la deflexión de la viga.....	120
Fotografía 18.- extracción de la Diamantina.....	120
Fotografía 19.- Extracción de briqueta para análisis.....	121
Fotografía 20.- Briqueta de la margen derecha	122

Resumen

La presente investigación tuvo como problema general: ¿De qué manera la carga vehicular real influye en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo?, el objetivo general fue: Aplicar la carga vehicular real a fin de establecer la influencia en el diseño del pavimento flexible, carretera central – Huancayo, la hipótesis general fue: La aplicación de la carga vehicular real permitirá optimizar el diseño del pavimento flexible en la carretera central – Huancayo.

El método general de la investigación fue el método científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformada por el pavimento flexible de la carretera central y el tipo de muestreo fue el no probabilístico o por conveniencia basándonos en el tramo: Av. Olaya hasta la Av. La esperanza en la ciudad de Huancayo.

La conclusión principal fue: Con la aplicación de la carga vehicular real se optimizó el diseño del pavimento flexible debido que la carga vehicular real aumento en un 13.42% sobre el diseño del pavimento flexible convencional, puesto que aumenta los factores de conversión a ejes equivalente aumentando significativamente el ESAL de la vía, al aumentar los ejes equivalentes varía el número estructural de paquete estructural obteniendo así nuevos valores para el espesor de la Sub Base, base y carpeta asfáltica.

Palabras clave: Carga vehicular, Pavimento flexible, Esfuerzo y deformación.

Abstract

The present investigation had as a general problem: How does the real vehicular load influence the design of the flexible pavement, central highway - Huancayo?, The general objective was: Apply the real vehicular load in order to establish the influence on the design of the flexible pavement, central highway - Huancayo, the general hypothesis was: The application of the real vehicular load will allow to optimize the design of the flexible pavement in the central highway - Huancayo.

The general method of research was the scientific method, the type of research was applied, explanatory level and experimental design. The population was made up of the flexible pavement of the central highway and the type of sampling was non-probabilistic or for convenience based on the section: Av. Olaya to Av. La Esperanza in the city of Huancayo.

The main conclusion was: With the application of the real vehicular load the design of the flexible pavement was optimized because the real vehicle load increased by 13.42% over the design of the conventional flexible pavement, since it increases the conversion factors to equivalent axles by increasing significantly the ESAL of the track, increasing the equivalent axes varies the structural number of structural package thus obtaining new values for the thickness of the Sub Base, base and asphalt binder.

Keywords: Vehicular load, Flexible Pavement, Stress and Strain.

Introducción

En los últimos años en América del Sur los diferentes gobiernos trabajan en el mantenimiento y rehabilitación de sus carreteras de cada uno de sus países generando inversiones millonarias, con la finalidad de mantener en buen estado las carreteras y administrar de una manera más eficiente el control del peaje y pesaje vehicular. En la actualidad de nuestro Perú y región Junín probablemente la variable más importante en el diseño de pavimentos es el tránsito, debido que el volumen y dimensionamiento de los vehículos influyen en el diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores influyentes en el diseño del paquete estructural, es así que es indispensable cuantificar el tránsito mediante el conteo vehicular y pesaje los vehículos para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que será utilizado en el pavimento durante su vida útil.

La presente investigación se centra en demostrar cómo influye el pesaje real de los vehículos para diseñar el paquete estructural de un pavimento a fin de mostrar la diferencia que existe frente a un diseño convencional; debido a que todas las llantas de los vehículos generan una fuerza y tienen un radio de acción, un porcentaje menor de los esfuerzos se aplica en la subrasante mientras que la base y subbase son las que soportan mayor esfuerzo, es así que la base recibe directamente dichos esfuerzos que son transmitidos por una carga puntual.

Esta investigación para su mayor comprensión consta de cinco capítulos, analizados y distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo I, trata sobre el planteamiento del problema, la formulación de problema, el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

El capítulo II, el marco teórico, los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de Hipótesis general y específica, las variables independiente y dependiente.

El capítulo III, se explica la metodología empleada de la investigación, el método de investigación, el tipo investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procesamiento y el análisis de la información, lugar y periodo de la investigación.

El capítulo IV, presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza el análisis e interpretación de cada uno de los ensayos y procedimientos de ingeniería realizados en la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio.

El capítulo V, explica la discusión de resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Machacuay Rojas, Miriam Katherine

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel internacional muchos expertos en pavimentos flexibles e infraestructura vial mencionan la importancia de las obras viales ya que es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población. Asimismo, es necesario su respectivo mantenimiento de las carreteras existentes a fin de evitar las fallas más comunes de un pavimento flexible desde su diseño, conteo vehicular, ESAL, imprimación y su respectivo colocado de carpeta; analizando así las posibles causas y soluciones para evitar que se repitan en el futuro. De igual manera países como Colombia, Brasil, Chile, Uruguay vienen diseñando el paquete estructural de un pavimento flexible teniendo en cuenta que si influye el pesaje real de los vehículos para diseñar el paquete estructural, debido a que todas las llantas de los vehículos generan una fuerza y tienen un radio de acción, un porcentaje menor de los esfuerzos se aplica en la subrasante mientras que la base y subbase son las que soportan mayor esfuerzo, es así que la base recibe directamente dichos esfuerzos que son transmitidos por una carga puntual.

En nuestro Perú a lo largo de los años la red vial nacional está conformada en su mayoría por pavimentos flexibles y es un componente importante para el desarrollo socio-económico del país, por lo que es necesario hacer un seguimiento de dichos pavimentos para conocer el

estado situacional actual en la que se encuentran, con el propósito de determinar en qué momento de su vida útil el pavimento necesita intervención oportuna para lograr una eficiencia en cuanto a su funcionalidad, sostenibilidad económica, social y ambiental. De igual manera esta investigación trata de aportar a los parámetros de diseño que si influye el pesaje real de los vehículos dependiendo el tipo; es así que en nuestro Perú hay empresas particulares que cumplen con el control del peaje y pesaje vehicular y en los reportes que presentan estas empresas hay una incidencia en el pesaje de los vehículos porque sobrepasan en el peso y transcurran por una carretera donde fue diseñada para esos pesos.

Dentro de la región Junín el aumento de la densidad vehicular en la carretera central presenta un crecimiento considerable los últimos años, generando que la carpeta asfáltica tenga deformaciones constantes, teniendo una vía principal de acceso a la ciudad de Huancayo hace que estos pavimentos no sean diseñados con cargas vehiculares reales a las que serán sometidas estos pavimentos, logrando así reducir el tiempo de utilidad de este pavimento flexible. Actualmente la densidad vehicular en esta carretera presenta una variedad vehicular con la cual las diferentes bulbas de presión a las que son sometidas estos pavimentos flexibles logran tener muchas deficiencias en el recorrido de la carretera central, el análisis de este pavimento nos permite proponer un nuevo análisis sobre las bulbas de presión a la que es sometida este pavimento, las diferentes fallas estructurales en este pavimento nos hace proponer un análisis más enfático sobre la carga vehicular a la que es sometida este pavimento, extendiendo así su vida útil; las principales fallas del pavimento flexible de la carretera central son ahuellamientos, desprendimiento de la carpeta asfáltica, perjudicando notablemente a las personas que dependen de esta vía para el acceso a esta ciudad, con una superficie de rodadura dañada hace que el tráfico vehicular en estos puntos se congestione produciendo roces vehiculares y movimientos agresivos que en algunos casos logran tener choques vehiculares, con la necesidad de una población para una vía que pueda proporcionar una buena carpeta asfáltica.

Es así que se buscará un nuevo método de cálculo tomando en cuenta el conteo vehicular de dichos puntos y analizando así el peso vehicular de cada elemento transitado en dicho punto, con este análisis se podrá determinar la bulba de presión de un vehículo con su máxima capacidad de carga sometiendo así a la mayor fatiga al pavimento flexible, con este nuevo análisis se pretende lograr obtener un pavimento con un mayor índice de utilidad mayor fluidez vehicular y una superficie de rodadura que pueda compenetrar la densidad vehicular y la bulba de presión necesaria para poder mitigar la deformación logrando así poder establecer que la carpeta asfáltica puede mantenerse en su rango elástico, compenetrando así los elementos en la construcción de pavimento flexible.

Asimismo, en el marco aplicativo y normativo, la presente tesis de investigación aborda las variables: CARGA VEHICULAR Y PAVIMENTO FLEXIBLE, que al operacionalizar y correlacionar respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la ingeniería Civil cuales serán un aporte para la ciudad de Huancayo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la carga vehicular real influye en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera varía el cálculo de los ejes equivalentes con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible?
- b) ¿En qué medida varía el espesor de la carpeta asfáltica con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible?
- c) ¿En qué porcentaje varía el número estructural con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación social

Con la investigación, se determina una metodología de cálculo, diseño y elaboración de un método para poder lograr la mayor durabilidad y vida útil de nuestros pavimentos flexibles mejorando las características y que los usuarios tengan un medio de transporte cómodo y seguro, a través del resultado de un diseño óptimo.

1.3.2. Justificación metodológica

Con la presente investigación se pretende dejar un legado metodológico que ayude en cuanto a los instrumentos de recolección de datos, el cual corresponde a la observación en qué grado de correlación influye el diseño dinámico con el convencional y a las fichas para el reporte de los laboratorios, dichas fichas servirán como un antecedente que pueden ser utilizados en futuras investigaciones, relacionadas a la influencia del pesaje vehicular en el diseño de pavimentos flexibles.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación Espacial

La delimitación espacial para la presente investigación comprende la realización del estudio de tráfico por 7 días seguidos, dicho estudio se realizó en la ciudad universitaria frente a la Universidad Nacional del Centro del Perú, de igual manera se visitó la SUTRAN y DEVIANDES las 3 estaciones de pesaje de Quiulla, Cut Off y Cocachacra de la carretera central a fin buscar la información de los pesajes donde nos alcanzaron la data de Cut Off y se aprovechó de realizar el pesaje de todos los vehículos. Asimismo, se realizó el ensayo de la Viga Benkelman tramo Jr. José Olaya hasta la Av. La Esperanza; de igual manera se realizó una prueba destructiva diamantina.



Figura 1.- Croquis de la ubicación de la investigación

1.4.2. Delimitación Temporal

La delimitación temporal de la presente investigación son datos recogidos comprendidos en el periodo del mes de abril del año 2019 hasta la realización del estudio de tráfico por 7 días seguidos, de igual manera el pesaje de los vehículos de Cut Off, ensayo de la Viga Benkelman, prueba destructiva diamantina realizados en el presente año. Lo cual resulta frente a la problemática en nuestro medio para innovar en las nuevas tecnologías que se pueden aplicar en nuestra provincia de Huancayo.

1.4.3. Delimitación Económica

Esta investigación presenta una delimitación económica ya que para el pesaje de los vehículos y la utilización de las balanzas son muy caras su alquiler es por ello que se realizó un convenio con la DEVIANDES exactamente con la estación de Cut Off, otra limitación fue la realización de los diferentes ensayos empleados en la presente investigación en las instalaciones de los laboratorios certificados por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad).

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación espacial

La presente investigación está basada en las investigaciones de diseño de pavimentos flexibles pero basado en el peso real del vehículo ingresando como un parámetro para el paquete estructural del pavimento; esta investigación está siendo estudiada y llevada a la práctica muy poco en nuestro medio ya que nos pegamos más a las normas establecidas.

1.5.2. Limitación temporal

La presente investigación entre el periodo comprendido del mes de abril al mes de octubre del 2019. Donde se desarrolla el análisis del estudio de tráfico por 7 días seguidos, pesaje de los vehículos de Cut Off, ensayo de la Viga Benkelman, prueba destructiva diamantina.

1.5.3. Limitación económica

La presente investigación se centra en la realización de los diferentes ensayos empleados en la presente investigación en las instalaciones de los laboratorios certificados por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad) que presenta una condición económica alta para el investigador. Por tanto, se realizaron ensayos y procedimientos de ingeniería los cuales son accesibles a nuestra necesidad y realidad, pero cumpliendo la normativa respectiva.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Aplicar la carga vehicular real a fin de establecer la influencia en el diseño del pavimento flexible, carretera central – Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar de qué manera varía el cálculo de los ejes equivalentes con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible.

- b) Evaluar en qué medida varía el espesor de la carpeta asfáltica con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible.

- c) Determinar el porcentaje en que varía el número estructural con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Gómez Vallejo, S. J. (2014). En la tesis: *“Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La Libertad”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Trujillo, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. La metodología empleada es de nivel descriptivo y llega a la conclusión que el diseño de la estructura del pavimento utiliza el método AASHTO – 93 para el cálculo de los espesores donde utilizan factores equivalentes de ejes de tipo 80kn o 18 kips o ESAL, posteriormente se calcula el numero estructural SN y con este dato se logra obtener el cálculo de los espesores del pavimento, es así que esta forma se tiene valores altos del número estructural en capas superiores, lo que generaría gastos elevados del paquete estructural.

Martínez Rodríguez, D. S. (2015). En la tesis: *“Impacto del Control de pesos por eje de vehículos pesados sobre la estructura de los pavimentos”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Lima, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general:

Evaluar el impacto real de la sobrecarga por eje de vehículos pesados sobre la estructura del pavimento en Perú y el control que sirva para tomar medidas correctivas que ayuden a preservar nuestras carreteras. La metodología empleada es de nivel descriptivo y llega a la conclusión que en el diseño de carreteras el factor más importante es el camión por el daño que provoca sobre la superficie del pavimento, es así que permitir estimar la demanda de los ejes de las cargas equivalentes a las que será sometido durante su vida útil el pavimento; por ello en la investigación estiman que el 37% de los vehículos están sobrecargados, por último el equivalente de las cargas aumenta exponencialmente debido se incrementa el peso de los ejes y del esfuerzo lo cual generaría un inicio del proceso de fallas estructurales. También manifiesta la investigación que el factor camión influye directamente en el cálculo del EAL; por ende, si se aplicaran factores de camión superior según corresponda.

Mamani Apaza, E. y Chura Delgado O. E. (2016) en la tesis: *“Diseño de intercambio vial a desnivel en las intersecciones de la carretera panamericana sur y la avenida el estudiante de la ciudad de Puno”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Altiplano, facultad de ingeniería Civil y Arquitectura, escuela profesional de Ingeniería Civil. Puno, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Diseñar el intercambio vial a desnivel para dar solución a la congestión vehicular a la vez brindar seguridad y comodidad a los conductores que hacen uso de la intersección “Panamericana sur y la vía de acceso al C.P. de Salcedo-Puno”, aplicando la normatividad existente para este tipo de proyectos. La metodología empleada es el método cuantificativo, tipo descriptivo y llegan a la conclusión los tesisistas donde mencionan que para el diseño de intercambio vial a desnivel existen características para el pavimento de una vía principal están compuesto por ramales, puente, vehículos mixtos que transcurren por la zona, el estudio de suelo presenta un nivel freático de -0.40m con

material arena limosa. El puente estuvo diseñado mediante la carga vehicular HL-93.

Auccahuaqui Yanque, I. K. y Corahua Hilaquita, R. Y. (2016). En la tesis: *“Evaluación del sistema de pavimentos flexibles en la prolongación de la av. La cultura tramo (4 to paradero de San Sebastián – grifo móvil de San Jerónimo)”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andina del Cusco, facultad de ingeniería y Arquitectura, escuela profesional de Ingeniería Civil. Cusco, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Evaluar el estado actual del pavimento flexible en la prolongación de la av. la cultura tramo (4to paradero de san Sebastián - grifo Móvil de san jerónimo). La metodología empleada es de tipo cuantitativa, nivel descriptivo y llegan a la conclusión los tesisistas mencionan que se logró verificar la resistencia al corte de la estructura del pavimento mediante el ensayo CBR dando resultados de los CBRs muy bajos para la base pero se debe tener en cuenta que los CBR deben tener como mínimo el 80% y para la sub base debe tener como mínimo 40%, visualizando todo estos datos son bajos para las condiciones actuales de la vía, de igual manera se realizó un inventario de fallas del pavimento flexible visualizando más la falla de ahuellamiento que afecta a la transitabilidad, ahora su IMDA se llegó a 23473 vehículos con las que se diseñó, el ESAL fue mayor a 7'0000000.00 siendo así el espesor de la carpeta asfáltica de 4”.

Bellido Escobar, L. y Huincho Ochoa, J. (2017). En la tesis: *“Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Huancavelica, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Huancavelica, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en SANTA ROSA – SACHAPITE HUANCVELICA – 2017. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel explicativo y llegan a la conclusión

los tesisistas mencionan que para el diseño del pavimento se realizó el IMD teniendo como resultado 467 veh/día, seguidamente se realizó el cálculo del ESAL teniendo un total 2289418 de ejes equivalentes, arrojando un espesor de 4" para la carpeta asfáltica, el CBR también influye de gran manera en el diseño. Ahora la funcionalidad de la carpeta asfáltica con 4", base de 30.5cm, sub base con 17 cm cumplirán con su vida útil.

Gallardo Pinedo, D. E. (2017). En la tesis: *"Diseño de la vida urbana y el mejoramiento hidráulico de obras de arte en el Malecón los Incas, Urbanización de Paucarbamba, Distrito de Amarilis, Huánuco"*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Lima, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar el Diseño geométrico de la vía urbana y el mejoramiento Hidráulico de obras de arte en el Malecón los Incas, Urbanización Paucarbamba, distrito de Amarilis, Huánuco. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo y llega a la conclusión que el Tesisista llega a la conclusión de los valores significativos para el diseño geométrico es conocer el volumen y las características del tránsito de la vía lo cual concluyo mediante el estudio de trafico IMD de 166 veh/días con una estimación de 20 años. De igual manera se cuenta con la respectiva señalización discriminada en Señales Informativas Preventivas y Reguladoras. Ahora con respecto al mejoramiento hidráulico de obras de arte el tesisista concluye mediante el estudio Hidrológico, que las precipitaciones máximas son de 24 horas para la estación de Huánuco. Por otro lado, las áreas de escurrimiento al entorno a las consideradas al proyecto tienen su dren correspondiente hacia las avenidas respectivas y son descargadas en colectores que existen en determinada área de la avenida. Asimismo, se determinó el cálculo del escurrimiento longitudinal (cunetas) de las áreas laterales para la zona de estudio.

Romero Rodríguez, I. R. (2017). En la tesis: *“Determinación y Evaluación De Las Patologías De La Capa De Rodadura Del Pavimento Flexible De La Avenida Marcavelica Cuadras 01 A La Cuadra 09, Del Distrito De Veintiséis De Octubre, Provincia De Piura, Región Piura – marzo 2017”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Piura, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. La metodología empleada es de tipo descriptivo y llega a la conclusión el Tesista concluye que el Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, responde a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad. En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento, relaciona las variables, considerando principalmente los Factores de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESAL y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.

Vergara Vicuña, A. (2015). En la tesis: *“Evaluación Del Estado Funcional Y Estructural Del Pavimento Flexible Mediante La Metodología PCI Tramo Quichuay -Ingenio Del Km 0+000 Al Km 1+000 2014”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Perú, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Huancayo, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar Cómo influye en la determinación de la intervención del pavimento, la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI del tramo Quichuay-Ingenio del km 0+000 al km 1 +000. La metodología empleada es de tipo aplicado y llega a la conclusión que el Tesista concluye que se inspeccionaron un total de 28 unidades de muestra y los resultados expresados en porcentajes son: El

36% de las unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento malo (PCI entre 25 y 40); el 32% de unidades presentan un estado regular de pavimento (PCI entre 40 y 55); un 25% se encuentra en estado muy malo (PCI entre 10 y 25) y un 7% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70). Tomando todas las unidades de muestra calculamos el PCI promedio del Km 0+000 al Km 1+000 del tramo Quichuay - ingenio, resultado igual a 35 y según la escala del índice, los 1 000 m se encuentra en un estado malo, este resultado nos ayudara a determinar el tipo de mantenimiento y rehabilitación que se aplicara dicho pavimento.

Torres Ccoyllar J. K. (2017). En la tesis: *“Evaluación de la condición actual del pavimento flexible de la av. Calmell del solar e incidencia del geotextil no tejido en su rehabilitación como alternativa de solución – Huancayo 2016”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana los Andes, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Huancayo, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar la incidencia del geotextil no tejido en la rehabilitación de la Av. Calmell del Solar según evaluación de la condición actual del pavimento flexible – Huancayo 2016. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo y llega a la conclusión donde menciona que la condición del pavimento en estudio su utilizara un geotextil no tejido para su rehabilitación ayudando a reducir el espesor en un 33.3% de la capa repavimentada, asimismo en el desarrollo de la investigación utilizo el método PCI ponderado para dicho pavimento, el geotextil a utilizar según menciona la Tesista menciona que las propiedades que presenta el geotextil no tejido aumenta la vida útil y disminuye el deterioro prematuro.

Quiñones Paucar K. (2017). En la tesis: *“Diagnóstico Y Diseño Vial Del Pavimento Flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), En El Distrito De Hualhuas, Provincia De Huancayo 2016”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad

Peruana a los Andes, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Trujillo, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llega a la conclusión la Tesista llega a la conclusión que su diagnóstico realizado en el pavimento flexible de Hualhuas se encuentra en mal estado lo cual dicha vía debe ser reconstruida obedeciendo a un número estructural requerido $SN=3.08$; puesto que, el grado de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), es alto.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Fontalba Gallardo, E. W. (2015). En la tesis: “*Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° etapa*”, para optar el título de Ingeniero Civil en obras Civiles. Universidad Austral de Chile, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Trujillo, Perú. En la presente investigación tiene como objetivo general: Proyectar la construcción de un pavimento flexible en la Avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1° Etapa en función de las solicitudes del tráfico. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llega a la conclusión en lo referente a la presente investigación de la zona de emplazamiento se observó primero que la calidad del suelo es óptima prácticamente en toda la extensión de esta obra vial presentando CBRs mayores al CBR de diseño. Para el sector en el cual hay presencia de humedales el suelo debe ser tratado antes de iniciar la preparación de la subrasante y posterior pavimentación. Segundo, en cuanto al tráfico vehicular queda claro que el sector presenta un alto flujo de vehículos pesados sobretodo proveniente de las diferentes plantas forestales de la zona. Estos

vehículos son los principales causantes del actual deterioro del camino, por lo que su correcta estimación y consideración nos asegura que el diseño realizado logra cumplir las características mínimas de calidad. El diseño propiamente tal de las distintas capas del pavimento nos entrega la seguridad de que el pavimento diseñado es capaz de soportar el alto tráfico dentro de su vida útil.

Villacis Machuca, W. G. (2014). En la tesis: *“Manual práctico de optimización para la revisión de estudios de diseño de pavimentos”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Internacional del Ecuador, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Quito, Ecuador. En la presente investigación tiene como objetivo general: Desarrollar un manual práctico que permita analizar una carretera y contemple información metodológica y sistemática de las labores de revisión de un determinado estudio de diseño de pavimentos. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llega a la conclusión el Tesista llega a la conclusión se elaboró un resumen unificado de criterios para el diseño de pavimentos flexibles, rígidos y articulados de forma sintética y con referencias directas a normativas pertinentes para su fácil ubicación en diseños y revisiones. Implementando un procedimiento unificado para la revisión de todos los estudios necesarios para el diseño de pavimentos, acompañado de los formularios guías para las revisiones y adicionalmente el flujo-grama que indica secuencialmente las actividades que deben realizarse en la revisión de estudios para diseños de pavimentos.

Salamanca Niño, M. A. y Zuluaga Arturo Z, B. (2014). En la tesis: *“Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Por Medio De Los Métodos INVIAS, AASHTO 93 E Instituto Del Asfalto Para La Vía La Ye-Santa Lucía Barranca Lebrija Entre Los Abscisas K19+250 A K25+750 Ubicada En El Departamento Del Cesar”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. En la presente investigación tiene como objetivo general: Diseñar las estructuras de

pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A 25+750 ubicada en el Departamento del Cesar. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llegan a la conclusión los Tesista que la capacidad portante de la subrasante donde estará apoyada la estructura de pavimento presenta dos condiciones, unos suelos con CBR en condición sumergida menores a 3% con potencial de hinchamiento alto y marginal que se encuentran en los Tramos homogéneos 1,3 y 5 y otra con CBR. Método 1 al 95% de la densidad máxima mayor a 6% que corresponden a los sectores 2 y 4. Las estructuras de pavimento definidas por cada uno de los métodos evaluados se basó en un periodo de diseño de diez años para pavimentos flexibles o su equivalencia en tiempo hasta acumular el número de ejes equivalentes de 8.2 ton adoptado en el diseño.

Deroussen Matthieu (2005) en la tesis: *“Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Instituto tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Monterrey, México. En la presente investigación tiene como objetivo general: Determinar Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llega a la conclusión que el comportamiento de cada estructura procesada con el software se puede notar que las estructuras recomendadas por los diferentes modelos considerados no difieren mucho: el espesor de la base varia de 11 cm (Francia) a 15 cm (AASHTO) y el espesor de la sub-base de 12 cm (Francia) a 15 cm (AASHTO). La estructura obtenida con el modelo francés es la más delgada. La estructura obtenida con el modelo de la AASHTO es la más gruesa. Las estructuras recomendadas por España, México y el Reino Unido son intermedias entre dos estructuras; por ello el primer supuesto es muy probable que los

comportamientos a una sollicitación definida de todas las estructuras estudiadas son muy parecidos por la muy poca diferencia en los diferentes espesores de capas, por ende, se procede a un análisis de los resultados. Asimismo, las dos estructuras que realizaron en la tesis perciben las deformaciones y tensiones extremas mínimas y máximas son siempre la estructura basada en el modelo de diseño francés y la estructura AASHTO. La investigación no detalla la metodología empleada, para el muestreo el autor se basó en el procedimiento de diseño de pavimentos flexibles empírico y/o mecánico-empírico a nivel mundial seleccionando algunos países referentes, ya que, por unos países, las diferencias portan solamente en unos parámetros básicos, para adaptar el método a la especificidad local. En otros países, el método empírico de diseño es radicalmente diferente: el estudio no se basa en los mismos parámetros y pruebas de caracterización de los materiales.

Lozano E.M. y Tabares González R. (2005) en la tesis: *“Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del Café – vía la Badea”*, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Manizales, Colombia. En la presente investigación tiene como objetivo general: Presentar y comparar los resultados obtenidos por la evaluación de las divisas metodológicas empleando para el diseño de la estructura de pavimento requerido según la solicitud de tránsito del sector, y definir cuál es la estructura más favorable a emplear según el análisis exhaustivo de las diferentes metodologías y condiciones existentes y proyectadas en la vía nueva. La metodología empleada es de tipo aplicada, nivel descriptivo - explicativo y llega a la conclusión que la proyección del tránsito normal que circula por la zona se proyectó a 15 años utilizando los datos de tránsito recolectados por la firma consultora en la zona. Se determinó que el tráfico atraído en el sector representa un 30% de TPD normal. La

consolidación de los datos de tráfico normal, atraído y generado al año 2005 da como resultado un TPD igual a 6.096 vhd con una distribución de autos igual al 80.8%, buses igual al 17.6% y camiones igual al 1.6%. los anteriores datos generan un equivalente de ejes acumulados de 8.2 Ton de 423*106 ejes en el carril de diseño, en cuanto a la capacidad de la vía, presenta un 14% de ocupación en el periodo inicial y esta se ocupará en un 18% como máximo para el año horizonte 2015, esto nos da a entender que geoméricamente la vía goza de unas dimensiones amplias en su sección transversal para atender el flujo vehicular de la zona.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Ciclo Historia de los pavimentos

Uno de los primeros materiales que el hombre encontró y que servía de una materia prima para la construcción de los objetos fue la piedra (Sáez, 2019).

Se estima que fue entre 3000 a. C. que el imperio Hilita en la península de Anato construyó los primeros caminos de suelo firme. Un antecedente destacado son los caminos que realizaron los esclavos egipcios alrededor de las pirámides. Las órdenes religiosas que florecían en Europa durante la Edad Media fomentaban la construcción de caminos para los peregrinos en poblados de Francia, Italia y España (Sáez, 2019).

Los pavimentos, a mediados del siglo XVIII, desarrolla el uso de la cal en países como en Inglaterra a través de trabajo de hombres como el ingeniero John Smeaton, constructor del Faro de Eddystone, que fue uno de los responsables del cambio vial en la ciudad británica. Ya pasando más años, el diseño romano consistió en un cuadro de capas (de arriba a abajo) de la siguiente manera:

- **La suma crusta** (superficie): son bloques poligonales acostados en la capa subyacente.

- **El núcleo:** una especie de capa de base compuesta de grava de arena, con cemento y cal.
- **Rudus:** es la tercera capa que se compone de mampostería y piedras más pequeñas también colocadas en mortero de cal.
- **Statumen:** dos o tres hileras de piedras planas colocadas en mortero de cal.

2.2.2. Concepto de pavimento

Es la estructura de una vía y está conformada por una o más capas de materiales (elaborados o no) colocados sobre un terreno acondicionado. Su función es la de permitir el tránsito de vehículos, pero a su vez también debe tener seguridad, comodidad, costo óptimo de operación, una superficie impermeable (a la cual se le debe controlar color y textura), resistencia a la acción del medio ambiente y resistencia a la repetición de cargas. Esta estructura transmite a las capas inferiores las fuerzas aplicadas en la capa superior, en donde las capas inferiores son las que soportan menores esfuerzos con respecto a las superiores (Sáez, 2019).

Los principales tipos de pavimentos son los pavimentos asfálticos y los pavimentos de concreto. El resumen, un pavimento es una estructura conformada por varias capas y cada una de ellas tiene características propias y una resistencia de acuerdo a la necesidad que se tenga. El pavimento es la estructura que se diseña para que trabaje como un solo (Sáez, 2019).

2.2.3. Estructura de una vía

2.2.3.1. Carpeta asfáltica

Es la capa de rodadura que sirve para resistir efectos abrasivos del tráfico y proporcionar una rodadura cómoda y segura. Esta capa de rodadura también cumple la función de revestimiento asfáltico (Sáez, 2019).

Tiene las siguientes funciones:

- Impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento, incluso en una pista húmeda.
- Reducir las tensiones verticales que ejerce la carga (por eje) sobre la capa de base, esto nos permite controlar la acumulación de deformaciones plásticas en dicha capa.

2.2.3.2. Base granular y subbase

Las bases están constituidas por una capa de subbase y una de base de material granular, regularmente, donde cada una de ellas cumple con los requerimientos de calidad especificados en normas (Sáez, 2019).

Tiene las siguientes funciones:

- Resistencia, fundamentalmente a la acción del tráfico.
- Reducir las tendencias verticales que las cargas por eje ejercen sobre las capas subbase y suelo natural.
- Reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje ejercen a la capa de revestimiento asfáltico.

En el diseño se debe seleccionar el material capaz de resistir todos los esfuerzos transmitidos. El material seleccionado tendrá una adecuada capacidad de soporte de forma tal que no mayores espesores de carpeta asfáltica (Sáez, 2019).

Tomar en cuenta que el tráfico con el que se diseña es para un tráfico generado de 5, 15 a 20 años. En vista de lo indicado anteriormente, surgen dos interrogantes: ¿Dónde se encuentra la mayor resistencia dentro de una estructura? y ¿Cómo se disipan las fuerzas?, Por ejemplo, se tiene una carpeta asfáltica, una base y una subbase; la llanta generará una fuerza y tiene un radio de acción; en la gráfica siguiente se muestra la fuerza de acción de la llanta sobre la carpeta asfáltica (Sáez, 2019).

Tan solo un menor porcentaje de los esfuerzos se aplican en la subrasante. La base y subbase son las que soportan los mayores esfuerzos, siendo la base la que recibe directamente dichos esfuerzos; por lo que debe tener un mejor material, el cual debe estar indicado en las especificaciones técnicas. Es importante que además de cumplir con lo indicado en las normas técnicas peruanas que también se consideren lo indicado en normas internacionales aplicables (Sáez, 2019).

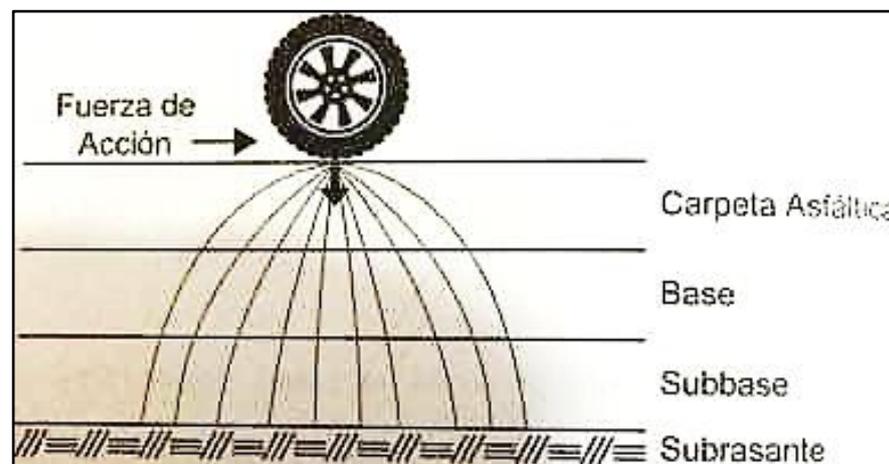


Figura 2.- Distribución de cargas en las capas (Sáez, 2019).

2.2.4. Tipos de pavimento

2.2.4.1. Pavimento flexible

Se denomina pavimento flexible a aquel cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él (Sáez, 2019).

Está conformado, principalmente, de una capa bituminosa (asfáltica), que se apoya en otras capas inferiores llamadas base y subbase. Sin embargo, es posible prescindir de estas capas dependiendo de la calidad de la subrasante y de las necesidades de cada obra. Cada capa recibe las cargas por encima y se extiende en ellas, luego, pasa estas cargas a la siguiente capa inferior (Sáez, 2019).

Muchas veces se diseña la carpeta asfáltica pero no se construye esta carpeta, porque nos podrían solicitar que se emplee alguna

tecnología alternativa, sea por diversos motivos tales como cambios en los requerimientos del proyecto, cambio de presupuesto, etc. Por ejemplo, nos pueden plantear construir una base, una subbase y colocar una carpeta de revestimiento, en los revestimientos asfálticos tenemos una variedad de tecnologías las cuales pueden ser imprimaciones reforzadas, micro pavimentos, tratamientos superficiales simples, tratamientos superficiales dobles (Sáez, 2019).

2.2.4.2. Pavimento rígido

Es aquel formado por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es autorresistente (Sáez, 2019).

2.2.4.3. Pavimentos semirrígidos

Es aquel que combinan diferentes tipos de pavimentos: “flexibles” (construido con material asfáltico y materiales granulares) y “rígidos” (de cemento portland con materiales granulares) (Sáez, 2019).

2.2.5. Estructura de un pavimento

En la figura de la izquierda se aprecia la estructura del pavimento rígido a nivel de suelos, se muestra que tiene muy poca deflexión (no se deflece como el pavimento asfáltico). En la figura de la derecha se aprecia la base, la subbase, y se tiene la acción y reacción que es diferente a lo que se presentan en pavimentos rígidos (Sáez, 2019).

Las bases asfálticas son granulares por su estructura que contiene agregado más asfalto. Un material granular es todo material que conforma una curva granulométrica (Sáez, 2019).

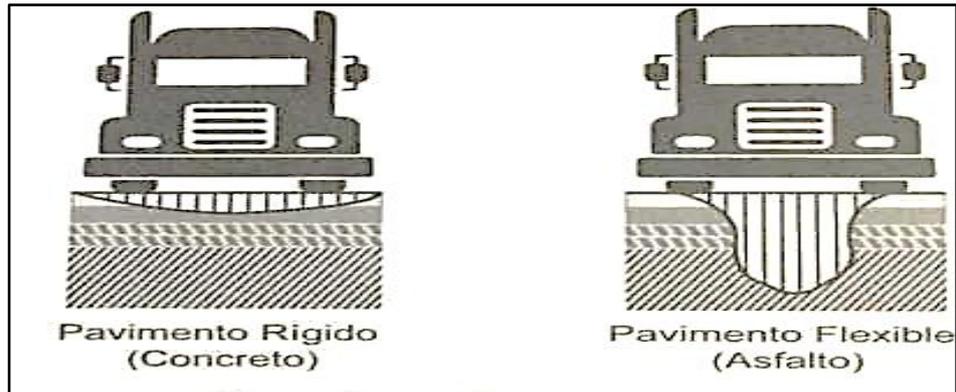


Figura 3.- Distribución de cargas (Sáez, 2019).

2.2.6. Mezcla asfáltica

Una mezcla asfáltica es una combinación de agregados seleccionados y uniformemente recubiertos por material bituminoso de características determinadas (Sáez, 2019).

Las proporciones de los agregados determinan las propiedades físicas de la mezcla eventualmente, el rendimiento de la misma como mezcla terminada para un determinado uso. Se tienen que considerar dos aspectos fundamentales en el diseño y proyecto de una carpeta asfáltica (Sáez, 2019).

La resistencia de la carpeta está en función de los espesores de las capas que emplearemos en su construcción.

La textura y acabado son aspectos que se deben exigir a las capas (a la "carpeta asfáltico") para que resulten seguras confortables.

2.2.6.1. Empleo

Las mezclas asfálticas se emplean en la construcción de carreteras, ya sea en capas de rodadura o en capas inferiores. Una de sus funciones es proporcionar una superficie de rodamiento cómoda y segura a los usuarios, y ser económica en su construcción. La otra función principal es de transmitir las cargas (debidas al tráfico) hacia las capas inferiores (Sáez, 2019).

La mezcla debe ser:

- **Duradera**, resistente a las acciones tales como el despegue de la película de asfalto del agregado por efectos del agua, abrasión del tránsito y clima.
- **Resistente a las solicitaciones de tránsito** a través de su estabilidad y la resistencia del agregado. Se debe tener en cuenta que la granulometría del agregado es la columna vertebral de una mezcla asfáltica y ese cuerpo granular es el que resiste la carga que está siendo transmitida.
- **Impermeable**, para que sus componentes no estén bajo la acción directa de los agentes atmosféricos, se tiene que hacer una mezcla capaz de resistir también la presencia de agua.
- **Trabajable**, para su fácil colocación y compactación. Esto va a depender del tipo de granulometría que se coloca

2.2.6.2. Funcionalidad

El comportamiento de la mezcla depende de circunstancias externas a ellas mismas, tales como son el tiempo de aplicación de la carga y la temperatura. Por esta causa, su caracterización y propiedades tienen que estar vinculadas a estos factores (temperatura y duración de la carga), lo que implica la necesidad de un adecuado conocimiento de la reología del material. Una mezcla asfáltica siempre tiene que ser flexible, una mezcla jamás puede ser rígida y eso depende principalmente de la granulometría (Sáez, 2019).

2.2.6.3. Propiedades de las mezclas asfálticas

Resistencia a la fatiga: Capacidad de soportar los esfuerzos provocados por el tránsito. Resistencia al deslizamiento: Capacidad de la superficie del pavimento cuando se encuentra mojado, para ofrecer resistencia al deslizamiento. Si la mezcla se usa como capa de rodadura, debe tener las propiedades siguientes:

- Regularidad

- Permeabilidad
- Sonoridad

Un pavimento que ocasione ruidos no es aceptado en muchos países, siendo esta propiedad uno de los principales requisitos para que una carretera sea aceptada, en el Perú aún no está normado el ensayo de sonoridad. La imagen muestra un pavimento donde se realizó un corte y se observa cómo el pavimento se puede deformar. Cuando sucede que esta deformación llega hasta la base el problema de dicha deformación podría ser un inadecuado proceso constructivo o mala calidad de los materiales (Sáez, 2019).

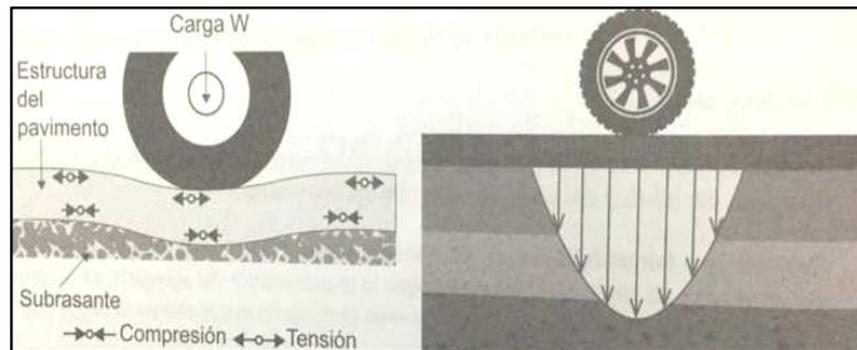


Figura 4.- Aplicación de cargas al pavimento (Sáez, 2019).

2.2.6.4. Propiedades de las capas de rodadura

La capa superior de un pavimento es la que debe proporcionar una superficie de rodadura segura, confortable y estética. Como todas las exigencias deseables para una superficie de rodadura, estas no pueden optimizarse simultáneamente, sino hay que equilibrar las propiedades contrapuestas para llegar a las soluciones más satisfactorias. Los materiales asfálticos proporcionan superficies continuas y cómodas para la rodadura de los vehículos. En las capas de rodadura, el uso de agregados de alta calidad y de aditivos se justifica dependiendo de las solicitaciones a las que estarán sometidas (Sáez, 2019).

2.2.7. Estudio del tránsito para diseño del pavimento

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento (Fonseca, 2014).

En esta investigación se presentan los elementos necesarios para cuantificar el tránsito, así como la metodología para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que utilizará el pavimento durante la vida de este (Fonseca, 2014).

2.2.7.1. Propiedades de las capas de rodadura

Según (Fonseca, 2014) menciona:

- a) **Eje sencillo:** es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.
- b) **Eje tándem:** es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.
- c) **Eje trídem:** es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.
- d) **Vehículos livianos:** Son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.
- e) **Vehículos comerciales:** Son aquellos de más de 5 toneladas de capacidad tales como camiones, buses, remolques, etc.
- f) **Volumen de tránsito:** Es el número de vehículos que circulan en ambas direcciones por una sección de vía durante un período específico de tiempo. Este puede ser horario, diario, semanal, etc.
- g) **Tránsito promedio diario:** Es el volumen de tránsito durante un período de tiempo, dividido por el número de días del período.

Abreviadamente se denota como TPD. Según el período utilizado para medir el volumen de tránsito, el TPD puede ser

anual, mensual o semanal, denominándose TPDA, TPDM, y TPDS, respectivamente.

- h) **Tránsito existente:** Es aquel que presenta la vía antes de ser pavimentada.
- i) **Tránsito atraído:** Es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes.
- j) **Tránsito generado en una vía nueva o mejorada:** Es el volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.
- k) **Tránsito inducido:** Es la suma del tránsito atraído y generado.
- l) **Nivel de servicio:** Es una medida de la calidad del flujo de tránsito por la vía. Se cuantifica con una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de maneto la seguridad y los costos de operación.
- m) **Volumen de servicio:** Es el volumen de tránsito que le corresponde a cada nivel de servicio.
- n) **Capacidad.** La capacidad de una vía o de un carril es el número máximo de vehículos que puede circular por una u otra durante un período de Tiempo determinado sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.

2.2.8. Clasificación De Los Vehículos

Según (Fonseca, 2014). EUNV (Instituto Nacional de Vías) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan en el país:

A = vehículos livianos

B = Buses

C= Camiones

Además, clasificado el tiempo de vehículo de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en la figura (Fonseca, 2014).

2.2.9. Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo de la disposición de sus ejes

2.2.9.1. Carga máxima legal

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de carga, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. La anterior consideración, plantea un problema muy complejo que hace necesario recurrir a simplificaciones prácticas. Dado que la estimación de daño producido por las diversas cargas por eje es muy compleja, y que la única fuente confiable de información para afrontar este problema es el "AASHO ROAD TEST", de cuyos resultados se derivaron una serie de factores de equivalencia, muestra los adoptados por el INV, la carga tomada como patrón es un eje sencillo de 8.2 toneladas, cuya elección se hizo por dos motivos principales:

Porque el valor de esta carga era similar a la de 8.0 toneladas propuesta en la convención de Génova en 1949 y Porque dicha carga por eje fue normalizada como carga para diseño de pavimentos flexibles, por muchos países y entidades (Fonseca, 2014).

2.2.10. Determinación del tránsito existente

La información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la ingeniería de tránsito. La información que se requiere es la siguiente:

El tránsito promedio diario semanal (TPDS)

Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

El TPD se halla efectuando un conteo, durante una semana, de todos los vehículos que pasan por la carretera objeto del estudio. Teniendo en cuenta que el tránsito en general presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana de aforo. El INV efectúa los conteos de tránsito preferencialmente en época de verano.

El tránsito total registrado se divide por los siete días del conteo obteniéndose el TPDS, el cual debe discriminarse en vehículos livianos y comerciales. Estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño de un pavimento. La Figura 2.3 muestra un esquema modelo de presentación de los volúmenes de tránsito preparado por la Subdirección de Apoyo Técnico. En cada tramo de carretera estudiado se indica en un círculo el número de la estación de conteo y una línea horizontal sobre la cual se encuentra relacionado el tránsito promedio diario semanal (TPDS). Bajo dicha línea se encuentran relacionados los porcentajes de automóviles, buses y camiones respectivamente.

A manera de ejemplo se presenta a continuación el cálculo de los volúmenes de automóviles, buses y camiones correspondientes al sector de conteo Yopal-Aguazul.

$$\text{Automóviles: } 1152 \times 0,59 = 679.68 = 680$$

$$\text{Buses: } 1152 \times 0.04 = 46.08 = 46$$

$$\text{Camiones: } 1152 \times 0.37 = 426.24 = 426$$

La determinación del número, tipo y peso de los vehículos comerciales se hace en nuestro medio por medida directa, utilizando basculas para el pesaje, de los ejes de todos los vehículos clasificados como comerciales, registran en cada caso la clase de vehículo y el tipo de eje pesado, ya sea simple, tándem o trídem.

Según (Fonseca, 2014). En la determinación del tránsito existente probable de una vía nueva, es evidente que no puede cuantificarse por

medio de conteos directos, razón por la que es necesario recurrir a alguno de los siguientes procedimientos:

- Realizar un estudio de origen y destino entre los dos sitios que eran unidos por la nueva vía.
- Adoptar los datos de tránsito de otra vía situada en una zona de características; o
- Utilizar los datos de tránsito de otra vía alterna a la que se desea construir.

2.2.11. Suputación del tránsito durante el periodo de diseño

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. Sin embargo, es necesario reconocer que no es fácil calcular tales cargas, por cuanto en el tránsito futuro intervienen factores muy complejos, dado que es muy difícil predecir los cambios en la economía regional general, en la población y en el uso de la tierra a lo largo de la vía durante el periodo de diseño. Pero, el volumen de tránsito futuro de una vía nacional en servicio, que se encuentre en afirmado, puede ser estimado con razonable exactitud a partir de datos sobre el tránsito existente y mediante un análisis estadístico de su evolución histórica. El estimativo en mención requiere del conocimiento del valor de la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarias para los estudios de pavimento, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento. Para el cálculo de dicho parámetro es necesario contar con una serie cronológica de datos como la que presenta anualmente la Subdirección de Apoyo Técnico del INV en su publicación denominada Volúmenes de tránsito. A partir de dichos datos y mediante la aplicación de modelos de regresión es posible ajustar las series históricas del tránsito con el uso de los modelos lineal y exponencial, pues son los que más se ajustan a estas series históricas. Eligiendo para el análisis el modelo que presente la mejor correlación de los valores de tránsito (Fonseca, 2014).

Según (Fonseca, 2014). El tránsito inicial de vehículos comerciales utilizado para el diseño de un pavimento será la suma de: el normalmente existente, el atraído y el generado. Además, es conveniente tener en cuenta que para efectos del dimensionamiento de un pavimento interesa solamente el tránsito que pasa por un carril, al que se denomina carril de diseño, que es aquel por el cual se espera que circulen el mayor volumen de vehículos pesados, y para su determinación deben utilizarse los siguientes valores:

Tabla 1.-Porcentaje de vehículos pesados

Número de carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6+	40

Fuente: (Sáez, 2019).

El tránsito así obtenido habrá de proyectarse hacia el futuro una vez establecido el periodo de diseño y determinada la tasa anual de crecimiento del tránsito (Fonseca, 2014).

Según (Fonseca, 2014). Tradicionalmente en Colombia las proyecciones del tránsito se han efectuado utilizando el modelo exponencial expresado mediante la siguiente fórmula de interés:

$$T_n = T_i \times (1 + r)^n$$

Dónde:

T_n = tránsito en cualquier año n .

T_i = tránsito en el año cero (inicial)

R = tasa de crecimiento anual del tránsito

A partir de la expresión es posible por integración obtener el tránsito acumulado durante los n años del periodo de silencio, mediante la siguiente ecuación (Fonseca, 2014).

$$T \text{ acumulado} = Ti \times \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)}$$

2.2.12. Cargas equivalentes para el diseño de pavimentos

Según (Fonseca, 2014). Con el objeto de evaluar el efecto, en un pavimento flexible, de las cargas diferentes a la estándar de 8.2 toneladas, equivalente a un tándem de 14.5 toneladas, se han determinado factores de equivalencia de carga por eje, que se han obtenido a partir de los resultados del AASHTO ROAD TEST. Los resultados obtenidos en el camino de prueba de la AASHTO, han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes, se expresa como:

$$\text{Factor de equivalencia de carga} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^4$$

Donde

P_0 = carga estándar

P_1 = carga cuya equivalencia con la estándar se desea calcular.

Ejemplo:

Calcular el factor de equivalencia de una carga por eje simple de 15 toneladas con relación a la estándar de 8.2 toneladas (Fonseca, 2014).

Solución:

$$\text{Factor de equivalente de carga} = \left(\frac{15T}{8.2T}\right)^4 = 11$$

2.2.13. Determinación del factor camión

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión) (Fonseca, 2014).

En nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT - INGEROUTE y por el propuesto por la Universidad del Cauca (Fonseca, 2014).

Según (Fonseca, 2014). Si bien el pesaje constituye el medio más preciso para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 toneladas, lo costoso que resultan estos estudios impide efectuarlos para todos los diseños de pavimento que se deban acometer. Por tanto, cuando se deba efectuar un diseño para un tramo de vía en el cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- 1) Tomar el valor correspondiente a una vía cerrada del cual se posea dicha información, si se considera que las características del tránsito en los dos tramos son similares.
- 2) Estimar el factor camión a través de algún procedimiento de tipo empírico.

2.2.13.1. Determinación del factor camión por el método

Para la determinación del factor camión por este método resulta conveniente elaborar una tabla como la No. 2.4, la cual ha sido tomada de un estudio real del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (Fonseca, 2014).

El método consiste, básicamente, en pesar durante un período definido, todos los ejes de los vehículos comerciales que pasan por un determinado punto de una carretera, agrupándolos luego de acuerdo con su carga por eje en toneladas en la columna de la izquierda de la tabla en mención y al número y distribución de sus ejes (Fonseca, 2014).

La sumatoria de los valores de la columna 1 es de 6750 ejes simples pesados, que corresponden a un total de 33 75 camiones, de acuerdo con la configuración de sus ejes, así mismo, la 2 presenta un total de 1852 ejes simples pesados que corresponden a 926 buses. Los valores de la 3 resultan de sumar las columnas 1 y 2, igualmente la 8 y 9 representan las sumas en ellas indicadas (Fonseca, 2014).

Con el objeto de evitar molestias a los usuarios, causadas por las demoras en el pesaje de los ejes de los buses, aquellos son únicamente contados y distribuidos posteriormente de acuerdo con los porcentajes que se presentan en la parte inferior izquierda de la tabla, estos valores han sido obtenidos con base en la experiencia del país (Fonseca, 2014).

2.2.13.2. Determinación del factor camión por los métodos mopt-ingeroute y la universidad del cauca

Los factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia son los obtenidos por el MOPT-INGERROUTE y la Universidad del Cauca (Fonseca, 2014).

A partir de estos valores se puede estimar el factor camión, para cualquier tramo de la red nacional de carreteras, teniendo en cuenta que durante los conteos manuales que anualmente realiza el INV, se hace una discriminación de la manera como está compuesto el tránsito de camiones (Fonseca, 2014).

Tabla 2: Factores de equivalencia

Tabla		
Tipo de vehículo	Factores de equivalencia	
	Mopt-ingeroute	Universidad del cauca(1996)
C-2 pequeño		1.14
	1.4 (prom.)	
C-2 grande		3.44
C-3	2.4	3.76
C2-S1		3.37
C4	3.67	6.73
C3-S1		2.22
C2-S2		3.42

C3-S2	4.67	4.40
C3-S3	5.0	4.72
Bus P-600		0.40
	0.2 (prom.)	
Bus P-900		1.0
Buseta		0.05

Fuente: (Fonseca, 2014).

2.2.14. Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño (N)

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitarán e el carril de diseño y durante el período de diseño, es posible convertir esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión:

$$N = TPD \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} \times F.C.$$

TPD = Tránsito promedio diario inicial.

A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones).

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

R = Rata anual de crecimiento del tránsito.

N= periodo de diseño

F.C = Factor camión

2.2.15. Método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles

2.2.15.1. Introducción

A partir de los resultados del AASHTO ROAD TEST, el comité de diseño de la AASHTO produjo en 1972 la "Guía provisional AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles", la cual se basó, además, en los procedimientos de diseño existente (Fonseca, 2014).

Después de haber sido utilizado por algunos años, éste fue ajustado dando origen a la versión de 1986, a la cual se incorporó nuevas consideraciones entre las que cabe mencionar la confiabilidad del diseño, los módulos de elasticidad de la subrasante y las capas del pavimento, los factores ambientales de temperatura y humedad, el drenaje, aspectos económicos, procedimientos de diseño para construcción por etapas y el conocimiento de los diseños de tipo empírico (Fonseca, 2014).

2.2.15.2. Variables para el diseño

- a) **Restricciones de tiempo:** En este aparte se incluye la escogencia de los datos de entrada para los períodos de análisis (período de diseño = período de análisis) que afectarán o restringirán el diseño del pavimento desde el punto de vista del tiempo. Es decir, permiten seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que duren todo el Pe, nodo de análisis hasta construcción por etapas con una estructura inicial y colocación de sobre capas programadas (Fonseca, 2014).

- b) **Período de diseño:** Es el tiempo que dura una estructura inicial de pavimentó antes de que requiera rehabilitación. También se refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas. **Período de análisis:** Se refiere al periodo para el cual se va a adelantar el análisis, es decir, el transcurso de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir. El periodo de análisis es análogo al término "periodo de diseño" (Fonseca, 2014).

- c) **El tránsito:** El método de diseño se basa en el número de ejes equivalentes de 18 Kips en el carril de diseño (W_{18}) valor que es conocido en nuestros métodos de diseño como N . **Confiabilidad:** Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las

condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño (Fonseca, 2014).

- d) **La confiabilidad:** pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de éste se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados. En general, a medida que crece el volumen del tránsito, la dificultad de qué presente tránsito divergente y la expectativa pública de disponibilidad, aumentan el riesgo de no cumplir con dichas expectativas, debe ser minimizado. Esto se logra escogiendo niveles mayores de confiabilidad. La Tabla presenta niveles de confiabilidad recomendables, para clasificaciones funcionales diferentes. Obsérvese que los niveles más elevados corresponden a las vías que reciben el mayor uso, mientras que los de nivel más bajo, el 50% corresponden a las carreteras locales (Fonseca, 2014).
- e) Los valores de S_0 desarrollados en el AASHTO ROAD TEST no incluyeron error por el tránsito. Sin embargo, el error en la predicción del comportamiento desarrollado en el tramo de ensayo fue de 0.35 para los pavimentos flexibles, lo cual corresponde a una desviación estándar total de 0.45 (Fonseca, 2014).
- f) **Efectos ambientales:** la actual guía de diseño de la AASHTO tiene en cuenta los efectos que sobre el comportamiento de un pavimento tienen los factores ambientales. Los cambios de temperatura y humedad, por ejemplo, pueden tener efecto sobre la resistencia, la durabilidad y la capacidad de resistir cargas de los materiales, del pavimento y de la subrasante. Otro impacto ambiental importante, es

el efecto directo que la expansión de la subrasante, puede tener sobre la pérdida de la calidad de la rodadura y la serviciabilidad (Fonseca, 2014).

2.2.15.3. Criterios de comportamiento

Sociabilidad: La serviciabilidad de un pavimento se define como la idoneidad que tiene el mismo para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar. La mejor forma de evaluarla es a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). La filosofía básica del diseño es el concepto del comportamiento y capacidad de servicio, el cual proporciona un medio para diseñar un pavimento con base en un volumen específico de tránsito total, y con un nivel mínimo de serviciabilidad deseado, al final del período de diseño. La escogencia de un índice más bajo que puede tolerarse antes de que sea necesario un refuerzo o una rehabilitación, la AASHTO sugiere un valor de 2.5 para las autopistas y vías principales y 2.0 para las demás carreteras. Teniendo en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (P_t) del tránsito y del índice de servicio inicial (P_0), es necesario hacer una determinación de este último (Fonseca, 2014).

En el ensayo AASHTO, se obtuvo un valor de para los pavimentos flexibles, pero cada entidad podrá elegir un valor apropiado para sus condiciones y características constructivas (Fonseca, 2014).

Una vez establecido P_0 y P_t se aplica la siguiente ecuación para definir el cambio total en el índice de servicio:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

2.2.15.4. Propiedades de los materiales

- a) **Módulo resiliente** de la subrasante: La base para la caracterización de los Materiales de subrasante en este método,

es el módulo resiliente o elástico. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos. Heukelom y Klomp, han encontrado una relación entre el Mr medido en el campo y el CBR de laboratorio para la misma densidad (Fonseca, 2014).

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \text{ CBR}$$

Según (Fonseca, 2014). Expresión que se considera razonablemente aproximada para suelos finos con un CBR sumergido no mayor de 10. Para la utilización del método en Venezuela, por ejemplo, se ha considerado la utilización de las siguientes ecuaciones de correlación:

Para suelos finos

$$Mr = 1500 \times \text{CBR}; \text{ para CBR } < 7.2\%$$

$$Mr = 300 \times \text{CBR}; \text{ 065 para CBR de 7.2 a 20\%}$$

La primera ecuación es la sugerida en la guía AASSHTO, mientras que la segunda fue desarrollada en Sudáfrica. Para suelos granulares, la siguiente ecuación desarrollada con base en la propia guía ofrece una buena correlación (Fonseca, 2014).

$$Mr = 4326 \times \ln \text{ CBR} + 241$$

Por otra parte, la guía establece un nuevo procedimiento para determinar el valor soporte efectivo de la subrasante, en función de las variaciones climáticas. De acuerdo con el valor Mr estacional se determina un valor de daño relativo (uf) que permite extrapolar y ponderar las características de los suelos a las

condiciones climáticas particulares de cada proyecto (Fonseca, 2014).

Como se indicó, el método requiere determinar el valor M_r en las distintas condiciones en que el suelo se encuentre durante el año (saturado, húmedo y seco) trabajos realizados en Venezuela sugieren el siguiente procedimiento para suelos finos: determinar el CBR - húmedo y CBR - saturado con una misma probeta de ensayo, y estimar el CBR - seco mejorando en 1.6 veces el CBR - húmedo. Luego se completa el procedimiento con las ecuaciones de correlación indicadas (Fonseca, 2014).

- b) Características de los materiales del pavimento: la caracterización de las diversas capas del pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, obtenidos por ensayos normalizados de laboratorio. El o no presenta requisitos específicos respecto de la calidad de los materiales de subbase, resultando aceptable cualquier material convencional. El uso de la subbase en este método requiere del empleo de un coeficiente de capa (a_3) para convertir su espesor en un número estructural (SN), que es el indicativo del espesor total requerido de pavimento. En relación con la base, esta podrá ser granular o estabilizada y los requisitos de calidad deben ser, superiores a los de subbase. El material estará representado por un coeficiente (a_2) que permite convertir su espesor real a su número estructural (Fonseca, 2014).

Respecto a la capa de rodadura, consistirá en una mezcla de agregados pétreos y un producto bituminoso. La mezcla se deberá diseñar y construir de modo que no solo preste una función estructural, sino que, además, resista la fuerza abrasiva del tránsito, proporcione una superficie antideslizante y uniforme y prevenga la penetración del agua superficial (Fonseca, 2014).

- c) Coeficiente de capas: el método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_1), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura e pavimento. El método presenta cinco categorías de estos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada: concreto asfáltico, base granular, base tratada con cemento y base asfáltica (Fonseca, 2014).

- d) Concreto asfáltico: proporciona un gráfico que puede Emplearse para estimar el coeficiente (a_1) de la capa estructural de una rodadura de concreto asfáltico de gradación densa, con base en su módulo elástico (resiliente) a 20°C (68°F) (Fonseca, 2014).

- e) Bases granulares: muestra un gráfico que puede emplearse para estimar el coeficiente estructural a_2 a partir de uno de cuatro resultados de ensayos diferentes de laboratorio sobre un material granular de base, incluyendo el módulo resiliente de la base (Fonseca, 2014).

- f) Bases estabilizadas: La muestra el gráfico que puede ser empleado para hallar el coeficiente a_2 de una base de suelo cemento, a partir de su módulo elástico o de su resistencia a compresión a 7 días y la Figura 7.31 presenta el ábaco para hallar el coeficiente correspondiente a las bases asfálticas, en función de su módulo o su estabilidad Marshall (Fonseca, 2014).

- g) Subbases granulares: Es posible determinar el coeficiente (ampara una subbase granular, en función de los mismos ensayos considerados para las bases granulares (Fonseca, 2014).

2.2.15.5. Características estructurales del pavimento

Drenaje: A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje. El método deja en libertad al Ingeniero de Diseño para identificar cual nivel o calidad de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje. Se dan a continuación las definiciones generales correspondientes, para diferentes niveles de drenaje de la estructura del pavimento (Fonseca, 2014).

El tratamiento para el nivel esperado de drenaje de un pavimento flexible se logra a través del empleo de coeficientes de capas modificadas; esto es, se podría usar un coeficiente de capa efectivo más alto para mejorar las condiciones de drenaje. El factor de modificación del coeficiente de capa se denomina m_1 ha sido integrado dentro de la ecuación del número estructura (SN) a partir del coeficiente de capa (a_i) y el espesor (d_i). La muestra los valores que recomienda la ASSHTO para m_1 de acuerdo con la calidad del drenaje y el tiempo en el baño durante el cual se espera que el pavimento este normalmente expuso a niveles de humedad cercanos a la saturación. Los factores que muestra dicha tabla son aplicables solamente a capas granulares (Fonseca, 2014).

2.2.15.6. Diseño estructural del pavimento

Este método de diseño es aplicable para vías con transito superior a 0.05×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas y la ecuación utilizada para el diseño de pavimentos flexibles, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASSHTO ROAD TEST es (Fonseca, 2014).

Donde:

- W_{18} = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas.

- ZR = Desviación estándar normal.
- S0 = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.
- ΔPSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial (P0) y el final (Pt).
- MR = Modulo resiliente.
- $\text{SN} = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$.

Siendo:

- a_i = coeficiente estructural de la capa i, el cual depende de la característica del material con que ella se construya.
- d_i = Espesor de la capa i en pulgadas.
- m_i = coeficiente de drenaje de la capa i.

El SN es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte del suelo (Mr), del tránsito total (W18), de la serviciabilidad terminal, y de las condiciones ambientales (Fonseca, 2014).

2.2.16. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo pesado

El factor de equivalencia de carga por tipo de vehículo pesado (FECV) Se define como el número de ejes simples, de rueda doble de 80 kN (8,2 t), que producirían en el pavimento asfáltico un deterioro equivalente al ocasionado por la circulación de un determinado tipo de vehículo. La determinación de dicho factor requiere algunas consideraciones previas (Sánchez, 2016).

2.2.16.1. Carga patrón para el diseño del pavimento

Todo vehículo que hace uso de un pavimento produce esfuerzos, deformaciones y deflexiones en las capas de éste y en la subrasante, ocasionando una cantidad infinitesimal de deterioro en la estructura. A medida que las repeticiones de cargase acumulan también lo hacen las cantidades de deterioro, consumiendo así la vida del pavimento. Diferentes tipos de vehículos y de configuraciones de ejes producen efectos distintos, los cuales se traducen en niveles desiguales de

deterioro. Debido a la dificultad práctica que entraña la estimación del efecto individual causado por cada vehículo que utiliza un pavimento, se ha encontrado aceptable expresar el deterioro producido por cada carga real en términos del deterioro ocasionado al pavimento por una carga de referencia. La carga patrón aún usada para el diseño y la evaluación de pavimentos asfálticos en la mayoría de agencias viales del mundo es un eje simple, con sistema de rueda doble, de 80 kN (8,2 t). Esta carga de diseño se adoptó en Colombia en 1970 (ref. 4.6) y es, también, la que se utiliza como referencia para los propósitos de este libro (Sánchez, 2016).

Concepto del factor de equivalencia de carga por eje (FECE)

La base para la conversión de las cargas reales del tránsito en aplicaciones equivalentes de la carga de referencia en cuanto a su efecto sobre el pavimento se desarrolló a partir de los datos obtenidos en el AASHO Road Test, realizado en Ottawa (Illinois) entre 1958 y 1960 (ref. 4.7). En dicha prueba, tramos de pavimento construidos con iguales estructuras se sometieron a la acción de diferentes cargas y configuraciones de ejes, de manera que se pudiera determinar el efecto de deterioro producido sobre el pavimento por cada tipo de eje y por cada magnitud de carga, expresado este efecto en términos de pérdida de un parámetro al que se llamó índice de servicio. Así, el factor de equivalencia de carga por eje (FECE) se definió mediante la expresión:

Para explicar el significado de esta expresión, considérense dos pavimentos idénticos sometidos a la acción de dos ejes del mismo tipo, cuya carga es de diferente magnitud. Supóngase que en el primero la acción de 100.000 aplicaciones de un eje simple de rueda doble de 80 kN (8,2 t) produjo una determinada pérdida en el índice de servicio, mientras que el segundo soportó 10.000 aplicaciones de un eje simple de rueda doble de 142 kN (15,51) antes de sufrir la misma pérdida en el índice de servicio. En consecuencia, el factor de equivalencia de carga por eje (FECE) es:

$$FECE = 100.000/10.000 = 10$$

Este resultado significa, simplemente, que una pasada de un eje simple de rueda doble de 142 kN (14,5 t) produce en el pavimento la misma disminución en el índice de servicio que 10 pasadas de un eje simple de rueda doble de 80 kN (8,2 t). Es importante señalar que la AASHO (hoy AASHTO) determinó que los factores de equivalencia de carga por eje eran función tanto del tipo de pavimento como de su condición estructural, del sistema de ejes del vehículo (simple, doble, triple), de la magnitud de la carga por eje y del índice de servicio terminal que se considere. Tablas con valores de los factores de equivalencia de carga por eje (FECE) para diversas combinaciones de las variables citadas se encuentran en la guía de diseño de pavimentos de la AASHTO, versión 1993 (ref. 4.8).

Desde un punto de vista más práctico y fácil de comprender, los FECE se expresan en términos de la magnitud de las cargas involucradas en su cálculo, las cuales deben corresponder a la misma configuración de eje y sistema de rodado. En ese orden de ideas, una expresión equivalente a la anterior es la siguiente:

$$FECE = \frac{(P_i)^n}{P_r}$$

Donde el exponente n se obtiene experimentalmente. Para los mismos datos del ejemplo recién presentado, se tendría:

$$10 = (142/80)^n$$

$$N = 4,01$$

El valor numérico de n no es constante, aunque los primeros análisis de los resultados de la prueba AASHO indicaron que oscilaba dentro de un entorno más o menos restringido y cercano a 4 para los principales modos de falla de los pavimentos asfálticos de estructura flexible, lo que ha llevado a la mayoría de los diseñadores a recomendar la adopción de un valor igual a 4 en la solución de los

problemas rutinarios relacionados con estos pavimentos. Por ese motivo, la expresión se conoce como "ley de la cuarta potencia".

Un análisis posterior de los resultados del ensayo AASHO, realizado por el TRL (ref. 4.9), indicó que el ámbito dentro del cual variaba n no era tan estrecho y que variaba en el amplio rango de 2,4 a 6,6 en condiciones extremas, mientras que para condiciones de resistencia media y alta de la calzada el coeficiente se encontraba en el rango 3,2-5,6.

Con el paso de los años, los investigadores de diversas partes del mundo detectaron limitaciones en los resultados del AASHO y acometieron nuevos estudios sobre los efectos de las cargas del tránsito sobre los pavimentos en servicio en diferentes latitudes. Este cuestionamiento motivó, en parte, las investigaciones que con el auspicio del Banco Mundial se realizaron en Kenia (1971 -1974) y en Brasil (1977 - 1982), orientadas al estudio del deterioro de los pavimentos asfálticos en los países tropicales a escala real, en condiciones de operación muy variables, investigaciones que dieron lugar a la elaboración del modelo HDM-III (ref. 4.10).

El análisis de los datos obtenidos en el Brasil permitió deducir los efectos relativos de daño de las distintas cargas por eje bajo la acción de carga mixta y a largo plazo, a diferencia de las condiciones del ensayo AASHO y otros estudios posteriores acelerados bajo carga controlada. Según el estudio del Brasil, el exponente por aplicar a la carga axial en la función de daño relativo varía de acuerdo con el tipo de falla considerada: para modos de deformación como el ahuellamiento y la rugosidad, se encontró que era razonable el valor 4,0 determinado en el AASHO Road Test; para la iniciación y progreso de fisuras el exponente varió entre 2,0 y 4,0, y para los desprendimientos de la carpeta asfáltica fue 0,0.

El desarrollo de sistemas de análisis de tipo analítico facilitó el estudio de modos de deterioro de los pavimentos flexibles diferentes al de pérdida de servicio considerado en el AASHO Road Test. En particular, se han estudiado mucho el agrietamiento por fatiga de las capas ligadas con asfalto y la deformación permanente de las no ligadas, incluida la subrasante, debido a la acción repetida de las cargas del tránsito. Este tipo de análisis soporta algunos de los métodos de diseño de pavimentos de mayor uso en la actualidad, como el de Shell, el del Instituto del Asfalto y el nuevo método de diseño de la AASHTO.

Los resultados obtenidos en múltiples estudios efectuados durante los últimos 50 años en diferentes partes del mundo han permitido concluir que no existe una ley única de equivalencia de cargas en relación con su poder destructivo sobre los pavimentos y que el exponente n para los pavimentos asfálticos depende tanto del mecanismo de falla considerado (ahuellamiento, agrietamiento, pérdida de índice de servicio), como de las características de la estructura y de la configuración de los ejes de los vehículos (número de ejes, tipo de ruedas, espaciamiento entre ejes, tipo de neumáticos, presión de contacto, sistema de suspensión, etc.). Los valores que se resumen en la tabla 4.10 (ref. 4.14), extractados de fuentes bibliográficas de diversa procedencia, muestran que el exponente varía en el amplio rango de 1 a 8, con una concentración de valores entre 2 y 6. En el caso de los pavimentos asfálticos con capas ligadas hidráulicamente, se ha determinado que el exponente n suele ser mucho mayor (entre 8 y 12) (ref. 4.15), lo que implica que al diseñar estructuras semirrígidas las cargas pesadas son determinantes, aunque su presencia sea poco frecuente.

Atendiendo los resultados de todos estos estudios, la tabla presenta los exponentes de deterioro por carga para cada tipo específico de

deterioro que se sugiere emplear para el diseño de los pavimentos asfálticos de las carreteras nacionales (Sánchez, 2016).

2.2.16.2. Obtención de la información sobre las cargas por eje y vehiculares

La disponibilidad de datos precisos y representativos sobre los pesos por eje de los buses y de los camiones es crítica en la estimación de las cargas del tránsito. Los tipos de ejes y las magnitudes de sus cargas tienen un impacto muy importante en relación con su efecto sobre el pavimento. Se debe tener presente que el tipo y el peso de cada eje resultan más críticos para el pavimento que el peso total del mismo vehículo. Dos camiones distintos pueden transmitir el mismo peso total al pavimento, pero causar sobre éste un efecto muy diferente, dependiendo de la configuración de sus ejes y de la distribución de la carga sobre ellos. La recolección de datos sobre pesos por eje se realiza empleando tres tipos de básculas: estáticas o fijas, portátiles y de peso en movimiento.

El empleo de valores asumidos de carga por eje y vehicular para la ejecución de diseños de pavimentos en la red vial nacional es altamente reprobable, por cuanto los valores de tránsito de diseño obtenidos a partir de ellos suelen carecer de toda confiabilidad (Sánchez, 2016).

2.2.16.3. Cargas por eje con otras configuraciones de ejes y rodado que produce el mismo deterioro que la carga patrón

Como se mencionó, la carga patrón utilizada para el diseño y la evaluación de pavimentos asfálticos por la mayoría de agencias viales es un eje simple, con sistema de rueda doble, de 80 kN (8,2 t) (Sánchez, 2016).

2.2.16.4. Ejes tándem y triples con sistemas de rueda doble

Considerando que el espectro de cargas en cualquier carretera incluye ejes de muy diversas características, el cálculo apropiado de

las repeticiones de la carga patrón con fines de diseño implica, necesariamente, que el efecto destructivo de los ejes reales se exprese en términos que resulten equivalentes al que impone la carga escogida como referencia. Aunque muchos han adoptado las cargas equivalentes que se derivan de las tablas incluidas en la guía de diseño de la AASHTO para los ejes tándem y triples de rodado doble a partir del criterio de servicio (ref. 4.8), investigaciones posteriores han dado como resultados valores inferiores y superiores a aquéllas, como se muestra en la tabla (Sánchez, 2016).

2.2.16.5. Ejes cuádruples con sistema de rueda doble

En Colombia aún no circulan los ejes cuádruples por las carreteras; sin embargo, en el instante en que lo hagan, será necesario considerarlos de manera independiente. Estudios realizados en Australia han establecido que el eje cuádruple con sistema de rueda doble que da lugar a iguales deflexiones que el eje patrón de 80 kN (8,21) es de 221 kN (22,5 t) (ref. 4.16), valor adoptado por Austroads en su manual de diseño de pavimentos (ref. 4.17) (Sánchez, 2016).

2.2.16.6. Ejes simples con sistema de rueda simple

En relación con los ejes direccionales de los vehículos pesados, que casi siempre consisten en un eje simple con sistema de rueda simple, los resultados del ensayo vial AASHO no hicieron referencia específica a su efecto de deterioro, por lo que durante mucho tiempo se supuso que era igual al de los ejes simples con rodado doble y la misma carga total. La Shell parece compartir este concepto, por cuanto afirma en su manual de diseño que el hecho de que un eje simple tenga dos ruedas sencillas o dos ruedas dobles tiene muy poco efecto sobre las deformaciones críticas, por considerar que la magnitud total de la carga es el parámetro realmente significativo (ref. 4.11). Muchos autores tienen un criterio distinto. En la tabla 4.13, elaborada a partir de datos de la referencia 4.18 y otras fuentes, se recogen los hallazgos en relación con este asunto. Como se puede apreciar, las cargas que se

consideran equivalentes al patrón varían significativamente, dependiendo del método de evaluación y del criterio utilizado para comparar sus efectos (Sánchez, 2016).

2.2.16.7. Ejes simples con sistema de rueda simple con neumáticos de banda ancha

A pesar de que los ejes simples con neumáticos de banda ancha (figura 4.7) aún no se utilizan mucho en el país, su uso está ganando adeptos por la mayor productividad que ofrecen al transportador en términos económicos y por el menor consumo de combustible de los vehículos. El efecto destructivo de los ejes simples con este tipo de neumáticos en relación con el del eje simple con rodado dual convencional depende del ancho de la banda de rodamiento y de la capacidad estructural del pavimento sobre el cual actúan, y su efecto se debe considerar de manera independiente. En un estudio auspiciado por la FHWA (ref. 4.20) se menciona que una carga por eje simple de 70,6 kN (7,21) sobre neumáticos de banda ancha de primera generación, de 16/2" (419 mm) de ancho, produjo el mismo efecto que una carga patrón de 80 kN aplicada con neumáticos convencionales de 10" (254 mm) de ancho.

En una investigación efectuada en el estado de Virginia (ref. 4.21) se analizó el efecto producido por ejes simples con neumáticos de banda ancha de una nueva generación (445/50R22.5 y 455/55R22.5) respecto de un eje simple con sistema de rueda doble convencional (275/80R22.5) y la misma carga total, considerando cuatro mecanismos de falla: agrietamiento por fatiga, ahuellamiento primario (debido a las capas asfálticas), ahuellamiento secundario (debido a la subrasante) y agrietamiento en sentido descendente. La conclusión fue que, a igualdad de carga total, los ejes con sistema de rueda simple y neumáticos de banda ancha eran más agresivos que los convencionales de rueda doble en cuanto a los tres primeros mecanismos, pero menos en relación con el agrietamiento

descendente. Al combinar los efectos de todos los mecanismos se halló que el eje con la rueda simple de banda ancha resultaba más agresivo y que la magnitud de ese incremento en agresividad dependía de factores como la temperatura del pavimento, la velocidad del vehículo y la rigidez del pavimento. En síntesis, se encontró que la carga del eje equipado con neumáticos 445/50R22.5 debería transmitir una carga entre 4 y 8 % menor que el convencional con rueda doble para producir el mismo deterioro, mientras que el equipado con los neumáticos de mayor ancho, 455/55R22.5, requería una reducción menor, entre 2 y 5 %.

Otro estudio más reciente, hecho por investigadores egipcios (ref. 4.22), coincidió con el realizado en Virginia, en el sentido de que, a igualdad de carga, el eje con sistema de rueda simple y neumáticos de banda ancha resulta más agresivo que el convencional de rueda doble en relación con la fatiga y el ahuellamiento. En el caso de la fatiga se determinó que la mayor agresividad variaba entre 10 y 15 %, siendo superior a medida que las estructuras eran más delgadas. Estos hallazgos y otros en el mismo sentido reportados en la literatura técnica indican que la carga de referencia por eje simple con rueda simple y neumáticos de banda ancha que resulta equivalente a la del eje patrón con sistema de rueda doble y neumáticos convencionales debe ser de una magnitud inferior a ésta. Los valores que muestra la tabla 4.14 son los propuestos por algunos autores reconocidos en el ámbito internacional (Sánchez, 2016).

2.2.16.8. Cargas por ejes recomendadas para el diseño de los pavimentos asfálticos

De acuerdo con lo mencionado en los numerales anteriores se concluye que las cargas equivalentes a la carga patrón para las configuraciones de ejes y tipos de rodado vanan en un entorno relativamente amplio, en razón de la diversidad de criterios empleados a lo largo de los años para comparar sus efectos. La tabla 4.15 resume

los rangos encontrados en la literatura técnica consultada e incluye las cargas que se recomienda utilizar para el diseño de los pavimentos asfálticos de las carreteras nacionales. Se puede apreciar que las cargas de referencia recomendadas internacionalmente en la actualidad para los sistemas de ejes y de rodado difieren de las incluidas en la edición de 1998 del Manual de diseño de pavimentos asfálticos del Instituto Nacional de Vías (ref. 4.23), las cuales se muestran en la tabla 4.16 (Sánchez, 2016).

El cambio de magnitudes de los ejes de referencia se considera necesario si se tiene en cuenta que las que han estado vigentes se basan, fundamentalmente en las establecidas por la AASHO bajo el concepto de falla por "calidad del servicio" hace más de 50 años y que infinidad de estudios posteriores han demostrado que las cargas por eje equivalentes al eje simple de rueda doble de 80 kN deben ser inferiores a las que se han venido utilizando, considerando las características actuales del parque automotor de carga, así como otros criterios de falla comunes, en especial el agrietamiento de las capas asfálticas, máxime si se tiene en cuenta que la presión de inflado de los neumáticos y, consecuentemente, la presión de contacto de ellos con el pavimento, han sufrido incrementos de consideración durante el transcurso del último medio siglo. Mantener los valores del manual de 1998 equivale a subvalorar el efecto agresivo del tránsito, cuya consecuencia práctica no es otra que el infradiseño de las estructuras de pavimento (Sánchez, 2016).

2.2.16.9. Factores de equivalencia de carga por vehículo pesado (FECV)

Los factores de equivalencia de carga por eje (FECE) proporcionan una manera de expresar niveles equivalentes de deterioro entre diferentes cargas por eje; sin embargo, resulta mucho más práctico expresar ese sumar los deterioros generados por todos los ejes de un determinado vehículo, se obtiene la cantidad de deterioro producido por una pasada de él sobre el pavimento. Esta adición de efectos está

incorporada en el concepto del factor de equivalencia de carga por vehículo pesado (FECV), el cual se define como el número de ejes simples equivalentes de referencia que producen, en promedio, el mismo deterioro en el pavimento que la pasada de un vehículo pesado (ref. 4.12) (Sánchez, 2016).

El FECV se puede calcular para cada tipo de camión o bus, o como un promedio para todo el flujo del tránsito pesado, caso en el cual se conoce como "factor camión". Aunque la mayoría de los diseñadores colombianos acostumbra hacer sus cálculos utilizando el factor camión, resulta mucho más recomendable, para los efectos de evaluación y prognosis del tránsito, calcular factores de equivalencia independientes para cada tipo de vehículo pesado, en razón de la distinta tasa de crecimiento anual que presenta el tránsito de las diferentes clases de vehículos comerciales. En consecuencia, los diseños de los pavimentos para las carreteras nacionales se deberían realizar empleando factores de equivalencia de carga individuales por tipo de vehículo pesado.

La muestra los FECV obtenidos como promedio para distintos tipos de camiones en algunas encuestas hechas durante los últimos años en las carreteras nacionales (refs. 4.24, 4.25, 4.26 y 4.27), empleando las cargas de referencia vigentes en el momento de la ejecución de las encuestas. Con fines comparativos, en las dos últimas columnas de la tabla se muestran los valores de este parámetro en las carreteras de Pakistán (ref. 4.28) y en las carreteras federales de Estados Unidos de América (ref. 4.12) a comienzos del presente siglo. Respecto de los buses, la información disponible en el país es muy limitada, por lo cual ha sido costumbre emplear los factores recomendados en la edición 1998 del Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios i/ altos volúmenes de tránsito del envías (0,40 para el bus corriente y 1,00 para el denominado bus metropolitano).

Con el fin de disponer de un mayor nivel de confianza en la información sobre el tránsito y, consecuentemente, alcanzar una mejor calidad en el diseño de los pavimentos, es recomendable acudir a los datos reales de la carretera específica bajo consideración siempre que sea posible, pues los promedios nacionales se basan en valores individuales o regionales enormemente dispersos, como se puede apreciar en los pocos casos que se presentan en la tabla 4.18 (reís. 4.26 y 4.27).

Un aspecto importante, que a menudo se pasa por alto en las evaluaciones del tránsito con fines de diseño de pavimentos, es el hecho de que en algunas carreteras los pesos de los camiones son mayores en una dirección que en la otra, lo que da lugar a diferentes factores de equivalencia de carga por vehículo pesado. Los factores camión promedio por dirección, obtenidos en algunas carreteras nacionales durante el año 2000 indican que esta situación se presenta con más frecuencia de la que se cree, razón por la cual es necesario que todos los estudios de tránsito consideren adecuadamente estos desbalances (Sánchez, 2016).

2.2.16.10. Factores de equivalencia de carga por vehículo pesado con las nuevas cargas de referencia

Emplear las nuevas cargas de referencia propuestas en la tabla 4.15 trae como consecuencia inmediata un aumento de los FECV, respecto de los usados corrientemente en los diseños de pavimentos, como lo muestra el ejemplo incluido en la tabla 4.20, en el cual se supone que los vehículos circulan con una carga igual a la máxima legal en cada eje autorizada por el Ministerio de Transporte (Sánchez, 2016).

2.2.17. Revestimientos asfálticos y mantenimiento de pavimentos

2.2.17.1. Clasificación de las mezclas asfálticas

Todas estas clasificaciones dependerán de la granulometría (Sáez, 2019).

- Las mezclas asfálticas del agregado
- Por temperatura
- Por vacíos en la granulometría
- Por tamaños máximos de agregado
- Por estructura del agregado

2.2.17.2. Revestimiento asfálticos – capas de protección

Corresponden a todas esas capas que no aporten estructura al pavimento y, en general, a aplicaciones cuyo espesor final no sobrepasa los 3 cm (Sáez, 2019).

Dentro de esta aplicación tenemos:

- Tratamientos superficiales
- Slurry Seal
- Micro pavimentos
- Sellos de arena
- Riesgos Asfálticos, etc.

2.2.17.3. Factores que influyen en el diseño, costo del proyecto y mantenimiento

Existen tres factores muy importantes como:

- **El material**, porque nosotros lo escogemos, seleccionamos y lo verificamos.
- **La carga**, con la cual nosotros diseñamos: el tipo de carga, número de ejes equivalente
- **El medio ambiente**, es el factor principal e indispensable a considerar.

Estos tres factores son los aspectos principales para el reconocimiento de los problemas que se puedan presentar en el pavimento. Cuando se tienen esos tres factores de diseño y está cerca el iniciar una obra, se tendrán que seleccionar los parámetros de diseño según sus factores de falla (Sáez, 2019).

Para la identificación de las fallas podemos realizar las siguientes evaluaciones:

- **Evaluación visual de fallas.** Para la identificación de las fallas visuales hay dos métodos; PCI que está determinado dentro de los ASTM como parte principal y la identificación de fallas que da el Ministerio mediante un manual, pero este manual es casi similar al del ASTM.
- **Evaluación estructural.** Es ejecutada mediante el deflectómetro de impacto (FWD), y/o Viga Benkelman.

2.3. Definición de términos

Las bases conceptuales que a continuación se detallan son recopiladas del “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vías del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (agosto 2008), a continuación, se detalla:

2.3.1. Afirmado:

Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante o sub-base de un pavimento.

2.3.2. Asfalto:

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

2.3.3. Cemento Asfáltico:

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

2.3.4. Ahuellamiento:

Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

2.3.5. Capa asfáltica de superficie:

Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura.

2.3.6. Capa de base asfáltica:

Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

2.3.7. Estructura del pavimento asfáltico:

Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada.

2.3.8. Imprimación asfáltica:

Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie.

2.3.9. Laboratorio:

Es una organización que mide, examina, ejecuta los ensayos; o de otra forma, determina las características o el comportamiento de materiales o productos.

2.3.10. Métodos de ensayo para la evaluación de materiales:

Ensayos normalizados y usados para evaluar los materiales empleados en el proyecto.

2.3.11. Muestra:

Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

2.3.12. Pavimento:

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado período de diseño y dentro de un rango de serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonal y Ciclo vías.

2.3.13. Pavimentos flexibles (pavimentos asfálticos):

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico, mezcla en caliente, concreto asfáltico, mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micropavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth®), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la sub-rasante.

2.3.14. Sub-rasante:

Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.

2.3.15. Pavimentos semi flexibles (intertrabados):

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible.

2.3.16. Periodo de diseño:

Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento.

2.3.17. Rasante:

Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía.

2.3.18. Tipos de vías:

El sistema vial está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes.

2.3.19. Tráfico:

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el período de diseño de proyecto. Si el número de aplicaciones es menor de 104 ESALs se considera Tráfico Ligero. Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 104 ESALs y menor de 106 ESALs se considera como Tráfico Medio. Si el número de aplicaciones es mayor a 106 ESALs se considera tráfico alto.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de la carga vehicular real permitirá optimizar el diseño del pavimento flexible en la carretera central – Huancayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El cálculo de los ejes equivalentes aumenta por la carga vehicular variando en el diseño del pavimento flexible.
- b) El valor del espesor de la carpeta asfáltica varía significativamente con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible.
- c) El porcentaje del número estructural aumenta con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las Variables

a) Variable Independiente (X):

- Carga vehicular

(Lozano y Tabares, 2005). Es la composición del tránsito en la red vial del proyecto, lo que nos proporciona una idea del tipo de vehículo que predomina en el sector.

b) Variable dependiente (Y):

- Pavimento flexible

Según (Lozano Y Tableros, 2005) También llamado pavimentos asfálticos, están formados por una carpeta bituminosa (asfalto) apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

2.5.2. Definición Operacional de la Variable

$$y=F(x)$$

a) Variable Independiente (X):

Carga vehicular:

El pesaje vehicular es la influencia de la carga aplicada al pavimento a través del tránsito vehicular donde produce una respectiva deformación intervienen diversos criterios como los ejes equivalentes, el número estructural, donde se evalúa el sector o el área en estudio que determinara el espesor de la carpeta asfáltica.

b) Variable dependiente (Y):

Pavimento flexible:

Un pavimento flexible es un sistema de capas superpuestas de diferentes materiales y compactación en forma adecuada, su función de cada capa está relacionada a su resistencia, durabilidad y flexibilidad a fin de cumplir con la vida útil para lo que fue diseñado.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Variable independiente (X): Carga vehicular.

Tabla 3.-Cuadro de Operacionalización de Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
Variable Independiente (X) Carga vehicular	El pesaje vehicular es la influencia de la carga aplicada al pavimento a través del tránsito vehicular donde produce una respectiva deformación intervienen diversos criterios como los ejes equivalentes, el número estructural, donde se evalúa el sector o el área en estudio que determinara el espesor de la carpeta asfáltica	Ejes equivalentes	toneladas	ton	<u>METODOLOGÍA AASHTO 93</u>
		Espesor del pavimento	Carpeta asfáltica	Pulgada	
			Base	cm	
			Subbase	cm	
Numero estructural	SN	adimensional			

Variable dependiente (Y): Pavimento flexible.

(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)

Tabla 4.- Cuadro de Operacionalización de Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
Variable Dependiente (Y) Pavimento flexible	Un pavimento flexible es un sistema de capas superpuestas de diferentes materiales y compactación en forma adecuada, su función de cada capa está relacionada a su resistencia, durabilidad y flexibilidad a fin de cumplir con la vida útil para lo que fue diseñado	Deflexión	Viga Benkelman	Pulgadas	<u>MTC E 1002</u>
		Durabilidad	Grosor de pavimento	cm	<u>METODOLOGÍA AASHTO 93</u>
		Resistencia	Control de núcleos asfálticos	Horas	<u>MTC E-514</u>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

La presente investigación fue guiada y orientada por el método científico brindándonos datos cuantitativos, puesto que permitirá aclarar la relación entre las variables carga vehicular y pavimento flexible. Así mismo los métodos particulares fueron la observación y la medición, los métodos particulares se interesan por identificar las cualidades y características del hecho y al mismo tiempo manipular las variables. De la misma forma se respetaron los aspectos metodológicos para asegurar así la validez y confiabilidad de los resultados.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación por la naturaleza del estudio fue Aplicada, trato de comprender el problema del pavimento flexible de la ciudad universitaria y resolver dicho problema al ingresar la carga vehicular en el diseño de pavimento flexible.

3.3. Nivel de la investigación

El estudio por el nivel de profundidad fue Explicativo, se manifiesta porque permite explicar la causa y efecto de la variable independiente (carga vehicular) y variable dependiente (pavimento flexible).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño metodológico por la naturaleza del estudio fue Experimental propiamente dicha o Experimental pura, porque la

investigación se apoyó en la observación de fenómenos provocados o manipulados en campo siendo una situación de control donde se manipulo de manera intencional, la variable independiente - causa (carga vehicular) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una variable dependiente - efecto (pavimento flexible). También tuvimos dos grupos de diseño donde en uno de ellos se manejó el cálculo empírico y en el otro el cálculo con la influencia de la carga vehicular.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Una población debe situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo. El estudio de la población fue considerado por los pavimentos flexibles, desarrollándose en la carretera central al ingreso a la ciudad de Huancayo.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo determinada por el pavimento flexible de la ciudad universitaria de la Av. Mariscal Castilla, siendo el punto de evaluación frente a la Universidad Nacional del Centro del Perú tramo: en la Av. Mariscal Castilla, tramo: Jr. José Olaya hasta Av. Esperanza.

El tipo de muestreo fue el no probabilístico, o por conveniencia, se consideró que la muestra es un sub grupo de la población de interés sobre el cual se recolectaron datos, y que tuvo que definirse y delimitarse de ante mano con precisión, además debió ser representativo de la población.

La muestra fue de acuerdo al método no probabilístico premeditado, en este caso corresponde a los especímenes elaborados en laboratorio, cuyo detalle es el siguiente:

- ✓ Estudio del tráfico (conteo vehicular)
- ✓ Pesaje de vehículos Cut Off
- ✓ Extracción de núcleos asfálticos

✓ Viga Benkelman

La vía se dividió en secciones o unidades de muestreo, cuyas dimensiones variaron de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura. En el siguiente cuadro se representan algunas relaciones longitud – ancho de la calzada pavimentada.

Tabla 5.- Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

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

Nota: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas. Vasquez (2002), PCI.

Para el cálculo el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%, se detalla a continuación:

$$n = \frac{N s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) (N - 1) + s^2}$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

3.6. Técnicas de recolección de datos

De acuerdo a Bernal (2006) las técnicas de investigación dependen del método y el tipo de investigación, situación por la cual se ha considerado los siguientes:

3.6.1. La técnica de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación, mediante la observación de la investigación, cuyos instrumentos fueron registrados mediante fichas de observación, formatos de campo y el uso de la técnica de fichaje fotográfico.

3.6.2. Instrumentos recolección de datos

Los instrumentos que se aplicaron en la unidad de análisis fueron los datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio:

- ✓ **Ficha de observación**, toma en cuenta la condición de los materiales a utilizar.
- ✓ **Hoja de cálculo excel para el análisis de diseño**, toma en cuenta los parámetros del estudio de mecánica de suelos para su posterior análisis – extracción de núcleos asfálticos.
- ✓ **Ficha de evaluación del tiempo**, toma en cuenta el periodo que demandó la construcción del área investigada.

3.7. Técnicas y análisis de datos

En esta etapa se determinó como analizar los datos obtenidos de la recolección, los cuales fueron mediante los siguientes softwares:

- Microsoft Excel: Permitió generar hojas de cálculos, tablas, gráficos estadísticos, cuadros comparativos, con los datos importados de campo, obteniendo resultados específicos para cada método investigado.
- Software Ecuación Aashto 93: Permitió determinar el cálculo del número estructural por el método empírico del Aashto 93 ingresando los siguientes parámetros: esal proyectado, grado de confiabilidad, desviación estándar, módulo resiliente de la subrasante, índice de serviciabilidad.
- Microsoft Word: Permitió la elaboración de la parte descriptiva de los datos procesados, sistematización e interpretación de los resultados obtenidos de campo para posterior comparativo para cada método investigado.

3.8. Procedimiento de la investigación

Para el análisis de los datos se utilizó la siguiente técnica de investigación: Se trabajó cuadros y figuras estadísticas. - Las figuras y cuadros sirvieron para presentar en forma ordenada el análisis de las variables. Se usó el siguiente software Aashto 93, Excel, que permitieron procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Pesaje de vehículos en movimiento

El pesaje de vehículos está determinado por un conjunto de elementos que pueden controlar el peso en bruto total y el control del peso por eje de todos los vehículos transitados por la vía.

Este sistema de control de peso y una dimensión que funcionara en las 13 estaciones de pesajes vehiculares fijas y 12 estaciones móviles que están ubicadas en puntos estratégicos de las cuales solo 10 estaciones de tipo fijas están funcionando en la actualidad y 4 estaciones del tipo móvil, teniendo un control ineficiente en toda la red vial peruana.

Tabla 6.- Centros de Pesaje vehicular

N°	LUGAR	UBICACIÓN
1	PIURA	PANAMERICANA NORTE KM 1004+820
2	CERRO AZUL	PANAMERICANA SUR KM 127+200
3	AREQUIPA	PANAMERICANA SUR KM 36+332
4	COCHACHACRA	CARRETERA CENTRAL 52+354 KM
5	CUTOFF LA OROYA	CARRETERA CENTRAL 157+500 KM
6	DESAGUADERO	PUNO DESAGUADERO 139+200 KM
7	QUIULLA	LA OROYA HUANCAYO 11+090 KM
8	ICA	PANAMERICANA SUR KM 273+400
9	PASAMAYO	PANAMERICANA NORTE KM 47+500
10	PIURA	PANAMERICANA NORTE KM 1004+820

4.1.1. Ejecución de la Investigación

El trabajo de investigación se realizó en varias etapas como una secuencia de trabajo a realizar.

- a) **ETAPA N°01.-** Identificación y punto de análisis de la zona.
- b) **ETAPA N°02.-** Realización de los controles vehiculares.
- c) **ETAPA N°03.-** Identificación de la densidad vehicular.
- d) **ETAPA N°04.-** Parámetros de diseño
- e) **ETAPA N°05.-** Diseño de pavimento flexible
- f) **ETAPA N°06.-** Análisis comparativo de la situación actual

Fotografía 1.- Captación de número estructural



Fotografía 2.- Proceso de captación de datos



4.2. Control Vehicular

4.2.1. Ubicación de la zona de Estudio

La presente investigación se realizó en la Av. Mariscal Castilla en la zona de Jr. Olaya (Ciudad Universitaria) y Av. La Esperanza, obteniendo una longitud de zona evaluada 1+025 km desde el punto de partida, para ambos sentidos de vía.

Fotografía 3.- Ubicación de la zona Evaluada



Fuente: Fotografía digital- Google Earth.

4.2.2. Punto de Análisis

Este punto de análisis presenta una alta densidad vehicular durante las 24 horas del día, siendo desde 0.00 horas hasta las 6.00 horas un tránsito de vehículos pesados (transporte y carga) desde las 6.00 horas un tránsito fluido de vehículos ligeros en su mayoría hasta un promedio de 18.00 horas un tránsito vehicular ligero, desde las 18:00 horas hasta las 23.59 un tránsito de vehículos pesados (transporte y carga).

Fotografía 4.- Recolección de datos de Infracciones



4.3. Diseño de la carpeta asfáltica por el método AASHTO 93.

4.3.1. Tránsito Vehicular

Para la determinación de los espesores de la carpeta de rodadura este método se basó en el análisis y la determinación de los ejes equivalentes acumulados en un periodo de diseño.

El estudio realizado se desarrolló como fecha inicial el día lunes 26 de agosto hasta el día domingo 01 de setiembre del 2019. Teniendo como punto de conteo vehicular en ambas vías de la Carretera central frente a la Universidad Nacional del Centro del Perú por ser una zona de mucha densidad vehicular.

Fotografía 5.- Verificación de pesaje Vehicular



4.3.2. Serviciabilidad

La serviciabilidad de la Carretera Central y para el diseño del pavimento flexible de la Av. Mariscal castilla, se determinó que para un manejo seguro y confort se determinado por las siguientes condiciones:

Tabla 7.- Índice de Serviciabilidad (p)

Índice de Serviciabilidad (p)	Calificación
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement Structures 1993

Fotografía 6.- Cálculo de la variación de serviciabilidad



4.3.2.1. Índice de servicio inicial

Para la construcción del pavimento flexible de la carretera central (Av. Mariscal Castilla) se determinó como construcción nueva entonces se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 8.- Índice de Servicio Inicial

Índice de Servicio Inicial (p)	Calificación
Construcción Nueva	4.2

4.3.2.2. Índice de servicio final

Para la construcción del pavimento flexible de la carretera central (Av. Mariscal Castilla) se determinó servicio final y siendo determinado para un pavimento flexible y de principales vías la siguiente tabla:

Tabla 9.- Índice de Servicio Final

Índice de Servicio Final (p)	Calificación
Servicio Final	2.5

4.3.2.3. Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

Se representó la diferencia entre el índice inicial y el índice final lo cual presento la pérdida paulatina de la calidad del servicio, originada por el uso y deterioro del pavimento flexible, obteniendo así este valor para la carretera en estudio.

Tabla 10.- Diferencia del Índice

Δ PSI	Valor
Diferencia del índice	1.7

Fotografía 7.- Índice de serviciabilidad actual



4.3.3. Confiabilidad

La confiabilidad se basa en el grado de seguridad que presento nuestra vía, determinando una probabilidad que pueda cumplir con las solicitudes de cargas repetitivas aplicada durante un tiempo de vida que estará en servicio.

A mayor valor del grado de confiabilidad serán necesarios utilizar mayores espesores de mayor dimensión.

Tabla 11.- Nivel de confiabilidad, R

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Vías importantes	85 – 99.9%	85 – 99.9%
Principales vías	80 – 99%	75 – 95%
Vías colectoras	80 – 95%	75 – 95%
Vías locales	50 – 80%	50 – 80%

Para nuestra área de estudio se empleó un grado de confiabilidad de 95% por ser una vía importante.

Tabla 12.- Standard Normal, Zr

Reliability R (porcent)	Standard Normal, Zr
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Entonces empleé la confiabilidad al 95% y obteniendo así un valor de $Z_r = -1.645$, para nuestra vía en estudio.

4.3.4. Desviación Estándar (So)

La desviación estándar (So) se debe a que se determinan según su condición de diseño y poder determinar el comportamiento del pavimento flexible sin poder tener una falla ante sollicitaciones de tráfico.

Tabla 13.- Desviación Estándar

Diseño (Condición)	Desviación Estándar
Variación en base al comportamiento del pavimento (sin error al tráfico)	0.25
Variación para el comportamiento del pavimento y función al tráfico generado	0.35 – 0.50

Para el análisis de la investigación se empleó un valor de la desviación estándar de 0.45 en función al comportamiento al tráfico generado en la vía.

4.3.5. Módulo Resiliente de la subrasante Mr

Para el análisis de la investigación presento un valor de la subrasante en función a su CBR que se obtuvo un 10% para el cálculo del módulo resiliente.

Tabla 14.- Módulo Resiliente de la subrasante Mr

Descripción	Valor	Formula
Materiales de subrasante	$CBR \leq 7.2\%$	$Mr=1.500 \times CBR$
Materiales de subrasante	$7.2\% \leq CBR \leq 20\%$	$Mr=2555 \times (CBR)^{0.65}$
Materiales de subrasante	$20\% \leq CBR$	Guía AASHTO-93

Para la presente investigación se determinó que el valor del CBR de la Sub rasante es de 10% la cual se encuentra dentro de las condiciones $7.2\% \leq \text{CBR} \leq 20\%$, reemplazando así en la fórmula determinada $M_r = 2555 \times (\text{CBR})^{0.65}$. Obteniendo así el módulo resiliente:

Tabla 15.- Módulo Resiliente

Módulo Resiliente	CBR	Mr
$M_r = 2555 \times (\text{CBR})^{0.65}$	10%	11413 psi

Dicho valor obtenido de la subrasante fue corroborada con el ensayo de la diamantina extraída de la vía existente.

4.3.6. Estabilidad Marshall

Para el cálculo de la estabilidad Marshall requerida en el pavimento flexible se determinó el valor de 1000 lb, obteniendo así un valor del primer coeficiente para el cálculo de los espesores del paquete estructural.

Obteniéndose el valor para el primer coeficiente de $a_1 = 0.3$.

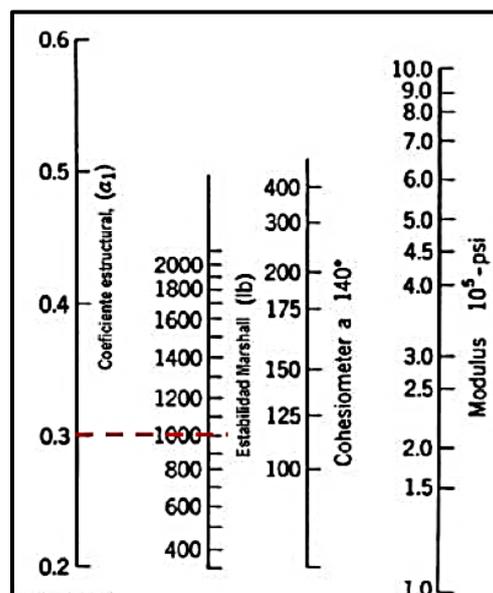


Figura 5.- Nomograma para el a1 del Manual (AASHTO 93)

Con la gráfica del nomograma obtenida del Manual de AASHTO 93 para la obtención de coeficientes para el diseño del paquete estructural investigado en la presente tesis.

Tabla 16.- Coeficiente Estructural de la Primera Capa

Coeficiente Estructural de la Primera Capa	Valor
a1	0.30

Fotografía 8.- Calculo de deflexiones en el pavimento



4.3.7. Coeficiente estructural de la base granular.

Para la presente investigación se determinó que el valor del CBR de la base granular es de 70% para cual nos permite obtener el valor del coeficiente a2 mediante el ábaco del Mr. para la base granular.

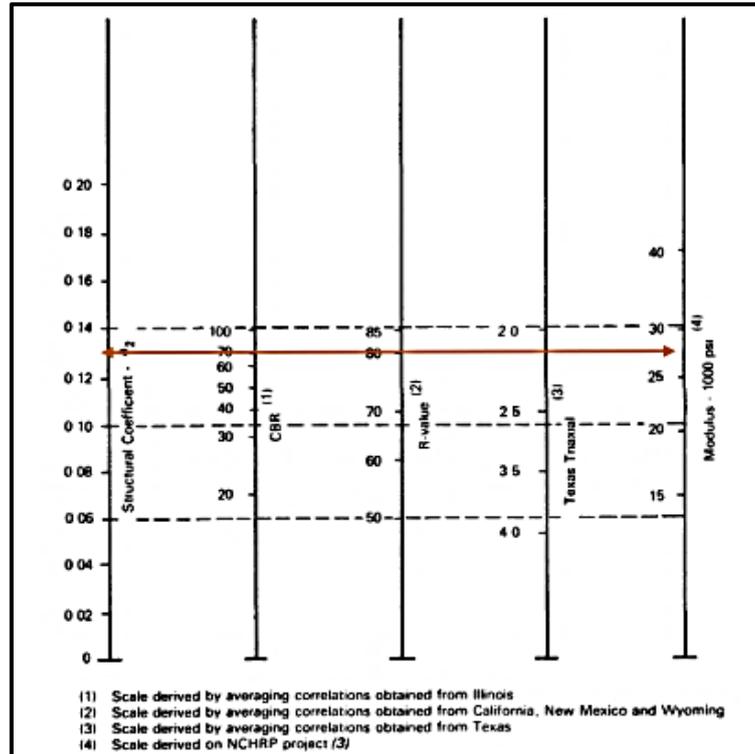


Figura 6.- Nomograma para el a2 del Manual (AASHTO 93)

Obteniendo así el valor del coeficiente $a_2=0.13$, para el análisis respectivo de los valores de los espesores del paquete estructural.

Tabla 17.- Coeficiente Estructural de la Tercera Capa

Coeficiente Estructural de la Tercera Capa	Valor
a_2	0.13

4.3.8. Coeficiente estructural de la sub-base granular.

Se determinó que el valor del CBR de la sub base granular es de 30% para cual nos permite obtener el valor del coeficiente a_3 mediante el ábaco del Mr. para la subbase granular.

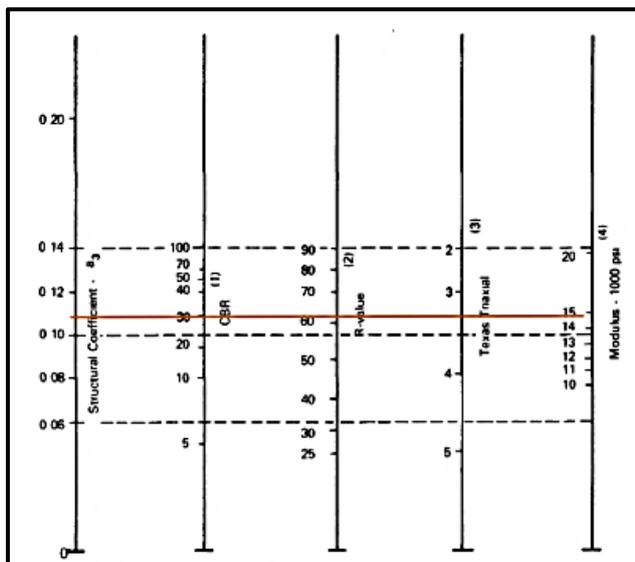


Figura 7.- Nomograma para el a₂ del Manual (AASHTO 93)

Obteniendo así el valor del coeficiente a₃=0.11, para el análisis respectivo de los valores de los espesores del paquete estructural.

Tabla 18.- Coeficiente Estructural de la Tercera Capa

Coeficiente Estructural de la Tercera Capa	Valor
a ₃	0.11

4.3.9. Drenaje.

Para la obtención de este valor se debió tener en cuenta dos parámetros: la capacidad del drenaje, determinado en función al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento y el tiempo en el cual el pavimento está expuesto a la humedad para una próxima saturación en el tiempo de un año. Este porcentaje estará en función a la media anual de la precipitación y las condiciones del drenaje.

Tabla 19.- Drenaje

Drenaje (Calidad)	Evacuación del agua
Excelente	2 horas.
Buena	1 día

Regular	1 sem.
Pobre	1 mes
Deficiente	Sin drenaje

Para los valores determinados en las capas granulares se determina:

Tabla 20.- Material Granular

Material Granular	Drenaje (mi)
Base Granular	1.00
Sub Base Granular	1.00

4.4. Diseño de espesores de pavimento con pesos normados.

4.4.1. Conteo Vehicular.

El diseño de pavimentos se basó en el conteo vehicular obtenido desde la fecha 26 de agosto hasta el día 01 de setiembre del 2019, en la ubicación de la ciudad Universitaria – El tambo.

Obteniendo el siguiente resultado:

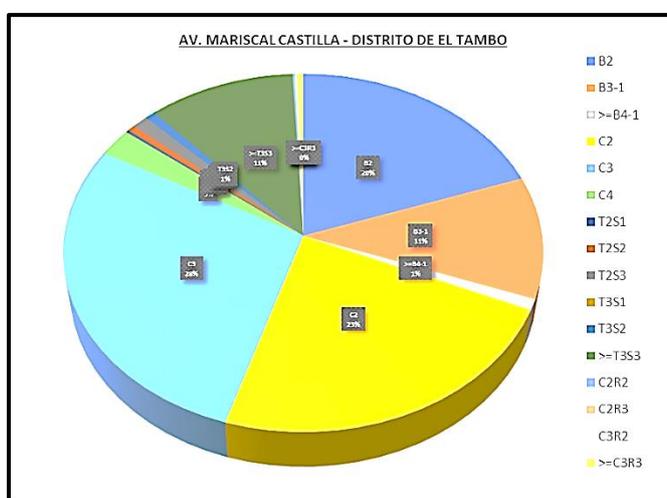


Figura 8.- Porcentajes de incidencia vehicular (Bach. Machacuay 2019)

Se observa la incidencia del tipo de vehículo que circula más en la Av. Mariscal Castilla por la ciudad Universitaria.

Fotografía 9.- Registro de conteo vehicular

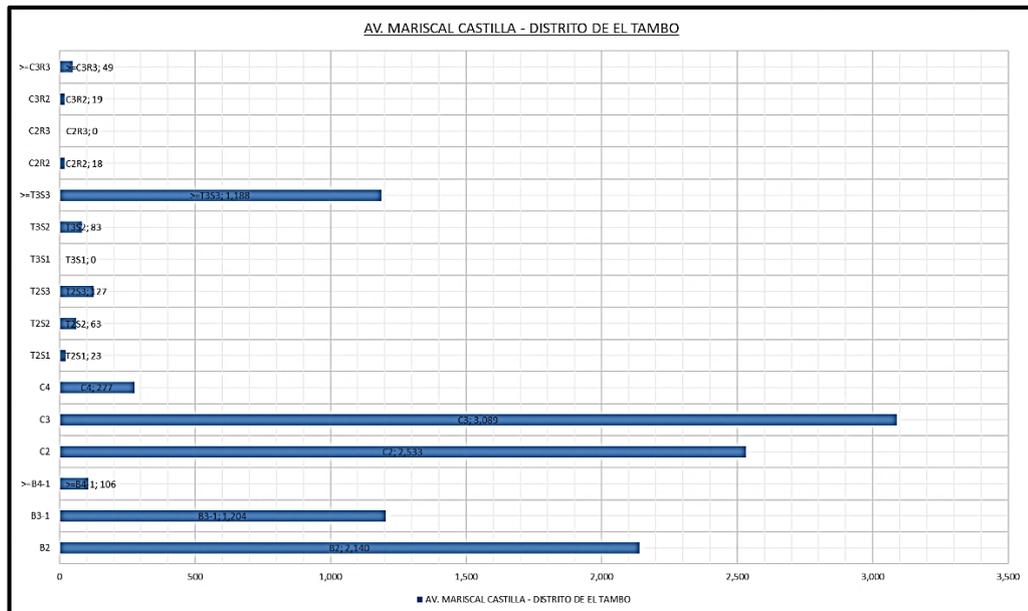


Figura 9.- Participación vehicular Esal (Bach.Machacuay 2019)

Fotografía 10.- Registro de conteo vehicular margen derecha



RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)																														
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN			"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"																											
ACTIVIDAD			MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (AV. MARISCAL CASTILLA TRAMO JR. OLAYA HASTA JR. LA ESPERANZA)																											
TIPO DE PAVIMENTO			PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)																											
FECHA			DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019																											
REALIZADO POR			BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)																											
Nro	Descripción	Lado de Carril	Vehículos Ligeros						Vehículos Pesados														Cantidad Vehicular según Configuración neumática			Índice medio diario				
			Auto móvil	Station Wagon	Pick Up	Panel	Combi	Micro	Omnibus			Camión				Semi Trailers				Trailers			Simple	Tandem	Tridem					
AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBO																														
1	26 DE AGOSTO	Cartilla N° 1	Lzq/Der	4,140	1,452	845	25	2,556	235	70	28	4	60	81	11	1	1	5	0	2	41	0	0	1	2	132	118	57	9,560	
2		Cartilla N° 2	Lzq/Der	4,220	1,845	590	35	2,450	201	55	18	4	50	85	4	1	2	5	0	0	26	0	0	0	0	106	109	35	9,591	
3		Cartilla N° 3	Lzq/Der	4,180	2,015	570	45	2,375	204	48	24	4	43	83	8	1	0	1	0	0	47	0	0	0	2	92	113	56	9,650	
4		Cartilla N° 4	Lzq/Der	4,050	1,900	565	50	2,382	195	47	29	2	47	79	6	0	3	4	0	3	34	0	0	1	2	95	118	44	9,399	
5		Cartilla N° 5	Lzq/Der	4,300	2,110	560	12	2,485	198	55	33	3	60	81	6	1	2	3	0	4	26	1	0	0	1	117	124	35	9,941	
6		Cartilla N° 6	Lzq/Der	3,720	2,055	525	5	2,110	185	30	35	3	35	83	6	0	3	1	0	1	25	0	0	1	2	66	127	32	8,825	
7		Cartilla N° 7	Lzq/Der	3,885	2,310	520	8	1,890	165	62	34	3	67	25	2	0	1	5	0	1	15	0	0	0	2	129	66	22	8,995	
8		Cartilla N° 8	Lzq/Der	3,851	1,715	595	60	1,882	175	64	29	4	67	40	2	1	1	3	0	0	22	0	0	1	0	133	74	27	8,512	
9		Cartilla N° 9	Lzq/Der	4,115	1,655	655	22	2,005	180	53	33	4	85	55	4	1	0	3	0	2	24	0	0	0	1	139	95	31	8,897	
10	27 DE AGOSTO	Cartilla N° 10	Lzq/Der	4,061	2,115	670	25	2,265	190	49	27	2	42	80	3	0	3	2	0	1	21	1	0	1	1	93	114	26	9,559	
11		Cartilla N° 11	Lzq/Der	3,931	1,815	815	45	2,435	155	62	29	3	40	85	2	1	0	1	0	3	20	1	0	1	1	105	121	23	9,445	
12		Cartilla N° 12	Lzq/Der	4,210	2,275	645	15	1,940	218	58	22	3	39	71	3	0	2	4	0	4	19	1	0	0	0	98	102	26	9,529	
13	28 DE AGOSTO	Cartilla N° 13	Lzq/Der	3,952	1,530	570	85	2,455	216	49	24	4	70	91	5	1	1	3	0	3	17	0	0	1	2	121	125	25	9,079	
14		Cartilla N° 14	Lzq/Der	4,070	2,065	530	75	2,453	204	45	34	2	72	60	4	1	0	3	0	2	45	0	0	1	1	119	99	52	9,667	
15		Cartilla N° 15	Lzq/Der	3,775	1,594	684	25	1,810	207	33	38	1	74	49	8	1	1	1	0	3	18	0	0	1	0	109	92	27	8,323	
16		Cartilla N° 16	Lzq/Der	4,072	2,260	770	18	2,045	186	30	36	4	70	76	11	0	1	4	0	3	19	1	0	0	2	101	122	34	9,608	
17		Cartilla N° 17	Lzq/Der	3,892	2,210	645	20	2,015	201	60	33	1	41	85	9	1	0	3	0	4	26	0	0	1	0	103	123	38	9,247	
18		Cartilla N° 18	Lzq/Der	3,991	2,130	520	15	2,400	188	35	28	2	45	45	11	0	3	5	0	4	18	0	0	0	2	80	84	34	9,442	
19	29 DE AGOSTO	Cartilla N° 19	Lzq/Der	3,924	2,210	645	22	1,975	220	65	26	1	82	76	10	1	0	3	0	0	26	1	0	1	2	150	105	39	9,290	
20		Cartilla N° 20	Lzq/Der	3,960	1,755	680	32	2,055	195	40	25	1	75	72	4	1	2	4	0	0	27	0	0	0	2	116	102	35	8,930	
21		Cartilla N° 21	Lzq/Der	4,210	2,115	745	45	2,398	175	55	34	3	69	49	4	0	1	4	0	2	42	1	0	1	1	126	90	50	9,954	
22		Cartilla N° 22	Lzq/Der	4,110	1,520	735	55	2,440	145	66	33	2	45	62	9	1	2	2	1	0	16	1	0	0	1	113	100	26	9,244	
23	30 DE AGOSTO	Cartilla N° 23	Lzq/Der	3,805	1,755	748	65	2,340	165	48	26	2	42	75	10	0	2	3	0	4	21	0	0	0	1	90	110	34	9,112	
24		Cartilla N° 24	Lzq/Der	3,955	1,680	740	60	2,401	198	39	32	3	43	71	4	0	2	2	0	1	25	1	0	0	0	83	109	31	9,257	
25		Cartilla N° 25	Lzq/Der	4,240	1,975	694	58	2,130	189	59	19	2	75	50	2	1	2	4	0	1	42	1	0	1	2	137	76	48	9,547	
26		Cartilla N° 26	Lzq/Der	4,028	2,154	550	51	1,845	185	55	29	2	72	88	5	0	3	5	0	2	17	0	0	0	2	127	126	27	9,093	
27		Cartilla N° 27	Lzq/Der	3,815	1,920	660	66	2,255	184	60	32	2	68	89	9	1	2	1	0	3	42	0	0	0	0	129	128	52	9,209	
28		Cartilla N° 28	Lzq/Der	3,882	2,101	665	40	2,015	190	48	32	3	70	102	4	1	2	3	0	3	31	1	0	0	2	120	144	38	9,195	
29		Cartilla N° 29	Lzq/Der	4,081	1,975	520	52	2,310	205	43	28	1	48	45	4	0	0	5	0	1	20	0	0	1	0	92	75	29	9,339	
30		Cartilla N° 30	Lzq/Der	3,720	2,140	634	70	2,345	215	39	24	2	52	65	12	1	2	3	0	1	30	1	0	0	1	93	95	45	9,357	
31	31 DE AGOSTO	Cartilla N° 31	Lzq/Der	4,125	2,110	684	70	1,845	175	52	35	3	79	84	9	0	1	2	0	0	24	1	0	0	0	132	123	35	9,299	
32		Cartilla N° 32	Lzq/Der	4,085	1,660	525	65	1,875	235	55	36	3	78	79	11	0	2	5	0	1	28	1	0	0	1	134	122	44	8,745	
33		Cartilla N° 33	Lzq/Der	4,150	1,555	658	35	2,015	180	48	25	2	65	99	7	0	1	3	0	4	27	0	0	0	2	113	133	37	8,876	
34		Cartilla N° 34	Lzq/Der	4,025	1,680	765	25	2,310	185	45	34	1	55	76	8	0	2	1	0	3	23	0	0	0	1	100	117	32	9,239	
35		Cartilla N° 35	Lzq/Der	3,915	1,635	561	24	1,912	220	48	29	3	48	75	9	1	2	2	1	0	2	24	0	0	0	1	97	112	34	8,510
36		Cartilla N° 36	Lzq/Der	4,070	1,815	795	20	2,110	175	55	24	2	53	58	6	1	1	5	0	4	39	1	0	1	1	111	90	50	9,236	
37	01 DE SEPTIEMBRE	Cartilla N° 37	Lzq/Der	4,025	1,995	695	45	2,310	210	52	20	3	82	95	5	0	3	4	0	0	32	0	0	0	2	134	123	41	9,578	
38		Cartilla N° 38	Lzq/Der	3,955	1,790	730	25	2,090	185	39	24	2	86	107	10	1	1	1	0	3	31	1	0	1	1	128	138	42	9,083	
39		Cartilla N° 39	Lzq/Der	3,785	2,190	655	33	2,265	165	50	23	3	75	95	11	0	1	1	0	3	42	0	0	0	1	125	126	54	9,398	
40	Cartilla N° 40	Lzq/Der	3,825	2,085	642	37	2,285	160	55	26	2	81	87	10	0	3	4	0	1	37	1	0	1	1	138	120	51	9,343		
41	Cartilla N° 41	Lzq/Der	4,102	1,812	620	24	2,240	180	54	26	2	42	81	5	1	2	4	0	4	35	0	0	1	2	98	117	44	9,237		
42	Cartilla N° 42	Lzq/Der	4,100	2,090	708	15	2,086	201	65	28	3	41	55	4	1	0	2	0	0	44	1	0	1	1	109	87	50	9,446		
Promedio				4,007	1,923	651	39	2,186	191	51	29	3	60	74	7	1	2	3	0	2	28	0	0	0	1	113	109	38	388,786	

Figura 10.- Ficha Técnica (Bach. Machacuay 2019)

4.4.2. Diseño con pesos Normados.

Para el proceso de cálculo del ESALo se basó mediante la norma de pesaje vehicular donde se estipula el tipo de vehículo con el peso del eje estandarizado para poder calcular y multiplicar por el factor carril y el factor dirección obteniendo los siguientes valores:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)																													
ACTIVIDAD		"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"																													
TIPO DE PAVIMENTO		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)																													
FECHA		DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019																													
REALIZADO POR		BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)																													
Nro	Descripción	Lado de Carril	Vehículos Pesados														Total de EE	Carga vehicular legal													
			Omnibus			Camión			Semi Trailers				Trailers					Factor Direccional	Factor Carril	Factor Vehículo pesado	Factor presión de inflado de neumáticos	Ejes equivalentes por día	Cantidad de días del año	Factor de recrimulamiento	Ejes equivalentes por año						
			B2	B3-1	>=B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3										C3R2	>=C3R3	Fd	Fe	Fvpi	Epi
Factor EE legal x tipo de vehículo			4.504	2.631	3.897	4.504	3.285	2.774	7.742	6.523	6.210	6.523	5.304	4.991	10.980	9.761	9.761	8.542													
AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBO																															
1	26 DE AGOSTO	Cartilla N° 1	Izq/Der	70	28	4	60	81	11	1	1	5	0	2	41	0	0	1	2	307											
2		Cartilla N° 2	Izq/Der	55	18	4	50	85	4	1	2	5	0	0	26	0	0	0	0	250											
3		Cartilla N° 3	Izq/Der	48	24	4	43	83	8	1	0	1	0	0	47	0	0	0	2	261											
4		Cartilla N° 4	Izq/Der	47	29	2	47	79	6	0	3	4	0	3	34	0	0	1	2	257											
5		Cartilla N° 5	Izq/Der	55	33	3	60	81	6	1	2	3	0	4	26	1	0	0	1	276											
6	27 DE AGOSTO	Cartilla N° 6	Izq/Der	30	35	3	35	83	6	0	3	1	0	1	25	0	0	1	225												
7		Cartilla N° 7	Izq/Der	62	34	3	67	25	2	0	1	5	0	1	15	0	0	2	217												
8		Cartilla N° 8	Izq/Der	64	29	4	67	40	2	1	1	3	0	0	22	0	0	1	0	234											
9		Cartilla N° 9	Izq/Der	53	33	4	85	55	4	1	0	3	0	2	24	0	0	0	1	265											
10		Cartilla N° 10	Izq/Der	49	27	2	42	80	3	0	3	2	0	1	21	1	0	1	1	233											
11	Cartilla N° 11	Izq/Der	62	29	3	40	85	2	1	0	1	0	3	20	1	0	1	1	249												
12	Cartilla N° 12	Izq/Der	58	22	3	39	71	3	0	2	4	0	4	19	1	0	0	0	226												
13	Cartilla N° 13	Izq/Der	49	24	4	70	91	5	1	1	3	0	3	17	0	0	1	2	271												
14	Cartilla N° 14	Izq/Der	45	34	2	72	60	4	1	0	3	0	2	45	0	0	1	1	270												
15	Cartilla N° 15	Izq/Der	33	38	1	74	49	8	1	1	1	0	3	18	0	0	1	0	228												
16	Cartilla N° 16	Izq/Der	30	36	4	70	76	11	0	1	4	0	3	19	1	0	0	2	257												
17	Cartilla N° 17	Izq/Der	60	33	1	41	85	9	1	0	3	0	4	26	0	0	1	0	264												
18	Cartilla N° 18	Izq/Der	35	28	2	45	45	11	0	3	5	0	4	18	0	0	0	2	198												
19	Cartilla N° 19	Izq/Der	65	26	1	82	76	10	1	0	3	0	0	26	1	0	1	2	294												
20	Cartilla N° 20	Izq/Der	40	25	1	75	72	4	1	2	4	0	0	27	0	0	0	2	253												
21	Cartilla N° 21	Izq/Der	55	34	3	69	49	4	0	1	4	0	2	42	1	0	1	1	266												
22	Cartilla N° 22	Izq/Der	66	33	2	45	62	9	1	2	1	0	0	16	1	0	0	1	239												
23	Cartilla N° 23	Izq/Der	48	26	2	42	75	10	0	2	3	0	4	21	0	0	0	1	234												
24	Cartilla N° 24	Izq/Der	39	32	3	43	71	4	0	2	2	0	1	25	1	0	0	0	223												
25	Cartilla N° 25	Izq/Der	59	19	2	75	50	2	1	2	4	0	1	42	1	0	1	2	261												
26	Cartilla N° 26	Izq/Der	55	29	2	72	88	5	0	3	5	0	2	17	0	0	0	2	280												
27	Cartilla N° 27	Izq/Der	60	32	2	68	89	9	1	2	1	0	3	42	0	0	0	0	309												
28	Cartilla N° 28	Izq/Der	48	32	3	70	102	4	1	2	3	0	3	31	1	0	0	2	302												
29	Cartilla N° 29	Izq/Der	43	28	1	48	45	4	0	0	5	0	1	20	0	0	1	0	196												
30	Cartilla N° 30	Izq/Der	39	24	2	52	65	12	1	2	3	0	1	30	1	0	0	1	233												
31	Cartilla N° 31	Izq/Der	52	35	3	79	84	9	0	1	2	0	0	24	1	0	0	0	290												
32	Cartilla N° 32	Izq/Der	55	36	3	78	79	11	0	2	5	0	1	28	1	0	0	1	300												
33	Cartilla N° 33	Izq/Der	48	25	2	65	99	7	0	1	3	0	4	27	0	0	0	2	283												
34	Cartilla N° 34	Izq/Der	45	34	1	55	76	8	0	2	1	0	3	23	0	0	0	1	249												
35	Cartilla N° 35	Izq/Der	48	29	3	48	75	9	1	2	1	0	2	24	0	0	0	1	243												
36	Cartilla N° 36	Izq/Der	55	24	2	53	58	6	1	1	5	0	4	39	1	0	1	1	251												
37	Cartilla N° 37	Izq/Der	52	30	3	82	95	5	0	3	4	0	0	32	0	0	0	2	298												
38	Cartilla N° 38	Izq/Der	39	24	2	86	107	10	1	1	1	0	3	31	1	0	1	1	308												
39	Cartilla N° 39	Izq/Der	50	23	3	75	95	11	0	1	1	0	3	42	0	0	0	1	305												
40	Cartilla N° 40	Izq/Der	55	26	2	81	87	10	0	3	4	0	1	37	1	0	1	1	309												
41	Cartilla N° 41	Izq/Der	54	26	2	42	81	5	1	2	4	0	4	35	0	0	1	2	259												
42	Cartilla N° 42	Izq/Der	65	28	3	41	55	4	1	0	2	0	0	44	1	0	1	1	246												

Figura 11.- Ficha Técnica (Bach. Machacuay 2019)

AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBO																												
1		Cartilla N° 1	Izq/Der	315	74	16	270	266	31	8	7	31	0	11	205	0	0	10	17	1.259	0.50	1.00	-	-	629.34	1.00	-	629.34
2		Cartilla N° 2	Izq/Der	248	47	16	225	279	11	8	13	31	0	0	130	0	0	0	0	1.008	0.50	1.00	-	-	503.85	1.00	-	503.85
3		Cartilla N° 3	Izq/Der	216	63	16	194	273	22	8	0	6	0	0	235	0	0	0	17	1.049	0.50	1.00	-	-	524.49	1.00	-	524.49
4		Cartilla N° 4	Izq/Der	212	76	8	212	259	17	0	20	25	0	16	170	0	0	10	17	1.040	0.50	1.00	-	-	520.21	1.00	-	520.21
5		Cartilla N° 5	Izq/Der	248	87	12	270	266	17	8	13	19	0	21	130	11	0	0	9	1.109	0.50	1.00	-	-	554.52	1.00	-	554.52
6		Cartilla N° 6	Izq/Der	135	92	12	158	273	17	0	20	6	0	5	125	0	0	10	17	868	0.50	1.00	-	-	434.24	1.00	-	434.24
7		Cartilla N° 7	Izq/Der	279	89	12	302	82	6	0	7	31	0	5	75	0	0	0	17	905	0.50	1.00	-	-	452.30	1.00	-	452.30
8		Cartilla N° 8	Izq/Der	288	76	16	302	131	6	8	7	19	0	0	110	0	0	10	0	971	0.50	1.00	-	-	485.63	1.00	-	485.63
9		Cartilla N° 9	Izq/Der	239	87	16	383	181	11	8	0	19	0	11	120	0	0	0	9	1.081	0.50	1.00	-	-	540.48	1.00	-	540.48
10		Cartilla N° 10	Izq/Der	221	71	8	189	263	8	0	20	12	0	5	105	11	0	10	9	931	0.50	1.00	-	-	465.57	1.00	-	465.57
11		Cartilla N° 11	Izq/Der	279	76	12	180	279	6	8	0	6	0	16	100	11	0	10	9	991	0.50	1.00	-	-	495.53	1.00	-	495.53
12		Cartilla N° 12	Izq/Der	261	58	12	176	233	8	0	13	25	0	21	95	11	0	0	0	913	0.50	1.00	-	-	456.43	1.00	-	456.43
13		Cartilla N° 13	Izq/Der	221	63	16	315	299	14	8	7	19	0	16	85	0	0	10	17	1.088	0.50	1.00	-	-	543.96	1.00	-	543.96
14		Cartilla N° 14	Izq/Der	203	89	8	324	197	11	8	0	19	0	11	225	0	0	10	9	1.112	0.50	1.00	-	-	556.11	1.00	-	556.11
15		Cartilla N° 15	Izq/Der	149	100	4	333	161	22	8	7	6	0	16	90	0	0	10	0	905	0.50	1.00	-	-	452.44	1.00	-	452.44
16		Cartilla N° 16	Izq/Der	135	95	16	315	250	31	0	7	25	0	16	95	11	0	0	17	1.011	0.50	1.00	-	-	505.49	1.00	-	505.49
17		Cartilla N° 17	Izq/Der	270	87	4	185	279	25	8	0	19	0	21	130	0	0	10	0	1.037	0.50	1.00	-	-	518.43	1.00	-	518.43
18		Cartilla N° 18	Izq/Der	158	74	8	203	148	31	0	20	31	0	21	90	0	0	0	17	799	0.50	1.00	-	-	399.41	1.00	-	399.41
19		Cartilla N° 19	Izq/Der	293	68	4	369	250	28	8	0	19	0	0	130	11	0	10	17	1.206	0.50	1.00	-	-	602.83	1.00	-	602.83
20		Cartilla N° 20	Izq/Der	180	66	4	338	236	11	8	13	25	0	0	135	0	0	0	17	1.033	0.50	1.00	-	-	516.32	1.00	-	516.32
21		Cartilla N° 21	Izq/Der	248	89	12	311	161	11	0	7	25	0	11	210	11	0	10	9	1.113	0.50	1.00	-	-	556.25	1.00	-	556.25
22		Cartilla N° 22	Izq/Der	297	87	8	203	204	25	8	13	6	0	0	80	11	0	0	9	950	0.50	1.00	-	-	474.75	1.00	-	474.75
23		Cartilla N° 23	Izq/Der	216	68	8	189	246	28	0	13	19	0	21	105	0	0	0	9	922	0.50	1.00	-	-	460.93	1.00	-	460.93
24		Cartilla N° 24	Izq/Der	176	84	12	194	233	11	0	13	12	0	5	125	11	0	0	0	876	0.50	1.00	-	-	438.00	1.00	-	438.00
25		Cartilla N° 25	Izq/Der	266	50	8	338	164	6	8	13	25	0	5	210	11	0	10	17	1.129	0.50	1.00	-	-	564.71	1.00	-	564.71
26		Cartilla N° 26	Izq/Der	248	76	8	324	289	14	0	20	31	0	11	85	0	0	0	17	1.122	0.50	1.00	-	-	561.06	1.00	-	561.06
27		Cartilla N° 27	Izq/Der	270	84	8	306	292	25	8	13	6	0	16	210	0	0	0	0	1.238	0.50	1.00	-	-	619.13	1.00	-	619.13
28		Cartilla N° 28	Izq/Der	216	84	12	315	335	11	8	13	19	0	16	155	11	0	0	17	1.212	0.50	1.00	-	-	605.77	1.00	-	605.77
29		Cartilla N° 29	Izq/Der	194	74	4	216	148	11	0	0	31	0	5	100	0	0	10	0	792	0.50	1.00	-	-	396.12	1.00	-	396.12
30		Cartilla N° 30	Izq/Der	176	63	8	234	213	33	8	13	19	0	5	150	11	0	0	9	942	0.50	1.00	-	-	470.76	1.00	-	470.76
31		Cartilla N° 31	Izq/Der	234	92	12	356	276	25	0	7	12	0	0	120	11	0	0	0	1.144	0.50	1.00	-	-	572.16	1.00	-	572.16
32		Cartilla N° 32	Izq/Der	248	95	12	351	259	31	0	13	31	0	5	140	11	0	0	9	1.204	0.50	1.00	-	-	602.03	1.00	-	602.03
33		Cartilla N° 33	Izq/Der	216	66	8	293	325	19	0	7	19	0	21	135	0	0	0	17	1.125	0.50	1.00	-	-	562.64	1.00	-	562.64
34		Cartilla N° 34	Izq/Der	203	89	4	248	250	22	0	13	6	0	16	115	0	0	0	9	974	0.50	1.00	-	-	487.02	1.00	-	487.02
35		Cartilla N° 35	Izq/Der	216	76	12	216	246	25	8	13	6	0	11	120	0	0	0	9	958	0.50	1.00	-	-	478.79	1.00	-	478.79
36		Cartilla N° 36	Izq/Der	248	63	8	239	191	17	8	7	31	0	21	195	11	0	10	9	1.055	0.50	1.00	-	-	527.47	1.00	-	527.47
37		Cartilla N° 37	Izq/Der	234	53	12	369	312	14	0	20	25	0	0	160	0	0	0	17	1.215	0.50	1.00	-	-	607.45	1.00	-	607.45
38		Cartilla N° 38	Izq/Der	176	63	8	387	351	28	8	7	6	0	16	155	11	0	10	9	1.233	0.50	1.00	-	-	616.73	1.00	-	616.73
39		Cartilla N° 39	Izq/Der	225	61	12	338	312	31	0	7	6	0	16	210	0	0	0	9	1.225	0.50	1.00	-	-	612.25	1.00	-	612.25
40		Cartilla N° 40	Izq/Der	248	68	8	365	286	28	0	20	25	0	5	185	11	0	10	9	1.266	0.50	1.00	-	-	632.92	1.00	-	632.92
41		Cartilla N° 41	Izq/Der	243	68	8	189	266	14	8	13	25	0	21	175	0	0	10	17	1.057	0.50	1.00	-	-	528.42	1.00	-	528.42
42		Cartilla N° 42	Izq/Der	293	74	12	185	181	11	8	0	12	0	0	220	11	0	10	9	1.024	0.50	1.00	-	-	511.77	1.00	-	511.77

Figura 12.- Ficha técnica de conteo vehicular con ejes equivalentes (Bach. Machacuy 2019)

Como se puede observar se obtuvo los valores del conteo vehicular multiplicado por el factor de pesaje por eje y el tipo de vehículo contabilizado respetando el manual de pesaje vehicular empleado para el diseño de pavimentos flexibles.

Obteniendo así el ESAL para un periodo de diseño de 20 años y con índice de crecimiento de 4% obteniendo así el siguiente valor:

Descripción	Valor
Periodo de diseño	20.00 años
Tasa de crecimiento medio anual	4.00 %
ESAL	17'115,670.34

4.4.3. Pesos estandarizados y normados.

En la presente grafica se observa los estándares de pesos estipulados por tipo de vehículo y por posición del eje teniéndose la siguiente ilustración usada para el diseño de pavimentos.

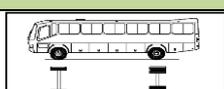
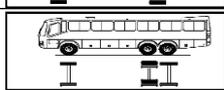
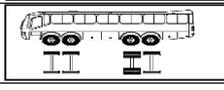
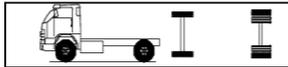
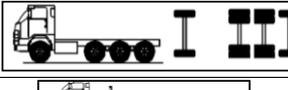
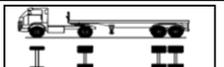
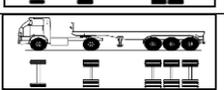
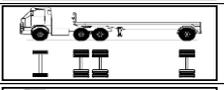
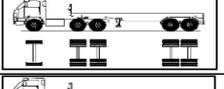
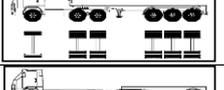
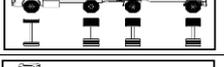
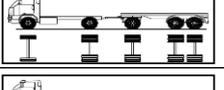
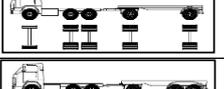
ANEXO 2 - RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 4 (VARIABLE INDEPENDIENTE: TRÁFICO VEHICULAR)												
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"										
ACTIVIDAD		MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (REAL)										
TIPO DE PAVIMENTO		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)										
FECHA		DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019										
REALIZADO POR		BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)										
Pesos y medidas legales de Vehículos Pesados - Reglamento Nacional de Vehículos (DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC)												
Configuración Vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Max (m)	Peso máximo (t)				Factor EE x cada eje del Vehículo				Factor EE Total	
			Conjunto de ejes posteriores				E1	E2	E3	E4		
			1°	2°	3°	4°						
Omnibus	B2		13.2	7	11			1.265	3.238			4.504
	B3-1		14	7	16			1.265	1.366			2.631
	>=B4-1		15	7	7	16		1.265	1.265	1.366		3.897
Camion	C2		12.3	7	11			1.265	3.238			4.504
	C3		13.2	7	18			1.265	2.019			3.285
	C4		13.2	7	23			1.265	1.508			2.774
Semi Trailers	T2S1		20.5	7	11	11		1.265	3.238	3.238		7.742
	T2S2		20.5	7	11	18		1.265	3.238	2.019		6.523
	T2S3		20.5	7	11	25		1.265	3.238	1.706		6.210
	T3S1		20.5	7	18	11		1.265	2.019	3.238		6.523
	T3S2		20.5	7	18	18		1.265	2.019	2.019		5.304
	>=T3S3		20.5	7	18	25		1.265	2.019	1.706		4.991
Trailers	C2R2		23	7	11	11	11	1.265	3.238	3.238	3.238	10.980
	C2R3		23	7	11	11	18	1.265	3.238	3.238	2.019	9.761
	C3R2		23	7	18	11	11	1.265	2.019	3.238	3.238	9.761
	>=C3R3		23	7	18	11	18	1.265	2.019	3.238	2.019	8.542

Figura 13.- Tabla de pesajes estandarizados (Bach. Machacuay 2019)

4.4.4. Obtención de graficas representativas.

El presenta grafica se representó la cantidad de vehículos ligeros en la Av. Mariscal Castilla vs el tipo de vehículo Ligero.

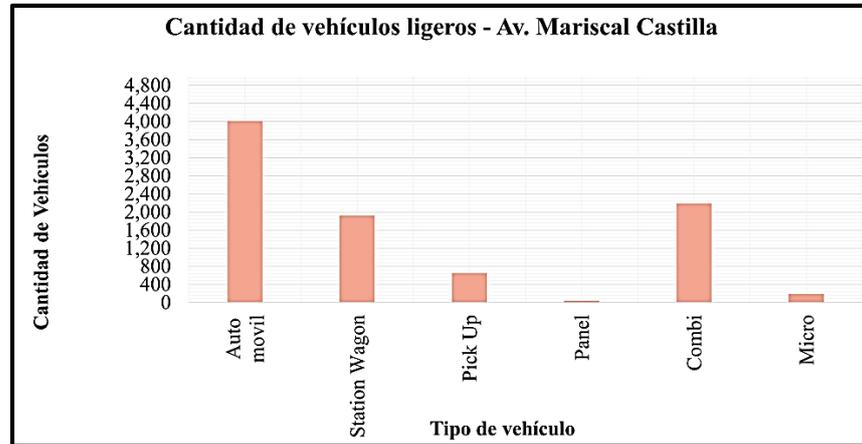


Figura 14.- Cantidad de vehículos ligeros en la Av. Mariscal Castilla vs el tipo de vehículo Ligero (Bach. Machacuay 2019)

En la presente grafica se representó la cantidad vehicular según su configuración neumática en la Av. Mariscal Castilla.

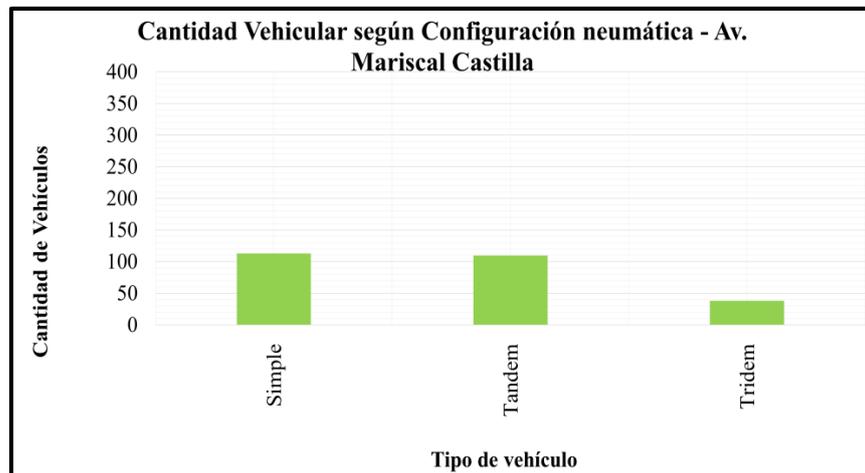


Figura 15.- Cantidad vehicular según su configuración neumática en la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019)

En la presente grafica se representa la cantidad de vehículos pesados la Av. Mariscal Castilla

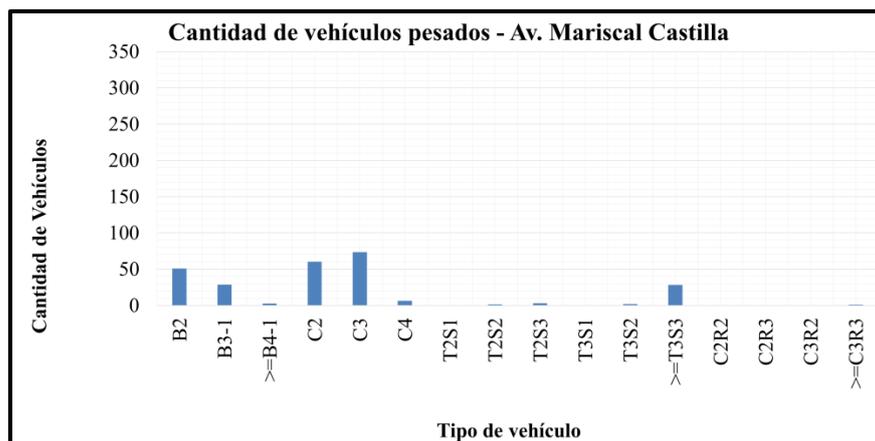


Figura 16.- Cantidad de vehículos pesados la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019)

En la presente grafica se representó el Índice medio Diario (IMD) en la Av. Mariscal Castilla en las fechas evaluadas.

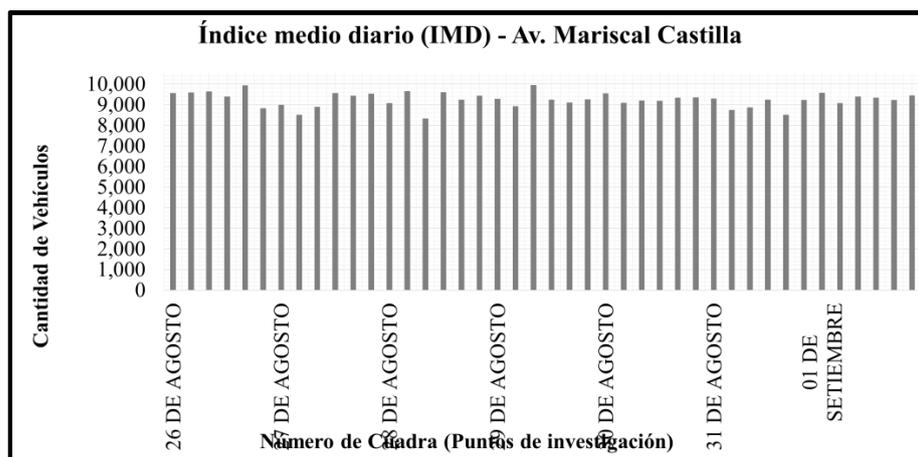


Figura 17.- Índice medio Diario (IMD) en la Av. Mariscal Castilla (Bach. Machacuay 2019)

4.4.5. Diseño de Paquete estructural.

Para el diseño del paquete estructural se obtuvo los siguientes parámetros ya mencionados anteriormente donde se estipula las siguientes condiciones:

- a) Confiabilidad : 95%
- b) Zr : -1.645
- c) Serviciabilidad Inicial : 4.2
- d) Serviciabilidad Final : 2.5

- e) Desviación estándar : 0.45
- f) Módulo resiliente : 11413 psi
- g) ESAL (con pesaje normado) : 17'115,670.34

Con estos parámetros ya determinados para el diseño del pavimento procedemos a calcular nuestro número estructural en software: "Ecuación AASHTO 93" basado en el manual del AASHTO 93.

Figura 18.- Ecuación AASHTO 93 (Bach. Machacuay 2019)

Obteniendo un Número estructural de 4.92 para los parámetros estipulados y determinados, con este resultado podemos determinar los espesores del paquete estructural en donde ya se determinó el valor de los coeficientes de la siguiente manera:

- a) Coeficiente estructural de la Primera Capa : 0.30
- b) Coeficiente estructural de la Segunda Capa : 0.13
- c) Coeficiente estructural de la Tercera Capa : 0.11
- d) Drenaje en la capa granular Base : 1.00
- e) Drenaje en la capa granular Sub - Base : 1.00

Tabla 21.- Espesores del pavimento

CAPA	COEFICIENTE	DRENAJE	ESPESOR (CM)	NUMERO ESTRUCTURAL
CARPETA ASFALTICA	0.30		5	2.25
BASE	0.13	1.00	15	1.95
SUBBASE	0.11	1.00	15	1.65
				5.10

Obteniendo un número estructural de 5.10 cumpliendo los requerimientos establecidos como el paquete

Fotografía 11.- Conteo vehicular nocturno



4.5. Diseño de espesores de pavimento con pesos reales.

4.5.1. Conteo vehicular.

El diseño de pavimentos se basó en el conteo vehicular obtenido desde la fecha 26 de agosto hasta el día 01 de setiembre del 2019, en la ubicación de la ciudad Universitaria – El tambo.

Obteniendo el siguiente resultado:

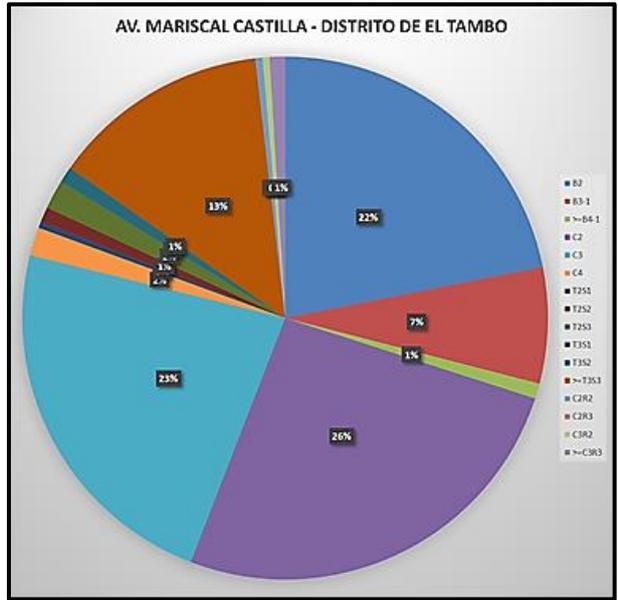


Figura 19.- - Porcentaje de incidencia con la carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)

Obteniendo el siguiente resultado:

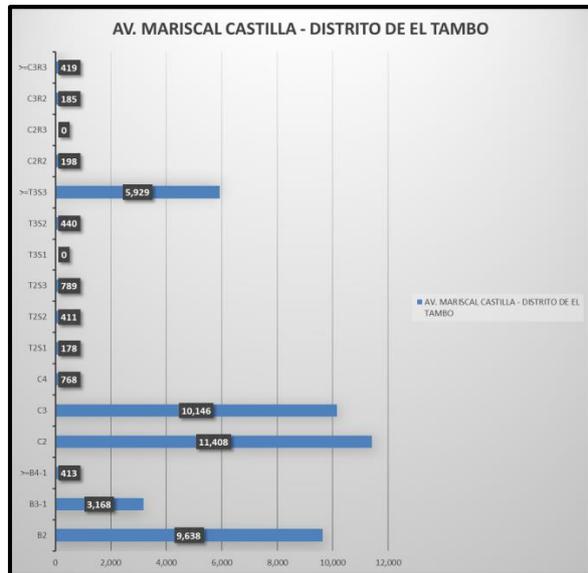


Figura 20.- Incidencia vehicular con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)

Fotografía 12.- Conteo vehicular ciudad Universitaria



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)																											
ACTIVIDAD		"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRITERA CENTRAL - HUANCAYO"																											
TIPO DE PAVIMENTO		MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (AV. MARISCAL CASTILLA TRAMO JR. OLAYA HASTA JR. LA ESPERANZA)																											
FECHA		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)																											
REALIZADO POR		DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SETIEMBRE DE 2019																											
		BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)																											
Nro	Descripción	Lado de Carril	Vehículos Ligeros						Vehículos Pesados										Cantidad Vehicular según Configuración neumática			Índice medio diario							
			Auto móvil	Station Wagon	Pick Up	Panel	Combi	Micro	Omnibus			Camión			Semi Trailers				Traylers				Simple	Tandem	Tridem	IMD			
AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBO																													
1		Cartilla N° 1	Izq/Der	4,140	1,452	845	25	2,556	235	70	28	4	60	81	11	1	1	5	0	2	41	0	0	1	2	132	118	57	9,560
2		Cartilla N° 2	Izq/Der	4,220	1,845	590	35	2,450	201	55	18	4	50	85	4	1	2	5	0	0	26	0	0	0	0	106	109	35	9,591
3		Cartilla N° 3	Izq/Der	4,180	2,015	570	45	2,375	204	48	24	4	43	83	8	1	0	1	0	0	47	0	0	0	2	92	113	56	9,650
4		Cartilla N° 4	Izq/Der	4,050	1,900	565	50	2,382	195	47	29	2	47	79	6	0	3	4	0	3	34	0	0	1	2	95	118	44	9,399
5		Cartilla N° 5	Izq/Der	4,300	2,110	560	12	2,485	198	55	33	3	60	81	6	1	2	3	0	4	26	1	0	0	1	117	124	35	9,941
6		Cartilla N° 6	Izq/Der	3,720	2,055	525	5	2,110	185	30	35	3	35	83	6	0	3	1	0	1	25	0	0	1	2	66	127	32	8,825
7		Cartilla N° 7	Izq/Der	3,885	2,310	520	8	1,890	165	62	34	3	67	25	2	0	1	5	0	1	15	0	0	0	2	129	66	22	8,995
8		Cartilla N° 8	Izq/Der	3,851	1,715	595	60	1,882	175	64	29	4	67	40	2	1	1	3	0	0	22	0	0	1	0	133	74	27	8,512
9		Cartilla N° 9	Izq/Der	4,115	1,655	655	22	2,005	180	53	33	4	85	55	4	1	0	3	0	2	24	0	0	0	1	139	95	31	8,897
10		Cartilla N° 10	Izq/Der	4,061	2,115	670	25	2,265	190	49	27	2	42	80	3	0	3	2	0	1	21	1	0	1	1	93	114	26	9,559
11		Cartilla N° 11	Izq/Der	3,931	1,815	815	45	2,435	155	62	29	3	40	85	2	1	0	1	0	3	20	1	0	1	1	105	121	23	9,445
12		Cartilla N° 12	Izq/Der	4,210	2,275	645	15	1,940	218	58	22	3	39	71	3	0	2	4	0	4	19	1	0	0	0	98	102	26	9,529
13		Cartilla N° 13	Izq/Der	3,952	1,530	570	85	2,455	216	49	24	4	70	91	5	1	1	3	0	3	17	0	0	1	2	121	125	25	9,079
14		Cartilla N° 14	Izq/Der	4,070	2,065	530	75	2,453	204	45	34	2	72	60	4	1	0	3	0	2	45	0	0	1	1	119	99	52	9,667
15		Cartilla N° 15	Izq/Der	3,775	1,594	684	25	1,810	207	33	38	1	74	49	8	1	1	1	0	3	18	0	0	1	0	109	92	27	8,323
16		Cartilla N° 16	Izq/Der	4,072	2,260	770	18	2,045	186	30	36	4	70	76	11	0	1	4	0	3	19	1	0	0	2	101	122	34	9,608
17		Cartilla N° 17	Izq/Der	3,892	2,210	645	20	2,015	201	60	33	1	41	85	9	1	0	3	0	4	26	0	0	1	0	103	123	38	9,247
18		Cartilla N° 18	Izq/Der	3,991	2,130	520	15	2,400	188	35	28	2	45	45	11	0	3	5	0	4	18	0	0	0	2	80	84	34	9,442
19		Cartilla N° 19	Izq/Der	3,924	2,210	645	22	1,975	220	65	26	1	82	76	10	1	0	3	0	0	26	1	0	1	2	150	105	39	9,290
20		Cartilla N° 20	Izq/Der	3,960	1,755	680	32	2,055	195	40	25	1	75	72	4	1	2	4	0	0	27	0	0	0	2	116	102	35	8,930
21		Cartilla N° 21	Izq/Der	4,210	2,115	745	45	2,398	175	55	34	3	69	49	4	0	1	4	0	2	42	1	0	1	1	126	90	50	9,954
22		Cartilla N° 22	Izq/Der	4,110	1,520	735	55	2,440	145	66	33	2	45	62	9	1	2	1	0	0	16	1	0	0	1	113	100	26	9,244
23		Cartilla N° 23	Izq/Der	3,805	1,755	748	65	2,340	165	48	26	2	42	75	10	0	2	3	0	4	21	0	0	0	1	90	110	34	9,112
24		Cartilla N° 24	Izq/Der	3,955	1,680	740	60	2,401	198	39	32	3	43	71	4	0	2	2	0	1	25	1	0	0	0	83	109	31	9,257
25		Cartilla N° 25	Izq/Der	4,240	1,975	694	58	2,130	189	59	19	2	75	50	2	1	2	4	0	1	42	1	0	1	2	137	76	48	9,547
26		Cartilla N° 26	Izq/Der	4,028	2,154	550	51	1,845	185	55	29	2	72	88	5	0	3	5	0	2	17	0	0	0	2	127	126	27	9,093
27		Cartilla N° 27	Izq/Der	3,815	1,920	660	66	2,255	184	60	32	2	68	89	9	1	2	1	0	3	42	0	0	0	0	129	128	52	9,209
28		Cartilla N° 28	Izq/Der	3,882	2,101	665	40	2,015	190	48	32	3	70	102	4	1	2	3	0	3	31	1	0	0	2	120	144	38	9,195
29		Cartilla N° 29	Izq/Der	4,081	1,975	520	52	2,310	205	43	28	1	48	45	4	0	0	5	0	1	20	0	0	1	0	92	75	29	9,339
30		Cartilla N° 30	Izq/Der	3,720	2,140	634	70	2,345	215	39	24	2	52	65	12	1	2	3	0	1	30	1	0	0	1	93	95	45	9,357
31		Cartilla N° 31	Izq/Der	4,125	2,110	684	70	1,845	175	52	35	3	79	84	9	0	1	2	0	0	24	1	0	0	0	132	123	35	9,299
32		Cartilla N° 32	Izq/Der	4,085	1,660	525	65	1,875	235	55	36	3	78	79	11	0	2	5	0	1	28	1	0	0	1	134	122	44	8,745
33		Cartilla N° 33	Izq/Der	4,150	1,555	658	35	2,015	180	48	25	2	65	99	7	0	1	3	0	4	27	0	0	0	2	113	133	37	8,876
34		Cartilla N° 34	Izq/Der	4,025	1,680	765	25	2,310	185	45	34	1	55	76	8	0	2	1	0	3	23	0	0	0	1	100	117	32	9,239
35		Cartilla N° 35	Izq/Der	3,915	1,635	561	24	1,912	220	48	29	3	48	75	9	1	2	1	0	2	24	0	0	0	1	97	112	34	8,510
36		Cartilla N° 36	Izq/Der	4,070	1,815	795	20	2,110	175	55	24	2	53	58	6	1	1	5	0	4	39	1	0	1	1	111	90	50	9,236
37		Cartilla N° 37	Izq/Der	4,025	1,995	695	45	2,310	210	52	20	3	82	95	5	0	3	4	0	0	32	0	0	0	2	134	123	41	9,578
38		Cartilla N° 38	Izq/Der	3,955	1,790	730	25	2,090	185	39	24	2	86	107	10	1	1	1	0	3	31	1	0	1	1	128	138	42	9,083
39		Cartilla N° 39	Izq/Der	3,785	2,190	655	33	2,265	165	50	23	3	75	95	11	0	1	1	0	3	42	0	0	0	1	125	126	54	9,398
40		Cartilla N° 40	Izq/Der	3,825	2,085	642	37	2,285	160	55	26	2	81	87	10	0	3	4	0	1	37	1	0	1	1	138	120	51	9,343
41		Cartilla N° 41	Izq/Der	4,102	1,812	620	24	2,240	180	54	26	2	42	81	5	1	2	4	0	4	35	0	0	1	2	98	117	44	9,237
42		Cartilla N° 42	Izq/Der	4,100	2,090	708	15	2,086	201	65	28	3	41	55	4	1	0	2	0	0	44	1	0	1	1	109	87	50	9,446
Promedio				4,007	1,923	651	39	2,186	191	51	29	3	60	74	7	1	2	3	0	2	28	0	0	1	1	113	109	38	388,786

Figura 21.- C conteo vehicular general (Bach. Machacuay 2019)

4.5.2. Diseño con pesos reales.

Para el proceso de cálculo del ESAL se basó mediante la norma de pesaje vehicular donde se estipula el tipo de vehículo con el peso real del eje basado en la data encontrada en el pesaje vehicular para poder calcular y multiplicar por el factor carril y el factor dirección obteniendo los siguientes valores:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 1 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)																											
ACTIVIDAD		"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"																											
TIPO DE PAVIMENTO		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)																											
FECHA		DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019																											
REALIZADO POR		BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)																											
Nro	Descripción	Lado de Carril	Vehículos Pesados													Total de EE	Carga vehicular real												
			Omnibus			Camión			Semi Trailers				Trailers				Factor Direccional	Factor Carril	Factor Vehículo pesado	Factor presión de inflado de neumáticos	Ejes equivalentes por día	Cantidad de días del año	Factor de crecimiento acumulado	Ejes equivalentes por año					
			B2	B3-1	>=B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2										C2R3	C3R2	>=C3R3		
Factor EE real x tipo de vehículo			4.504	2.631	3.897	17.033	9.742	7.462	7.742	6.523	24.407	6.523	8.162	11.373	10.980	9.761	12.323	24.341	Fd	Fc	Fvpi	Fpi	EE día Carril	x365	Fca	ESAL - W8.2			
AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBO																													
1		Cartilla N° 1	Iza/Der	70	28	4	60	81	11	1	1	5	0	2	41	0	0	1	2	307									
2		Cartilla N° 2	Iza/Der	55	18	4	50	85	4	1	2	5	0	0	26	0	0	0	0	250									
3		Cartilla N° 3	Iza/Der	48	24	4	43	83	8	1	0	1	0	0	47	0	0	0	2	261									
4	26 DE AGOSTO	Cartilla N° 4	Iza/Der	47	29	2	47	79	6	0	3	4	0	3	34	0	0	1	2	257									
5		Cartilla N° 5	Iza/Der	55	33	3	60	81	6	1	2	3	0	4	26	1	0	0	1	276									
6		Cartilla N° 6	Iza/Der	30	35	3	35	83	6	0	3	1	0	1	25	0	0	1	2	225									
7		Cartilla N° 7	Iza/Der	62	34	3	67	25	2	0	1	5	0	1	15	0	0	0	2	217									
8		Cartilla N° 8	Iza/Der	64	29	4	67	40	2	1	1	3	0	2	22	0	0	1	0	234									
9		Cartilla N° 9	Iza/Der	53	33	4	85	55	4	1	0	3	0	2	24	0	0	0	1	265									
10	27 DE AGOSTO	Cartilla N° 10	Iza/Der	49	27	2	42	80	3	0	3	2	0	1	21	1	0	1	1	233									
11		Cartilla N° 11	Iza/Der	62	29	3	40	85	2	1	0	1	0	3	20	1	0	1	1	249									
12		Cartilla N° 12	Iza/Der	58	22	3	39	71	3	0	2	4	0	4	19	1	0	0	0	226									
13		Cartilla N° 13	Iza/Der	49	24	4	70	91	5	1	1	3	0	3	17	0	0	1	2	271									
14		Cartilla N° 14	Iza/Der	45	34	2	72	60	4	1	0	3	0	2	45	0	0	1	1	270									
15	28 DE AGOSTO	Cartilla N° 15	Iza/Der	33	38	1	74	49	8	1	1	1	0	3	18	0	0	1	0	228									
16		Cartilla N° 16	Iza/Der	30	36	4	70	76	11	0	1	4	0	3	19	1	0	0	2	257									
17		Cartilla N° 17	Iza/Der	60	33	1	41	85	9	1	0	3	0	4	26	0	0	1	0	264									
18		Cartilla N° 18	Iza/Der	35	28	2	45	45	11	0	3	5	0	4	18	0	0	0	2	198									
19		Cartilla N° 19	Iza/Der	65	26	1	82	76	10	1	0	3	0	0	26	1	0	1	2	294									
20		Cartilla N° 20	Iza/Der	40	25	1	75	72	4	1	2	4	0	0	27	0	0	0	2	253									
21	29 DE AGOSTO	Cartilla N° 21	Iza/Der	55	34	3	69	49	4	0	1	4	0	2	42	1	0	1	1	266									
22		Cartilla N° 22	Iza/Der	66	33	2	45	62	9	1	2	1	0	0	16	1	0	0	1	239									
23		Cartilla N° 23	Iza/Der	48	26	2	42	75	10	0	2	3	0	4	21	0	0	0	1	234									
24		Cartilla N° 24	Iza/Der	39	32	3	43	71	4	0	2	2	0	1	25	1	0	0	0	223									
25		Cartilla N° 25	Iza/Der	59	19	2	75	50	2	1	2	4	0	1	42	1	0	1	2	261									
26		Cartilla N° 26	Iza/Der	55	29	2	72	88	5	0	3	5	0	2	17	0	0	0	2	280									
27	30 DE AGOSTO	Cartilla N° 27	Iza/Der	60	32	2	68	89	9	1	2	1	0	3	42	0	0	0	0	309									
28		Cartilla N° 28	Iza/Der	48	32	3	70	102	4	1	2	3	0	3	31	1	0	0	2	302									
29		Cartilla N° 29	Iza/Der	43	28	1	48	45	4	0	0	5	0	1	20	0	0	1	0	196									
30		Cartilla N° 30	Iza/Der	39	24	2	52	65	12	1	2	3	0	1	30	1	0	0	1	233									
31		Cartilla N° 31	Iza/Der	52	35	3	79	84	9	0	1	2	0	0	24	1	0	0	0	290									
32		Cartilla N° 32	Iza/Der	55	36	3	78	79	11	0	2	5	0	1	28	1	0	0	1	300									
33	31 DE AGOSTO	Cartilla N° 33	Iza/Der	48	25	2	65	99	7	0	1	3	0	4	27	0	0	0	2	263									
34		Cartilla N° 34	Iza/Der	45	34	1	55	76	8	0	2	1	0	3	23	0	0	0	1	249									
35		Cartilla N° 35	Iza/Der	48	29	3	48	75	9	1	2	1	0	2	24	0	0	0	1	243									
36		Cartilla N° 36	Iza/Der	55	24	2	53	58	6	1	1	5	0	4	39	1	0	1	1	251									
37		Cartilla N° 37	Iza/Der	52	20	3	82	95	5	0	3	4	0	0	32	0	0	0	2	298									
38		Cartilla N° 38	Iza/Der	39	24	2	86	107	10	1	1	1	0	3	31	1	0	1	1	308									
39	01 DE SEPTIEMBRE	Cartilla N° 39	Iza/Der	50	23	3	75	95	11	0	1	1	0	3	42	0	0	0	1	305									
40		Cartilla N° 40	Iza/Der	55	26	2	81	87	10	0	3	4	0	1	37	1	0	1	1	309									
41		Cartilla N° 41	Iza/Der	54	26	2	42	81	5	1	2	4	0	4	35	0	0	1	2	259									
42		Cartilla N° 42	Iza/Der	65	28	3	41	55	4	1	0	2	0	0	44	1	0	1	1	246									

Figura 22.- Cálculo de ejes equivalentes con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)

1		Cartilla N° 1	Izq/Der	315	74	16	1,022	789	82	8	7	122	0	16	466	0	0	12	49	2,978	0.50	1.00	-	-	1,488.78	1.00	-	1,488.78	
2		Cartilla N° 2	Izq/Der	248	47	16	852	828	30	8	13	122	0	0	296	0	0	0	0	2,459	0.50	1.00	-	-	1,229.34	1.00	-	1,229.34	
3		Cartilla N° 3	Izq/Der	216	63	16	732	809	60	8	0	24	0	0	535	0	0	0	49	2,511	0.50	1.00	-	-	1,255.47	1.00	-	1,255.47	
4	26 DE AGOSTO	Cartilla N° 4	Izq/Der	212	76	8	801	770	45	0	20	98	0	0	24	387	0	0	12	49	2,500	0.50	1.00	-	-	1,250.02	1.00	-	1,250.02
5		Cartilla N° 5	Izq/Der	248	87	12	1,022	789	45	8	13	73	0	0	33	296	11	0	0	24	2,660	0.50	1.00	-	-	1,329.85	1.00	-	1,329.85
6		Cartilla N° 6	Izq/Der	135	92	12	596	809	45	0	20	24	0	0	8	284	0	0	12	49	2,086	0.50	1.00	-	-	1,042.92	1.00	-	1,042.92
7		Cartilla N° 7	Izq/Der	279	89	12	1,141	244	15	0	7	122	0	0	8	171	0	0	0	49	2,136	0.50	1.00	-	-	1,068.01	1.00	-	1,068.01
8		Cartilla N° 8	Izq/Der	288	76	16	1,141	390	15	8	7	73	0	0	0	250	0	0	12	0	2,276	0.50	1.00	-	-	1,137.96	1.00	-	1,137.96
9		Cartilla N° 9	Izq/Der	239	87	16	1,448	536	30	8	0	73	0	0	16	273	0	0	0	24	2,749	0.50	1.00	-	-	1,374.55	1.00	-	1,374.55
10		Cartilla N° 10	Izq/Der	221	71	8	715	779	22	0	20	49	0	0	8	239	11	0	12	24	2,180	0.50	1.00	-	-	1,089.81	1.00	-	1,089.81
11		Cartilla N° 11	Izq/Der	279	76	12	681	828	15	8	0	24	0	0	24	227	11	0	12	24	2,223	0.50	1.00	-	-	1,111.61	1.00	-	1,111.61
12		Cartilla N° 12	Izq/Der	261	58	12	664	692	22	0	13	98	0	0	33	216	11	0	0	0	2,079	0.50	1.00	-	-	1,039.75	1.00	-	1,039.75
13		Cartilla N° 13	Izq/Der	221	63	16	1,192	886	37	8	7	73	0	0	24	193	0	0	12	49	2,782	0.50	1.00	-	-	1,390.90	1.00	-	1,390.90
14		Cartilla N° 14	Izq/Der	203	89	8	1,226	584	30	8	0	73	0	0	16	512	0	0	12	24	2,786	0.50	1.00	-	-	1,393.18	1.00	-	1,393.18
15		Cartilla N° 15	Izq/Der	149	100	4	1,260	477	60	8	7	24	0	0	24	205	0	0	12	0	2,330	0.50	1.00	-	-	1,165.07	1.00	-	1,165.07
16		Cartilla N° 16	Izq/Der	135	95	16	1,192	740	82	0	7	98	0	0	24	216	11	0	0	49	2,665	0.50	1.00	-	-	1,332.27	1.00	-	1,332.27
17		Cartilla N° 17	Izq/Der	270	87	4	698	828	67	8	0	73	0	0	33	296	0	0	12	0	2,376	0.50	1.00	-	-	1,188.06	1.00	-	1,188.06
18		Cartilla N° 18	Izq/Der	158	74	8	766	438	82	0	20	122	0	0	33	205	0	0	0	49	1,954	0.50	1.00	-	-	976.83	1.00	-	976.83
19		Cartilla N° 19	Izq/Der	293	68	4	1,397	740	75	8	0	73	0	0	0	296	11	0	12	49	3,025	0.50	1.00	-	-	1,512.67	1.00	-	1,512.67
20		Cartilla N° 20	Izq/Der	180	66	4	1,277	701	30	8	13	98	0	0	0	307	0	0	0	49	2,733	0.50	1.00	-	-	1,366.34	1.00	-	1,366.34
21		Cartilla N° 21	Izq/Der	248	89	12	1,175	477	30	0	7	98	0	0	16	478	11	0	12	24	2,677	0.50	1.00	-	-	1,338.54	1.00	-	1,338.54
22		Cartilla N° 22	Izq/Der	297	87	8	766	604	67	8	13	24	0	0	0	182	11	0	0	24	2,092	0.50	1.00	-	-	1,045.98	1.00	-	1,045.98
23		Cartilla N° 23	Izq/Der	216	68	8	715	731	75	0	13	73	0	0	33	239	0	0	0	24	2,195	0.50	1.00	-	-	1,097.54	1.00	-	1,097.54
24		Cartilla N° 24	Izq/Der	176	84	12	732	692	30	0	13	49	0	0	8	284	11	0	0	0	2,091	0.50	1.00	-	-	1,045.38	1.00	-	1,045.38
25		Cartilla N° 25	Izq/Der	266	50	8	1,277	487	15	8	13	98	0	0	8	478	11	0	12	49	2,779	0.50	1.00	-	-	1,389.59	1.00	-	1,389.59
26		Cartilla N° 26	Izq/Der	248	76	8	1,226	857	37	0	20	122	0	0	16	193	0	0	0	49	2,853	0.50	1.00	-	-	1,426.33	1.00	-	1,426.33
27		Cartilla N° 27	Izq/Der	270	84	8	1,158	867	67	8	13	24	0	0	24	478	0	0	0	0	3,002	0.50	1.00	-	-	1,500.97	1.00	-	1,500.97
28		Cartilla N° 28	Izq/Der	216	84	12	1,192	994	30	8	13	73	0	0	24	353	11	0	0	49	3,059	0.50	1.00	-	-	1,529.28	1.00	-	1,529.28
29		Cartilla N° 29	Izq/Der	194	74	4	818	438	30	0	0	122	0	0	8	227	0	0	12	0	1,927	0.50	1.00	-	-	963.50	1.00	-	963.50
30		Cartilla N° 30	Izq/Der	176	63	8	886	633	90	8	13	73	0	0	8	341	11	0	0	24	2,334	0.50	1.00	-	-	1,166.86	1.00	-	1,166.86
31		Cartilla N° 31	Izq/Der	234	92	12	1,346	818	67	0	7	49	0	0	0	273	11	0	0	0	2,908	0.50	1.00	-	-	1,454.14	1.00	-	1,454.14
32		Cartilla N° 32	Izq/Der	248	95	12	1,329	770	82	0	13	122	0	0	8	318	11	0	0	24	3,031	0.50	1.00	-	-	1,515.67	1.00	-	1,515.67
33		Cartilla N° 33	Izq/Der	216	66	8	1,107	964	52	0	7	73	0	0	33	307	0	0	0	49	2,882	0.50	1.00	-	-	1,440.83	1.00	-	1,440.83
34		Cartilla N° 34	Izq/Der	203	89	4	937	740	60	0	13	24	0	0	24	262	0	0	0	24	2,381	0.50	1.00	-	-	1,190.37	1.00	-	1,190.37
35		Cartilla N° 35	Izq/Der	216	76	12	818	731	67	8	13	24	0	0	16	273	0	0	0	24	2,278	0.50	1.00	-	-	1,139.16	1.00	-	1,139.16
36		Cartilla N° 36	Izq/Der	248	63	8	903	565	45	8	7	122	0	0	33	444	11	0	12	24	2,491	0.50	1.00	-	-	1,245.65	1.00	-	1,245.65
37		Cartilla N° 37	Izq/Der	234	53	12	1,397	925	37	0	20	98	0	0	0	364	0	0	0	49	3,188	0.50	1.00	-	-	1,593.88	1.00	-	1,593.88
38		Cartilla N° 38	Izq/Der	176	63	8	1,465	1,042	75	8	7	24	0	0	24	353	11	0	12	24	3,292	0.50	1.00	-	-	1,645.86	1.00	-	1,645.86
39		Cartilla N° 39	Izq/Der	225	61	12	1,277	925	82	0	7	24	0	0	24	478	0	0	0	24	3,140	0.50	1.00	-	-	1,569.90	1.00	-	1,569.90
40		Cartilla N° 40	Izq/Der	248	68	8	1,380	848	75	0	20	98	0	0	8	421	11	0	12	24	3,219	0.50	1.00	-	-	1,609.75	1.00	-	1,609.75
41		Cartilla N° 41	Izq/Der	243	68	8	715	789	37	8	13	98	0	0	33	398	0	0	12	49	2,471	0.50	1.00	-	-	1,235.64	1.00	-	1,235.64
42		Cartilla N° 42	Izq/Der	293	74	12	698	536	30	8	0	49	0	0	0	500	11	0	12	24	2,247	0.50	1.00	-	-	1,123.35	1.00	-	1,123.35

Figura 23.- Ejes equivalentes con carga vehicular (Bach. Machacuay 2019)

Como se puede observar se obtuvo los valores del conteo vehicular multiplicado por el factor de pesaje real por eje y el tipo de vehículo contabilizado respetando el pesaje vehicular real empleado para el diseño de pavimentos flexibles.

Obteniendo así el ESAL para un periodo de diseño de 20 años y con índice de crecimiento de 4% obteniendo así el siguiente valor:

Descripción	Valor
Periodo de diseño	20.00 años
Tasa de crecimiento medio anual	4.00 %
ESAL	41 '934,969.69

4.5.3. Pesos estandarizados y normados.

En la presente grafica se observa los estándares de pesos estipulados por tipo de vehículo y por posición del eje teniéndose la siguiente ilustración usada para el diseño de pavimentos.

ANEXO 2 - RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 3 (VARIABLE INDEPENDIENTE: TRÁFICO VEHICULAR)														
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"												
ACTIVIDAD		MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (REAL)												
TIPO DE PAVIMENTO		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)												
FECHA		DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019												
REALIZADO POR		BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)												
Pesos y medidas reales de vehículos pesados con balanzas electrónicas portátiles														
Configuración Vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Max (m)	Peso medido (t)				Factor EE x cada eje del Vehículo				Factor EE Total			
			Conjunto de ejes posteriores				E1	E2	E3	E4				
			1°	2°	3°	4°								
Omnibus	B2		13.2	7	11			1.265	3.238			4.504		
	B3-1		14	7	16			1.265	1.366			2.631		
	>=B4-1		15	7	7	16			1.265	1.265	1.366		3.897	
Camion	C2		12.3	7	16.34			1.265	15.767			17.033		
	C3		13.2	9.73	22.6			4.724	5.018			9.742		
	C4		13.2	9.73	26.8			4.724	2.738			7.462		
Semi Trailers	T2S1		20.5	7	11	11			1.265	3.238	3.238		7.742	
	T2S2		20.5	7	11	18			1.265	3.238	2.019		6.523	
	T2S3		20.5	7.54	16.88	32.5			1.703	17.957	4.746		24.407	
	T3S1		20.5	7	18	11			1.265	2.019	3.238		6.523	
	T3S2		20.5	7	18	22.44			1.265	2.019	4.877		8.162	
	>=T3S3		20.5	7.76	24.52	27.6			1.911	6.953	2.509		11.373	
Trailers	C2R2		23	7	11	11			1.265	3.238	3.238	3.238	10.980	
	C2R3		23	7	11	11	18			1.265	3.238	3.238	2.019	9.761
	C3R2		23	7	21.6	11	11.32			1.265	4.187	3.238	3.632	12.323
	>=C3R3		23	9.94	23.5	13.96	22.5			5.145	5.866	8.400	4.930	24.341

Figura 24.-Nuevos pesajes por eje (Bach. Machacuay 2019)

4.5.4. Diseño de paquete estructural para pesos reales.

Para el diseño del paquete estructural se obtuvo los siguientes parámetros ya mencionados anteriormente donde se estipula las siguientes condiciones:

- a. Confiabilidad : 95%
- b. Z_r : -1.645
- c. Serviciabilidad Inicial : 4.2
- d. Serviciabilidad Final : 2.5
- e. Desviación estándar : 0.45
- f. Módulo resiliente : 11413 psi
- g. ESAL (con pesaje normado) : 41'934,969.69

Con estos parámetros ya determinados para el diseño del pavimento procedimos a calcular nuestro número estructural en software: "Ecuación AASHTO 93" basado en el manual del AASHTO 93.

Tipo de Pavimento		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)	
<input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		95 % Zi=-1.645	So 0.45
Serviciabilidad inicial y final		Módulo resiliente de la subrasante	
PSI inicial 4.2	PSI final 2.5	Mr 11413 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cdi)	
Tipo de Análisis		Número Estructural	
<input checked="" type="radio"/> Calcular SN <input type="radio"/> Calcular W18		SN = 5.58	
W18 = 41934969.69			
Calcular		Salir	

Figura 25.- Programa Ecuación AASHTO 93 (Bach. Machacuay 2019)

Obteniendo un Número estructural de 5.58 para los parámetros estipulados y determinados, con este resultado podemos determinar los espesores del paquete estructural en donde ya se determinó el valor de los coeficientes de la siguiente manera:

- a) Coeficiente estructural de la Primera Capa : 0.30

- b) Coeficiente estructural de la Segunda Capa: 0.13
- c) Coeficiente estructural de la Tercera Capa : 0.11
- d) Drenaje en la capa granular Base : 1.00
- e) Drenaje en la capa granular Sub - Base : 1.00

Tabla 22.- Espesores del paquete estructural con carga vehicular

CAPA	COEFICIENTE	DRENAJE	ESPESOR (CM)	NÚMERO ESTRUCTURAL
CARPETA ASFALTICA	0.30		7	2.10
BASE	0.13	1.00	15	1.95
SUBBASE	0.11	1.00	15	1.65
				5.70

Obteniendo un número estructural de 5.70 cumpliendo los requerimientos establecidos como el paquete estructural.

4.6. Medida de deflexión del pavimento.

El pesaje del vehículo utilizado en este ensayo se pesó en el Jr. Unión 286 – Bellavista – San Agustín de Cajas, con Numero de registro N°0001 4753, a cargo de la empresa Maderas Foresta con fecha de registro de 06 de Setiembre del 2019.

El alquiler del equipo de la Viga Benkelman estuvo a cargo de laboratorio Constructora Ingenieros & Arquitectos Asesores Santa Cruz S.C.R.L a cargo del Técnico Laboratorista Javier Santa Cruz Veliz.

Fotografía 13.- Ensayo de la Viga Benkelman



4.6.1. Viga Benkelman en el Carril derecho.

Para la determinación de la deformación del pavimento se utilizó el ensayo de la viga Benkelman, este ensayo consistió en colocar un vehículo con un peso de 8.200 kg (reglamentada) para poder ver las deformaciones del pavimento logrando determinar la bulba de presión y la elasticidad de la carpeta asfáltica.

Fotografía 14.- Ensayo de la viga Benkelman margen Derecha



Este ensayo consiste en colocar una palanca de aluminio con sensores deflectivos para ver cómo es la deformación del pavimento a distancias 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.50 en m para determinar las deformaciones que se produce el pavimento.

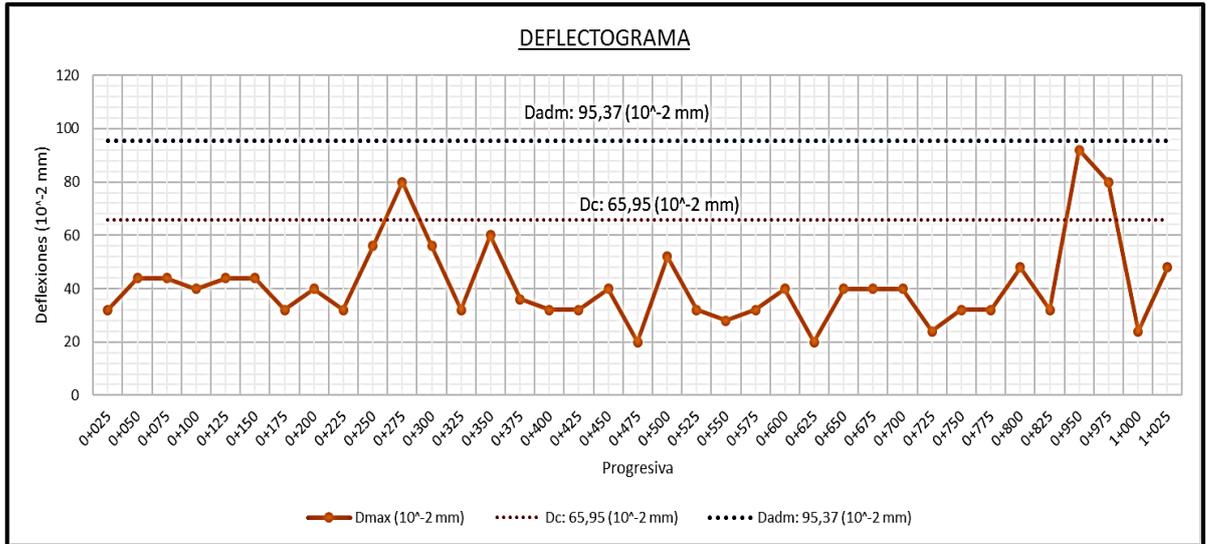


Figura 26.- Deflectograma margen derecha (Bach. Machacuy 2019)

Como se pudo observar en la progresiva 0+275 presenta una deformación de picos altos y es esos puntos donde más dañada la carpeta asfáltica sustentando así que la carpeta asfáltica actual no es suficiente para el soporte de las cargas.

En las progresivas 0+950 y 0+975 también presenta una deformación más remarcada determinando que en estos puntos la carpeta asfáltica no es suficiente para poder determinar los esfuerzos a los que es sometido.

Fotografía 15.- Calculo de deflexiones en margen derecha



4.6.2. Viga Benkelman en el Carril izquierdo.

Para la determinación de la deformación del pavimento se utilizó el ensayo de la viga Benkelman, donde este ensayo consiste en colocar un

vehículo con un peso de 8.200 kg (reglamentada) para poder ver las deformaciones del pavimento logrando determinar la bulba de presión y la elasticidad de la carpeta asfáltica.

Este ensayo consiste en colocar una palanca de aluminio con sensores deflectivos para ver cómo es la deformación del pavimento a distancias 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.50 en m para determinar las deformaciones que se produce el pavimento.

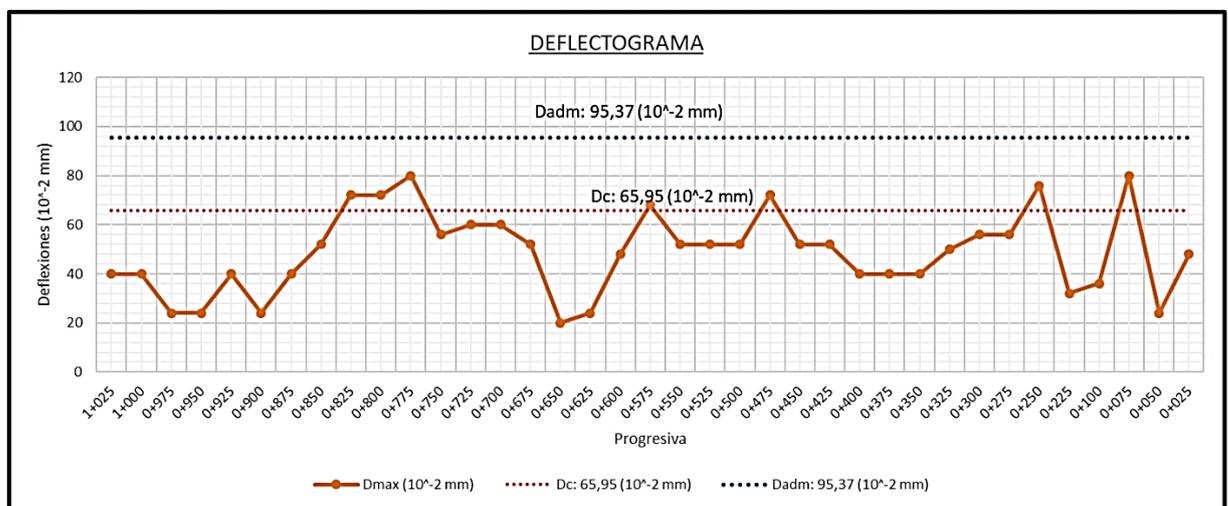


Figura 27.- Deflectograma margen izquierda (Bach. Machacuay 2019)

Como se pudo observar en la progresivas 0+825, 0+800, 0+775 presenta una deformación de picos altos y es esos puntos donde más dañada esta la carpeta asfáltica sustentando así que la carpeta asfáltica actual no es suficiente para el soporte de las cargas.

Fotografía 16.- Cálculo de la deflexión viga



En las progresivas 0+575, 0+475, 0+250, 0+075 también presenta una deformación más remarcada determinando que en estos puntos la carpeta asfáltica no es suficiente para poder determinar los esfuerzos a los que es sometido el pavimento flexible.

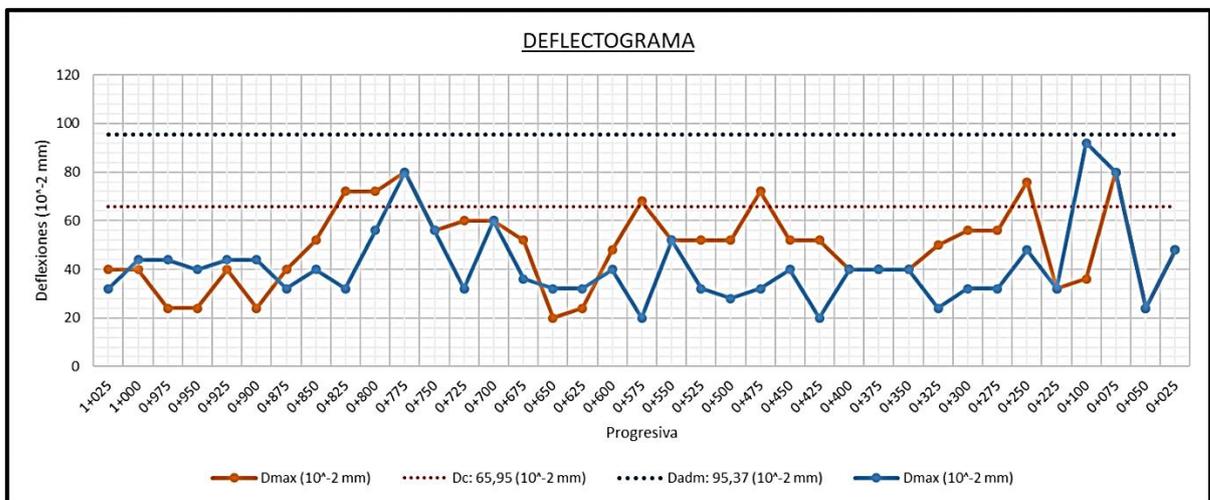


Figura 28.- Deflectograma de ambas vías (Bach. Machacuay 2019)

En las progresivas 0+775, 0+100, 0+075, presenta una deformación más remarcada para ambos carriles donde es el punto de afluencia vehicular con mayor intensidad, en estos puntos es donde más se observa el pavimento con factores de fallas como ahuellamientos, desmoronamiento, fisuras y demás patologías del pavimento flexible.

Fotografía 17.- Calculo de la deflexión de la viga



4.7. Diamantina de Carpeta asfáltica existente.

Se extrajo muestras vivas de la carpeta asfáltica existente para poder evaluar las principales características actuales que presenta como una verificación de la conservación de sus propiedades mecánicas y comprobación de espesores.

Se extrajo 2 muestras del pavimento existente en la vía de Ida (hacia Huancayo) en las progresivas 0+300 Km y 0+600 Km, y 2 muestras del pavimento existente a la vuelta (hacia Jauja) en las progresivas 0+250 Km y 0+650 Km.

Fotografía 18.- extracción de la Diamantina



Obtuvimos el siguiente cuadro representativo de sus características:

Tabla 23.- Peso Específico Bulk De Mezclas Asfálticas

PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASTM D2726 / MTC E514)				
IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4
Sentido	IDA	IDA	VUELTA	VUELTA
Progresiva (km)	0+300	0+600	0+250	0+650
Altura promedio de la briqueta (cm)	6.00	6.00	5.50	5.00
Peso de la briqueta seca al aire (g)	1138.4	1041.0	1018.0	909.4
Peso de la briqueta saturada superficialmente seca en aire (g)	1148.6	1055.6	1032.5	925.2
Peso de la briqueta saturada superficialmente seca en agua (g)	630.4	550.2	396.8	531.8
Peso del agua absorbida (g)	10.2	14.6	14.5	15.8
Volumen de la briqueta saturada superficialmente seca (cm ³)	518.2	505.4	635.7	393.4
Peso específico bulk de la briqueta (g/cm ³)	2.197	2.060	1.601	2.312

Donde se observó que mantiene sus propiedades físicas - mecánicas y la conservación de su dosificación es por ello que no se presenta la desintegración de la misma, con este análisis de evaluamos las propiedades reológicas de la mezcla asfáltica extraída.

Tabla 24.- Estabilidad Marshall

ESTABILIDAD MARSHALL (ASTM D1559 / MTC E504)				
Flujo (mm)	4.57	4.32	3.56	4.06
Estabilidad sin corregir (kg)	861.2	961.8	179.4	496.8
Factor de estabilidad	1.00	1.04	0.76	1.56
Estabilidad corregida (kg)	861.0	1000.0	136.0	775.0

Fotografía 19.- Extracción de briqueta para análisis



Con este resultado se pudo determinar que mantiene su elasticidad la carpeta asfáltica se mantiene en los parámetros y presenta una estabilidad máxima de 1000.00 kg (resistencia) en la muestra N°02 en la progresiva 0+600 km.

Fotografía 20.- Briqueta de la margen derecha



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Contrastación de prueba de hipótesis.

5.1.1. Prueba de hipótesis - general.

Con la problemática planteada: ¿Cómo influye la carga vehicular en el diseño de pavimentos flexibles, carretera central – Huancayo?, se realizaron cuadros que representan a través del método de regresión simple, para poder evaluar los espesores del paquete estructural, ESAL con pesos normados, ESAL con pesos reales, ejes equivalentes a fin de poder evidenciar la influencia de la carga vehicular en el diseño de pavimentos flexibles.

Lo mencionado anteriormente se representa en estos gráficos.

Tabla 25.- Ejes Equivalentes con y sin Carga Vehicular.

Descripción	IMD	ESAL
Ejes Equivalentes Con Carga Vehicular (Real)	7,715.94	41'934,969.7
Ejes Equivalentes Normado (Normas)	3,149.24	17'115,670.3

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 0.509, no obstante que el grado de correlación es mayor a $R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación.

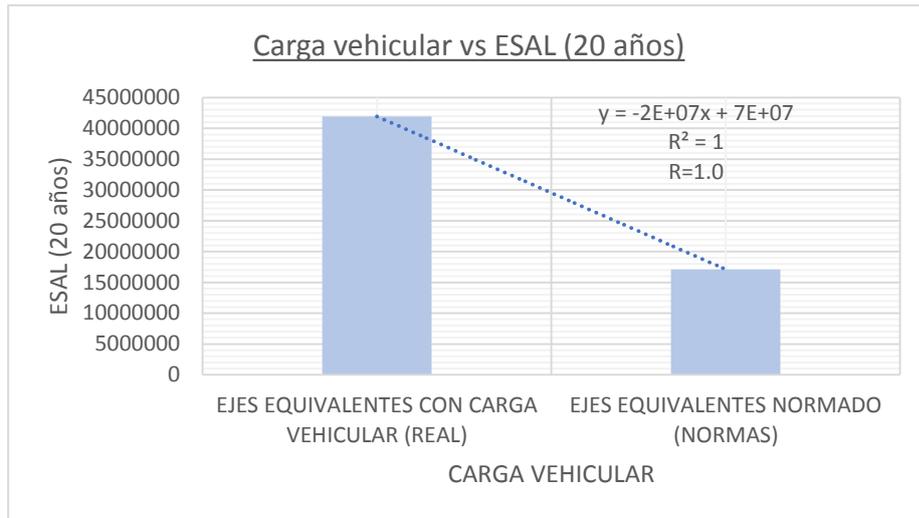


Figura 29.- Carga Vehicular vs ESAL (Bach. Machacuay 2019)

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 1.0, no obstante que el grado de correlación es mayor a $R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación

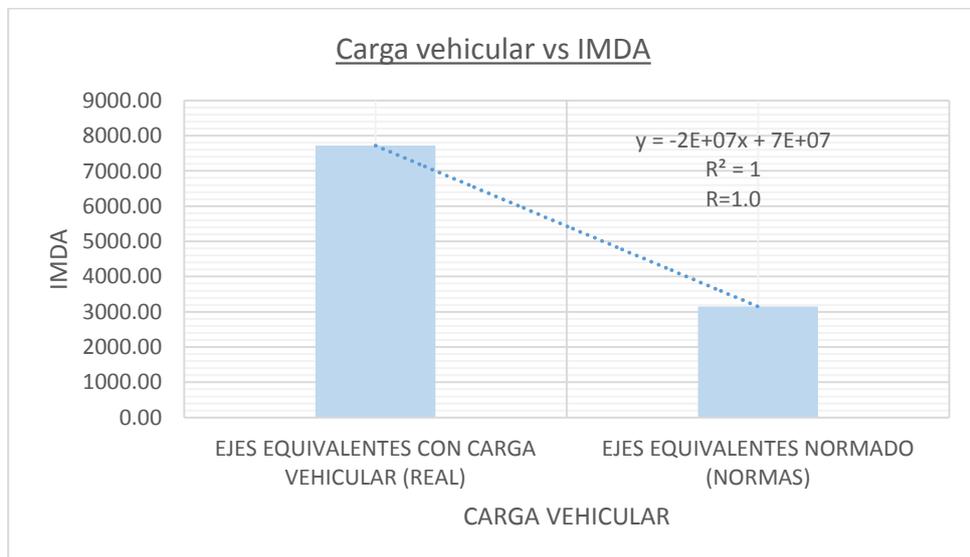


Figura 30.- Carga Vehicular vs IMDA (Bach. Machacuay 2019)

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 1.0, no obstante que el grado de correlación es mayor a

$R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación

Del análisis y evaluación correspondiente a los cuadros mostrados se determina en base al sustento técnico lo siguiente:

Hipótesis General: La carga vehicular influye significativamente en el diseño de pavimentos flexibles, carretera central – Huancayo, al evidenciar que presenta un grado de correlación de 1.0 en los valores del diseño de pavimentos flexibles.

Entonces se determina que existe evidencia técnica y estadística para poder afirmar que, la carga vehicular influye significativamente en el diseño del pavimento flexible de la carretera central, al determinar que el grado de correlación de lo mencionado anteriormente se determina en un 100.0%.

5.1.2. Prueba de Hipótesis - Específicas.

Hipótesis específica (a)

Con la problemática planteada: ¿De qué manera varía el cálculo de los ejes equivalentes con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo?, se plantea el siguiente cuadro procesado estadísticamente por el método de regresión simple, donde se puede evidenciar como el cálculo de los ejes equivalentes en el diseño del pavimento flexible de la carretera central.

Lo mencionado anteriormente se representa en estos gráficos.

Tabla 26.- Tipos de vehículos con factores de cambio

	TIPO DE VEHÍCULOS															
	B2	B3-1	>=B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3
VEHICULOS CON CARGA REAL	4.50	2.63	3.90	17.03	9.74	7.46	7.74	6.52	24.41	6.52	8.16	11.37	10.98	9.76	12.32	24.34
VEHICULOS CON CARGA NORMADA	4.50	2.63	3.90	4.50	3.28	2.77	7.74	6.52	6.21	6.52	5.30	4.99	10.98	9.76	9.76	8.54

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 0.509, no obstante que el grado de correlación es mayor a $R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación.

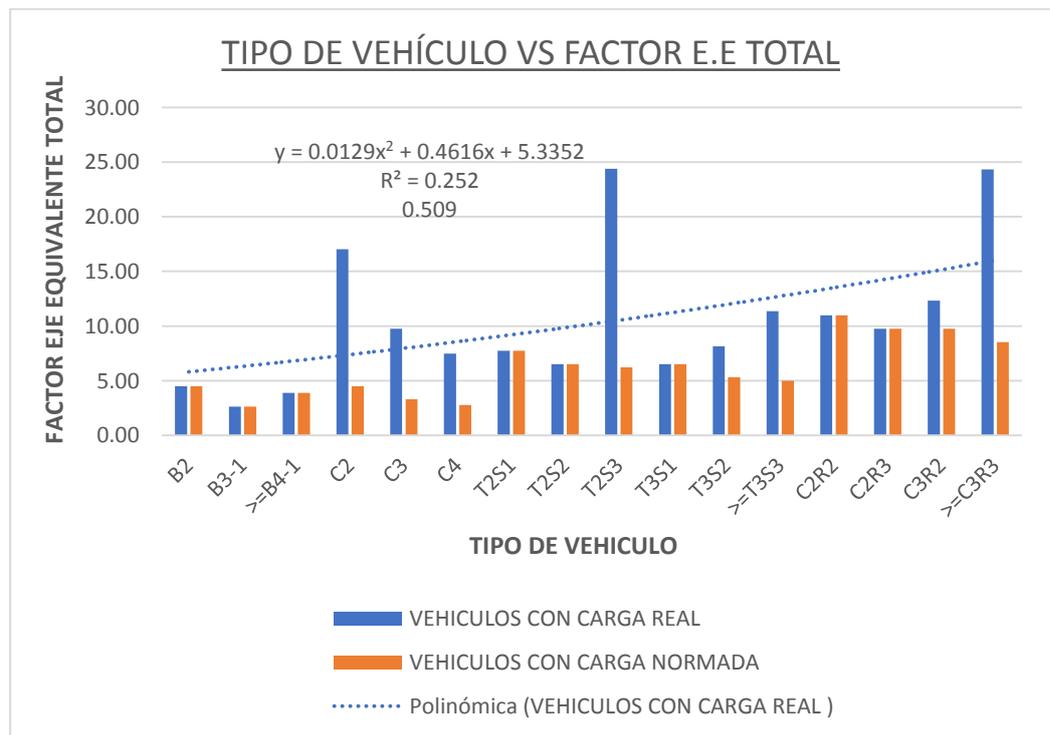


Figura 31.- Tipo De Vehículo Vs Factor E.E Total (Bach. Machacuay 2019)

Del análisis y evaluación correspondiente a los cuadros mostrados se determina en base al sustento técnico lo siguiente:

Hipótesis específica (a): La carga vehicular influye significativamente en el cálculo de los ejes equivalentes para el diseño de pavimentos flexibles, carretera central – Huancayo, al evidenciar que presenta un grado de correlación de 1.00 en los valores del diseño de pavimentos flexibles.

Entonces se determina que existe evidencia técnica y estadística para poder afirmar que, la carga vehicular influye significativamente en los ejes equivalentes para el diseño del pavimento flexible de la carretera central, al determinar que el grado de correlación de lo mencionado anteriormente se determina en un 100.0%.

Hipótesis específica (b)

Con la problemática planteada: ¿En qué medida varía el espesor de la carpeta asfáltica con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo?, se plantea el siguiente cuadro procesado estadísticamente por el método de regresión simple, donde se puede evidenciar como el cálculo de espesor de carpeta asfáltica en el diseño del pavimento flexible de la carretera central.

Lo mencionado anteriormente se representa en estos gráficos.

Tabla 27.- Número estructural

Descripción	SN	Espesor de Carpeta Asfáltica
Espesor de carpeta Asfáltica con Carga Vehicular (Real)	5.58	7.50 cm (3")
Espesor de carpeta Asfáltica con Carga Normada (Norma)	4.92	5.00 cm (2")

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 1.0, no obstante que el grado de correlación es mayor a $R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación.

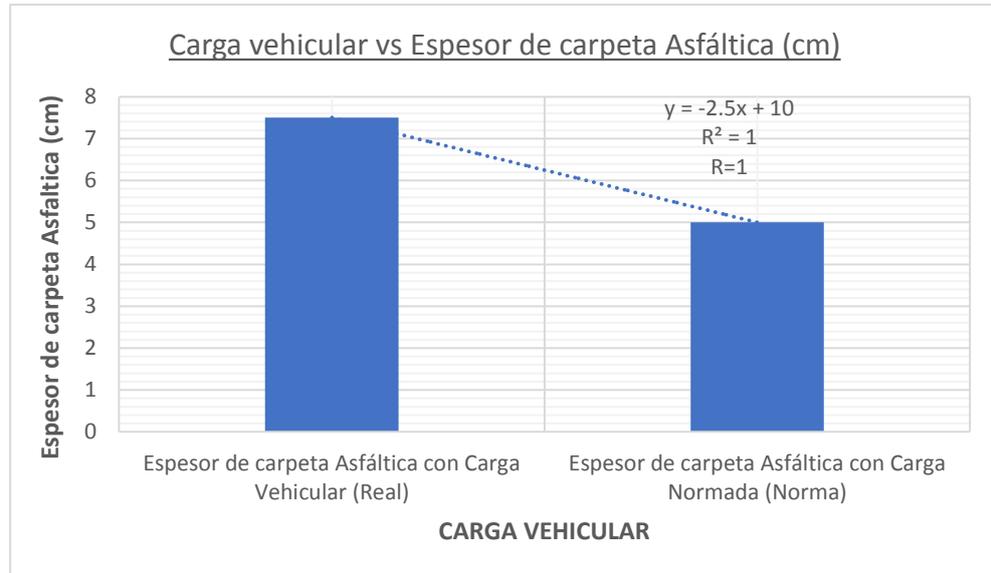


Figura 32.- Carga vehicular vs Espesor de carpeta Asfáltica (cm) (Bach. Machacuay)

Del análisis y evaluación correspondiente a los cuadros mostrados se determina en base al sustento técnico lo siguiente:

Hipótesis específica (b): El valor del espesor de la carpeta asfáltica aumenta con la carga vehicular para el diseño del pavimento flexible - carretera central, Huancayo, al evidenciar que presenta un grado de correlación de 1.00 en los valores del diseño de pavimentos flexibles.

Entonces se determina que existe evidencia técnica y estadística para poder afirmar que, el valor del espesor de la carpeta asfáltica aumenta con la carga vehicular variando en la durabilidad del pavimento flexible - carretera central, Huancayo 2019, al determinar que el grado de correlación de lo mencionado anteriormente se determina en un 100.00%.

Hipótesis específica (c)

Con la problemática planteada: **¿En qué porcentaje varía el número estructural con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo?**, se plantea el siguiente cuadro procesado estadísticamente por el método de regresión simple, donde se puede evidenciar como el cálculo de espesor de carpeta asfáltica en el diseño del pavimento flexible de la carretera central.

Lo mencionado anteriormente se representa en estos gráficos.

Tabla 28.- Porcentaje de variación del SN

Descripción	SN	Porcentaje de variación
Espesor de carpeta Asfáltica con Carga Vehicular (Real)	5.58	113.42 %
Espesor de carpeta Asfáltica con Carga Normada (Norma)	4.92	100.00 %

En el siguiente gráfico se contrasta los datos de vehículos con carga vehicular y vehículos sin carga vehicular reportando un grado de correlación de 1.0, no obstante que el grado de correlación es mayor a $R=0.5$ (coeficiente de correlación media), se afirma que los datos contrastados poseen un alto grado de correlación.

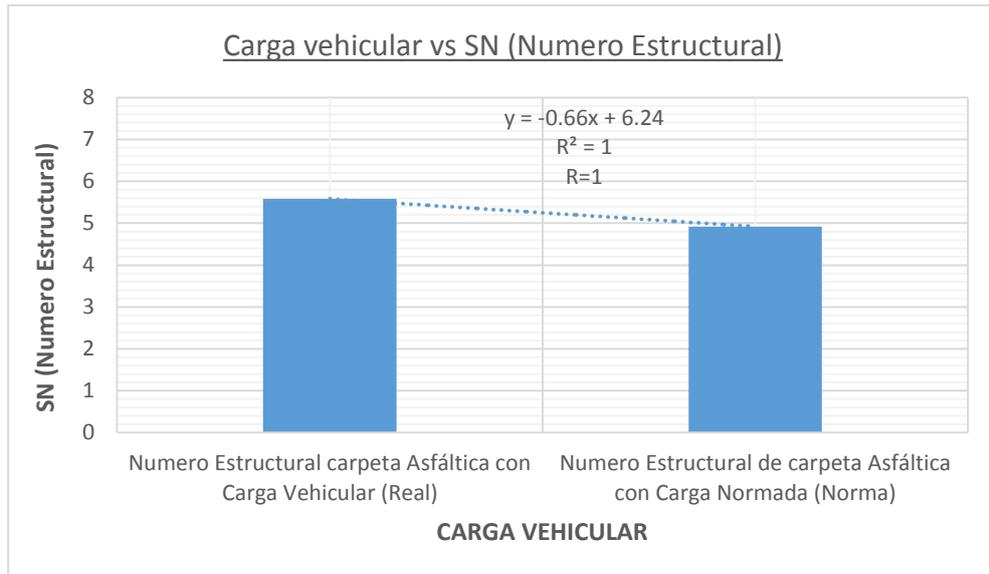


Figura 33.- Carga vehicular vs SN (Numero Estructural) (Bach. Machacuay)

Del análisis y evaluación correspondiente a los cuadros mostrados se determina en base al sustento técnico lo siguiente:

Hipótesis específica (C): El porcentaje del número estructural aumenta con la carga vehicular variando el diseño del pavimento flexible - carretera central, Huancayo, al evidenciar que presenta un grado de correlación de 1.00 en los valores del diseño de pavimentos flexibles.

Entonces se determina que existe evidencia técnica y estadística para poder afirmar que, el porcentaje del número estructural influye significativamente con la carga vehicular variando la resistencia del pavimento flexible - carretera central, Huancayo, al determinar que el grado de correlación de lo mencionado anteriormente se determina en un 100.00%.

5.2. Interpretación de hipótesis general

En la prueba de hipótesis general, existen evidencia técnica y estadística para poder afirmar que al evaluar los espesores del paquete

estructural, ESAL con pesos normados, ESAL con pesos reales, ejes equivalentes a fin de evidencia la influencia de la carga vehicular en el diseño de pavimentos flexibles, debido a lo mencionado anteriormente y obteniendo un grado de correlación entre la carga vehicular influye en el diseño del pavimento flexible, aumentando los ejes equivalentes, número estructural en un 13.42%.

Tabla 29.- Prueba De Hipótesis General

PRIMER INDICADOR	SEGUNDO INDICADOR	GRADO DE CORRELACION	INTERPRETACION
EJES EQUIVALENTES	ESTIMACION DE PESO	R= 100.00%	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.
CONTEO VEHICULAR	IMDA	R=100.00%	

Fuente: Bachiller Machacuay Rojas, Miriam Katherin

En la prueba de hipótesis específica a, existen evidencia técnica y estadística para afirmar que puede evidenciar como el cálculo de los ejes equivalentes influye significativamente en el diseño del pavimento flexible de la carretera central Huancayo; ya que al verificar la importancia en el aumento de los ejes por efecto de la carga vehicular se determinó el grado de correlación es un 100.00%.

Tabla 30.- Prueba De Hipótesis Especifica A

PRIMER INDICADOR	SEGUNDO INDICADOR	GRADO DE CORRELACION	INTERPRETACION
EJES EQUIVALENTES	ESTIMACION DE PESO	R= 100.00%	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.

Fuente: Bachiller Machacuay Rojas, Miriam Katherin

En la prueba de hipótesis específica b, existen evidencia técnica y estadística para afirmar que El valor del espesor de la carpeta asfáltica aumenta con la carga vehicular variando en la durabilidad del pavimento flexible - carretera central, Huancayo, ya que al verificar la importancia en el diseño de pavimentos se determinó el grado de correlación es un 100.00%.

Tabla 31.- Prueba De Hipótesis Especifica B

PRIMER INDICADOR	SEGUNDO INDICADOR	GRADO DE CORRELACION	INTERPRETACION
ESPESOR DE LA CARPETA ASFALTICA	MODULO DE ELASTICIDAD	R= 100%	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.

Fuente: Bachiller Machacuay Rojas, Miriam Katherin

En la prueba de hipótesis específica c, Existe evidencia técnica y estadísticamente aceptable para poder afirmar que el porcentaje del número estructural influye significativamente con la carga vehicular variando la resistencia del pavimento flexible - carretera central, Huancayo, ya que al verificar los resultados del número estructural en relación al diseño de pavimentos flexibles presenta un grado de correlación de 100%.

Tabla 32.- Prueba De Hipótesis Especifica C

PRIMER INDICADOR	SEGUNDO INDICADOR	GRADO DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
NÚMERO ESTRUCTURAL	ESAL IMDA	R= 100 %	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.

Fuente: Bachiller Machacuay Rojas, Miriam Katherin

5.3. Discusión de resultados

En la temática planteada sobre “Influencia de la Carga Vehicular en el Diseño Del Pavimento Flexible, Carretera Central - Huancayo”, que está basada en un análisis específico que nos permitirá calcular mejor el comportamiento a la que es sometida la carpeta asfáltica frente a ello la carga vehicular nos permitirá tener con más exactitud las solicitaciones de carga a la que está sometida y mejorar la durabilidad y serviciabilidad de pavimento flexible.

- a) Se determinó que existe referencia técnica y estadística para poder evidenciar la importancia del pesaje vehicular en el diseño de pavimentos.
- b) El aumento del número estructural hace un nuevo cálculo tentativo de los espesores de la carpeta asfáltica, mejorando las condiciones actuales a las que es sometida. **Valores altos de correlación de los indicadores se puede afirmar en la interpretación de la Hipótesis.**
- c) El control del pesaje vehicular confirma que la carga vehicular es muy importante para el diseño de pavimentos puesto a que estos valores superan a los estandarizados por el tipo de vehículo, y la ubicación del eje. **Valores altos de correlación de los indicadores se puede afirmar en la interpretación de la Hipótesis.**
- d) Las deflexiones que presenta actualmente el pavimento a una carga estandarizada no cumplen con el requerimiento de cargas en la actualidad. **Valores altos de correlación de los indicadores se puede afirmar en la interpretación de la Hipótesis.**

CONCLUSIONES

1. La carga vehicular influye significativamente en el diseño de pavimento flexible debido que la carga vehicular real aumento en un 13.42% sobre el diseño del pavimento flexible convencional, puesto que aumenta los factores de conversión a ejes equivalente aumentando significativamente el ESAL de la vía, al aumentar los ejes equivalentes varía el número estructural de paquete estructural obteniendo así nuevos valores para el espesor de la Sub Base, base y carpeta asfáltica. En la evaluación que se realizó en la Carretera Central (Av. Mariscal Castilla) se determinó que el espesor ideal para un buen comportamiento del pavimento que es sometido a cargas reales tendría que ser: carpeta Asfáltica = 3", Base granular= 15 cm y Sub base granular =15 cm. Entonces las deformaciones que presenta el pavimento existente, muestra puntos críticos donde la carpeta asfáltica paso el rango elástico, por ende, se produjo los diferentes tipos de fallas.
2. La variación de los ejes equivalentes con cargas vehiculares reales aumenta en un 145% al valor inicial obtenido sin el control de pesaje vehicular, debido a que los datos obtenidos de los ejes equivalentes sin el pesaje vehicular son de 17'115,670.54 y el valor de ejes equivalentes con pesaje vehicular es de 41'934,969.69, es por ello que los factores de cambios a ejes equivalentes deben estar acorde a la vía analizada. El tiempo de diseño de la vía es para una vida útil de 20 años.
3. El espesor de la carpeta asfáltica aumenta en un 50 % en relación a su valor inicial, al aumentar la carpeta asfáltica aumenta la durabilidad del pavimento flexible puesto a que la bulba de presión del vehículo con carga real es asimilada por el pavimento manteniéndose en rango elástico, asegurando su vida útil.
4. El porcentaje de variación del número estructural es de 13% más que su valor inicial, asegurando la resistencia del pavimento y la asimilación de cargas reales sometidas al pavimento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los proyectistas, las constructoras y municipalidades tener en cuenta la carga vehicular real para un diseño de pavimento flexible, puesto que la influencia es directa sobre la estructura y al ser una carga dinámica nos brinda nuevos parámetros de diseño sobre el diseño convencional con cargas normadas. Para ello el MTC a través de direcciones especializadas o entidades técnicas deben encargarse de recopilar y administrar información del pesaje vehicular, a fin de que se analice y evalúe la información con fines de determinar el efecto y comportamiento o desempeño de los pavimentos, y que estas a su vez brinden la información con mayor asequibilidad.
2. Se recomienda a los proyectistas hacer énfasis en el pesaje de vehículos pesados tipo C3, C4, T2S2, T2S3, puesto que depende de dos factores: el peso bruto vehicular y el peso de los ejes, este último es más significativo porque va directo sobre el pavimento; razón por la cual es mucho más importante el control de cargas por eje que por peso bruto total del vehículo pesado.
3. Se recomienda a todos los ingenieros civiles realizar el diseño del pavimento flexible con cargas reales, ya que determina mayores espesores en el paquete estructural, por ende, es conveniente su utilización en base a la durabilidad ya que la carga real es asimilada por el pavimento asegurando su vida útil.
4. Se recomienda a los proyectistas realizar el correcto cálculo y análisis de los parámetros para el diseño del pavimento flexible con cargas vehiculares reales obteniendo así el número estructural correspondiente y el diseño asegure la resistencia del pavimento con la asimilación de cargas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Atarama Mondragon, E. (2015). *Evaluacion de la Transitabilidad para caminos de bajo transito estabilizados con aditivo Proes*. Piura: Universidad de Piura.
2. Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: PEARSON EDUCACIÓN
3. Borquez, B. M. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento de pista del aerodromo de Panguipulli*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
4. Ccasani Bravo, M. J., & Ferro Moina, Y. I. (2017). *Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos*. Abancay: Universidad Tecnológica De Los Andes .
5. Chávarri Maldonado, C. M. (2009). *La aplicación de geosintéticos a terraplenes*. Mexico D.F: Universidad Nacional Autónoma De México.
6. Chavarry Vallejos, C. M. (2017). *Metodologia de la Investigacion*. peru: Tipologia.
7. Chavarry Vallejos, C. M. (2017). *Metodología de la investigación cinetífica en ingeniería civil*. Lima: Gerccantom.
8. Chicas Torres, L. A. (2005). *Rehabilitación de tramos carreteros pavimentados utilizando geotextiles no tejidos - Sistema Petromat*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
9. Duran Rodas, D. T. (2014). *Diseño preliminar de un camino vecinal de aproximadamente 900 metros de longitud que enlaza dos caminos vecinales, comuna San José, Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, Provincia Santa Elena, Ecuador*. Quito: Universidad de Cuenca.
10. Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
11. Gonzalo, H., Marín, R., & Vanegas, R. (2004). *Metodología de cálculo del índice de escasez*. Bogotá: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

12. Guzman Navarro, M. A. (2017). *Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann Del Distrito De Pocollay Tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, Aplicando El Método Del PCI*. Tacna: Universidad Privada De Tacna.
13. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
14. Hernández, R., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
15. Maltez Romillo , J. C. (2006). *Análisis Comparativo de Costos en la Rehabilitación de Pavimentos para Carreteras* . Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala.
16. Matthieu Deroussen. (2005). *Modelos Empiricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
17. Mera Heredia, J. M. (2017). *Evaluación técnico- económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz - Bellavista, distrito Bellavista - Jaén - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca.
18. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Glosario de Términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima, D.C.
19. Miranda Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioros En Pavimentos Flexibles Y Rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
20. Montejó Fonseca , A. (2014). *Ingeniería de Pavimentos "Tomo I"*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
21. Montejó Fonseca , A. (2014). *Ingeniería de Pavimentos "Tomo II"*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
22. Ospina Camacho, J. P. (2018). *Diseño Estructural De Pavimento Rígido De Las Vías Urbanas En El Municipio Del Espinal – Departamento Del Tolima*. Ibagué: Universidad Cooperativa De Colombia.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de consistencia.



“INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL_HUANCAYO”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera la carga vehicular real influye en el diseño del pavimento flexible, carretera central – Huancayo?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿De qué manera varía el cálculo de los ejes equivalentes con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible? ➤ ¿En qué medida varía el espesor de la carpeta asfáltica con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible? ➤ ¿En qué porcentaje varía el número estructural con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Aplicar la carga vehicular real a fin de establecer la influencia en el diseño del pavimento flexible, carretera central - Huancayo.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar de qué manera varía el cálculo de los ejes equivalentes con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible. ➤ Evaluar en qué medida varía el espesor de la carpeta asfáltica con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible. ➤ Determinar el porcentaje en que varía el número estructural con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible. 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La aplicación de la carga vehicular real permitirá optimizar el diseño del pavimento flexible en la carretera central – Huancayo.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El cálculo de los ejes equivalentes aumenta por la carga vehicular variando en el diseño del pavimento flexible. ➤ El valor del espesor de la carpeta asfáltica varía significativamente con la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible. ➤ El porcentaje del número estructural influye con la carga vehicular variando el diseño del pavimento flexible. 	<p>Variable Independiente:</p> <p>Pesaje Vehicular</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ejes equivalentes. - Espesor de la carpeta asfáltica. - Número estructural. <p>Variable dependiente:</p> <p>Pavimento Flexible</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deflexión - Durabilidad - Resistencia 	<p>Método de investigación: Cuantitativo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativa</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p> <p style="text-align: center;">OE → SA → XP → CE → RE</p> <p>Dónde: OE = Objeto de Estudio SA = Pavimento Flexible XP = Conteo Vehicular CE = Comportamiento estructural RE = Resultados y Conclusiones</p> <p>Cuando: 2019.</p> <p>Población y muestra:</p> <p>Población: Una población debe situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo. El estudio de la población fue considerado por los pavimentos flexibles, desarrollándose en la carretera central al ingreso a la ciudad de Huancayo.</p> <p>Muestra: La muestra estará determinada por el pavimento flexible de la ciudad universitaria de la Av. Mariscal Castilla, siendo el punto de evaluación frente a la Universidad Nacional del Centro del Perú en el tramo: Jr. José Olaya hasta Av. Esperanza</p> <p>Técnicas e instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Estadístico.</p>

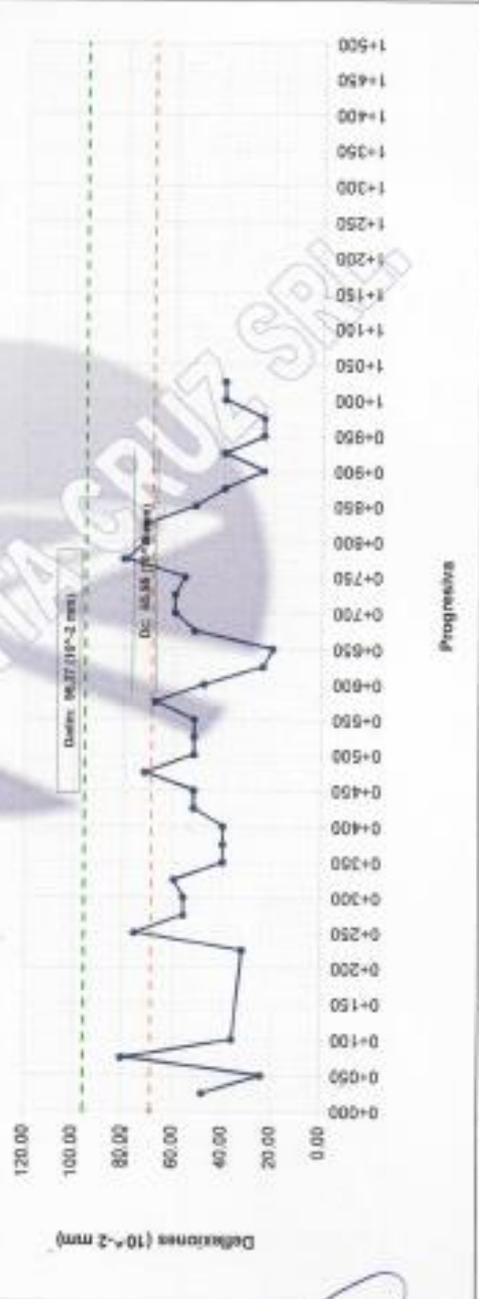
Anexo N° 2: Certificados de ensayos.

IAA SANTA CRUZ S.A.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ACERADO

FABIAN SANTA CRUZ VELIZ
C.P. 1000000074

OBRA	PROYECTO DE LA EJECUCION DE UN PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA LA VEGA BRUNERMAN (AFOS E - 1005)									
ACTIVIDAD	EVALUACION DE LA CAPA VERTICAL EN EL SECTOR DE MANTENIMIENTO - CARRETERA VERTICAL - TUNUCATE									
PROYECTO	MIDICION DE DEFLECCIONES Y RADIO DE CURVATURA ESTADO DE (DPP 07/04/1974) - VUELTA									
FECHA DE ELABORACION	03/11/2011									
ELABORADO POR	INGENIERO BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTO EN MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES									
REVISADO POR	INGENIERO BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTO EN MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES									
APROBADO POR	INGENIERO BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTO EN MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES									
PROYECTO	01-1-10	01-2-10	01-3-10	01-4-10	01-5-10	01-6-10	01-7-10	01-8-10	01-9-10	01-10-10
ESTADO	01-1-10	01-2-10	01-3-10	01-4-10	01-5-10	01-6-10	01-7-10	01-8-10	01-9-10	01-10-10

DEFLECTOGRAMA



INGENIERO CIVIL

FABIAN SANTA CRUZ VELIZ

CONTROL DE NÚCLEOS ASFÁLTICOS

SOLICITA / PETICIONARIO : INGENERO BACHILLER MIRIAM KATHERIN MACHACUAY ROJAS
PROYECTO / OBRA : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - MAMAYO
MUESTRA N° / UBICACIÓN : CARRETERA CENTRAL - JOSE OLAYA - AV. LA ESPERANZA
UBICACIÓN DE OBRA : Distrito EL TAMBO
 : Provincia HUANCAYO
 : Región JUNÍN

TÉCNICO : J. SANTA CRUZ V.
FECHA : 07/09/2019

PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASTM D2726 / MTC E514)

IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4
SENTIDO	IDA	IDA	VUELTA	VUELTA
PROGRESIVA (KM)	0+300	0+600	0+250	0+600
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	5.00	5.00	5.90	5.00
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE (g)	1138.4	1041.0	1018.0	909.4
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1148.5	1055.6	1032.5	925.2
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	630.4	590.2	399.8	631.8
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	10.2	14.6	14.5	15.8
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm ³)	518.2	505.4	625.7	393.4
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.197	2.060	1.601	2.312

ESTABILIDAD MARSHALL (ASTM D1559 / MTC E504)

FLUID (mm)	4.57	4.32	3.56	4.06
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	881.2	961.8	170.4	496.8
FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	1.04	0.76	1.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	861.0	1000.0	136.0	775.0

CIAA SANTA CRUZ SRA
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO EN GEOTECNIA



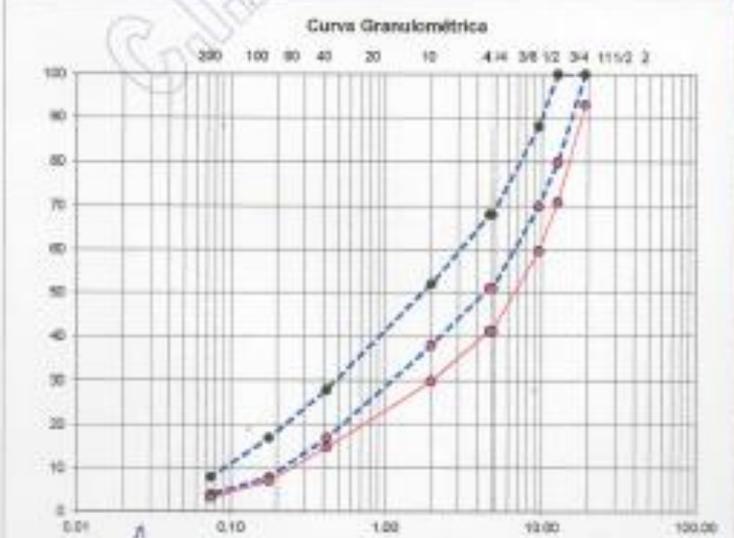
Jose Manuel Permyra Acuña
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 REG. COLABOR. INGENIEROS N° 1980

CONTENIDO DE BITUMEN EN LOS AGREGADOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 2172 - AASHTO T-164

SOLIDIDAD/PEDIDONARIO : INGENIERO BACHILLER BRUNA KATHERIN MACHADU Y TOJAE
 PROYECTO / FECHA : REUBICACION DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

MUESTRA / UBICACION : N° 4 PROGRESIVA KM 0+80 LADO DERECHO - VUELTA
 DENOMINACION DE OBRA : Distrito : EL TAMBO
 Provincia : HUANCAYO
 Region : JUNIN
 MUESTRA TECNICO : N° 01
 FECHA : 30/06/2016

TAMICES ASTM	ABERTURA EN MM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACION TECNICA GRACACION	TAMANO MAXIMO DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PASAJA	RETENIDO ADELANTADO	PASAJE		
3"	76.200					MAC-2	Descripción de la muestra
2"	50.800						Peso Inicial : 880.1
1 1/2"	38.100						Peso Lavado : 840.1
1"	25.400				100.00	100 100	Peso Asfalto : 40.0
3/4"	19.000	82.00	7.0	7.0	92.95	100.00	% C. Asfáltico : 4.51
1/2"	12.500	185.00	22.0	22.0	78.8	90 100	
3/8"	6.525	95.00	11.3	32.3	89.0	70 68	
1/4"	6.350						
Nro 4	4.750	155.00	18.5	51.8	41.2	51 68	
Nro 8	2.360						
Nro 10	2.000	95.00	11.3	63.1	29.9	38 52	
Nro 15	1.180						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.590						
Nro 40	0.420	125.00	14.9	78.0	14.9	17 28	
Nro 50	0.297						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.177	65.00	7.8	85.8	7.1	8 17	
Nro 200	0.075	35.00	3.9	89.7	3.2	4 8	
< Nro 200		24.40	2.9	92.62			
TOTAL							
PEBO NC	0.000						

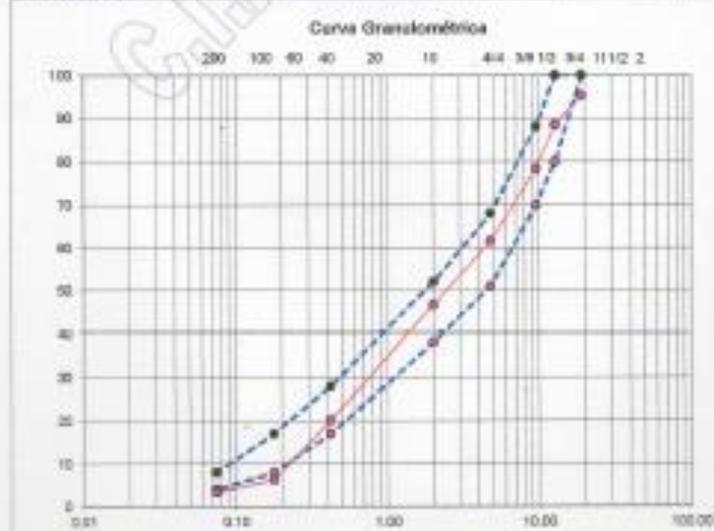


CONTENIDO DE BITUMEN EN LOS AGREGADOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 2172 - AASHTO T-164

SOLICITADO/PETICIONARIO / INGENIERO BACHILLER WISAM ANTHONY MACHUCA Y ROSAS
 PROYECTO / TESIS / REVISION DE LA CARPA VEHICULAR EN EL SECTOR DE TRINIDAD FLORES, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

MUESTRA / UBICACION / M^o 1 PROGRESIVA KM 9+300 LADO DERECHO - CA
 UBICACION DE OBRA / Distrito / EL TAMBO
 Provincia / HUANCAYO
 Region / JUNIN
 MUESTRA TECNICO / IP-01
 FECHA / J.SANTA CRUZ V
 02/06/2018

TAMICES ASTM	ABERTURA EN MM	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACION TECNICA GRADACION	TAMAÑO MAXIMO DEL AG TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200					MAC-2	Descripción de la muestra
2"	50.800						Peso Inicial : 1
1 1/2"	38.100						Peso Lavado : 0
1"	25.400				100.00		Peso Asfalto :
3/4"	19.000	47.50	4.8	4.8	95.25	100.00	% C. Asfalto :
1/2"	12.700	55.00	6.8	6.8	93.45	93.100	
3/8"	9.500	67.00	10.1	16.9	78.5	70.88	
1/4"	6.300						
Nro 4	4.750	100.00	16.7	33.6	61.6	51.68	
Nro 8	2.360						
Nro 10	2.000	144.00	15.0	48.7	46.6	39.52	
Nro 15	1.180						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.600						
Nro 40	0.420	252.00	26.4	75.1	23.2	17.28	
Nro 50	0.290						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.175	139.00	13.9	89.0	6.3	8.17	
Nro 200	0.075	39.00	2.9	91.9	3.3	4.8	
< Nro 200		30.00	3.1	95.04			
TOTAL							
PESO NC	0.000						

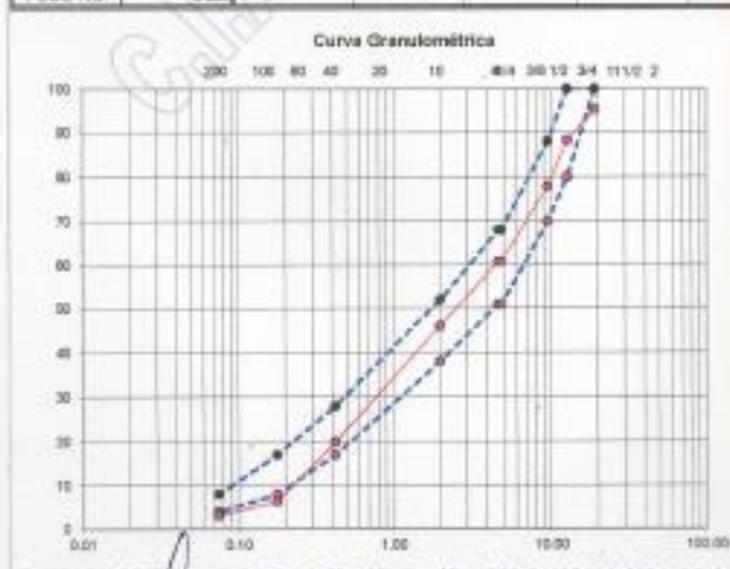


CONTENIDO DE BITUMEN EN LOS AGREGADOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 2172 - AASHTO T-164

SOLIDIDAD/PETICIONARIO : INGENIERO BACHILLER MIRIAM KATHERIN MACHACUY ROJAS
 PROYECTO / TESTE : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

MUESTRA / UBICACION : N° 2 PROGRESIVA KM 0+800 LADO DERECHO - IDA
 UBICACION DE OBRA : Distrito : EL TAMBO
 Provincia : HUANCAYO
 Region : JUNO
 MUESTRA TECNICO : N° 01
 FECHA : J. SANTA CRUZ V
 07/08/2018

TAMICES ASTM	ABERTURA EN M.M.	PESO RTENIDO	%			ESPECIMEN TECNICA GRACIACION	TAMANO MAXIMO DEL AGRG. TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200					MAC-2	Descripción de la muestra
2"	50.800						Peso Inicial : 1020
1 1/2"	38.100						Peso Lavado : 975.1
1"	25.400				100.00		Peso Asfalto : 45.0
3/4"	19.050	48.00	4.8	4.8	95.20	100.00	% C. Asfáltico : 4.4
1/2"	12.500	68.00	7.0	7.0	88.2	95.100	
3/8"	9.525	101.00	10.4	17.3	77.9	70.88	
1/4"	6.350						
Nro 4	4.750	169.00	17.0	34.4	60.8	51.68	
Nro 8	2.380						
Nro 10	2.000	145.20	14.9	49.3	45.9	38.52	
Nro 15	1.180						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.600						
Nro 40	0.475	283.20	28.0	73.3	19.9	17.28	
Nro 50	0.300						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.175	172.90	13.8	88.8	6.3	8.17	
Nro 200	0.075	31.20	3.2	92.1	3.1	4.8	
< Nro 200		28.10	2.9	94.97			
TOTAL							
PESO NC	0.000						



CONTENIDO DE BITUMEN EN LOS AGREGADOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 2172 - AASHTO T-164

SOLICITADO/PETICIONARIO : INGENIERO BACHELIER BRISAM FATHERRIN MAHMOUD Y ROJAS

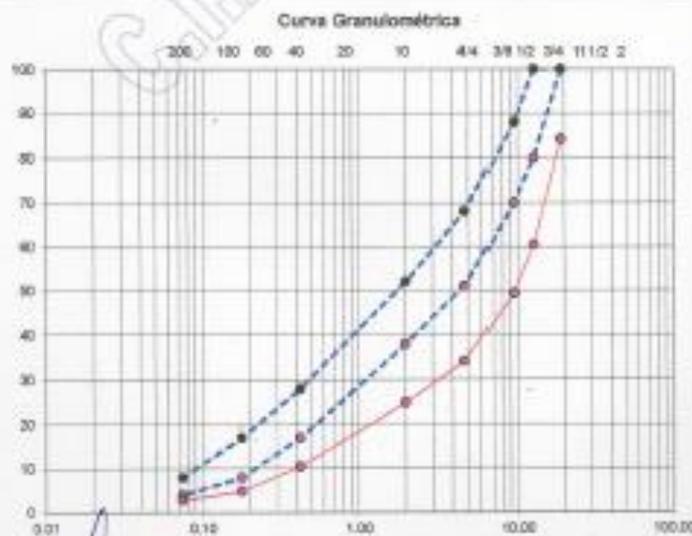
PROYECTO / TESIS : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CARRETERA CENTRE - HUANCAYO

MUESTRA / UBICACION : M^o 2 PROGRESIVA KM 0+350 LADO DERECHO - VUELTA

UBICACION DE OBRA :
Distrito : EL TAMBO
Provincia : HUANCAYO
Region : JUNIN

MUESTRA : M^o 01
TECNICO : J.SANTA CRUZ V
FECHA : 07/09/19

TAMICES ASTM	ABERTURA EN M.M.	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACION TECNICA- GRADACION	TAMANO MAXIMO DEL AGREGADO TAMM 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200					MAC-2	Descripción de la muestra
2"	50.800						Peso Inicial : 1000.0
1 1/2"	38.100						Peso Lavado : 998.0
1"	25.400				100.00		Peso Asfalto : 44.0
3/4"	19.000	156.00	15.6	15.6	84.20	100.00	% C. Asfáltico : 4.40
1/2"	12.500	227.00	22.7	23.7	65.5	80 100	
3/8"	9.500	108.50	11.1	34.9	49.3	70 88	
1/4"	6.300						
Nro 4	4.750	145.00	15.2	50.1	34.1	51 68	
Nro 8	2.360						
Nro 10	2.000	68.00	9.2	59.3	24.9	38 52	
Nro 16	1.180						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.600						
Nro 40	0.420	136.50	14.5	73.7	10.5	17 28	
Nro 50	0.300						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.175	59.00	5.5	79.3	4.9	8 17	
Nro 200	0.075	20.00	2.1	81.4	2.8	4 8	
< Nro 200		20.00	2.1	83.47			
TOTAL							
PESO NC	0.000						



PROCTOR MODIFICADO ASTM (D- 1557)

SOLICITA / PETICIONARIO : INGENIERO BACHILLER MIRIAM KATHERN MENCHUAY ROMAS
 PROYECTO / OBRA : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO
 CANTERA N° 2 MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR
 UBICACION DE OBRA : Distrito EL TAMBO
 Provincia HUANCAYO TECNICO : J.S.C.V.
 Departamento JUNIN FECHA : 10/09/2019

Determinación de la Densidad				
Peso del suelo húmedo+molde (gr)	7425.0	7789.0	7893.0	7725.0
Peso del Molde (gr)	3085.0	3065.0	3065.0	3085.0
Peso del suelo húmedo (gr)	4340.0	4724.0	4828.0	4640.0
Volumen del molde (cm ³)	2153.0	2163.0	2155.0	2155.0
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.010	2.179	2.237	2.148
Contenido de Humedad promedio (%)	5.5	7.4	9.4	11.3
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.906	2.029	2.036	1.920
Determinación del Contenido de Humedad				
Muestra N°				
Respuesta N°	V-31	V-56	V-62	V-56
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr)	157.0	132.0	115.3	116.3
Peso de recipiente + suelo seco (gr)	158.5	132.0	107.3	88.8
Peso del agua (gr)	4.0	7.0	8.2	7.7
Peso del recipiente (gr)	31.1	30.0	20.0	30.7
Peso del suelo seco (gr)	73.0	95.0	87.3	65.1
Contenido de humedad (%)	5.5	7.4	9.4	11.3
Contenido de humedad promedio (%)				

**RESULTADO DEL ENSAYO**

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) :	2.05	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.5
--	-------------	---------------------------------	------------

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

SOLICITA : INGENIERO BACHILLER WILM KATHERIN MORALES ROLAS

TECNICO J.S.C.V

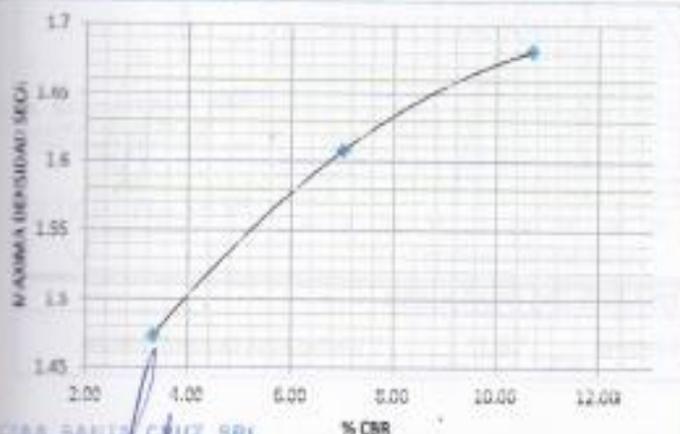
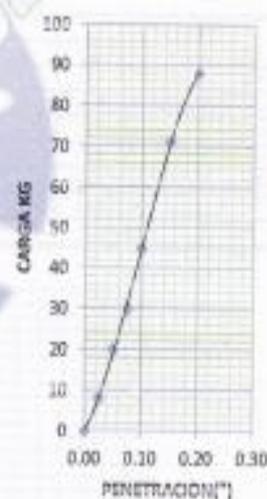
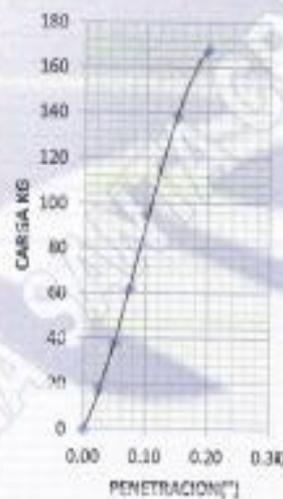
UBICACION: DIST. EL TAMBO - PROV. JALLA - DPTO. JUNIN

CALICATA 01 PROGRESIVA KM 1+100 LADO DERECHO

FECHA 10/09/2019

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE
C.B.R. METODO DE COMPACTACION AASHO T-180 D**

	PENETRACION		PENETRACION		PENETRACION	
		Nº GOLPES 58		Nº GOLPES 25		Nº GOLPES 12
0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.25	0.03	35	0.03	18	0.03	8
0.50	0.05	68	0.05	38	0.05	20
0.75	0.08	105	0.08	62	0.08	30
1.00	0.10	145	0.10	95	0.10	45
1.50	0.15	209	0.15	138	0.15	71
2.00	0.20	245	0.20	168	0.20	88



(Signature)
 Juan Antonio Torres Araya
 Ingeniero Civil
 REG. COLEGIO INGENIEROS N° 1888

RESULTADO DE C.B.R.	
M. D. S. (gr/cm ³)	1.67
Q. C. R. (%)	14.40
C.B.R. A 100% DE M.D.S. (%)	10.68
C.B.R. A 95% DE M.D.S. (%)	6.54
CARGA PERMITIDA	1355

PROCTOR MODIFICADO ASTM (D- 1557)

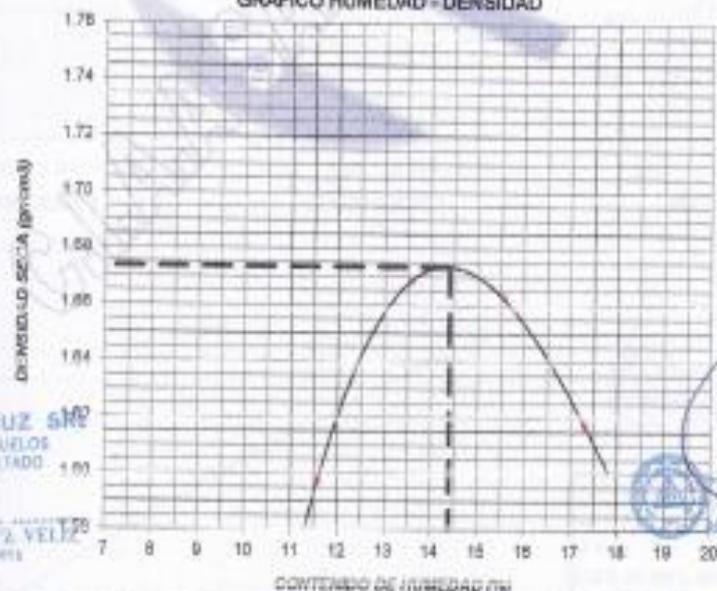
SOLICITA / PETICIONARIO : INGENERO BACHELER MIRIAM KATHERIN MACHACUY ROSAS
 PROYECTO / OBRA : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO
 CALICATA N° 1 PROGRESIVA KM+00 LADO DERECHO
 UBICACION DE OBRA : Distrito EL TAMBO
 Provincia HUANCAYO TECNICO : J.S.C.V.
 Departamento JUNIN FECHA : 10/09/2019

Determinación de la Densidad

Peso del suelo húmedo+Molde (gr)	8754.0	8965.0	9180.0	9000.0
Peso del molde (gr)	2940.0	2940.0	2940.0	2940.0
Peso del suelo húmedo (gr)	3814.0	4085.0	4150.0	4060.0
Volumen del molde (cm ³)	2140.0	2140.0	2140.0	2140.0
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.782	1.895	1.921	1.887
Contenido de humedad promedio (%)	11.6	13.6	15.5	17.3
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.597	1.662	1.653	1.617

Determinación del Contenido de Humedad

Muestra N°				
Recipiente N°	87	9	50	70
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr)	76.8	91.6	99.7	108.8
Peso del recipiente + suelo seco (gr)	73.0	88.1	91.0	98.0
Peso del agua (gr)	3.8	3.5	8.7	10.8
Peso del recipiente (gr)	22.0	25.0	25.0	33.0
Peso del suelo seco (gr)	51.0	64.1	66.0	65.0
Contenido de humedad (%)	11.6	13.6	15.5	17.3
Contenido de humedad promedio (%)	11.6	13.6	15.5	17.3

GRAFICO HUMEDAD - DENSIDAD**RESULTADO DEL ENSAYO**

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) :	1.67	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.4
--	-------------	---------------------------------	-------------

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

SOLICITA : INGENIERO BACHILLER MARM KATHERIN MADRIGAL ROJAS

TECNICO J.S.C.V

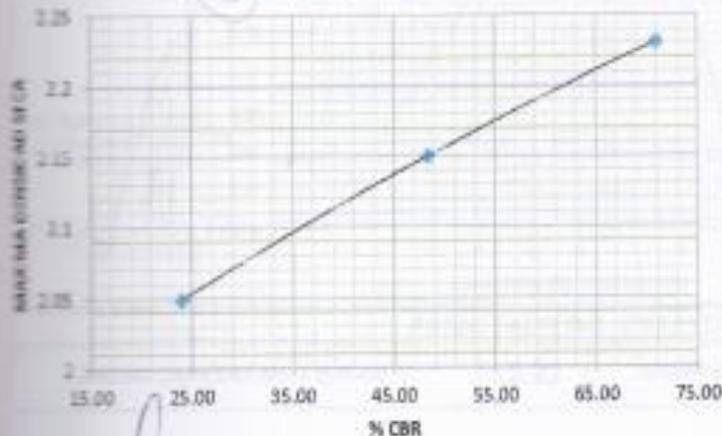
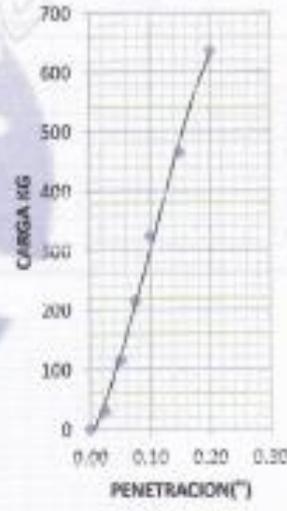
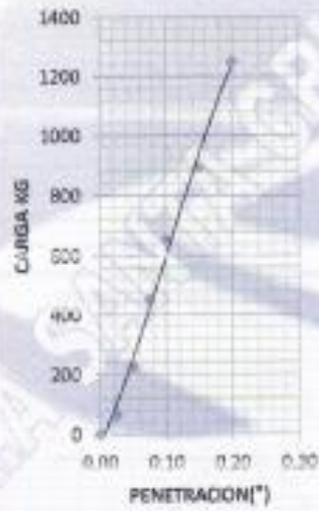
UBICACION: DIST. EL TAMBO - PROV. JAUJA - DPTO. JUNIN

FECHA 10/09/2019

CANTERA MATERIAL DE BASE GRAVILLAR

C.B.R. METODO DE COMPACTACION AASHO T-180 D

	PENETRACION	Nº GOLPES 66	PENETRACION	Nº GOLPES 25	PENETRACION	Nº GOLPES 12
0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.25	0.03	88	0.03	65	0.03	30
0.50	0.05	325	0.05	225	0.05	115
0.75	0.08	650	0.08	450	0.08	215
1.00	0.10	961	0.10	655	0.10	325
1.50	0.15	1360	0.15	895	0.15	465
2.00	0.20	1860	0.20	1250	0.20	635



Jose Manuel Perea Arango
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLABORADOR N° 1000

RESULTADO DE C.B.R.	
M. D.S (gr/cc)	2.23
D. C. B. (%)	6.50
C.B.R. AL 100% DE M.D.S (%)	70.93
C.B.R. AL 15% DE M.D.S (%)	40.49
CARGA PATRON	1355

PROCTOR MODIFICADO ASTM (D- 1557)

SOLICITA / PETICIONARIO : INGENIERO BACHILLER MIRIAM KATHERIN HUANCAYO ROMAS
 PROYECTO / OBRA : INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO

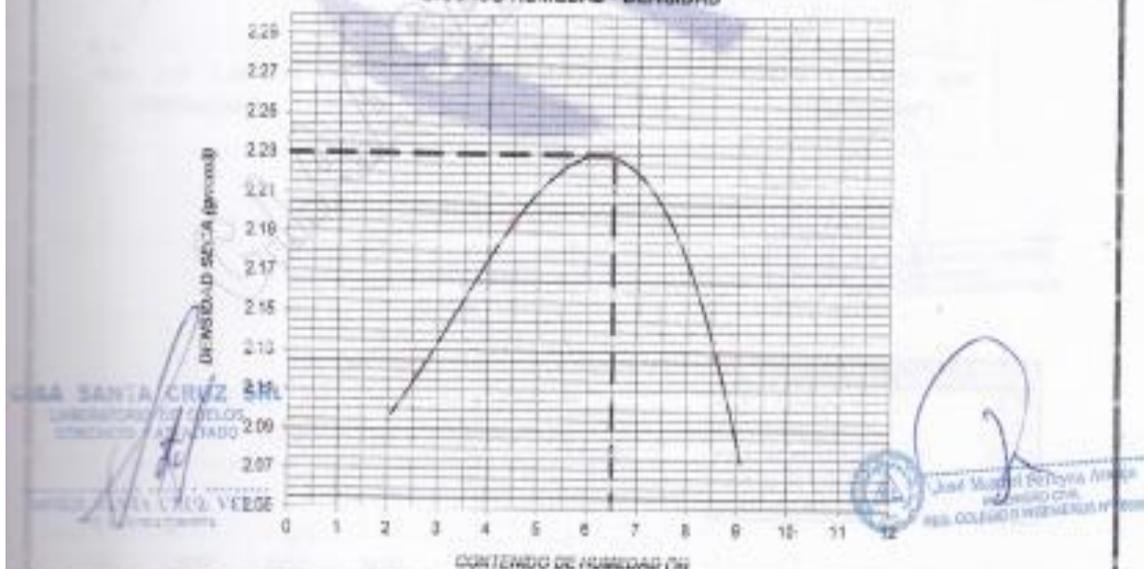
CANTERA N° 1 MATERIAL DE BASE GRANULAR
 UBICACION DE OBRA : Distrito EL TAMBO
 Provincia HUANCAYO TECNICO : J.S.C.V.
 Departamento JUNIN FECHA : 10/09/2019

Determinación de la Densidad

Peso del suelo húmedo + Molde (gr)	7553.0	7690.0	8000.0	7986.0
Peso del Molde (gr)	2940.0	2940.0	2940.0	2940.0
Peso del suelo húmedo (gr)	4645.0	4910.0	5060.0	4945.0
Volumen del molde (cm ³)	2140.0	2140.0	2140.0	2140.0
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.171	2.294	2.374	2.311
Contenido de humedad promedio (%)	2.8	4.5	6.5	6.6
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.117	2.195	2.229	2.129

Determinación del Contenido de Humedad

Muestra N°	2	5	3	6
Recipiente N°				
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr)	133.7	140.1	114.2	119.9
Peso del recipiente + suelo seco (gr)	126.9	135.8	108.6	106.0
Peso del agua (gr)	3.2	4.3	4.6	6.2
Peso del recipiente (gr)	71.0	60.3	39.0	37.0
Peso del suelo seco (gr)	124.6	95.5	70.6	72.3
Contenido de humedad (%)	2.6	4.5	6.6	6.6
Contenido de humedad promedio (%)	2.6	4.5	6.5	6.6

GRAFICO HUMEDAD - DENSIDAD**RESULTADO DEL ENSAYO**

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) :	2.23	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.5
--	-------------	---------------------------------	------------

PROYECTO: RELUENCIA DE LA CARRETERA EN EL CANTÓN EL TAMBÓ, PROV. JAWA, OPTO. JAWA

SOLICITA: DISEÑO DE LA CARRETERA EN EL CANTÓN EL TAMBÓ, PROV. JAWA, OPTO. JAWA

TECNICO: J.S.C.V

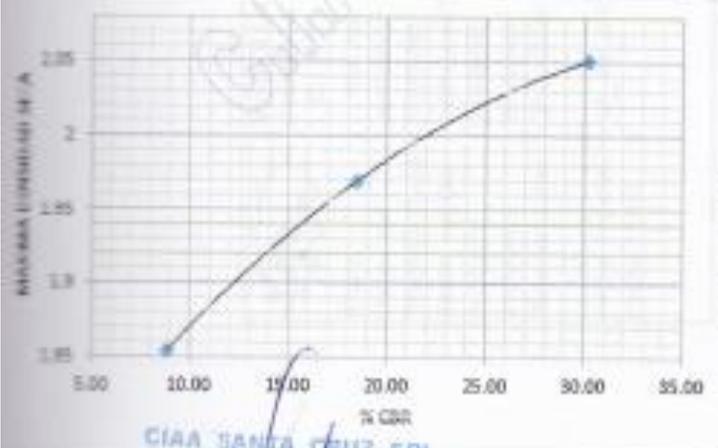
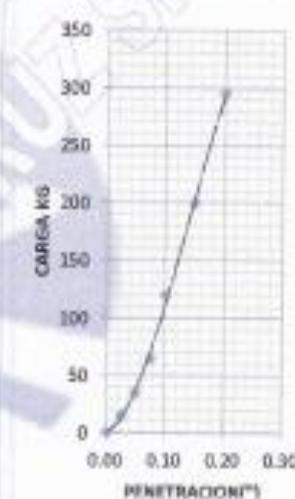
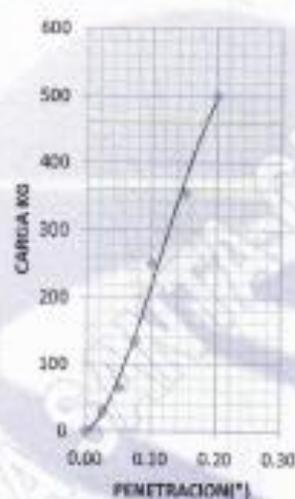
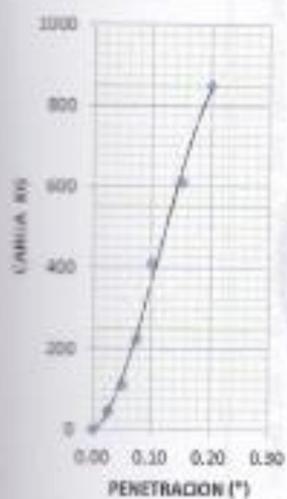
UBICACIÓN: DIST. EL TAMBÓ - PROV. JAWA - OPTO. JAWA

FECHA: 10/09/2019

MATERIA: MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR

VALOR RELATIVO DE SOPORTE
C.B.R. METODO DE COMPACTACION AASHO T-180 D

	Nº GOLPES 56		Nº GOLPES 25		Nº GOLPES 12	
	PENETRACION		PENETRACION		PENETRACION	
0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.20	0.03	45	0.03	30	0.03	15
0.50	0.05	110	0.05	65	0.05	35
0.75	0.08	225	0.08	135	0.08	65
1.00	0.10	410	0.10	250	0.10	120
1.50	0.15	610	0.15	355	0.15	200
2.00	0.20	850	0.20	500	0.20	295



Handwritten signature and stamp of the technician.

RESULTADO DE C.B.R.	
M.D.E. (psi)	2.05
M.C.N. (%)	9.50
C.B.R. AL 100% DE M.D.E. (%)	30.10
C.B.R. AL 95% DE M.D.E. (%)	15.80
CARGA PATRON	1355

CIAA SANTA CRUZ SRI
LABORATORIO DE ENSAYOS
CONCRETOS Y ASFALTO



MADERAS
FORESTA
E.I.R.L.

Jr. Unión 286 - Bellavista - San Agustín de Cajas
R.U.C. N° 20486114861 Telf. 064-421111 - 964660694

N° 0001 4753

Placa : B5K-748 Carreta : 000-000
Conductor : NINGUNO
Transportista : NINGUNO
Razón Social : MIRIAM KATHERIN MACHACUAY ROJAS
Producto : NINGUNO
Documento : NINGUNO
Observaciones : 20.00 SOLES

~~MADERAS FORESTA E.I.R.L.
San Agustín de Cajas
INGENIERO FORESTAL~~

Usuario Inicial :
Usuario Final :

Fecha Inicial : 06 09 2019 09:10:52 AM

Peso Inicial : 8,200 Peso Bruto : 0 Kg.

Fecha Final :

Peso Final : 0 Peso Tara : 8,200 Kg.

Peso Neto : 0 Kg.

Anexo N° 3: Certificados de calibración de equipos

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LL - 127 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	14448	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	CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.R.L.	
3. Dirección	Av. Oriente Nro. 772 Concepción - Junín	
4. Equipo	VIGA BENKELMAN (2 BRAZOS)	
Fabricante	TAMIEQUIPOS	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.
Número de Serie	224	
Modelo	TCP - 1158	
5. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	
Marca	BAKER / BAKER (*)	
Modelo	JOBA / JOBA (*)	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	R3225 / R2925 (*)	
Alcance de Indicación	0 a 25 mm / 0 a 25 mm (*)	
División de Escala	0,01 mm / 0,01 mm (*)	
6. Fecha de Calibración	2018-11-07	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
7. Lugar de calibración	Laboratorio de Longitud METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.	

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

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-11-07


 Ing. WILLIAM ESPINOZA COELLO


Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LL - 127 - 2018

Página 2 de 3

8. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando como referencia la norma internacional ASTM D - 4695 "Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements" y el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú MTC E 1002-2000 "Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman".

9. Trazabilidad

La calibración brinda la trazabilidad hacia la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Longitud del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPi en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) CNM-CC-740-509/2011	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Vertex Modelo VGB-87-0	INDECOPi/SNM LLA-061-2018
REGLA METÁLICA (Clase I) INDECOPi/SNM LLA-385-2012	CINTA MÉTRICA (Clase II) Kamasa Modelo KM-707	SG NORTE S.R.L. SGL-109-2018

10. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

11. Resultados

PRIMER BRAZO		
VALOR PATRÓN (mm)	INDICACION DEL DIAL DEL EQUIPO (mm)	RELACION (BRAZO / DIAL)
2,0	0,500	4,0
4,0	1,000	4,0
6,0	1,480	4,1
8,0	1,985	4,0
10,0	2,480	4,0

Relación Promedio Brazo : 1 : 4

Incertidumbre de Indicación : 0,26 μ m (para $k = 2$)





Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 217 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 107-2018
Fecha de Emisión : 2018-03-03

1. Solicitante : CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ S.R.L.
Dirección : AV. ORIENTE NRO. 772 - CONCEPCION - JUNIN

2. Instrumento de Medición : BALANZA

MARCA : OHAUS
Modelo : SE402F
Número de Serie : B145294233
Alcance de Indicación : 400 g
División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g
División de Escala Real (d) : 0,01 g
Procedencia : USA
Identificación : NO INDICA
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2018-03-03

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.R.L.
AV. ORIENTE NRO. 772 - CONCEPCION - JUNIN




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 217 - 2018

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,4 °C	21,4 °C
Humedad Relativa	60 %	60 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	LM-C-140-2017

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TENE	ESCALA	NO TENE
OSCILACIÓN LIBRE	TENE	CURSOR	NO TENE
PLATAFORMA	TENE	SIST. DE TRABA	NO TENE
NIVELACIÓN	TENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 21,4			Final 21,4		
	Carga L ¹ 200,00 g			Carga L ² 400,00 g		
	lg)	h(mg)	E(mg)	lg)	h(mg)	E(mg)
1	200,00	9	-4	400,00	6	-1
2	200,00	8	-3	400,00	8	-3
3	200,00	7	-2	400,01	5	10
4	200,00	8	-3	400,00	9	-4
5	200,00	9	-4	400,00	8	-3
6	200,01	5	10	400,00	7	-2
7	200,00	8	-3	400,01	3	12
8	200,00	7	-2	400,01	6	10
9	200,00	9	-4	400,00	8	-3
10	200,01	4	11	400,00	6	-1
Diferencia Máxima	15			18		
Error máximo permitido	± 200 mg			± 300 mg		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 217 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E_2				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	Itl	ΔI(mg)	Eo(mg)	Carga (g)	Itl	ΔI(mg)	E(mg)	Eo(mg)
1	0,10	0,10	6	-1	100,00	100,00	6	-1	0
2		0,10	5	0		100,00	9	-4	-4
3		0,10	9	-4		100,00	6	-3	1
4		0,10	8	-3		100,01	4	11	14
5		0,10	7	-2		100,00	7	-2	0

Temp. (°C) Inicial: 21,4 Final: 21,4

(*) valor entre 0 y 10⁻⁶

Error máximo permitido: a 200 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				mg(*)
	Itl	ΔI(mg)	E(mg)	Eo(mg)	Itl	ΔI(mg)	E(mg)	Eo(mg)	
0,10	0,10	6	-1						100
0,20	0,20	9	-4	-3	0,20	6	0	1	100
0,50	0,50	8	-3	-2	0,50	6	-1	0	100
1,00	1,00	5	0	1	1,00	8	-3	-2	100
10,00	10,00	7	-2	-1	10,00	9	-4	-3	100
25,00	25,00	8	-3	-2	25,00	6	-1	0	100
50,00	50,00	5	0	1	50,00	7	-2	-1	100
100,00	100,01	3	12	13	100,00	8	-3	-2	200
200,00	200,00	8	-3	-2	200,01	3	12	13	200
300,00	300,01	4	11	12	300,01	5	10	11	300
400,00	400,00	9	-4	-3	400,00	9	-4	-3	300

Temp. (°C) Inicial: 21,4 Final: 21,4

(*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000230 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,0000766 \text{ g}^2 + 0,0000000362 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔI : Carga Incremental E : Error encontrado E_o : Error en cero E_c : Error corregido

R : en g

REV DEL DOCUMENTO



[Firma]
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capch
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 853 - LIMA 42 Telf: 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 218 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente	: T 197-2018
Fecha de Emisión	: 2018-03-03
1. Solicitante	: CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.R.L.
Dirección	: AV. ORIENTE NRO. 772 - CONCEPCION - JUNIN
2. Instrumento de Medición	: BALANZA
Marca	: OHAUS
Modelo	: R31P30
Número de Serie	: 8335320413
Alcance de Indicación	: 30000 g
División de Escala de Verificación (e)	: 10 g
División de Escala Real (d)	: 1 g
Procedencia	: USA
Identificación	: NO INDICA
Tipo	: ELECTRÓNICA
Ubicación	: LABORATORIO
Fecha de Calibración	: 2018-03-03

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

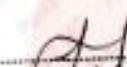
3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.R.L.
AV. ORIENTE NRO. 772 - CONCEPCION - JUNIN




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 218 - 2018

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	61 %	61 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	LM-C-140-2017 / LM-102-2017 LM-093-2018 / LM-094-2018 LM-095-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	GGT. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	Carga L1=	Inicial		Final		
		Temp. (°C)	20,8	20,8		
N°	15 000 g	15 000 g	Δ(g)	E(g)	30 000 g	30 000 g
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
3	15 000	0,9	-0,4	30 001	0,5	1,0
4	15 001	0,3	1,2	30 000	0,9	-0,4
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
6	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,4	1,1
7	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,5	1,0
8	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
9	15 001	0,5	1,0	30 000	0,6	-0,1
10	15 001	0,4	1,1	30 001	0,5	1,0
Diferencia Máxima			1,6		1,5	
Error máximo permitido ±			20 g		± 30 g	



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcí
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 202-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

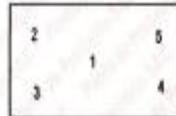


Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LB - 218 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Inicial Final
20,8 20,9

Posición de la Carga	Determinación de E_e				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	$R(g)$	$A(g)$	$E_e(g)$	Carga (g)	$R(g)$	$A(g)$	$E_e(g)$	$E_c(g)$
1	10	10	0,7	-0,2	10 000	10 000	0,9	-0,4	-0,2
2		10	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,1	0,0
3		10	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
4		10	0,8	-0,3		10 001	0,3	1,2	1,3
5		10	0,6	-0,1		10 000	0,7	-0,2	-0,1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Inicial Final
20,9 21,0

Carga Líq (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				exp(*) (g)
	$R(g)$	$A(g)$	$E_e(g)$	$E_c(g)$	$R(g)$	$A(g)$	$E_e(g)$	$E_c(g)$	
10	10	0,6	-0,1						10
20	20	0,5	0,0	0,1	20	0,7	-0,2	-0,1	10
100	100	0,6	-0,1	0,0	100	0,6	-0,1	0,0	10
500	500	0,9	-0,4	-0,3	500	0,8	-0,3	-0,2	10
1 000	1 000	0,6	-0,1	0,0	1 000	0,9	-0,4	-0,3	10
5 000	5 000	0,5	0,0	0,1	5 000	0,9	-0,4	-0,3	10
10 000	10 000	0,8	-0,3	-0,2	10 001	0,3	1,2	1,3	20
15 000	15 000	0,7	-0,2	-0,1	15 000	0,8	-0,1	0,0	20
20 000	20 001	0,3	1,2	1,3	20 000	0,8	-0,3	-0,2	20
25 000	25 001	0,5	1,0	1,1	25 001	0,4	1,1	1,2	30
30 000	30 000	0,6	-0,1	0,0	30 000	0,6	-0,1	0,0	30

(*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000193 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,776 \text{ g}^2 + 0,0000000523 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza A: Carga incrementada E: Error encontrado E_e : Error en caso E_c : Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP Nº 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 853 - IMA 4? Telf. 292-5108 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo N° 4: Panel Fotográfico

“INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO”

PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFÍA N° 1



Solicitud de infracciones por exceso de peso en Cocha chacra.

FOTOGRAFÍA N° 3



Pesaje de vehículo T2S3 de transporte de líquidos.

FOTOGRAFÍA N° 2



Conteo de vehículos y adquisición de pesajes vehiculares.

FOTOGRAFÍA N° 4



Control de pesaje de un vehículo tipo C3.

FOTOGRAFÍA N° 5



Aquí se visualiza el control de pesaje de un vehículo de transporte de líquidos

FOTOGRAFÍA N° 7



Control de pesaje de vehículo de transporte de abarrotos.

FOTOGRAFÍA N° 6



Aquí se visualiza el control de pesajes de vehículos pesados.

FOTOGRAFÍA N° 8



Aquí se visualiza control de pesaje en el pesaje de Cut off.

FOTOGRAFÍA N° 9

Control de pesaje de vehículos de transporte de materiales pesados.



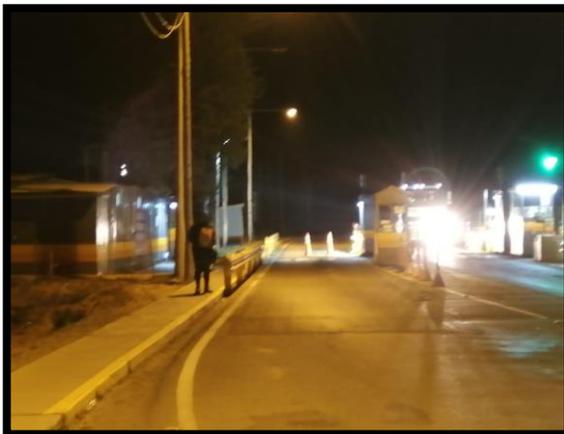
FOTOGRAFÍA N° 11

Personal encargado del control de pesajes de los vehículos pesados.



FOTOGRAFÍA N° 10

Control y contabilización de vehículos pesados.



FOTOGRAFÍA N° 12

Control de pesaje de vehículos pesados Cut off.



FOTOGRAFÍA N° 13



Centro de almacenamiento de datos SUTRAN.

FOTOGRAFÍA N° 15



Procedimiento de control de peso de vehículos de transporte.

FOTOGRAFÍA N° 14



Caseta de almacenamiento de información.

FOTOGRAFÍA N° 16



Control de pesaje de vehículos pesados de transporte de materiales pesados.

FOTOGRAFÍA N° 17



Extracción de diamantina para el análisis respectivo.

FOTOGRAFÍA N° 19



Extracción de diamantina en la progresiva 0+300 margen derecha.

FOTOGRAFÍA N° 18



Briqueta extraída para el análisis de sus propiedades físico mecánicas.

FOTOGRAFÍA N° 20



Extracción de diamantina.

FOTOGRAFÍA N° 21



Proceso de extracción de diamantina progresiva 0+600.

FOTOGRAFÍA N° 23



Sellado de orificio de la extracción de la diamantina.

FOTOGRAFÍA N° 22



Ubicación del punto para la extracción.

FOTOGRAFÍA N° 24



Control de deflexiones con vehículo con peso estandarizado.

FOTOGRAFÍA N° 25



Lectura de deflexiones en la viga.

FOTOGRAFÍA N° 27



Control de deflexiones en margen derecha para lecturas y comportamiento.

FOTOGRAFÍA N° 26



Lectura de deflexiones a 0.50m de distancia del punto de inicio.

FOTOGRAFÍA N° 28



Captura de datos de deflexiones.

FOTOGRAFÍA N° 29



Ensayo de la viga benkelman.

FOTOGRAFÍA N° 31



Aquí se visualiza el tendido del material para el respectivo análisis

FOTOGRAFÍA N° 30



Cálculo de granulometría de la briqueta extraída.

FOTOGRAFÍA N° 32



Ensayo de estabilidad y flujo a la briqueta extraída.

FOTOGRAFÍA N° 33



Conteo vehicular en punto de alta densidad vehicular

FOTOGRAFÍA N° 35



Conteo vehicular para en el punto crítico.

FOTOGRAFÍA N° 34



Conteo vehicular con fecha de 27 de agosto de 2019.

FOTOGRAFÍA N° 36



Conteo del tráfico margen izquierda.

FOTOGRAFÍA N° 37

Conteo del tráfico margen Derecha.



FOTOGRAFÍA N° 39

Personal de apoyo en conteo del tráfico en horas de la noche.



FOTOGRAFÍA N° 38

Conteo de tráfico para el cálculo de los ejes equivalentes.



FOTOGRAFÍA N° 40

Personal de apoyo en conteo del tráfico en horas de la noche.



Anexo N° 5: Juicio de Experto

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: FICHA, DE ORGANIZACIÓN, SISTEMATIZACIÓN INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombres y Apellidos del Experto : Ing. Rosa G. Zambrano Lluyaj
- 1.2. Cargo e Institución donde labora : Proyectista en la constructora WILL SAN INGENIEROS S.A.C.
- 1.3. Instrumento a validar : Ficha de organización, sistematización e Interpretación de los datos obtenidos en os ensayos destructivos y no destructivos Área: Ingeniería Civil.
- 1.4. Tesista : Miriam Katherin Mecheouey Rojas
- 1.5. Tesis : "Influencia de la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, Carretera Central – Huancayo".

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada.					X
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a medición y calificación.					X
3. Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado.					X
4. Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación.					X
5. Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente para medir la variable.					X
6. Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda					X
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e Hipótesis existe coherencia.					X
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos					X

3. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD:

.....

.....

4. PROMEDIO DE VALORIZACION AL 100% 94%

FIRMA : 
 NOMBRE : Rosa G. Zambrano Lluyaj
 DNI : 20036391

Huancayo, 09 de Octubre del 2019.

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: FICHA DE ORGANIZACIÓN, SISTEMATIZACIÓN INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombres y Apellidos del Experto : *ING. WILLIAM ARONES SAES*
- 1.2. Cargo e institución donde labora : *RESIDENTE DE USMAS - CONSORCIO LOS ANDES*
- 1.3. Instrumento a validar : *Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en os ensayos destructivos y no destructivos Área: Ingeniería Civil.*
- 1.4. Tesista : *Miriam Katherin Machacuy Rojas*
- 1.5. Tesis : *"Influencia de la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, Carretera Central – Huancayo"*

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada.					X
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a medición y calificación.					X
3. Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado.					X
4. Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación.					X
5. Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente para medir la variable.					X
6. Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda					X
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e Hipótesis existe coherencia.					X
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos					X

3. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD:

.....

.....

4. PROMEDIO DE VALORIZACION AL 100% 95%


 WILLIAM ARONES SAES
 Ing° Civil CIP 53988
 Residente de Obra

FIRMA :
 NOMBRE : *WILLIAM ARONES SAES*
 DNI : *28286149*

Huancayo, *09* de Octubre del 2019.

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: FICHA DE ORGANIZACIÓN, SISTEMATIZACIÓN INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombres y Apellidos del Experto : *Ing. Cesar Augusto Lazaro Cabrera*
- 1.2. Cargo e Institución donde labora : *Residente - Pucallpa M.P.C*
- 1.3. Instrumento a validar : *Ficha de organización, sistematización e Interpretación de los datos obtenidos en os ensayos destructivos y no destructivos Área: Ingeniería Civil.*
- 1.4. Tesista : *Miriam Katherin Machacuay Rojas*
- 1.5. Tesis : *"Influencia de la carga vehicular en el diseño del pavimento flexible, Carretera Central - Huancayo"*

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada.					X
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a medición y calificación.					X
3. Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado.					X
4. Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación.					X
5. Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente para medir la variable.					X
6. Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda					X
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e Hipótesis existe coherencia.					X
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos					X

3. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD: *La carga vehicular es un parámetro muy importante para el diseño de pavimentos flexibles*

4. PROMEDIO DE VALORIZACION AL 100% 95%

FIRMA : *[Firma]*
 NOMBRE : *Cesar Augusto Lazaro Cabrera*
 DNI : *20108361*

Huancayo, *08* de Octubre del 2019.

Anexo N° 6: Infracciones de carga vehicular – estación de pesaje Cut Off

Anexo N° 7: Conteo Vehicular

ANEJO 2 - RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: TRAFICO VEHICULAR)													
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN				*INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRETERA CENTRAL - HUANCAYO*									
ACTIVIDAD				MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (REAL)									
TIPO DE PAVIMENTO				PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)									
FECHA				DESDE EL DÍA 16 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019									
REALIZADO POR				BACH. MACHICUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)									
Pesos y medidas reales de vehículos pesados con balanzas electrónicas portátiles													
Configuración Vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Max (m)	Peso medido (t)				Factor EE. x cada eje del Vehículo				Factor EE Total		
			Conjunto de ejes posteriores				E1	E2	E3	E4			
			1°	2°	3°	4°							
Omnibuses	B2		13.2	7	11			1.265	3.238		4.504		
	B3-1		14	7	16			1.265	1.366		2.631		
	B4-1		15	7	7	16			1.265	1.265	1.366	3.897	
Camión	C2		12.3	7	16.34			1.265	15.767		17.033		
	C3		13.2	9.73	22.6			4.724	5.018		9.742		
	C4		13.2	9.73	26.8			4.724	2.738		7.462		
Semi Trailers	T2S1		20.5	7	11	11			1.265	3.238	3.238	7.742	
	T2S2		20.5	7	11	18			1.265	3.238	2.019	6.523	
	T2S3		20.5	7.54	16.88	32.5			1.703	17.957	4.746	24.407	
	T3S1		20.5	7	18	11			1.265	2.019	3.238	6.523	
	T3S2		20.5	7	18	22.44			1.265	2.019	4.877	8.162	
	T3S3		20.5	7.76	24.52	27.6			1.911	6.953	2.509	11.373	
Trailers	C2R2		23	7	11	11	11		1.265	3.238	3.238	3.238	10.980
	C2R3		23	7	11	11	18		1.265	3.238	3.238	2.019	9.761
	C3R2		23	7	21.6	11	11.32		1.265	4.187	3.238	3.632	12.323
	C3R3		23	9.94	23.5	13.96	22.5		5.145	5.866	8.400	4.930	24.341

RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)

"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRITERA CENTRAL - HUANCAYO"

MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (AV. MARISCAL CASTILLA TRAMO JR. OLAYA HASTA JR. LA DIFERANZA)

PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)

DESDE EL DÍA 30 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2019

BACIL MACHACUYAN ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)

Vehículos Pesados

AV. MARISCAL CASTILLA - DISTRITO DE EL TAMBHO

Traylors

OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

Ciudad

Tipo de Pavimento

Técnica

Realizado por

Fecha

Descripción

Lado de Carretera

Orbitales

Carreteras

Factor Direccional

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Direccional

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Direccional

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Direccional

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

Factor Vehículo

Factor Carretera

PROYECTO DE INVESTIGACION		RESUMEN DE FICHA TECNICA N° 2 (VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGA VEHICULAR)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ACTIVIDAD		MEDICION DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRIERA CENTRAL - HILANCAIYO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
TIPO DE PAVIMENTO		PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFALTICA - CAPAS GRAN LARAS)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
FECHA		DESDE EL DIA 14 DE AGOSTO AL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2017																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
REALIZADO POR		BACIL MACHUACUAY ROSA MIRIAM KATZEWIN (TESISTA)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Nro	Descripción	Lado de Carril	Distintos										Vehículos Pesados										Carga vehicular legal																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			B1	B-1	>B-1	C1	C	C4	T1S1	T1S2	T1S3	T1S4	T1S5	T1S6	T1S7	T1S8	T1S9	T1S10	T1S11	T1S12	T1S13	T1S14	T1S15	T1S16	T1S17	T1S18	T1S19	T1S20	T1S21	T1S22	T1S23	T1S24	T1S25	T1S26	T1S27	T1S28	T1S29	T1S30	T1S31	T1S32	T1S33	T1S34	T1S35	T1S36	T1S37	T1S38	T1S39	T1S40	T1S41	T1S42	T1S43	T1S44	T1S45	T1S46	T1S47	T1S48	T1S49	T1S50	T1S51	T1S52	T1S53	T1S54	T1S55	T1S56	T1S57	T1S58	T1S59	T1S60	T1S61	T1S62	T1S63	T1S64	T1S65	T1S66	T1S67	T1S68	T1S69	T1S70	T1S71	T1S72	T1S73	T1S74	T1S75	T1S76	T1S77	T1S78	T1S79	T1S80	T1S81	T1S82	T1S83	T1S84	T1S85	T1S86	T1S87	T1S88	T1S89	T1S90	T1S91	T1S92	T1S93	T1S94	T1S95	T1S96	T1S97	T1S98	T1S99	T1S100	T1S101	T1S102	T1S103	T1S104	T1S105	T1S106	T1S107	T1S108	T1S109	T1S110	T1S111	T1S112	T1S113	T1S114	T1S115	T1S116	T1S117	T1S118	T1S119	T1S120	T1S121	T1S122	T1S123	T1S124	T1S125	T1S126	T1S127	T1S128	T1S129	T1S130	T1S131	T1S132	T1S133	T1S134	T1S135	T1S136	T1S137	T1S138	T1S139	T1S140	T1S141	T1S142	T1S143	T1S144	T1S145	T1S146	T1S147	T1S148	T1S149	T1S150	T1S151	T1S152	T1S153	T1S154	T1S155	T1S156	T1S157	T1S158	T1S159	T1S160	T1S161	T1S162	T1S163	T1S164	T1S165	T1S166	T1S167	T1S168	T1S169	T1S170	T1S171	T1S172	T1S173	T1S174	T1S175	T1S176	T1S177	T1S178	T1S179	T1S180	T1S181	T1S182	T1S183	T1S184	T1S185	T1S186	T1S187	T1S188	T1S189	T1S190	T1S191	T1S192	T1S193	T1S194	T1S195	T1S196	T1S197	T1S198	T1S199	T1S200	T1S201	T1S202	T1S203	T1S204	T1S205	T1S206	T1S207	T1S208	T1S209	T1S210	T1S211	T1S212	T1S213	T1S214	T1S215	T1S216	T1S217	T1S218	T1S219	T1S220	T1S221	T1S222	T1S223	T1S224	T1S225	T1S226	T1S227	T1S228	T1S229	T1S230	T1S231	T1S232	T1S233	T1S234	T1S235	T1S236	T1S237	T1S238	T1S239	T1S240	T1S241	T1S242	T1S243	T1S244	T1S245	T1S246	T1S247	T1S248	T1S249	T1S250	T1S251	T1S252	T1S253	T1S254	T1S255	T1S256	T1S257	T1S258	T1S259	T1S260	T1S261	T1S262	T1S263	T1S264	T1S265	T1S266	T1S267	T1S268	T1S269	T1S270	T1S271	T1S272	T1S273	T1S274	T1S275	T1S276	T1S277	T1S278	T1S279	T1S280	T1S281	T1S282	T1S283	T1S284	T1S285	T1S286	T1S287	T1S288	T1S289	T1S290	T1S291	T1S292	T1S293	T1S294	T1S295	T1S296	T1S297	T1S298	T1S299	T1S300	T1S301	T1S302	T1S303	T1S304	T1S305	T1S306	T1S307	T1S308	T1S309	T1S310	T1S311	T1S312	T1S313	T1S314	T1S315	T1S316	T1S317	T1S318	T1S319	T1S320	T1S321	T1S322	T1S323	T1S324	T1S325	T1S326	T1S327	T1S328	T1S329	T1S330	T1S331	T1S332	T1S333	T1S334	T1S335	T1S336	T1S337	T1S338	T1S339	T1S340	T1S341	T1S342	T1S343	T1S344	T1S345	T1S346	T1S347	T1S348	T1S349	T1S350	T1S351	T1S352	T1S353	T1S354	T1S355	T1S356	T1S357	T1S358	T1S359	T1S360	T1S361	T1S362	T1S363	T1S364	T1S365	T1S366	T1S367	T1S368	T1S369	T1S370	T1S371	T1S372	T1S373	T1S374	T1S375	T1S376	T1S377	T1S378	T1S379	T1S380	T1S381	T1S382	T1S383	T1S384	T1S385	T1S386	T1S387	T1S388	T1S389	T1S390	T1S391	T1S392	T1S393	T1S394	T1S395	T1S396	T1S397	T1S398	T1S399	T1S400	T1S401	T1S402	T1S403	T1S404	T1S405	T1S406	T1S407	T1S408	T1S409	T1S410	T1S411	T1S412	T1S413	T1S414	T1S415	T1S416	T1S417	T1S418	T1S419	T1S420	T1S421	T1S422	T1S423	T1S424	T1S425	T1S426	T1S427	T1S428	T1S429	T1S430	T1S431	T1S432	T1S433	T1S434	T1S435	T1S436	T1S437	T1S438	T1S439	T1S440	T1S441	T1S442	T1S443	T1S444	T1S445	T1S446	T1S447	T1S448	T1S449	T1S450	T1S451	T1S452	T1S453	T1S454	T1S455	T1S456	T1S457	T1S458	T1S459	T1S460	T1S461	T1S462	T1S463	T1S464	T1S465	T1S466	T1S467	T1S468	T1S469	T1S470	T1S471	T1S472	T1S473	T1S474	T1S475	T1S476	T1S477	T1S478	T1S479	T1S480	T1S481	T1S482	T1S483	T1S484	T1S485	T1S486	T1S487	T1S488	T1S489	T1S490	T1S491	T1S492	T1S493	T1S494	T1S495	T1S496	T1S497	T1S498	T1S499	T1S500	T1S501	T1S502	T1S503	T1S504	T1S505	T1S506	T1S507	T1S508	T1S509	T1S510	T1S511	T1S512	T1S513	T1S514	T1S515	T1S516	T1S517	T1S518	T1S519	T1S520	T1S521	T1S522	T1S523	T1S524	T1S525	T1S526	T1S527	T1S528	T1S529	T1S530	T1S531	T1S532	T1S533	T1S534	T1S535	T1S536	T1S537	T1S538	T1S539	T1S540	T1S541	T1S542	T1S543	T1S544	T1S545	T1S546	T1S547	T1S548	T1S549	T1S550	T1S551	T1S552	T1S553	T1S554	T1S555	T1S556	T1S557	T1S558	T1S559	T1S560	T1S561	T1S562	T1S563	T1S564	T1S565	T1S566	T1S567	T1S568	T1S569	T1S570	T1S571	T1S572	T1S573	T1S574	T1S575	T1S576	T1S577	T1S578	T1S579	T1S580	T1S581	T1S582	T1S583	T1S584	T1S585	T1S586	T1S587	T1S588	T1S589	T1S590	T1S591	T1S592	T1S593	T1S594	T1S595	T1S596	T1S597	T1S598	T1S599	T1S600	T1S601	T1S602	T1S603	T1S604	T1S605	T1S606	T1S607	T1S608	T1S609	T1S610	T1S611	T1S612	T1S613	T1S614	T1S615	T1S616	T1S617	T1S618	T1S619	T1S620	T1S621	T1S622	T1S623	T1S624	T1S625	T1S626	T1S627	T1S628	T1S629	T1S630	T1S631	T1S632	T1S633	T1S634	T1S635	T1S636	T1S637	T1S638	T1S639	T1S640	T1S641	T1S642	T1S643	T1S644	T1S645	T1S646	T1S647	T1S648	T1S649	T1S650	T1S651	T1S652	T1S653	T1S654	T1S655	T1S656	T1S657	T1S658	T1S659	T1S660	T1S661	T1S662	T1S663	T1S664	T1S665	T1S666	T1S667	T1S668	T1S669	T1S670	T1S671	T1S672	T1S673	T1S674	T1S675	T1S676	T1S677	T1S678	T1S679	T1S680	T1S681	T1S682	T1S683	T1S684	T1S685	T1S686	T1S687	T1S688	T1S689	T1S690	T1S691	T1S692	T1S693	T1S694	T1S695	T1S696	T1S697	T1S698	T1S699	T1S700	T1S701	T1S702	T1S703	T1S704	T1S705	T1S706	T1S707	T1S708	T1S709	T1S710	T1S711	T1S712	T1S713	T1S714	T1S715	T1S716	T1S717	T1S718	T1S719	T1S720	T1S721	T1S722	T1S723	T1S724	T1S725	T1S726	T1S727	T1S728	T1S729	T1S730	T1S731	T1S732	T1S733	T1S734	T1S735	T1S736	T1S737	T1S738	T1S739	T1S740	T1S741	T1S742	T1S743	T1S744	T1S745	T1S746	T1S747	T1S748	T1S749	T1S750	T1S751	T1S752	T1S753	T1S754	T1S755	T1S756	T1S757	T1S758	T1S759	T1S760	T1S761	T1S762	T1S763	T1S764	T1S765	T1S766	T1S767	T1S768	T1S769	T1S770	T1S771	T1S772	T1S773	T1S774	T1S775	T1S776	T1S777	T1S778	T1S779	T1S780	T1S781	T1S782	T1S783	T1S784	T1S785	T1S786	T1S787	T1S788	T1S789	T1S790	T1S791	T1S792	T1S793	T1S794	T1S795	T1S796	T1S797	T1S798	T1S799	T1S800	T1S801	T1S802	T1S803	T1S804	T1S805	T1S806	T1S807	T1S808	T1S809	T1S810	T1S811	T1S812	T1S813	T1S814	T1S815	T1S816	T1S817	T1S818	T1S819	T1S820	T1S821	T1S822	T1S823	T1S824	T1S825	T1S826	T1S827	T1S828	T1S829	T1S830	T1S831	T1S832	T1S833	T1S834	T1S835	T1S836	T1S837	T1S838	T1S839	T1S840	T1S841	T1S842	T1S843	T1S844	T1S845	T1S846	T1S847	T1S848	T1S849	T1S850	T1S851	T1S852	T1S853	T1S854	T1S855	T1S856	T1S857	T1S858	T1S859	T1S860	T1S861	T1S862	T1S863	T1S864	T1S865	T1S866	T1S867	T1S868	T1S869	T1S870	T1S871	T1S872	T1S873	T1S874	T1S875	T1S876	T1S877	T1S878	T1S879	T1S880	T1S881	T1S882	T1S883	T1S884	T1S885	T1S886	T1S887	T1S888	T1S889	T1S890	T1S891	T1S892	T1S893	T1S894	T1S895	T1S896	T1S897	T1S898	T1S899	T1S900	T1S901	T1S902	T1S903	T1S904	T1S905	T1S906	T1S907	T1S908	T1S909	T1S910	T1S911	T1S912	T1S913	T1S914	T1S915	T1S916	T1S917	T1S918	T1S919	T1S920	T1S921	T1S922	T1S923	T1S924	T1S925	T1S926	T1S927	T1S928	T1S929	T1S930	T1S931	T1S932	T1S933	T1S934	T1S935	T1S936	T1S937	T1S938	T1S939	T1S940	T1S941	T1S942	T1S943	T1S944	T1S945	T1S946	T1S947	T1S948	T1S949	T1S950	T1S951	T1S952	T1S953	T1S954	T1S955	T1S956	T1S957	T1S958	T1S959	T1S960	T1S961	T1S962	T1S963	T1S964	T1S965	T1S966	T1S967	T1S968	T1S969	T1S970	T1S971	T1S972	T1S973	T1S974	T1S975	T1S976	T1S977	T1S978	T1S979	T1S980	T1S981	T1S982	T1S983	T1S984	T1S985	T1S986	T1S987	T1S988	T1S989	T1S990	T1S991	T1S992	T1S993	T1S994	T1S995	T1S996	T1S997

ANEXO 2 - RESUMEN DE FICHA TÉCNICA N° 4 (VARIABLE INDEPENDIENTE: TRÁFICO VEHICULAR)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	"INFLUENCIA DE LA CARGA VEHICULAR EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, CARRTERA CENTRAL - HUANCAYO"
ACTIVIDAD	MEDICIÓN DE CARGA VEHICULAR (REAL)
TIPO DE PAVIMENTO	PAVIMENTO FLEXIBLE (CARPETA ASFÁLTICA + CAPAS GRANULARES)
FECHA	DESDE EL DÍA 26 DE AGOSTO AL 1 DE SETIEMBRE DE 2019
REALIZADO POR	BACH. MACHACUAY ROJAS MIRIAM KATHERIN (TESISTA)

Peso y medidas legales de Vehículos Pesados - Reglamento Nacional de Vehículos (DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC)

Configuración Vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Max (m)	Peso máximo (t)				Factor EE x cada eje del Vehículo				Factor EE Total		
			Conjunto de ejes posteriores				E1	E2	E3	E4			
			1°	2°	3°	4°							
Omnibuses	B2		13.2	7	11			1.265	3.238			4.504	
	B3-1		14	7	16			1.265	1.366			2.631	
	>=B4-1		15	7	7	16			1.265	1.265	1.366		3.897
Camión	C2		12.3	7	11			1.265	3.238			4.504	
	C3		13.2	7	18			1.265	2.019			3.285	
	C4		13.2	7	23			1.265	1.508			2.774	
Semi Trailers	T2S1		20.5	7	11	11			1.265	3.238	3.238		7.742
	T2S2		20.5	7	11	18			1.265	3.238	2.019		6.523
	T2S3		20.5	7	11	25			1.265	3.238	1.706		6.210
	T3S1		20.5	7	18	11			1.265	2.019	3.238		6.523
	T3S2		20.5	7	18	18			1.265	2.019	2.019		5.304
	>=T3S3		20.5	7	18	25			1.265	2.019	1.706		4.991
Trailers	C2R2		23	7	11	11	11		1.265	3.238	3.238	3.238	10.980
	C2R3		23	7	11	11	18		1.265	3.238	3.238	2.019	9.761
	C3R2		23	7	18	11	11		1.265	2.019	3.238	3.238	9.761
	>=C3R3		23	7	18	11	18		1.265	2.019	3.238	2.019	8.542

