

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DIAGNÓSTICO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL Y PROPUESTA DEL
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EN LAS CALLES 5 Y 9 DEL
CENTRO POBLADO ALTO TRUJILLO – TRUJILLO - LA LIBERTAD”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES**

AUTOR: BR. ALBINO GONZALES, YOSHIRO MISAKI
BR. CISNEROS TORRES, GERSON ANDREE

ASESOR: ING. HENRIQUEZ ULLOA, JUAN PAUL EDWARD

TRUJILLO - PERÚ

2017

ACREDITACIONES

TÍTULO: “Diagnóstico de la Transitabilidad Vial y propuesta del Diseño Estructural del Pavimento en las Calles 5 y 9 del Centro Poblado Alto Trujillo – Trujillo - La Libertad”

AUTORES:

Br. Albino Gonzales Yoshiro Misaki

Br. Cisneros Torres Gerson Andree

APROBADO POR:

Ing. Mamerto Rodríguez Ramos
PRESIDENTE
N° CIP 3689

Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo
SECRETARIO
N° CIP 82596

Ing. Rolando Ochoa Zevallos
VOCAL
N° CIP 9133

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa
ASESOR
N° CIP 118101

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “Diagnóstico de la Transitabilidad Vial y propuesta del Diseño Estructural del Pavimento en las Calles 5 Y 9 del Centro Poblado Alto Trujillo – Trujillo - La Libertad”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen en el desarrollo del mismo.

Atentamente,

Br. Yoshiro Misaki Albino Gonzales

Br. Gerson Andree Cisneros Torres

Trujillo, noviembre del 2017.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Olga Gonzales y Lucio Albino por su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, pero más que nada, por su amor. Gracias a ustedes no habría sido posible lograr esta meta.

A mis hermanos, Remiko, Sayuri, Benjamin y Anghielo por estar conmigo, apoyarme siempre y por compartir buenos y malos momentos.

Yoshiro

Dedico esta tesis a:

Dios, porque logré llegar hasta este momento por él y para él.

A mis padres, Fredy Cisneros y Miriam Torres, porque sin su gran apoyo, perseverancia, emprendimiento, ganas de salir adelante, ejemplo de superación y sobre todo su amor, nada de esto hubiera sido realidad, les debo la vida y toda mi admiración, por eso se los dedico.

A las dos mujercitas de mi vida, Solange y Sheyla, porque son mi ejemplo de excelencia, superación y valentía, por su apoyo incondicional y por los ánimos que siempre me dan, por ustedes sigo adelante.

A mis abuelitos, por todos los consejos que me ayudaron a definir la clase de persona en la que me he convertido y por toda la experiencia que me compartieron para nunca darme por vencido.

Gerson

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS:

Por su inmenso amor, por darnos salud, protección, sabiduría, por guiarnos por el buen camino y por la fortaleza que nos brindó para lograr esta meta.

PADRES:

Por la confianza puesta en nosotros, consejos y apoyo moral que nos permitieron alcanzar esta meta.

ING. JUAN PAUL EDWARD HENRIQUEZ ULLOA

Por su valiosa asesoría, colaboración, tiempo y aporte brindado al presente trabajo.

RESUMEN

La presente tesis pretende determinar los criterios estructurales según normas y metodologías para diseñar la estructura de un pavimento flexible, sistema de drenaje de aguas pluviales y señalización; y así proponer un eficiente nivel de transitabilidad. Además, se identificó que esta zona perteneciente a la Calle 5 y 9 no cuenta con estudios básicos de Ingeniería.

Para la concepción del proyecto vial, se ha tomado en cuenta los volúmenes de tránsito existentes, las proyecciones de los mismos y el aspecto estético del proyecto integral, de modo que se pueda solucionar así los movimientos vehiculares en todos los sentidos. Para llevar a cabo esta investigación se buscó zonificar estratégicamente la ubicación de los pozos de extracción de muestras para posteriormente determinar sus propiedades físicas y mecánicas de este suelo extraído y determinar su capacidad de carga que presenta esta zona. Así mismo se desarrollará esta investigación de una manera minuciosa para que toda la información recolectada sea de uso referencial para futuros proyectos sobre construcción de carreteras.

Por último, se determinó el diseño estructural de vía y se propuso el sistema de drenaje de aguas pluviales y señalización; todo como posible solución para mejorar la transitabilidad y seguridad vial en dicha zona.

ABSTRACT

This thesis aims to determine the structural criteria according to standards and methodologies to design the structure of a flexible pavement, stormwater drainage system and signaling; and thus propose an efficient level of passability. In addition, it was identified that this area belonging to Calle 5 and 9 does not have basic engineering studies.

For the conception of the road project, it has taken into account the existing traffic volumes, the projections of the same and the aesthetic aspect of the integral project, so that the vehicular movements can be solved in all the senses. To carry out this research, we sought to strategically zonify the location of the sample extraction wells to later determine their physical and mechanical properties of this extracted soil and determine its load capacity that this area presents. Likewise, this research will be developed in a thorough manner so that all the information collected is of reference use for future projects on road construction.

Finally, the structural design of the road was determined and the rainwater drainage and signaling system was proposed; everything as a possible solution to improve road traffic and safety in this area.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Formulación de la Hipótesis.....	3
1.4. Justificación de Estudio.....	3
1.5. Objetivos del Estudio	3
1.5.1. General.....	3
1.5.2. Específicos	3
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Ingeniería de Transporte:	8
2.2.2. Ingeniería de Tránsito:	9
2.2.3. Peatón:.....	9
2.2.4. Conductor:.....	9
2.2.5. Visión:.....	9

2.2.6.	Vehículo:.....	10
2.2.7.	Camino:.....	10
2.2.8.	Señales Preventivas:.....	10
2.2.9.	Señales Restrictivas:	11
2.2.10.	Señales Informativas:.....	11
2.2.11.	Semáforos:	11
2.2.12.	Volumen de Tránsito:	11
2.2.13.	Velocidad:.....	12
2.2.14.	Flujo Vehicular:	12
2.2.15.	Capacidad Vial:.....	12
2.2.16.	Transporte Público:.....	12
2.2.17.	Congestionamiento:	13
2.2.18.	Pavimento:	13
2.2.19.	Tipos de Pavimentos:.....	13
2.2.19.1.	Pavimento rígido:.....	14
2.2.19.2.	Pavimento Semirrígido:	14
2.2.19.3.	Pavimentos articulados:.....	15
2.2.19.4.	Pavimentos Flexibles:.....	15
2.2.19.4.1.	Clasificación de capas y sus funciones:	16
2.2.19.4.1.1.	Subrasante:.....	16
2.2.19.4.1.2.	Sub-base:.....	16
2.2.19.4.1.3.	Base:.....	17
2.2.19.4.1.4.	Superficie de rodadura:.....	18
2.2.20.	Factores a considerar en el Diseño de Pavimentos:	18
2.2.20.1.	El tránsito:.....	18
2.2.20.2.	La subrasante:	19
2.2.20.3.	El clima:.....	19
2.2.20.4.	Los materiales disponibles:.....	20

2.2.21. Métodos para Diseño de Pavimento Flexible:.....	20
2.2.21.1. Método guía AASHTO 93 de diseño:	20
2.3. Definiciones	22
CAPITULO III	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Material	26
3.1.1. Población.....	26
3.1.2. Muestra	26
3.1.3. Unidad de Análisis.....	26
3.2. Método	26
3.2.1. Tipo de Investigación.....	26
3.2.2. Diseño de Investigación.....	27
3.2.3. Variables de Estudio	27
3.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos	28
CAPÍTULO IV	29
4. DESARROLLO.....	29
4.1. Estudio de Tráfico	29
4.1.1. Situación Actual.....	29
4.1.2. Metodología del Trabajo de Campo	30
4.1.3. Metodología del Trabajo de Gabinete.....	33
4.1.3.1. Conteo de Vehículos	33
4.1.3.2. Variación Horaria de Volumen de Tránsito	34
4.1.3.3. Cálculo de IMD.....	37
4.1.3.4. Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado (Fca).....	38
4.1.3.5. Cálculo del Factor de Distribución Direccional (fd) y de Carril (Fc)	38
4.1.3.6. Conteo del Factor Eje Equivalente (E.E) y Factor Vehículo Pesado (Fvp)	39

4.1.3.7. Cálculo del Factor de Ajuste de Presión de Neumático (Fp)	40
4.1.3.8. Cálculo de Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 Tn.....	41
4.2. Estudio de Suelos	43
4.2.1. Exploración de Campo.....	43
4.2.2. Ensayos de Laboratorio.....	43
4.2.2.1. Análisis Granulométrico (MTC E107-ASTM D-422)	44
4.2.2.2. Límite Líquido (MTC E 110/ASTM D-4318)	44
4.2.2.3. Límite Plástico (MTC E 111/ASTM D-4318)	45
4.2.2.4. Contenido de Humedad (MTC E108/ASTM D-2216).....	46
4.2.2.5. Clasificación SUCS (ASTM D-2487).....	47
4.2.2.6. Proctor Método Modificado (MTC E115/ASTM D-1557).....	48
4.2.2.7. CBR (MTC E132/ASTM D-1883).....	49
CAPÍTULO V.....	50
5. RESULTADOS	50
5.1. Diseño de Pavimento.....	50
5.1.1. Método AASHTO 93	50
CAPITULO VI	53
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
CAPITULO VII.....	54
7. CONCLUSIONES.....	54
CAPITULO VIII.....	56
8. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59
PLANOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conteo de Vehículos (Calle 5)	33
Tabla 2. Conteo de Vehículos (Calle 9)	34
Tabla 3. IMD (Calle 5)	37
Tabla 4. IMD (Calle 9)	38
Tabla 5. Factor E.E Camión C2.....	40
Tabla 6. E.E. por cada tipo de vehículo (Calle 5).....	41
Tabla 7. E.E. por cada tipo de vehículo (Calle 9).....	42
Tabla 8. Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn (Calle 5).....	42
Tabla 9. Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn (Calle 9).....	42
Tabla 10. Exploración de campo (Calle 5).....	43
Tabla 11. Exploración de campo (Calle 9).....	43
Tabla 12. Análisis granulométrico (Calle 5)	44
Tabla 13. Análisis granulométrico (Calle 9)	44
Tabla 14. Límite Líquido (Calle 5).....	45
Tabla 15. Límite Líquido (Calle 9).....	45
Tabla 16. Límite Plástico (Calle 5).....	46
Tabla 17. Límite Plástico (Calle 9).....	46
Tabla 18. Contenido de humedad (Calle 5).....	47
Tabla 19. Contenido de humedad (Calle 9).....	47
Tabla 20. Clasificación SUCS (Calle 5).....	47
Tabla 21. Clasificación SUCS (Calle 9).....	48
Tabla 22. Proctor método modificado (Calle 5).....	48
Tabla 23. Proctor método modificado (Calle 9).....	48
Tabla 24. CBR (Calle 5).....	49
Tabla 25. CBR (Calle 9).....	49
Tabla 26. Número estructural y espesores	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Flujo hora máxima demanda (Calle 5).....	35
Gráfico 2. Variación horaria de volumen de tránsito (Calle 5)	35
Gráfico 3. Flujo hora máxima demanda (Calle 9).....	36
Gráfico 4. Variación horaria de volumen de tránsito (Calle 9)	37

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La Ingeniería de Transporte se define como la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, económica y compatible con el medio ambiente, esto según el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE), citado por W. S. Homburger. Así mismo define la Ingeniería de Tránsito como aquella especialidad de la Ingeniería de Transporte que tiene por objetivo la planeación, y la operación del tránsito por calles y carreteras, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

En Latinoamérica y el Caribe se muestra un problema serio en cuanto a infraestructuras en vías de comunicación y esto representa una seria desventaja competitiva. El transporte por carretera constituye el 80% del total del transporte de pasajeros y más del 60% del transporte de carga, según lo estipulado por CEPLAN, mientras que el Perú tiene una red vial compuesta por más de 78 mil kilómetros de carreteras, pero solo cerca de 300 kilómetros corresponden a autopistas, por lo tanto, se puede decir que nuestro país tiene un severo problema de transitabilidad vial (Ms. Julián Rivera).

El incremento desmedido del parque automotor es uno de los principales motivos de la saturación de las vías de los departamentos del país. En el 2016, 103 mil 284 autos, camionetas y otros tipos de vehículos de 4 ruedas fueron inscritos por primera vez para entrar en circulación en Lima, según el Reporte de Ventas e Inmatriculación de Vehículos Livianos. “Si hacemos una equivalencia, considerando que la dimensión promedio en un auto es de 5 metros, estaríamos hablando de más de 516 mil metros lineales de pistas ocupadas por vehículos, que es un aproximado de la distancia de Lima a Trujillo”, sostiene Willard Manrique, Especialista en la Industria automotriz, tráfico y movilidad urbana.

El Perú, además, tiene el parque automotor más viejo de América Latina –promedio de 17 años–. Esto no solo eleva la contaminación, sino que aumenta las probabilidades de siniestralidad, pues estos automóviles no cuentan con el mantenimiento debido. Estos suelen pertenecer a empresas informales, ya que el costo de un bus en buen estado es mucho más alto. La realidad es que los buses antiguos terminan siendo utilizados en provincias en rutas más peligrosas. Y algo parecido ocurre con los choferes que, al tener una serie de multas acumuladas, deciden operar en las rutas donde la fiscalización es menor, según sostiene el Especialista Willard Manrique.

La ciudad de Trujillo ha llegado a tener un importante crecimiento poblacional, lo cual no permite que sea más eficiente el sistema de control y administración pública. El transporte trujillano no está exento, este sistema sobrevive con una serie de carencias en la fiscalización de parte de la autoridad competente, que se enfrenta a una ciudad con una deficiente estructura urbana que traba posibles reformas, y no ofrece las condiciones adecuadas para el tránsito de peatones y automóviles; además los ciudadanos se enfrentan a problemas en la calidad del servicio brindado, sumando las imprudencias de peatones y choferes.

Debido a que el Centro Poblado Alto Trujillo no presenta estudios de transitabilidad e infraestructura vial, ni una cultura vial específica a la que puedan regirse los moradores que transitan diariamente por dichas vías, se observa gran riesgo tanto vehicular, como peatonal. Por consiguiente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que pretende determinar las variables que involucran un estudio de tránsito vial, para que con ello proponer un diseño estructural del pavimento para las vías 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo, acorde a las solicitudes de la zona.

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida el diagnóstico de la transitabilidad vial influye en el diseño estructural del pavimento en las calles 5 y 9 en el centro poblado Alto Trujillo?

1.3. Formulación de la Hipótesis

El diagnóstico de la transitabilidad vial influirá en el diseño estructural del pavimento en las calles 5 y 9.

1.4. Justificación de Estudio

Este proyecto se justifica académicamente, ya que permite aplicar procedimientos y metodologías aprendidas en clase para realizar el diagnóstico de transitabilidad y el diseño estructural de la pavimentación de las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo.

Se justifica técnicamente porque está orientado a la metodología AASHTO 93 para el diseño estructural de pavimento y a la comparación de las normas de suelo y pavimentos para el cumplimiento de los estudios de suelos y tráfico.

Este proyecto también se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores del centro poblado Alto Trujillo.

1.5. Objetivos del Estudio

1.5.1. General

Diagnosticar la transitabilidad vial para definir la estructura de pavimento más favorable en las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo – El Porvenir – Trujillo – La Libertad.

1.5.2. Específicos

- Realizar el estudio de tráfico en la zona de estudio.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos para cada vía.

- Definir los parámetros necesarios y existentes a emplear para los diseños de la estructura de pavimento aplicando el método empírico AASHTO 93.
- Proponer el sistema de drenaje de aguas pluviales con sus sistemas de captación en pozos percoladores.
- Proponer las señalizaciones horizontales y verticales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Arias, Moreno y Valdiviezo, Víctor (2017) en su tesis *“Estudio de impacto vial para escuelas en zonas urbanas de Lima Metropolitana”* se propuso como objetivo plantear el desarrollo de un Estudio de Impacto Vial (EIV) para escuelas en zonas urbanas de Lima Metropolitana, basado en el HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000 (HCM 2000) y el TRIP GENERATION MANUAL. Además de, mostrar un modelo y, con ello, analizar y procesar los resultados obtenidos; se identificarán las posibles soluciones que se pueden plantear para disminuir la congestión vehicular y peatonal; cumpliendo con todos los parámetros y reglamentos del MINISTERIO de TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (MTC), el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) y la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Su estudio concluyó que la intersección X1 va a sufrir malestares por el crecimiento vehicular y la construcción de la escuela en la zona. Para aliviar la congestión en esta intersección, se concluye que es necesario ampliar el número de carriles de 2 a 4 carriles en el acceso oeste por ser la más crítica, además de optimizar el ciclo semafórico actual. Con estas soluciones de mejora se logra el confort de la intersección de una categoría “F” con demora de 127 segundos a una categoría “C” con demora de 35 segundos. Así también que la intersección X2 va a sufrir un mayor problema de congestión vehicular, debido a que, al momento de salir del estacionamiento los vehículos están obligados a dirigirse hacia esta intersección X2 por el bloqueo de los separadores centrales de la vía.

Es así que, por este viaje el Nivel de Servicio de la intersección es de una categoría “F” con demora de 136 segundos. Para solucionar la congestión se concluye que es necesario abrir el separador central a la altura de la puerta del estacionamiento de la escuela, esto evita el viaje hacia la intersección. Además, por el mismo crecimiento del parque automotor se va a

requerir la instalación de un semáforo. Con las propuestas de solución mencionadas se logra mejorar el status de conformidad de la intersección mejorando de una categoría “F” con demora de 136 segundos a una categoría “C” con demora de 24 segundos.

El aporte principal para nuestro proyecto de investigación es el estudio de tráfico en la institución educativa en cuestión, ya que los puntos estratégicos de nuestro proyecto, son instituciones educativas del estado, siendo así un factor importante la fluidez del transporte en dichos puntos, para que con esto se ahorre tiempo al momento de movilizarse por las dos vías en estudio, así también como seguridad.

Esquivel, Witman (2011) en su tesis *“Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas”* se propuso como objetivo proponer una metodología de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas, las cuales reflejen diseños más inclusivos y seguros para los habitantes de la ciudad.

Su estudio concluyó que las soluciones para el congestionamiento o accidentes de tránsito, en las intersecciones o vías en general, deben estar siempre enfocadas con el fin de “atacar” el origen del problema (soluciones de inicio de tubería). Así mismo como el diseño y planeamiento de intersecciones no puede estar sometida a sólo las políticas de transporte, en la cual el vehículo tiene la prioridad, debido a que los usuarios más vulnerables (usuarios no motorizados), demandan una distribución más justa del espacio público, en beneficio de la seguridad vial, especialmente y con énfasis en las intersecciones.

El aporte principal para nuestro proyecto de investigación es emplear a detalle lo estipulado por las normas y reglamentos respecto al estudio de tráfico, teniendo las Guías y Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones como principales referencias para nuestra investigación, y así proponer de manera más eficiente las distancias más adecuadas para una mejor transitabilidad vehicular.

Gómez, S. (2014), en su tesis “*Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo – La Libertad*” se propuso como objetivo: Realizar los estudios de mecánica de suelos.

Su estudio concluyó que se encontró como material predominante una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana Plasticidad el cual dio como resultado un CBR de diseño de 8.20%, este valor es relativamente bajo debido al alto porcentaje de finos obtenido en la muestra.

El aporte principal al trabajo de investigación es el diseño de la estructura del pavimento flexible por el método AASHTO 93, también los procedimientos necesarios para realizar correctamente los estudios para el 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.

Harumi, K. (2014) en su tesis “*Diseño de pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)*” se propuso como objetivo realizar el diseño del pavimento flexible bajo las metodologías AASHTO e Instituto del Asfalto como también el diseño del pavimento rígido bajo metodologías AASHTO y PCA.

Su estudio concluyó que el Índice Medio Diario Anual hallado a partir de los datos proporcionados por el MTC era 8,702 vehículos por día. Por otro lado, el número de ejes equivalentes de diseño es $4.1E+07$ para el pavimento flexible y $6.6E+07$ para el pavimento rígido, todo ello bajo características de con una subrasante era una arcilla de baja plasticidad (CL) según SUCS o A-6 (9) según AASHTO, con un índice de plasticidad de 12, un porcentaje pasante de la malla $\cdot 200$ de casi 84% y un valor de CBR de 7%.

El aporte principal para nuestro proyecto de investigación es que al comparar los métodos en el pavimento flexible que se diseñó, por AASHTO 93 se obtiene un numero estructurar menor que el método del Instituto del Asfalto, lo que por consiguiente se entendería que los espesores de las capas del pavimento son menores. Se podría esperar diseños similares para futuros pavimentos en zonas de estudio donde el tráfico vehicular como la composición de

la subrasante sea parecida, se puede establecer que el método AASHTO 93 es más económico.

Salamanca, M., Zuluaga, S. (2014) en su 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 Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del Cesar”* se propuso como objetivo realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible bajo los métodos propuestos analizando información existente requerida para el desarrollo del diseño.

Su estudio concluyó que la capacidad de soportar las solicitaciones generadas por un tráfico esperado de 0.51 millones de ejes equivalentes de 8.2 ton bajo unas características de suelos de tipo limo-arcillosos y areno- limosos contando con CBR en condición sumergida menores a 3% con potencial de hinchamiento alto y marginal, asimismo se encontró que la mejor metodología para la zona es el Método del Instituto del Asfalto debido que se optimizaron los espesores definidos por el Método AASHTO 93 y se validó el cumplimiento de los parámetros de fatiga de la subrasante y de la capa asfáltica.

El aporte principal para nuestro proyecto de investigación se da que, al comparar los métodos de estudio, los espesores de las capas del pavimento flexible resultaron para el Instituto del Asfalto mucho menores en comparación a los otros métodos. Además, para este método se trabajó con el criterio de falla por fisuramiento, los métodos AATHO e INVIAS no cuentan con dicho criterio, lo que hace necesario aumentar la carpeta asfáltica y disminuir espesores para optimizar los espesores.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ingeniería de Transporte:

“Aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de

transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente”. (W.S. Homburger – ITE)

2.2.2. Ingeniería de Tránsito:

“Aquella fase de la Ingeniería de Transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte”. (W.S. Homburger – ITE)

2.2.3. Peatón:

Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año hasta de cien años. Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7^o Edición)

2.2.4. Conductor:

Toda persona que, reuniendo los requisitos legales necesarios, está en disposición de conducir un vehículo a motor. A partir de ahí la clasificación puede hacerse mucho más extensa, ya que la podremos hacer en función de la edad, el sexo, o de su comportamiento al volante. (Luis Montoro)

2.2.5. Visión:

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica. Está compuesto de una cavidad que, al igual que la cámara fotográfica, en su parte frontal posee una lente formada por el iris, la pupila, la córnea, el cristalino y el párpado, que actúan como el diafragma y el obturador, con la propiedad de ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera admitir

esa cavidad interior. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.6. Vehículo:

Un vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro. Ya que casi todas las carreteras, alojan automóviles particulares como tránsito de camiones es esencial que los criterios de diseños consideren las características a seguir por un ingeniero de la carretera o de tránsito, ambos para el diseño de la carretera y de sistemas de control de tránsito, que permitan la operación segura y sin contratiempo de un vehículo en movimiento, especialmente durante las maniobras básicas de paso, alto total y dar vuelta. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.7. Camino:

Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad. Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con lo que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representan uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.8. Señales Preventivas:

Las señales preventivas, identificadas con el código SP, tienen como función dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia, sobre o a un lado de la carretera o calle, de un peligro potencial y su naturaleza. La señal por sí misma debe provocar que el conductor adopte medidas de precaución, y llamar su atención hacia una reducción de su velocidad o a efectuar una maniobra con el interés de su propia seguridad o la de otro vehículo o peatón. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.9. Señales Restrictivas:

Identificadas con el código SR, tienen como función expresar en la carretera o calle alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Infringir las indicaciones de una señal restrictiva acarreará las sanciones previstas por las autoridades de tránsito. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.10. Señales Informativas:

Identificadas con el código SI, tienen como función guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.11. Semáforos:

Los semáforos con dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.12. Volumen de Tránsito:

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.13. Velocidad:

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarde en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h). (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.14. Flujo Vehicular:

El flujo vehicular se representa en tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad. Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.15. Capacidad Vial:

La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de una carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición)

2.2.16. Transporte Público:

También se le denomina transporte masivo, el cual se refiere a los vehículos de servicio público que transportan pasajeros, por lo tanto, también se considera el transporte público en los estudios técnicos relacionados con el tránsito.

2.2.17. Congestionamiento:

Uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros de tránsito y transporte, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. En los periodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento con las consiguientes demoras y colas asociadas. (Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas – Ingeniería de Tránsito 7° Edición).

2.2.18. Pavimento:

Se puede definir a un pavimento como una estructura compuesta por diferentes capas, pueden ser granulares, simples o tratadas. Estas descansan sobre el terreno natural, llamado también la subrasante. Los pavimentos se diseñan para transferir y distribuir todas las cargas vehiculares, a través de sus capas que se conforman por un periodo de tiempo que dure el diseño. Los esfuerzos que se producen por el paso de las cargas vehiculares decrecen con la profundidad, por lo que resulta lógico colocar los materiales de mayor capacidad de soporte en la capa superior. (Becerra, 2002).

“El pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.” (Montejo, 2002, p. 1).

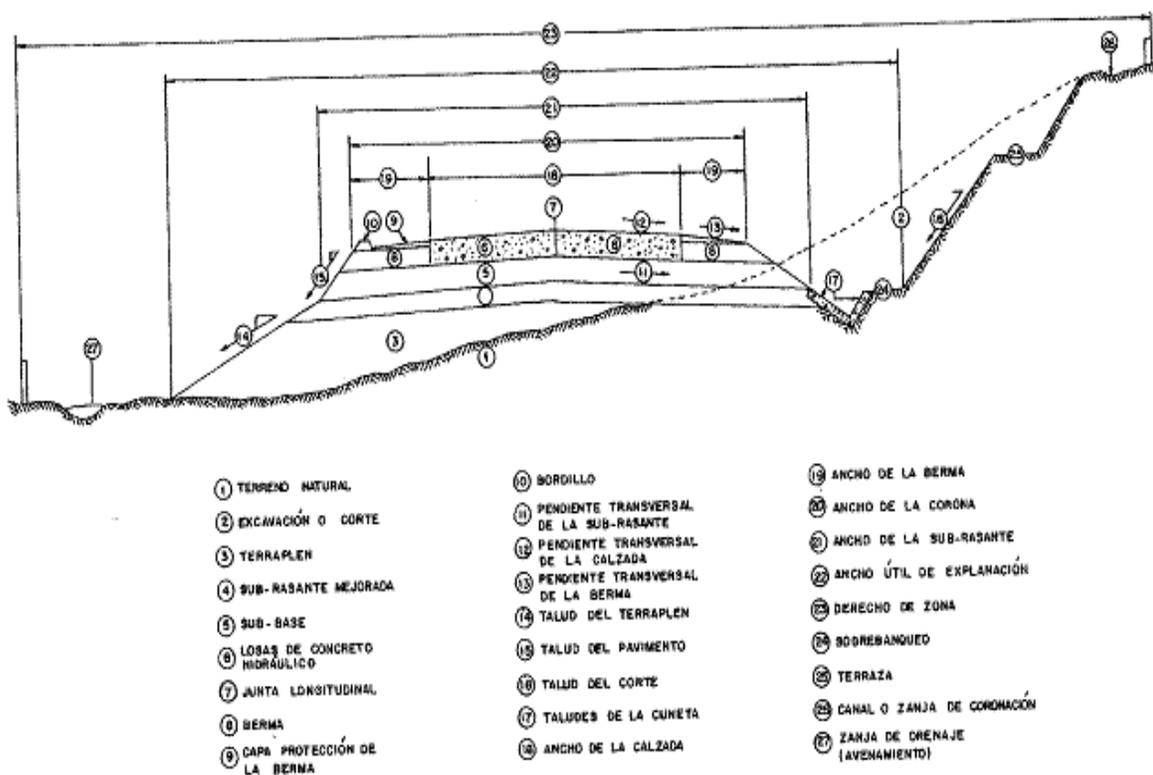
2.2.19. Tipos de Pavimentos:

“Los pavimentos se clasifican en: pavimentos rígidos, pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos articulados y pavimentos flexibles.” (Montejo, 2002, p. 2).

2.2.19.1. Pavimento rígido:

Son aquellos cuya superficie de rodadura es una losa de concreto hidráulico, que a su vez descansa sobre la subrasante o sub-base del pavimento rígido (ver Figura 3). Debido a la alta rigidez que presenta el concreto hidráulico, el comportamiento de distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. También pavimento rígido tiene un comportamiento suficientemente satisfactorio ante lugares de subrasante débil, todo esto gracias a su cierto grado de resistencia ante esfuerzos de tensión. (Montejo, 2002)

Figura 1. Sección típica de un pavimento rígido



Fuente: MONTEJO, 2002, Pág. 6

2.2.19.2. Pavimento Semirrígido:

Su estructura es básicamente la misma que un pavimento flexible, generalmente una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con aditivos, estos pueden ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. La utilización de esos aditivos tiene la finalidad de

cambiar las propiedades mecánicas de ciertos materiales de alguna capa del pavimento que por diversas razones no se pudiera utilizar o no fueran aptos. (Montejo, 2002).

2.2.19.3. Pavimentos articulados:

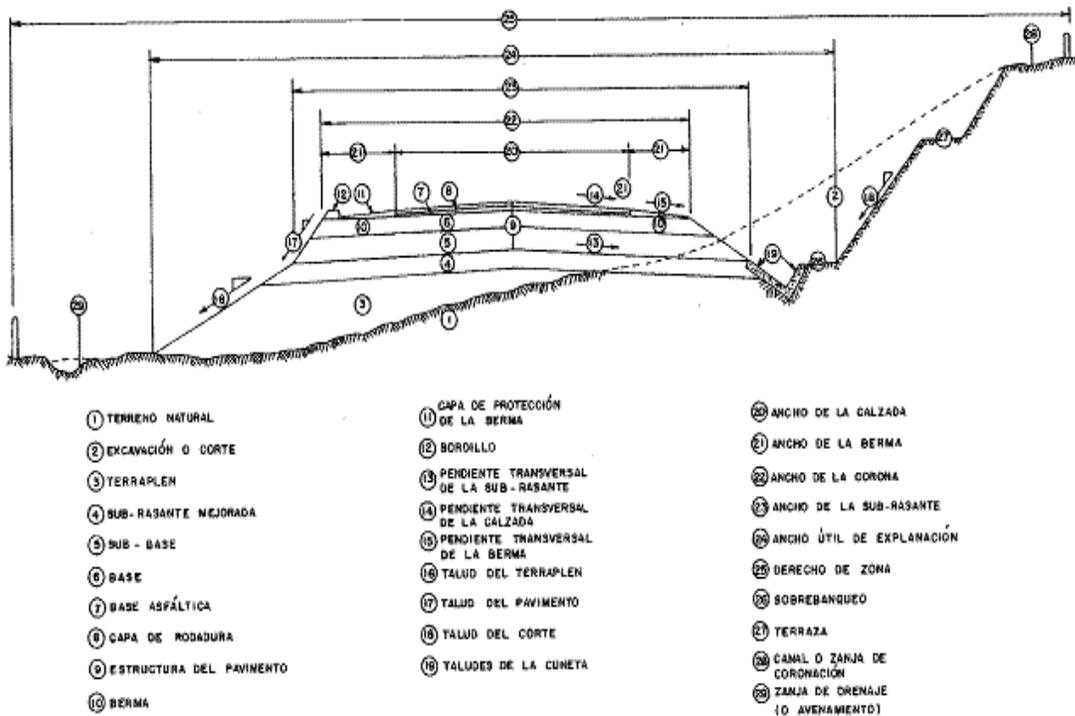
“Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento.” (Montejo, 2002, p. 7).

2.2.19.4. Pavimentos Flexibles:

Estos pavimentos cuentan con una capa de rodamiento constituida por mezcla asfáltica. Se denomina pavimento flexible debido a la forma en que se transmiten las cargas desde la carpeta de rodadura hasta la subrasante. Debido a que el asfalto actúa más como un transmisor, estos pavimentos requieren un mayor número de capas intermedias entre la carpeta de rodadura y la subrasante. (Becerra, 2002).

Los pavimentos flexibles en su primera capa se conforman por una carpeta bituminosa (carpeta asfáltica que conforma arena gravosa y alquitrán), esta se encuentra apoyada sobre dos capas no rígidas, las cuales son la base y la sub-base. Cabe resaltar que cualquiera de estas dos capas puede prescindirse, dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo, 2002)

Figura 2. Sección típica de un pavimento flexible



Fuente: MONTEJO, 2002 Pág. 3

2.2.19.4.1. Clasificación de capas y sus funciones:

2.2.19.4.1.1. Subrasante:

“Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.” (Coronado, 2002, p. 2).

2.2.19.4.1.2. Sub-base:

Es la capa de la estructura de pavimento cuya función principal es soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal forma que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones esenciales

en dicho suelo que puedan perjudicar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. (Coronado, 2002)

Además, sirve como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, de esta manera protegerá a la estructura del pavimento. Generalmente se utilizan materiales granulares para la conformación de esta capa.

Con lo referido a la capilaridad, en las épocas de heladas, se produce el fenómeno del hinchamiento del agua, este es causado por el congelamiento, esto originará fallas en el pavimento si no se contara con la presencia de una sub-base adecuada o una subrasante del mismo tipo. (Coronado, 2002)

2.2.19.4.1.3. Base:

Según Coronado (2002, p.4) “es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.” Los tipos de bases son las siguientes:

- **Base granular:**

“Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.” (Coronado, 2002, p. 6).

- **Base estabilizada:**

“Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de sub-base.” (Coronado, 2002, p. 6)

2.2.19.4.1.4. Superficie de rodadura:

Es la capa que se coloca sobre la base. Es la capa que aporta las características funcionales como impermeabilizar la superficie, evitando filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. (Coronado, 2002)

2.2.20. Factores a considerar en el Diseño de Pavimentos:

Si bien es cierto que estos factores se analizan a profundidad en el desarrollo de la tesis, es necesario realizar una descripción general:

2.2.20.1. El tránsito:

Para la aplicación de los métodos de diseño de las capas del pavimento, se utilizan las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) para el carril de diseño, se utiliza el más solicitado para la vía donde se colocará el pavimento, durante un periodo de tiempo de diseño. La consecuente repetición de las cargas del tránsito y la acumulación de deformaciones sobre el pavimento, lo que se llama fatiga, son importantes para el diseño. (Montejo, 2002)

2.2.20.2. La subrasante:

“De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.” (Montejo, 2002, p. 9)

2.2.20.3. El clima:

Los factores que más afectan a un pavimento durante su periodo de vida útil son las precipitaciones y los cambios de temperatura consecuentes. Las lluvias debido a su acción directa en el aumento del nivel freático influyen notoriamente en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de la subrasante. También influye en diversas actividades de construcción como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de las capas del pavimento granulares y asfálticas. (Montejo, 2002)

“Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en éstas esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas. En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirían en el nivel de servicio de la vía.” (Montejo, 2002, p. 9)

2.2.20.4. Los materiales disponibles:

“Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo. Por otra parte, se deben considerar los materiales básicos de mayor costo: ligantes y conglomerantes, especialmente.” (Montejo, 2002, p. 10)

“El análisis de los costos de construcción debe complementarse con una prevención del comportamiento del pavimento durante el período de diseño, la conservación necesaria y su costo actualizado y, finalmente, una estimación de futuros refuerzos estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones. Deberá tenerse en cuenta, además, los costos del usuario relacionados con su seguridad y con las demoras que se originan en carreteras relativamente congestionadas por los trabajos de conservación y repavimentación.” (Montejo, 2002, p. 10)

2.2.21. Métodos para Diseño de Pavimento Flexible:

2.2.21.1. Método guía AASHTO 93 de diseño:

Según el Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013, p. 90), “este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasante para el cálculo de espesores. Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO – 93. El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.”

2.2.21.1.1. Periodo de Diseño:

El periodo de diseño a ser utilizado según el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles será de 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, este valor se puede ajustar según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la entidad. . (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014)

2.2.21.1.2. Variables de la ecuación básica para el diseño:

Figura 3. Ecuación de Diseño

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Fuente: (Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, pág. 90)

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

- “Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n).” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 91)
- “MR: Modulo resiliencia, es una medida de la rigidez del suelo de la subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 91)
- “ZR: Coeficiente estadístico de desviación estándar Normal, representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 93)
- “So: Desviación estándar combinada, es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el

comportamiento del pavimento.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 94)

- “ Δ PSI: Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal asumida para el desarrollo del proyecto.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 95)
- “SN: Número Estructural, representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, ósea de la capa de rodadura, de base y de sub-base.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 96)

2.3. Definiciones

- **BOMBEO:**

“Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.” (Norma CE.010, 2010, p. 38)

- **BERMA:**

“Las áreas de la carretera, contiguas y paralelas a la carpeta o superficie de rodadura, que sirven de confinamiento a la capa de base y de zona de estacionamiento accidental de vehículos. (Coronado, 2002, p. 16)

- **CALZADA O PISTA:**

“Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales.” (Coronado, 2002, p. 16)

- **CAPACIDAD DE LA VÍA:**

“Es el máximo número de vehículos de todos los tipos para los que la vía deberá ser diseñada geométricamente.” (Norma CE.010, 2010, p. 39)

- **CARRIL:**

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos.” (Norma CE.010, 2010, p. 39)

- **SUBRASANTE:**

“Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.” (Coronado, 2002, p. 18)

- **CBR:**

“El CBR (California Bearing Ratio), ensayo normado bajo AASHTO T – 193, es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas.” (Becerra, 2012, p. 73)

- **MÓDULO RESILIENTE:**

“Es una relación que vincula las solicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse el estado de tensiones impuesto.” (Becerra, 2012, p. 75)

- **SERVICIABILIDAD:**

“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.” (Montejo, 2002, p. 265)

- **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 periodo de diseño.” (Montejo, 2002, p. 263)

- **COEFICIENTES ESTRUCTURALES:**

“El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente, 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 del pavimento.” (Montejo, 2002, p. 267)

- **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.” (Norma CE.010, 2010, p. 44)

- **SUB-BASE:**

“Es la capa de la estructura de pavimento que impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.” (Montejo, 2002, p. 14)

- **BASE:**

“Es la capa de pavimento cuya función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.” (Montejo, 2002, p. 4)

- **SUPERFICIE DE RODADURA:**

“La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.” (Montejo, 2002, p. 4).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Población

La población se considera el centro poblado Alto Trujillo.

3.1.2. Muestra

Nuestra muestra son las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo.

3.1.3. Unidad de Análisis

Dos vías (calles 5 y 9) del Centro Poblado Alto Trujillo, Distrito El Porvenir, Trujillo – La Libertad.

3.2. Método

3.2.1. Tipo de Investigación

Investigación de método inductivo: nos basaremos en la obtención de conclusiones a partir de la observación de hechos presenciados. La observación y análisis nos permitirá extraer conclusiones más o menos verdaderas, pero no permite establecer generalizaciones o predicciones.

3.2.2. Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación es de campo, al consistir en la recolección de datos provenientes de la realidad.

La metodología que se ha tomado para validar la hipótesis de esta investigación es la siguiente:

- Se realizó un recorrido para identificar la zona de estudio, posteriormente se procedió a identificar los puntos críticos donde ubicaremos nuestras estaciones para la realización del conteo vehicular.
- Para el estudio de suelos de la zona de estudio se tomaron 3 muestras separadas por un kilómetro una de la otra, posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio de suelos donde se realizaron los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de suelo.
- Con los datos obtenidos se procedió a recurrir a las normas y manuales necesarias para determinar los espesores de la infraestructura vial con ayuda de softwares, dicho modelamiento corresponde a la zona crítica de estudio.
- Por último, se procedió a proponer el sistema de desagüe de aguas pluviales y las señalizaciones horizontales y verticales, mostrando la ubicación y características de estos.

3.2.3. Variables de Estudio

- **Variable Independiente:**
 - Diagnóstico de la transitabilidad vial

- **Variable Dependiente:**

- Diseño estructural del pavimento

3.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos

- Estudio de tráfico
- Ensayos de mecánica de suelos

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO

4.1. Estudio de Tráfico

Debe señalarse en primer lugar que realizar el estudio de tráfico es de suma importancia para el diseño estructural del pavimento, pues este último tendrá que soportar las continuas cargas de los vehículos durante toda su vida útil, manteniendo un adecuado servicio.

El estudio realizado se propuso con el fin de obtener el Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 tn de diseño para el pavimento para las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo, durante su tiempo de vida útil.

4.1.1. Situación Actual

Las vías de estudio (Calle 5 y Calle 9), se encuentran en nivel de afirmado, siendo estas las vías más extensas del Centro Poblado Alto Trujillo. Se estableció que las Prolongaciones Tupac Yupanqui, 7 de Julio, Las Margaritas, Sinchi Roca y las Calles 7, 8, 30, 12 de Noviembre, 50, 53 y 12, cruzan perpendicularmente a nuestras vías de estudio, siendo las vías con mayor flujo vehicular, debido a que son vías asfaltadas.

Por estas vías transitan vehículos ligeros como: motos, autos, camionetas, microbuses y también vehículos pesados como: Camiones de 2 ejes.

Este flujo vehicular es principalmente de autos hacia el distrito La Esperanza parte alta, Florencia de Mora, El Porvenir y viceversa. El flujo vehicular aumenta durante las horas pico, durante la mañana de 6 a 8 a.m., en la tarde de 12 a 2 p.m. y en la noche de 6 a 8 p.m. Respecto al tránsito de vehículos pesado se da en menor cantidad.

4.1.2. Metodología del Trabajo de Campo

Todos los procedimientos realizados tanto para el conteo de vehículos como para el procesamiento de los datos y obtención del Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 tn, se realizaron basándose según las recomendaciones del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14”.

Los trabajos de campo consistieron en conteo de vehículos por 7 días consecutivos durante las 24 horas del día, para determinar el volumen de tránsito que soporta la vía y obtener el IMD.

Se tomaron 4 puntos de control para el conteo de vehículos:

CALLE 5

- Punto de Control N°1: Intersección de “Calle 5” y “Calle 12 de Noviembre”
- Punto de Control N°2: Intersección de “Calle 5” y “Prolog. Jr. Inca Yupanqui”

CALLE 9

- Punto de Control N°3: Intersección de “Calle 9” y “Prolog. Jr. Inca Yupanqui”
- Punto de Control N°4: Intersección de “Calle 9” y “Calle 12 de Noviembre”

Las labores de conteo y clasificación en el campo, se desarrollaron de la siguiente manera:

CALLE 5

- Día Lunes 15 y Martes 16 y Miércoles 17 de mayo del 2017, en el Punto de Control N°1.

- Día Jueves 18 y Viernes 19, Sábado 20 y Domingo 21 de mayo del 2017, en el Punto de Control N°2.

CALLE 9

- Día Lunes 22 y Martes 23 y Miércoles 24 de mayo del 2017, en el Punto de Control N°3.
- Día Jueves 25 y Viernes 26, Sábado 27 y Domingo 28 de mayo del 2017, en el Punto de Control N°4.



Figura 4. Ubicación gráfica de la zona de estudio y los puntos de control

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Metodología del Trabajo de Gabinete

4.1.3.1. Conteo de Vehículos

CALLE 5

En la Tabla N°1 se muestra el resumen promedio de los conteos vehiculares que se realizó durante 7 días las 24 horas del día, desde el 15/05/2017 al 21/05/2017 para los 2 puntos de control (ver anexo).

Tabla 1. Conteo de Vehículos (Calle 5)

DIA	FECHA	AUTO	CAMIONETA	COMBI	MICROBUS	CAMIÓN 2E
Lunes	15/05/2017	2577	57	30	133	46
Martes	16/05/2017	2662	66	32	131	44
Miércoles	17/05/2017	2487	55	28	137	37
Jueves	18/05/2017	2482	46	26	144	33
Viernes	19/05/2017	2632	53	31	162	31
Sábado	20/05/2017	2572	22	14	168	21
Domingo	21/05/2017	2149	33	10	151	14

Fuente: Elaboración Propia

CALLE 9

En la Tabla N°2 se muestra el resumen promedio de los conteos vehiculares que se realizó durante 7 días las 24 horas del día, desde el 22/05/2017 al 28/05/2017 para los 2 puntos de control (ver anexo).

Tabla 2. Conteo de Vehículos (Calle 9)

DIA	FECHA	AUTO	CAMIONETA	COMBI	MICROBUS	CAMIÓN 2E
Lunes	22/05/2017	2919	55	28	145	46
Martes	23/05/2017	3091	63	37	145	48
Miércoles	24/05/2017	2979	51	32	151	43
Jueves	25/05/2017	2981	44	21	152	44
Viernes	26/05/2017	2992	54	25	157	36
Sábado	27/05/2017	2656	35	22	152	34
Domingo	28/05/2017	2300	23	30	152	20

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2. Variación Horaria de Volumen de Tránsito

CALLE 5

En el gráfico N°1 se muestra el flujo hora máxima demanda, del cual obtendremos el volumen horario de máxima demanda (VHMD), este valor es el más representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día particular (ver anexo); en este caso VHMD=1492veh.

Gráfico 1. Flujo hora máxima demanda (Calle 5)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N°2 se muestra el flujo máximo que es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora ($T=15\text{min}$) (ver anexo); en este caso el flujo máximo se da entre las 12:00 y 12:15pm. $Q_{\text{max}15}=415\text{veh}$.

Gráfico 2. Variación horaria de volumen de tránsito (Calle 5)



Fuente: Elaboración Propia

Entonces, el factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor hora pico, que es la relación del VHMD y Q_{max} , nos da el valor 0.90.

CALLE 9

En el gráfico N°3 se muestra el flujo hora máxima demanda, del cual obtendremos el volumen horario de máxima demanda (VHMD), este valor es el más representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día particular (ver anexo); en este caso $VHMD=1842veh.$

Gráfico 3. Flujo hora máxima demanda (Calle 9)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N°4 se muestra el flujo máximo que es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora ($T=15min$) (ver anexo); en este caso el flujo máximo se da entre las 12:30 y 12:45pm. $Q_{max15}=474veh.$

Gráfico 4. Variación horaria de volumen de tránsito (Calle 9)



Fuente: Elaboración Propia

Entonces, el factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor hora pico, que es la relación del VHMD y Qmax, nos da el valor 0.97.

4.1.3.3. Cálculo de IMD

En la Tabla N°3 se muestra el IMD por vehículo, siendo el promedio de vehículos por tipo contabilizados durante la semana.

CALLE 5

Tabla 3. IMD (Calle 5)

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO					IMD
AUTO	CAMIONETA	COMBI	MICROBUS	CAMION 2E	
2509	47	24	147	32	2759

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°4 se muestra el IMD por vehículo, siendo el promedio de vehículos por tipo contabilizados durante la semana.

CALLE 9

Tabla 4. IMD (Calle 9)

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO					IMD
AUTO	CAMIONETA	COMBI	MICROBUS	CAMION 2E	
2845	46	28	151	39	3109

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.4. Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado (Fca)

El Factor de Crecimiento Acumulado se obtuvo de la Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población, para nuestra zona de estudio la cual se encuentra en el centro poblado Alto Trujillo, Trujillo, corresponde un valor del 4.25% anual.

El pavimento flexible para las calles 5 y 9 se diseñó para un periodo de 20 años.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14 establece los valores para el factor de crecimiento acumulado (Fca), donde se obtuvo un valor de $Fca = 30.56$ (ver anexo).

4.1.3.5. Cálculo del Factor de Distribución Direccional (Fd) y de Carril (Fc)

Estos factores se determinaron en base al número de calzadas que se pretenden diseñar para el pavimento, como también involucra el número de sentidos para las calzadas y el número de carriles por sentido.

En nuestro diseño se va a realizar una calzada de dos sentidos, con un carril por sentido.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14 establece los valores para los factores de Distribución Direccional (Fd) y de Carril

(Fc) y en base con lo que pretendemos diseñar el factor Direccional fue de 0.50 y el de Carril de 1.00 (ver anexo).

4.1.3.6. Conteo del Factor Eje Equivalente (E.E) y Factor Vehículo Pesado (Fvp)

El Factor E.E. representa el factor destructivo de los vehículos pesados, las distintas cargas que actúan sobre la estructura del pavimento dependen del tipo de eje y el número de neumáticos del vehículo pesado.

Del conteo de vehículos de la zona de estudio se estableció como vehículos pesados que transitaban al camión de 2 ejes. Para este camión corresponde una configuración vehicular específica, establecida por el Reglamento Nacional de Vehículos.

El camión de 2 ejes corresponde al Camión C2, de longitud máxima 12.30 m (ver anexo).

Para determinar el Factor E.E. se estableció la configuración de ejes que poseen los vehículos pesados, como la relación de cargas por eje para pavimento flexible.

Para la configuración de ejes, para el Camión C2 corresponde para su eje delantero un eje simple con rueda simple (1RS) y para su eje posterior un eje simple con rueda doble (1RD) (ver anexo).

Para la relación de cargas por eje para pavimento flexible, en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14 se muestran las fórmulas necesarias para calcular el Factor EE, teniendo en cuenta que la carga P, corresponde al valor en toneladas del total de ejes que posea la configuración vehicular.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos establece como pesos máximos de sus ejes, para el Camión C2 un total de 7 tn para el eje delantero y 10 tn para su eje posterior.

En la Tabla N°5 se muestra el total de Factor E.E. para los vehículos pesados C2.

Tabla 5. Factor E.E Camión C2

CAMIÓN C2		
Ejes	E1	E2
Carga (tn)	7	10
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.265	2.212
Total Factor E.E.	3.477	

Fuente: Elaboración propia

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (E.E.) entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 68)

El Factor Vehículo Pesado (Fvp) será igual al Factor E.E, que nos resultó 3.477, ya que el Camión C2 es el único vehículo pesado presente.

4.1.3.7. Cálculo del Factor de Ajuste de Presión de Neumático (Fp)

El factor de ajuste por presión de neumáticos, computa el efecto adicional de deterioro que se produce en las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 73).

Siguiendo las recomendaciones del Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, se utilizó como presión inicial 80 psi para un pavimento flexible, lo cual nos dio un valor de $F_p = 1.00$ (ver anexo)

4.1.3.8. Cálculo de Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 Tn

Para el cálculo se necesita los Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día para el carril de diseño.

En la Tabla N°6 y Tabla N°7 se muestra este valor obtenido de multiplicar el IMD resultante del vehículo pesado del conteo de vehículos, también el Factor Direccional, Factor Carril, Factor Vehículo Pesado y Factor de Ajuste Por Presión de Neumático obtenidos anteriormente para cada vía.

CALLE 5

Tabla 6. E.E. por cada tipo de vehículo (Calle 5)

VEHICULOS LIVIANOS	IMD	FACTOR CAMION EN EALS	FACTOR CRECIMIENTO	N° DE VEHICULOS POR AÑO	E.E.
AUTOMOVILES (2 EJES 4 RUEDAS)	2,509	0.0008	30.72	915,785	22,508.02
CAMIONETAS (2 EJES 4 RUEDAS)	47	0.0122	30.72	17,155	6,429.90
COMBIS (2 EJES 4 RUEDAS)	24	0.0052	30.72	8,760	1,399.46
MICROBUS (2 EJES 6 RUEDAS)	147	0.1890	30.72	53,655	311,548.56
CAMIÓN (2 EJES 6 RUEDAS)	32	3.4770	30.72	11,680	1'247,674.42
Sumatoria=					1'589,560.36

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 7. E.E. por cada tipo de vehículo (Calle 9)

VEHICULOS LIVIANOS	IMD	FACTOR CAMION EN EALS	FACTOR CRECIMIENTO	N° DE VEHICULOS POR AÑO	E.E.
AUTOMOVILES (2 EJES 4 RUEDAS)	2,845	0.0008	30.72	1'038,581	25,526.09
CAMIONETAS (2 EJES 4 RUEDAS)	46	0.0122	30.72	16,946	6,351.73
COMBIS (2 EJES 4 RUEDAS)	28	0.0052	30.72	10,168	1,624.38
MICROBUS (2 EJES 6 RUEDAS)	151	0.1890	30.72	54,959	319,117.76
CAMIÓN (2 EJES 6 RUEDAS)	39	3.4770	30.72	14,131	1'509,463.25
Sumatoria=					1'862,083.20

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se obtuvo el número de repeticiones de eje equivalente de 8.2 tn, que representa el parámetro que deseamos saber para el diseño del pavimento flexible, se necesita el Factor de crecimiento acumulado obtenido anteriormente multiplicado por 365 días de los años y por el EEdía-carril.

Tabla 8. Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn (Calle 5)

CALLE 5	Nrep de EE 8.2tn
Trafico de Diseño	794,780.18
Trafico Proyectado de Diseño ₂₀	1'768,678.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn (Calle 9)

CALLE 9	Nrep de EE 8.2tn
Trafico de Diseño	931,041.60
Trafico Proyectado de Diseño ₂₀	2'071,910.29

Fuente: Elaboración propia

4.2. Estudio de Suelos

4.2.1. Exploración de Campo

Se llevó a cabo la ejecución de pozos exploratorios (calicatas) a “cielo abierto” de 1,5 m de profundidad mínima, se excavaron un total de 6 calicatas, de las cuales para fines del presente estudio se han considerado todas las muestras.

CALLE 5

Tabla 10. Exploración de campo (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROF-(M) DE - A
C-1	M-1	0.20-1.50
C-2	M-2	0.30-1.50
C-3	M-3	0.10-1.50

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 11. Exploración de campo (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROF-(M) DE - A
C-4	M-4	0.10-1.50
C-5	M-5	0.20-1.50
C-6	M-6	0.30-1.50

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Ensayos de Laboratorio

Una vez recogida las muestras, se realizará los siguientes ensayos para una clasificación y descripción del comportamiento del suelo de la zona en estudio.

4.2.2.1. Análisis Granulométrico (MTC E107-ASTM D-422)

Esta prueba se realizó para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

CALLE 5

Tabla 12. Análisis granulométrico (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINO
C-1	M-1	0.00	100.00	0.00
C-2	M-2	0.22	99.78	0.00
C-3	M-3	0.14	99.86	0.00

Fuente: Elaboración propio

CALLE 9

Tabla 13. Análisis granulométrico (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINO
C-4	M-4	0.08	99.92	0.00
C-5	M-5	0.00	100.00	0.00
C-6	M-6	0.00	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propio

4.2.2.2. Límite Líquido (MTC E 110/ASTM D-4318)

Esta prueba se realizó para determinar el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir.

CALLE 5

Tabla 14. Límite Líquido (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO
C-1	M-1	NP
C-2	M-2	NP
C-3	M-3	NP

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 15. Límite Líquido (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO
C-4	M-4	NP
C-5	M-5	NP
C-6	M-6	NP

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3. Límite Plástico (MTC E 111/ASTM D-4318)

Esta prueba se realizó para determinar la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad. En este estado, el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento.

Con los datos de la tabla anterior se realizó cálculo del índice de plasticidad el cual es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, e indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico antes de cambiar al estado líquido.

CALLE 5

Tabla 16. Límite Plástico (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
C-1	M-1	NP	NP
C-2	M-2	NP	NP
C-3	M-3	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 17. Límite Plástico (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
C-4	M-4	NP	NP
C-5	M-5	NP	NP
C-6	M-6	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4. Contenido de Humedad (MTC E108/ASTM D-2216)

Esta prueba se realizó para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. Saber el grado de humedad es importante ya que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial los finos, se encuentran directamente asociadas con condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

CALLE 5

Tabla 18. Contenido de humedad (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C-1	M-1	1.51
C-2	M-2	0.98
C-3	M-3	1.14

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 19. Contenido de humedad (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C-4	M-4	1.25
C-5	M-5	1.34
C-6	M-6	1.23

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5. Clasificación SUCS (ASTM D-2487)

Esta prueba se realizó para determinar las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento aproximado de los suelos especialmente con el conocimiento de la granulometría.

CALLE 5

Tabla 20. Clasificación SUCS (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACION SUCS
C-1	M-1	SP
C-2	M-2	SP
C-3	M-3	SP

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 21. Clasificación SUCS (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACION SUCS
C-4	M-4	SP
C-5	M-5	SP
C-6	M-6	SP

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.6. Proctor Método Modificado (MTC E115/ASTM D-1557)

Esta prueba se realizó para determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

CALLE 5

Tabla 22. Proctor método modificado (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROCTOR	
		%Wopt	γ_{SM}
C-1	M-1	10.2	1.982

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 23. Proctor método modificado (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROCTOR	
		%Wopt	γ_{SM}
C-4	M-4	9.8	2.089

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.7. CBR (MTC E132/ASTM D-1883)

Esta prueba se realizó para determinar la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para la subrasante.

CALLE 5

Tabla 24. CBR (Calle 5)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROCTOR 95%
C-1	M-1	27.23

Fuente: Elaboración propia

CALLE 9

Tabla 25. CBR (Calle 9)

Nº CALICATA	MUESTRA	PROCTOR 95%
C-4	M-4	27.87

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1. Diseño de Pavimento

Después de la obtención del EE acumulados y CBR de la zona de estudio de los estudios de tráfico y suelos respectivamente, siendo estos los parámetros los más importantes, se procedió al diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93.

5.1.1. Método AASHTO 93

Este método proporciona una expresión analítica que, dada su complejidad, para efectos prácticos es reemplazada por nomogramas. Sin embargo, para efectos de cálculo computarizados la solución matemática es sumamente útil. Dicha formulación se presenta a continuación:

Figura 5. Ecuación de Diseño

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Fuente: (Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, pág.131)

Figura 6. Ecuación que relaciona al número estructural con los espesores de la capa

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Fuente: (Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, pág.140)

- **Número Estructural de Ejes Equivalentes (W18)**

De acuerdo a la zona de estudio, en la Calle 5 se obtuvo 794,780.18 EE acumulados y en la Calle 9 se obtuvo 931,041.60 EE acumulados; ambos valores representados por vehículos pesados tales como camiones de 2 ejes.

- **Módulo de Resiliencia**

De acuerdo a la zona de estudio, para la Calle 5 se obtuvo un MR de 21174.90 psi, ya que estuvo en función a un CBR de 27.23%, el cual pertenece a una subrasante de muy buena calidad; y para la Calle 9 se obtuvo un MR de 21492.09 psi, ya que estuvo en función a un CBR de 27.87%, que también pertenece a una subrasante de muy buena calidad. Cabe resaltar que se eligió el valor mínimo de CBR para condiciones más desfavorables.

- **Desviación Estándar Normal**

De acuerdo a la zona de estudio, se ha adoptado un valor de -0.842 para la Calle 5 y la Calle 9, ya que se tratan de vías con un bajo volumen de tránsito.

- **Desviación Estándar Combinada**

De acuerdo a la zona de estudio, se ha adoptado un valor de 0.45 ya que se trata de un pavimento flexible el cual está sujeto a muchas variaciones.

- **Índice de Serviciabilidad**

El valor asumido es de 1.5 ya que, por tratarse vías de poca importancia, no habrá muchas verificaciones de servicio.

- **Coefficientes Estructurales de Capas**

Basados en lo señalado según la norma: Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del Número Estructural de diseño para la Calle 5 y la Calle 9 son los siguientes:

$a_1 = 0.17$ (para carpeta asfáltica en caliente)

$a_2 = 0.052$ (para agregados de CBR = 80%)

$a_3 = 0.047$ (para agregados de CBR = 40%)

- **Coefficientes Drenaje**

Debido a que en la zona cuenta con muy poca presencia de precipitaciones pluviales, se está considerando un Coeficiente de Drenaje = 1,00.

- **Número Estructural y Espesores del Pavimento**

Aplicando la ecuación que relaciona al número estructural con los espesores del pavimento para los parámetros indicados y un periodo de 20 años, se obtuvo para la calle 5 un valor $SN = 2.5$, mientras que para la calle 9 un valor de $SN = 2.6$. Debido a esto, se llegó a los siguientes espesores:

Tabla 26. Número estructural y espesores

ESTRUCTURA	ESPESOR DEL PAVIMENTO
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE (cm)	5.00
BASE GRANULAR (cm)	20.00
SUBBASE GRANULAR (cm)	15.00

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las horas pico en las vías de estudio son: 6:00 am. – 8:00 am., 12:00 pm. – 2:00 pm., 6:00 pm. – 8:00 pm., teniendo como hora de máxima demanda 12:00 pm. – 1:00 pm., siendo el intervalo crítico de 12:30 pm. – 12:45 pm. En este lapso de tiempo, se pudo observar una gran influencia vehicular (474 vehículos), obteniendo como resultado, congestionamiento en las intersecciones principales de la zona, generando caos y riesgo de algún accidente.

El conteo vehicular se tomó en 7 días calendario y se tomó como periodo de diseño 20 años, lo cual nos dio como resultado un E.E de 7.94×10^5 y 9.31×10^5 para las Calles 5 y 9 respectivamente; y esto es factible ya que se tomó en cuenta el factor de crecimiento real.

El estudio de mecánica de suelos se realizó mediante calicatas, lo cual nos dio como material predominante una Arena Limpia, obteniendo como resultado un CBR de diseño de 27.23% y 27.87% para las Calles 5 y 9 respectivamente.

El diseño del pavimento se realizó con los métodos de ASSHTO, obteniendo como resultado los siguientes espesores:

_Carpeta Asfáltica = 5 cm.

_Base = 20 cm.

_Sub base = 15 cm.

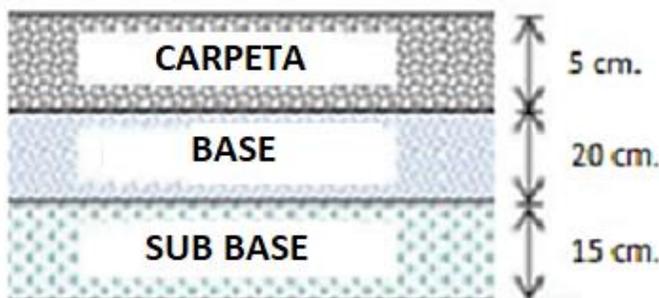
CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES

Mediante el estudio realizado, se pudo concluir que el tránsito vehicular de las vías en cuestión tiene como mayor influencia vehicular entre las 6 am. y 2 pm. (debido a la existencia de instituciones educativas, áreas recreacionales, centros de salud, etc.), siendo las horas pico el ingreso y salida de los participantes de dichas instituciones, lo cual genera congestión en las principales intersecciones, impidiendo que exista un tránsito fluido. El resto del día hay un gran decrecimiento, debido a la solicitud de la zona.

El diseño de la estructura del pavimento flexible, del presente proyecto, obedece 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.

Concluimos indicando, que dentro del diseño del Pavimento Flexible, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93, se tiene la siguiente estructura:



El sistema de drenaje de aguas pluviales en proyectos carreteros es necesario ya que los objetivos básicos de estas obras son la preservación de la carretera. Dada su importancia se requiere la realización de estudios del clima, suelo, hidrología, geología y ecológicos, a fin de prevenir el impacto negativo al ambiente. Cabe resaltar, que lo propuesto es a medida de prevención, por lo tanto su construcción dependerá de la continuidad de precipitaciones pluviales, ya que actualmente la zona de estudio cuenta con un bajo índice de éstas.

El estudio realizado en el centro del Centro Poblado Alto Trujillo (vías de estudio), nos muestra la carencia de señalización y la eminente necesidad de colocarla, para que cumpla su objetivo y contribuya a disminuir la cantidad de accidentes de tránsito que por estas causas se producen.

CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES

Se debería tomar medidas de seguridad vial para evitar el congestionamiento que se genera en las zonas de estudio y así evitar todo tipo de posibles accidentes.

Respetar los parámetros considerados y obtenidos para evitar trabajos de mantenimiento adicionales, ya que en la actualidad se puede comprobar que no se están realizando buenas obras de pavimentación, afectando a todo tipo de vehículos y peatones.

Para el sistema de drenaje de aguas pluviales se recomienda profundizar el estudio de éste, ya que se tomó en cuenta los sucesos ocurridos durante inicios de año, pero no por la continuidad de éstos, por lo tanto es de vital importancia ejecutar ésta propuesta siempre y cuando la zona lo requiera.

Los proyectos de señalización vertical, horizontal y Semaforización, no funcionan en forma independiente, esto quiere decir que los tres son complementarios entre si y ninguno funciona por separado; para obtener óptimos resultados con la ejecución de los mismos, se deberá tomar en cuenta la propuesta de señalización horizontal y vertical planteadas en el presente estudio, debiendo realizarse como estudio complementario un proyecto de semaforización. El abuso de señalizaciones sería perjudicial tanto para los choferes de vehículos, como para los peatones, ya que podría convertirse en contaminación visual, generando que se ignoren totalmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, M. (2012). *Tópicos de pavimentos de concreto: Diseño, Construcción y Supervisión*. Ciudad de Lima: Flujo Libre.
- Coronado, J. (2002) *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. (2da Ed). Guatemala.
- Cremades, I. (Octubre de 2010). *Los asfaltos, pasado, presente y futuro*. *Asfáltica Revista Técnica*, 23.
- Gómez, S. (2014) “*Diseño estructural del pavimento flexible para el Anillo Vial del Óvalo Grau – Trujillo - La Libertad*”. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.
- Harumi, K. (2014) “*Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho A Pativilca (Km 188 A 189)*” (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Manual de Carreteras, Sección: Suelos y Pavimentos (2014)*, (1ra Ed). Lima –Perú: Macro.
- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016)*, (1ra Ed). Lima –Perú: Macro.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. (3ra ed.). Bogotá-Colombia: Agora Editores.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010)*, (1ra Ed)- Lima –Perú: Grupo Universitario.
- Reyes, R., Cárdenas J. (1994) *Ingeniería de Tránsito* (7ª. Edición). México. Ediciones Alfaomega.
- Salamanca, M., Zuluaga, S. (2014) “*Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, Aastho 93 e Instituto del Asfalto para la vía la ye- Santa Lucia Barranca Lebrija entre los abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento*

del Cesar” (Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia.

ANEXOS



Municipalidad Del Centro Poblado Alto Trujillo

CARGO

Creada por Resolución de Concejo N° 150-2002-MPT del 19-09-2002
Adecuada por Ordenanza Municipal N° 011-2005-MPT del 19-05-05

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Alto Trujillo, 26 de Abril del 2017.

OFICIO N° 47-2017-MCPAT/A.

ING. LUIS E. IPARRAGUIRE VASQUEZ

COORDINADOR PADT-INGENIERÍA -UPAO.

ASUNTO: RESPUESTA A OFICIO N° 01-2017-FI-UPAO.



Me es sumamente grato dirigirme a usted para saludarlo a nombre de la Municipalidad del Centro Poblado Alto Trujillo, y el mío propio; manifestándole la disponibilidad de apoyo a los bachilleres: Gerson Andree Cisneros Torres, identificado con DNI N° 72402392 y Yoshiro Misaki Albino Gonzales, identificado con DNI N° 47956151, para la ejecución de sus actividades programadas, siendo que, deberán remitirnos la información obtenida al finalizar sus acciones.

Me suscribo de usted reiterándole mi especial consideración y alta estima.

Atentamente.



C.C.
Sec. Gral.
Archivo.
Área.

Mz.J2 Lt.01 – Barrio 5A Centro Poblado Alto Trujillo
E-mail: municpaltotrujillo@hotmail.com

"Luchando por nuestra Independencia"

Teléfono: 044-608424

"Luchando por nuestra Independencia"

Mz. J2 Lt. 01 - Barrio 5A Centro Poblado Alto Trujillo Teléfono: 044-608424 E-mail: municpaltotrujillo@hotmail.com

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo

VÍA: Calle 5

FECHA: 15/05/2017

ESTACIÓN: 1

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	175	5	4	10	1	195	6.86%
7 - 8	192	6	4	12	3	217	7.63%
8 - 9	154	3	2	8	4	171	6.01%
9 -10	103	3	0	7	7	120	4.22%
10 - 11	168	2	1	9	5	185	6.51%
11 - 12	179	4	2	11	4	200	7.03%
12 - 13	202	7	4	14	5	232	8.16%
13 - 14	161	5	2	12	3	183	6.44%
14 - 15	135	3	0	11	3	152	5.35%
15 - 16	112	2	0	8	2	124	4.36%
16 - 17	143	3	1	9	2	158	5.56%
17 - 18	188	5	3	11	2	209	7.35%
18 - 19	157	4	2	4	0	167	5.87%
19 - 20	124	3	1	2	1	131	4.61%
20 - 21	106	0	1	0	0	107	3.76%
21 - 22	98	0	1	0	0	99	3.48%
22 - 23	73	0	0	0	0	73	2.57%
23 - 24	35	0	0	0	0	35	1.23%
24 - 1	12	0	0	0	0	12	0.42%
1 - 2	5	0	0	0	0	5	0.18%
2 - 3	4	0	0	0	0	4	0.14%
3 - 4	4	0	0	0	0	4	0.14%
4 - 5	3	0	0	0	2	5	0.18%
5 - 6	44	2	2	5	2	55	1.93%
TOTAL	2577	57	30	133	46	2843	100.00%
PORCENT	90.64%	2.00%	1.06%	4.68%	1.62%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 5
FECHA: 16/05/2017
ESTACIÓN: 1

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	155	4	2	9	2	172	5.86%
7 - 8	179	5	2	13	2	201	6.85%
8 - 9	146	3	1	8	4	162	5.52%
9 -10	95	2	0	8	7	112	3.82%
10 - 11	154	2	1	9	4	170	5.79%
11 - 12	167	4	2	10	3	186	6.34%
12 - 13	197	8	3	16	5	229	7.80%
13 - 14	166	5	2	11	3	187	6.37%
14 - 15	137	3	0	9	2	151	5.14%
15 - 16	121	2	0	8	2	133	4.53%
16 - 17	150	3	1	8	3	165	5.62%
17 - 18	189	6	3	10	1	209	7.12%
18 - 19	163	5	4	4	2	178	6.06%
19 - 20	159	5	2	3	0	169	5.76%
20 - 21	161	1	3	0	0	165	5.62%
21 - 22	119	0	1	0	0	120	4.09%
22 - 23	95	0	0	0	0	95	3.24%
23 - 24	45	0	0	0	0	45	1.53%
24 - 1	13	0	0	0	0	13	0.44%
1 - 2	4	0	0	0	0	4	0.14%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.10%
3 - 4	4	0	0	0	0	4	0.14%
4 - 5	2	0	0	0	2	4	0.14%
5 - 6	38	8	5	5	2	58	1.98%
TOTAL	2662	66	32	131	44	2935	100.00%
PORCENT	90.70%	2.25%	1.09%	4.46%	1.50%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo

VÍA: Calle 5

FECHA: 17/05/2017

ESTACIÓN: 1

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	142	4	2	8	2	158	5.76%
7 - 8	166	4	1	12	1	184	6.71%
8 - 9	133	2	0	7	3	145	5.28%
9 - 10	103	1	0	6	6	116	4.23%
10 - 11	166	2	1	10	2	181	6.60%
11 - 12	178	5	1	15	3	202	7.36%
12 - 13	201	7	2	22	4	236	8.60%
13 - 14	179	5	1	11	3	199	7.25%
14 - 15	136	2	0	9	1	148	5.39%
15 - 16	126	2	0	7	1	136	4.96%
16 - 17	148	2	1	6	3	160	5.83%
17 - 18	177	4	2	12	1	196	7.14%
18 - 19	152	6	4	5	2	169	6.16%
19 - 20	120	4	3	3	2	132	4.81%
20 - 21	94	1	2	0	0	97	3.53%
21 - 22	88	0	2	0	0	90	3.28%
22 - 23	68	1	0	0	0	69	2.51%
23 - 24	41	0	0	0	0	41	1.49%
24 - 1	14	0	0	0	0	14	0.51%
1 - 2	3	0	0	0	0	3	0.11%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.11%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.07%
4 - 5	5	0	0	0	1	6	0.22%
5 - 6	42	3	6	4	2	57	2.08%
TOTAL	2487	55	28	137	37	2744	100.00%
PORCENT	90.63%	2.00%	1.02%	4.99%	1.35%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo

VÍA: Calle 5

FECHA: 18/05/2017

ESTACIÓN: 2

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	149	3	2	10	2	166	6.08%
7 - 8	177	4	2	10	1	194	7.10%
8 - 9	138	2	1	7	2	150	5.49%
9 -10	98	1	0	5	5	109	3.99%
10 - 11	152	2	1	12	2	169	6.19%
11 - 12	163	4	1	18	2	188	6.88%
12 - 13	195	8	3	26	3	235	8.60%
13 - 14	181	5	1	12	3	202	7.40%
14 - 15	129	2	1	6	1	139	5.09%
15 - 16	135	1	1	6	2	145	5.31%
16 - 17	145	2	0	8	2	157	5.75%
17 - 18	174	3	2	13	1	193	7.07%
18 - 19	144	2	3	4	2	155	5.68%
19 - 20	120	1	2	2	1	126	4.61%
20 - 21	108	1	2	0	0	111	4.06%
21 - 22	89	0	1	0	0	90	3.30%
22 - 23	68	0	0	0	0	68	2.49%
23 - 24	42	1	0	0	0	43	1.57%
24 - 1	10	0	0	0	0	10	0.37%
1 - 2	4	0	0	0	0	4	0.15%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.11%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.07%
4 - 5	5	0	0	0	2	7	0.26%
5 - 6	51	4	3	5	2	65	2.38%
TOTAL	2482	46	26	144	33	2731	100.00%
PORCENT	90.88%	1.68%	0.95%	5.27%	1.21%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 5
FECHA: 19/05/2017
ESTACIÓN: 2

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	181	3	3	11	0	198	6.81%
7 - 8	165	4	2	10	2	183	6.29%
8 - 9	138	2	1	9	4	154	5.29%
9 -10	112	3	0	6	5	126	4.33%
10 - 11	163	3	1	15	1	183	6.29%
11 - 12	177	4	3	21	2	207	7.12%
12 - 13	215	9	5	30	3	262	9.01%
13 - 14	196	5	1	12	3	217	7.46%
14 - 15	144	3	2	6	2	157	5.40%
15 - 16	132	2	2	7	2	145	4.98%
16 - 17	122	2	0	9	3	136	4.68%
17 - 18	173	3	2	15	0	193	6.63%
18 - 19	150	4	2	4	0	160	5.50%
19 - 20	131	3	2	2	2	140	4.81%
20 - 21	119	1	1	0	0	121	4.16%
21 - 22	103	0	1	0	0	104	3.58%
22 - 23	84	0	0	0	0	84	2.89%
23 - 24	42	0	0	0	0	42	1.44%
24 - 1	14	0	0	0	0	14	0.48%
1 - 2	6	0	0	0	0	6	0.21%
2 - 3	5	0	0	0	0	5	0.17%
3 - 4	5	0	0	0	0	5	0.17%
4 - 5	5	0	0	0	2	7	0.24%
5 - 6	50	2	3	5	0	60	2.06%
TOTAL	2632	53	31	162	31	2909	100.00%
PORCENT	90.48%	1.82%	1.07%	5.57%	1.07%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 5
FECHA: 20/05/2017
ESTACIÓN: 2

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	196	2	3	16	3	220	7.87%
7 - 8	218	2	2	17	3	242	8.65%
8 - 9	232	3	2	21	4	262	9.37%
9 -10	201	2	0	15	2	220	7.87%
10 - 11	184	1	0	14	1	200	7.15%
11 - 12	208	1	0	12	1	222	7.94%
12 - 13	157	0	0	13	1	171	6.11%
13 - 14	134	1	0	10	0	145	5.18%
14 - 15	116	1	0	7	1	125	4.47%
15 - 16	91	0	0	8	0	99	3.54%
16 - 17	84	0	0	11	0	95	3.40%
17 - 18	76	0	0	13	0	89	3.18%
18 - 19	158	4	2	4	0	168	6.01%
19 - 20	126	3	1	2	1	133	4.76%
20 - 21	111	0	1	0	0	112	4.00%
21 - 22	96	0	1	0	0	97	3.47%
22 - 23	75	0	0	0	0	75	2.68%
23 - 24	39	0	0	0	0	39	1.39%
24 - 1	13	0	0	0	0	13	0.46%
1 - 2	5	0	0	0	0	5	0.18%
2 - 3	4	0	0	0	0	4	0.14%
3 - 4	4	0	0	0	0	4	0.14%
4 - 5	3	0	0	0	2	5	0.18%
5 - 6	41	2	2	5	2	52	1.86%
TOTAL	2572	22	14	168	21	2797	100.00%
PORCENT	91.96%	0.79%	0.50%	6.01%	0.75%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 5
FECHA: 21/05/2017
ESTACIÓN: 2

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	234	5	3	15	1	258	10.95%
7 - 8	242	5	0	16	2	265	11.24%
8 - 9	251	8	0	14	3	276	11.71%
9 -10	244	6	0	15	1	266	11.29%
10 - 11	178	3	2	19	2	204	8.66%
11 - 12	139	1	0	21	1	162	6.87%
12 - 13	107	1	1	18	0	127	5.39%
13 - 14	83	1	0	11	0	95	4.03%
14 - 15	78	0	0	7	0	85	3.61%
15 - 16	66	0	0	7	0	73	3.10%
16 - 17	51	0	0	3	0	54	2.29%
17 - 18	43	0	0	2	0	45	1.91%
18 - 19	98	2	1	0	0	101	4.29%
19 - 20	85	1	0	0	0	86	3.65%
20 - 21	74	0	0	0	0	74	3.14%
21 - 22	51	0	1	0	0	52	2.21%
22 - 23	32	0	0	0	0	32	1.36%
23 - 24	15	0	0	0	0	15	0.64%
24 - 1	6	0	0	0	0	6	0.25%
1 - 2	3	0	0	0	0	3	0.13%
2 - 3	1	0	0	0	0	1	0.04%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.08%
4 - 5	3	0	0	0	2	5	0.21%
5 - 6	63	0	2	3	2	70	2.97%
TOTAL	2149	33	10	151	14	2357	100.00%
PORCENT	91.18%	1.40%	0.42%	6.41%	0.59%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 22/05/2017
ESTACIÓN: 3

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	201	5	3	10	1	220	6.09%
7 - 8	263	6	2	12	2	285	7.89%
8 - 9	188	4	0	8	5	205	5.67%
9 -10	192	3	1	9	7	212	5.87%
10 - 11	220	3	1	9	4	237	6.56%
11 - 12	241	5	2	10	4	262	7.25%
12 - 13	287	9	5	17	7	325	8.99%
13 - 14	254	6	2	13	3	278	7.69%
14 - 15	219	4	1	11	3	238	6.59%
15 - 16	165	1	1	10	2	179	4.95%
16 - 17	182	2	0	9	1	194	5.37%
17 - 18	230	6	2	15	1	254	7.03%
18 - 19	161	6	3	4	1	175	4.84%
19 - 20	135	4	2	3	1	145	4.01%
20 - 21	112	0	1	0	0	113	3.13%
21 - 22	104	0	0	0	0	104	2.88%
22 - 23	75	0	0	0	0	75	2.08%
23 - 24	38	0	0	0	0	38	1.05%
24 - 1	10	0	0	0	0	10	0.28%
1 - 2	3	0	0	0	0	3	0.08%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.08%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.06%
4 - 5	3	0	0	0	2	5	0.14%
5 - 6	39	4	2	5	2	52	1.44%
TOTAL	3327	68	28	145	46	3614	100.00%
PORCENT	92.06%	1.88%	0.77%	4.01%	1.27%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo

VÍA: Calle 9

FECHA: 23/05/2017

ESTACIÓN: 3

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	189	4	2	12	1	208	5.78%
7 - 8	219	5	2	15	1	242	6.73%
8 - 9	166	3	1	8	4	182	5.06%
9 -10	193	1	1	7	9	211	5.87%
10 - 11	218	2	1	8	3	232	6.45%
11 - 12	243	4	2	13	3	265	7.37%
12 - 13	272	7	4	19	7	309	8.59%
13 - 14	238	4	2	14	3	261	7.26%
14 - 15	204	3	0	8	1	216	6.01%
15 - 16	156	2	1	6	2	167	4.64%
16 - 17	162	2	1	8	2	175	4.87%
17 - 18	216	6	3	12	1	238	6.62%
18 - 19	170	7	3	5	3	188	5.23%
19 - 20	151	5	2	4	2	164	4.56%
20 - 21	168	2	3	0	0	173	4.81%
21 - 22	125	0	1	0	0	126	3.50%
22 - 23	86	0	0	0	0	86	2.39%
23 - 24	47	0	0	0	0	47	1.31%
24 - 1	11	0	0	0	0	11	0.31%
1 - 2	5	0	0	0	0	5	0.14%
2 - 3	5	0	0	0	0	5	0.14%
3 - 4	3	0	0	0	0	3	0.08%
4 - 5	3	0	0	0	3	6	0.17%
5 - 6	53	6	8	6	3	76	2.11%
TOTAL	3303	63	37	145	48	3596	100.00%
PORCENT	91.85%	1.75%	1.03%	4.03%	1.33%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 24/05/2017
ESTACIÓN: 3

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	152	3	2	8	2	167	5.13%
7 - 8	188	4	2	15	1	210	6.46%
8 - 9	147	1	0	6	3	157	4.83%
9 -10	136	1	0	7	5	149	4.58%
10 - 11	192	2	1	11	1	207	6.36%
11 - 12	221	4	1	18	3	247	7.59%
12 - 13	264	6	4	26	6	306	9.41%
13 - 14	235	5	1	12	3	256	7.87%
14 - 15	169	3	0	8	1	181	5.56%
15 - 16	151	1	1	8	2	163	5.01%
16 - 17	187	2	1	5	3	198	6.09%
17 - 18	228	3	2	16	1	250	7.69%
18 - 19	159	5	3	4	3	174	5.35%
19 - 20	135	4	2	2	2	145	4.46%
20 - 21	124	3	4	0	0	131	4.03%
21 - 22	102	1	2	0	0	105	3.23%
22 - 23	84	0	0	0	0	84	2.58%
23 - 24	38	0	0	0	0	38	1.17%
24 - 1	13	0	0	0	0	13	0.40%
1 - 2	4	0	0	0	0	4	0.12%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.09%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.06%
4 - 5	1	0	0	0	3	4	0.12%
5 - 6	41	3	6	5	4	59	1.81%
TOTAL	2976	51	32	151	43	3253	100.00%
PORCENT	91.48%	1.57%	0.98%	4.64%	1.32%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 25/05/2017
ESTACIÓN: 4

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	162	2	2	10	2	178	5.23%
7 - 8	231	4	1	11	1	248	7.28%
8 - 9	172	3	0	6	6	187	5.49%
9 -10	168	1	0	7	5	181	5.31%
10 - 11	189	2	1	13	4	209	6.14%
11 - 12	236	4	1	16	2	259	7.60%
12 - 13	265	7	4	28	6	310	9.10%
13 - 14	241	5	1	14	2	263	7.72%
14 - 15	172	1	1	7	1	182	5.34%
15 - 16	158	2	0	6	2	168	4.93%
16 - 17	168	2	0	7	1	178	5.23%
17 - 18	235	2	2	16	1	256	7.52%
18 - 19	149	3	2	3	3	160	4.70%
19 - 20	134	2	2	3	2	143	4.20%
20 - 21	116	1	1	0	0	118	3.46%
21 - 22	151	0	1	0	0	152	4.46%
22 - 23	73	0	0	0	0	73	2.14%
23 - 24	51	0	0	0	0	51	1.50%
24 - 1	12	0	0	0	0	12	0.35%
1 - 2	4	0	0	0	0	4	0.12%
2 - 3	3	0	0	0	0	3	0.09%
3 - 4	3	0	0	0	0	3	0.09%
4 - 5	4	0	0	0	3	7	0.21%
5 - 6	48	3	2	5	3	61	1.79%
TOTAL	3145	44	21	152	44	3406	100.00%
PORCENT	92.34%	1.29%	0.62%	4.46%	1.29%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 26/05/2017
ESTACIÓN: 4

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	244	2	3	15	0	264	7.40%
7 - 8	192	4	1	11	1	209	5.86%
8 - 9	179	3	0	10	4	196	5.49%
9 -10	167	1	0	8	5	181	5.07%
10 - 11	226	3	1	15	2	247	6.92%
11 - 12	251	4	3	23	5	286	8.02%
12 - 13	274	11	4	34	6	329	9.22%
13 - 14	228	5	1	12	1	247	6.92%
14 - 15	185	6	2	7	2	202	5.66%
15 - 16	172	4	1	9	4	190	5.33%
16 - 17	166	2	0	11	1	180	5.05%
17 - 18	247	3	2	27	0	279	7.82%
18 - 19	168	5	3	4	1	181	5.07%
19 - 20	151	2	1	3	1	158	4.43%
20 - 21	122	0	0	0	0	122	3.42%
21 - 22	98	0	1	0	0	99	2.78%
22 - 23	75	0	0	0	0	75	2.10%
23 - 24	36	0	0	0	0	36	1.01%
24 - 1	15	0	0	0	0	15	0.42%
1 - 2	5	0	0	0	0	5	0.14%
2 - 3	4	0	0	0	0	4	0.11%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.06%
4 - 5	3	0	0	0	1	4	0.11%
5 - 6	46	2	2	4	2	56	1.57%
TOTAL	3256	57	25	193	36	3567	100.00%
PORCENT	91.28%	1.60%	0.70%	5.41%	1.01%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 27/05/2017
ESTACIÓN: 4

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	201	2	1	17	3	224	8.64%
7 - 8	228	4	1	21	4	258	9.95%
8 - 9	250	4	3	29	6	292	11.27%
9 -10	195	3	0	16	5	219	8.45%
10 - 11	157	1	0	20	2	180	6.94%
11 - 12	132	1	1	14	1	149	5.75%
12 - 13	101	1	0	11	1	114	4.40%
13 - 14	86	0	0	5	1	92	3.55%
14 - 15	78	0	1	4	0	83	3.20%
15 - 16	72	1	0	6	0	79	3.05%
16 - 17	69	0	0	6	0	75	2.89%
17 - 18	57	0	0	8	0	65	2.51%
18 - 19	161	4	3	3	3	174	6.71%
19 - 20	129	4	2	2	1	138	5.32%
20 - 21	113	0	2	0	0	115	4.44%
21 - 22	102	0	0	0	0	102	3.94%
22 - 23	78	0	0	0	0	78	3.01%
23 - 24	42	0	0	0	0	42	1.62%
24 - 1	10	0	0	0	0	10	0.39%
1 - 2	5	0	0	0	0	5	0.19%
2 - 3	5	0	0	0	0	5	0.19%
3 - 4	4	0	0	0	0	4	0.15%
4 - 5	5	0	0	0	2	7	0.27%
5 - 6	61	3	8	5	5	82	3.16%
TOTAL	2341	28	22	167	34	2592	100.00%
PORCENT	90.32%	1.08%	0.85%	6.44%	1.31%	100.00%	

LUGAR: Centro Poblado Alto Trujillo
VÍA: Calle 9
FECHA: 28/05/2017
ESTACIÓN: 4

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS				CAMIONES	TOTAL	PORCENT
	AUTO	CAMT	COMBI	MICROB	C2E		
6 - 7	223	7	4	22	3	259	10.11%
7 - 8	253	8	5	21	3	290	11.32%
8 - 9	272	10	7	27	4	320	12.50%
9 -10	245	9	4	24	2	284	11.09%
10 - 11	201	7	2	15	1	226	8.82%
11 - 12	177	4	1	11	1	194	7.58%
12 - 13	136	2	1	9	1	149	5.82%
13 - 14	95	1	0	6	1	103	4.02%
14 - 15	83	1	0	4	0	88	3.44%
15 - 16	66	0	0	3	0	69	2.69%
16 - 17	57	0	0	4	0	61	2.38%
17 - 18	38	0	0	5	0	43	1.68%
18 - 19	99	2	1	0	0	102	3.98%
19 - 20	92	2	1	0	0	95	3.71%
20 - 21	78	1	0	0	0	79	3.08%
21 - 22	52	0	1	0	0	53	2.07%
22 - 23	38	0	0	0	0	38	1.48%
23 - 24	17	0	0	0	0	17	0.66%
24 - 1	4	0	0	0	0	4	0.16%
1 - 2	2	0	0	0	0	2	0.08%
2 - 3	1	0	0	0	0	1	0.04%
3 - 4	2	0	0	0	0	2	0.08%
4 - 5	4	0	0	0	2	6	0.23%
5 - 6	65	1	3	5	2	76	2.97%
TOTAL	2300	55	30	156	20	2561	100.00%
PORCENT	89.81%	2.15%	1.17%	6.09%	0.78%	100.00%	

CONTEO DE VOLÚMENES VEHICULARES - HOJA RESUMEN

VÍA:	CALLE 5
------	---------

DÍAS:	15/05/2017 - 21/05/17
-------	-----------------------

HORAS DE CONTROL	VOLUMEN TOTAL DIARIO							VTS	VHMAX		
	15	16	17	18	19	20	21				
7:00-7:15	58	55	48	58	53	65	62	399	1486		
7:15-7:30	61	51	48	55	50	64	66	395			
7:30-7:45	50	51	47	39	42	60	68	357			
7:45-8:00	48	44	41	42	38	53	69	335			
8:00-8:15	43	38	38	40	40	71	68	338	1320		
8:15-8:30	45	41	37	34	43	67	67	334			
8:30-8:45	42	39	36	36	36	63	72	324			
8:45-9:00	41	44	34	40	35	61	69	324			
9:00-9:15	31	20	27	30	33	54	63	258	1069		
9:15-9:30	28	24	28	24	29	51	67	251			
9:30-9:45	24	29	30	21	26	56	65	251			
9:45-10:00	37	39	31	34	38	59	71	309			
10:00-10:15	43	42	43	41	43	51	63	326	1292		
10:15-10:30	43	38	41	34	42	48	55	301			
10:30-10:45	51	45	49	44	51	48	43	331			
10:45-11:00	48	45	48	50	47	53	43	334			
11:00-11:15	48	43	48	42	49	53	45	328	1367		
11:15-11:30	47	42	47	48	49	52	37	322			
11:30-11:45	50	49	52	48	52	55	41	347			
11:45-12:00	55	52	55	50	57	62	39	370			
12:00-12:15	65	63	66	64	70	47	40	415	1492	qmax(15)	415
12:15-12:30	59	59	61	61	67	44	34	385			
12:30-12:45	56	55	56	56	64	42	29	358			
12:45-13:00	52	52	53	54	61	38	24	334			
13:00-13:15	49	50	53	54	59	38	24	327	1228		
13:15-13:30	47	48	50	53	56	37	24	315			
13:30-13:45	45	46	48	49	53	35	24	300			
13:45-14:00	42	43	48	46	49	35	23	286			
14:00-14:15	42	40	43	40	41	33	22	261	958		
14:15-14:30	38	38	38	35	41	32	21	243			
14:30-14:45	36	37	34	33	38	31	21	230			
14:45-15:00	36	36	34	31	37	29	21	224			
15:00-15:15	35	33	31	34	37	27	20	217	857		
15:15-15:30	30	30	33	36	37	26	18	210			
15:30-15:45	29	34	35	37	36	24	18	213			
15:45-16:00	30	36	37	38	35	24	17	217			
16:00-16:15	36	36	38	38	30	24	15	217	925		
16:15-16:30	39	40	40	38	33	24	14	228			
16:30-16:45	40	43	41	40	35	24	13	236			
16:45-17:00	43	46	41	41	38	23	12	244			
17:00-17:15	45	48	43	44	43	23	12	258	1134		
17:15-17:30	51	51	46	47	47	22	12	276			
17:30-17:45	55	53	52	49	48	22	11	290			
17:45-18:00	58	57	55	53	55	22	10	310			
18:00-18:15	50	54	48	47	48	50	15	312	1098		
18:15-18:30	45	46	43	41	43	45	25	288			
18:30-18:45	41	43	41	36	37	39	30	267			
18:45-19:00	31	35	37	31	32	34	31	231			
VOLUMEN TOTAL	2118	2083	2073	2036	2123	2040	1753	14226			

CONTEO DE VOLÚMENES VEHICULARES - HOJA RESUMEN

VÍA: CALLE 9

DÍAS: 22/05/2017 - 28/05/17

HORAS DE CONTROL	VOLUMEN TOTAL DIARIO							VTS	VHMAX
	22	23	24	25	26	27	28		
7:00-7:15	77	65	57	68	57	68	69	461	1742
7:15-7:30	74	62	53	64	55	66	72	446	
7:30-7:45	68	61	52	60	51	64	74	430	
7:45-8:00	66	54	48	56	46	60	75	405	1539
8:00-8:15	58	48	44	50	51	80	80	411	
8:15-8:30	54	41	41	43	53	75	75	382	
8:30-8:45	48	49	38	46	47	69	81	378	1437
8:45-9:00	45	44	34	48	45	68	84	368	
9:00-9:15	48	50	31	45	43	61	73	351	
9:15-9:30	50	51	38	46	44	55	71	355	1538
9:30-9:45	56	55	39	42	46	49	70	357	
9:45-10:00	58	55	41	48	48	54	70	374	
10:00-10:15	55	55	43	55	60	51	68	387	1662
10:15-10:30	58	58	52	53	62	48	57	388	
10:30-10:45	61	60	54	51	58	43	55	382	
10:45-11:00	63	59	58	50	67	38	46	381	1842
11:00-11:15	65	65	65	62	70	40	51	418	
11:15-11:30	63	59	66	64	71	38	48	409	
11:30-11:45	64	69	57	65	70	39	51	415	qmax(15)= 474
11:45-12:00	70	72	59	68	75	32	44	420	
12:00-12:15	80	79	67	74	81	28	40	449	
12:15-12:30	82	82	76	81	87	24	34	466	1500
12:30-12:45	86	76	80	81	84	29	38	474	
12:45-13:00	77	72	83	74	77	33	37	453	
13:00-13:15	74	69	69	71	71	24	30	408	1190
13:15-13:30	71	66	66	68	65	23	26	385	
13:30-13:45	68	64	62	64	59	23	24	364	
13:45-14:00	65	62	59	60	52	22	23	343	1015
14:00-14:15	64	59	50	48	52	22	23	318	
14:15-14:30	61	55	46	46	51	21	22	302	
14:30-14:45	58	53	43	45	50	20	22	291	1062
14:45-15:00	55	49	42	43	49	20	21	279	
15:00-15:15	52	46	42	43	48	20	19	270	
15:15-15:30	46	43	41	42	48	20	18	258	1385
15:30-15:45	42	40	40	42	47	20	16	247	
15:45-16:00	39	38	40	41	47	19	16	240	
16:00-16:15	43	41	45	43	46	19	16	253	1154
16:15-16:30	46	43	48	44	46	19	16	262	
16:30-16:45	50	44	51	45	44	19	15	268	
16:45-17:00	55	47	54	46	44	18	15	279	17066
17:00-17:15	59	54	57	57	62	17	13	319	
17:15-17:30	62	57	61	62	69	17	11	339	
17:30-17:45	65	61	64	67	72	16	10	355	1154
17:45-18:00	68	66	68	70	76	15	9	372	
18:00-18:15	52	54	47	45	51	49	30	328	
18:15-18:30	46	48	44	42	47	45	27	299	1154
18:30-18:45	41	44	43	38	43	42	24	275	
18:45-19:00	36	42	40	35	40	38	21	252	
VOLUMEN TOTAL	2669	2498	2324	2441	2546	1606	1828	17066	

**Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)
Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE**

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

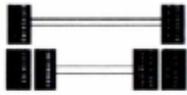
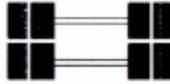
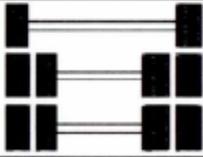
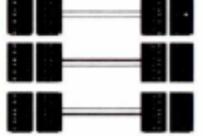
Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota:

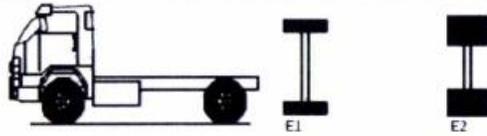
RS : Rueda Simple

RD: Rueda Doble

C2

Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

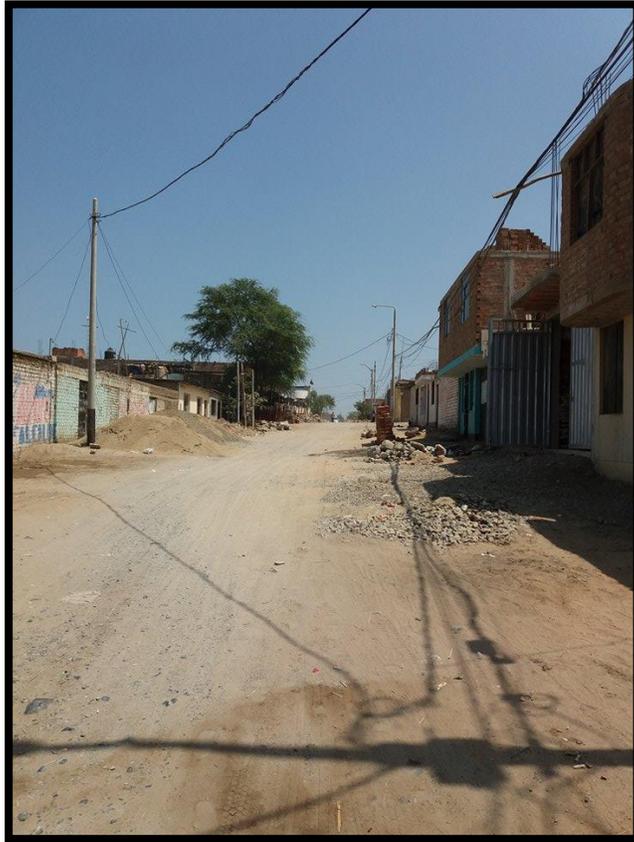
En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17 tn, pesando el eje delantero (E1) 7 tn y el eje posterior simple (E2) 10 tn. Aplicando las ecuaciones del [cuadro 6.3](#) para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el **factor camión C2 es igual a 3.477**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2								12.30
	$EE_{E1} = [P/6.6]^4$	$EE_{E2} = [P/8.2]^4$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						Total Factor Camión C2
Peso	7	10						3.477
Factor E.E.	1.265	2.212						

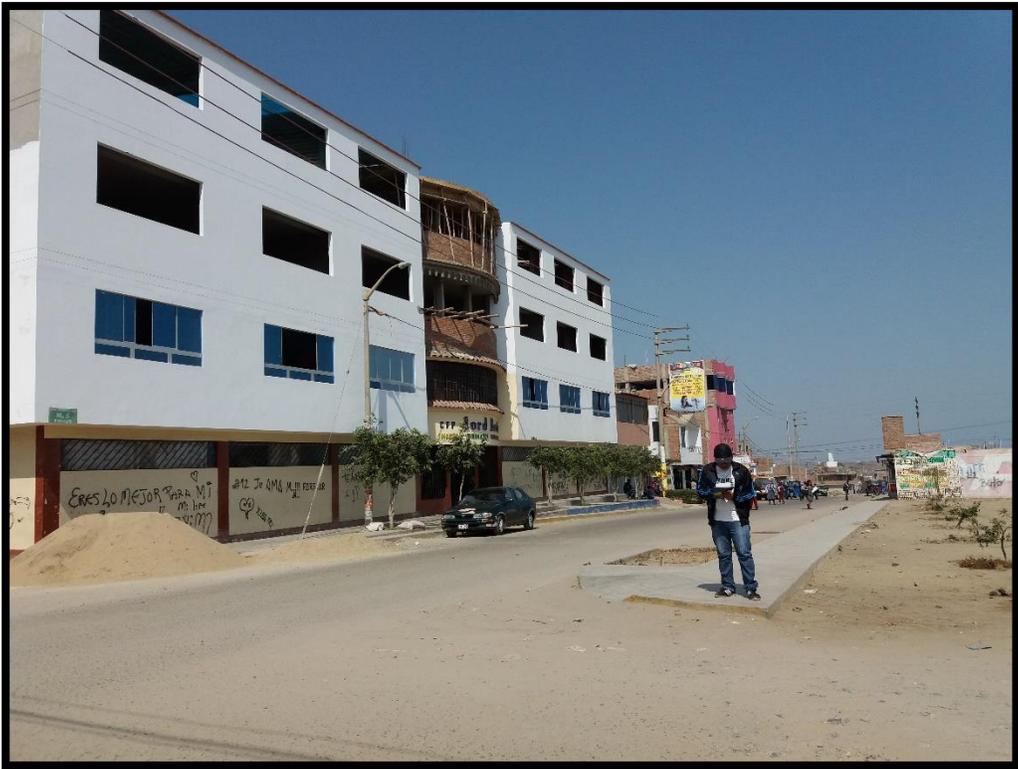
FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (F_p) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Estado actual de vía



Conteo vehicular en las estaciones



Exploración de suelo a cielo abierto (Calle 5)



Exploración de suelo a cielo abierto (Calle 9)



Perfil estratigráfico: Muestra N°1

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPEJOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
E x c a v a c i o n a c i e l o a b i e r t o	0.00								
	-0.20	0.20	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.40	1.30	M-1	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige, seco, en estado semiseco	SP	1.80	0.00	0.00	0.00
	-0.60								
	-0.80								
	-1.00								
	-1.20								
	-1.40								
	-1.60								
	-1.80								
-2.00									
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									

Perfil estratigráfico: Muestra N°2

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPESOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
E x c a v a c i o n a c i e l o a b i e r t o	0.00								
	-0.20	0.30	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.40	1.20	M-2	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige,seco, en estado semisecco	SP	1.40	0.00	0.00	0.00
	-0.60								
	-0.80								
	-1.00								
	-1.20								
	-1.40								
	-1.60								
	-1.80								
-2.00									
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									

Perfil estratigráfico: Muestra N°3

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPESOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
Excavación a cielo abierto	0.00	0.10	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.20	1.40	M-3	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige,seco,en estado semiseco	SP	1.50	0.00	0.00	0.00
-0.40									
-0.60									
-0.80									
-1.00									
-1.20									
-1.40									
-1.60									
-1.80									
-2.00									
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									

Perfil estratigráfico: Muestra N°4

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPESOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
E x c a v a c i o n a c i e l o a b i e r t o	0.00	0.10	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.20 -0.40 -0.60 -0.80 -1.00 -1.20 -1.40 -1.60 -1.80 -2.00	1.40	M-4	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige, seco, en estado semisecco	SP	2.80	0.00	0.00	0.00
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									

Perfil estratigráfico: Muestra N°5

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPEJOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
E x c a v a c i o n a c i e l o a b i e r t o	0.00	0.20	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.20	1.30	M-5	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige,seco,en estado semisecho	SP	2.10	0.00	0.00	0.00
	-0.40								
	-0.60								
	-0.80								
	-1.00								
	-1.20								
	-1.40								
	-1.60								
	-1.80								
-2.00									
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									

Perfil estratigráfico: Muestra N°6

TIPO DE EXPLORACION	PROF. (m)	ESPEJOR (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	SIMBOLO	%W	LL	LP	IP
E x c a v a c i o n a c i e l o a b i e r t o	0.00								
	-0.20	0.30	-	Material de relleno de arena limosa con pocas gravas	R	-	0.00	0.00	0.00
	-0.40	1.20	M-6	Arena media no plastico/A-1-b, de color beige, seco, en estado semiseco	SP	1.90	0.00	0.00	0.00
	-0.60								
	-0.80								
	-1.00								
	-1.20								
	-1.40								
	-1.60								
	-1.80								
	-2.00								
NAF.NO SE PRESENTO NIVEL DE AGUA FREATICA A LOS 1.50m DE PROFUNDIDAD									



Trujillo, junio 15. del 2017

OFICIO N° 0423-2017-DEIC-FI-UPAO

Señor Ingeniero
LUIS IPARRAGUIRRE VASQUEZ
Coordinador PADT – Facultad de Ingeniería
Presente.-

ASUNTO: Autorización para uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos, 201710
Referencia: Oficio N° 0029-2017- FI-UPAO

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y, en atención al documento de la referencia, se hace de conocimiento del otorgamiento del permiso para el uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos II y Pavimentos a fin que la testista que se indica a continuación realice los ensayos solicitados:

- CISNEROS TORRES GERSON y
- ALBINO GONZALES YOSHIRO

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para manifestarle mi especial consideración y estima.

Atentamente,



M.SC. ENRIQUE F. LUJAN SILVA
Director Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ELS/Esmeralda

Determinación de cantidad de muestra a usar (Calle 5)



Determinación de cantidad de muestra a usar (Calle 9)



Colocación de la muestra en el horno



Retiro de la muestra seca en horno



Colocación de muestra y proceso de tamizado (Calle 5)



Retiro de muestra retenida en cada tamiz (Calle 5)



Cálculo de peso retenido en cada tamiz (Calle 5)



Colocación de muestra y proceso de tamizado (Calle 9)



Retiro de muestra retenida en cada tamiz (Calle 9)



Cálculo de peso retenido en cada tamiz (Calle 9)



Análisis granulométrico: Calicata N°1

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	0.00	0.00
Nº8	2.38	0.0937	0.00	0.00
Nº10	2	0.0787	0.00	0.00
Nº16	1.19	0.0469	0.59	0.06
Nº20	0.84	0.0331	2.55	0.27
Nº30	0.595	0.0234	20.43	2.15
Nº40	0.42	0.0165	32.02	3.37
Nº50	0.3	0.012	53.63	5.64
Nº60	0.25	0.0098	99.60	10.47
Nº80	0.177	0.0070	398.78	41.93
Nº100	0.149	0.0059	199.78	21.01
Nº120	0.125	0.0049	87.61	9.21
Nº200	0.075	0.0029	55.99	5.89
			950.98	100.00

Análisis granulométrico: Calicata N°2

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	2.12	0.22
Nº8	2.38	0.0937	4.82	0.50
Nº10	2	0.0787	2.51	0.26
Nº16	1.19	0.0469	5.40	0.56
Nº20	0.84	0.0331	103.15	10.73
Nº30	0.595	0.0234	42.42	4.41
Nº40	0.42	0.0165	47.82	4.97
Nº50	0.3	0.012	74.42	7.74
Nº60	0.25	0.0098	338.37	35.20
Nº80	0.177	0.0070	154.63	16.09
Nº100	0.149	0.0059	87.34	9.09
Nº120	0.125	0.0049	70.18	7.30
Nº200	0.075	0.0029	28.15	2.93
			961.33	100.00

Análisis granulométrico: Calicata N°3

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	1.35	0.14
Nº8	2.38	0.0937	4.43	0.46
Nº10	2	0.0787	2.12	0.22
Nº16	1.19	0.0469	5.01	0.52
Nº20	0.84	0.0331	102.77	10.72
Nº30	0.595	0.0234	42.03	4.39
Nº40	0.42	0.0165	47.43	4.95
Nº50	0.3	0.012	75.97	7.93
Nº60	0.25	0.0098	337.63	35.23
Nº80	0.177	0.0070	151.17	15.77
Nº100	0.149	0.0059	90.82	9.48
Nº120	0.125	0.0049	69.80	7.28
Nº200	0.075	0.0029	27.77	2.90
			958.31	100.00

Análisis granulométrico: Calicata N°4

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	0.77	0.08
Nº8	2.38	0.0937	3.86	0.40
Nº10	2	0.0787	1.54	0.16
Nº16	1.19	0.0469	4.44	0.46
Nº20	0.84	0.0331	102.33	10.71
Nº30	0.595	0.0234	41.51	4.34
Nº40	0.42	0.0165	46.92	4.91
Nº50	0.3	0.012	75.49	7.90
Nº60	0.25	0.0098	337.87	35.36
Nº80	0.177	0.0070	153.88	16.10
Nº100	0.149	0.0059	90.36	9.46
Nº120	0.125	0.0049	69.31	7.25
Nº200	0.075	0.0029	27.22	2.85
			955.49	100.00

Análisis granulométrico: Calicata N°5

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	0.00	0.00
Nº8	2.38	0.0937	0.00	0.00
Nº10	2	0.0787	0.00	0.00
Nº16	1.19	0.0469	1.18	0.12
Nº20	0.84	0.0331	3.14	0.33
Nº30	0.595	0.0234	21.00	2.20
Nº40	0.42	0.0165	32.59	3.41
Nº50	0.3	0.012	54.18	5.67
Nº60	0.25	0.0098	100.11	10.47
Nº80	0.177	0.0070	399.08	41.74
Nº100	0.149	0.0059	200.22	20.94
Nº120	0.125	0.0049	88.14	9.22
Nº200	0.075	0.0029	56.53	5.91
			956.17	100.00

Análisis granulométrico: Calicata N°6

TAMAÑO O NÚMERO			RETENIDO	% RETENIDO
TAMIZ	MILÍMETROS	PULGADAS		
Nº4	4.76	0.187	0.00	0.00
Nº8	2.38	0.0937	0.00	0.00
Nº10	2	0.0787	0.78	0.08
Nº16	1.19	0.0469	1.75	0.18
Nº20	0.84	0.0331	3.70	0.39
Nº30	0.595	0.0234	21.44	2.24
Nº40	0.42	0.0165	32.93	3.45
Nº50	0.3	0.012	54.37	5.69
Nº60	0.25	0.0098	99.97	10.46
Nº80	0.177	0.0070	396.75	41.51
Nº100	0.149	0.0059	199.35	20.86
Nº120	0.125	0.0049	88.08	9.22
Nº200	0.075	0.0029	56.71	5.93
			955.83	100.00

Contenido de humedad: Muestra N°1

CALICATA 01	
Recipiente N° 01	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1061.50
Peso de suelo seco + tara	1046.67
Peso de agua	14.83
Peso de tara	61.50
Peso de suelo seco	985.17
Contenido de agua	1.51

Contenido de humedad: Muestra N°2

CALICATA 02	
Recipiente N° 02	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1054.10
Peso de suelo seco + tara	1044.43
Peso de agua	9.67
Peso de tara	54.10
Peso de suelo seco	990.33
Contenido de agua	0.98

Contenido de humedad: Muestra N°3

CALICATA 03	
Recipiente N° 03	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1054.10
Peso de suelo seco + tara	1042.85
Peso de agua	11.25
Peso de tara	54.10
Peso de suelo seco	988.75
Contenido de agua	1.14

Contenido de humedad: Muestra N°4

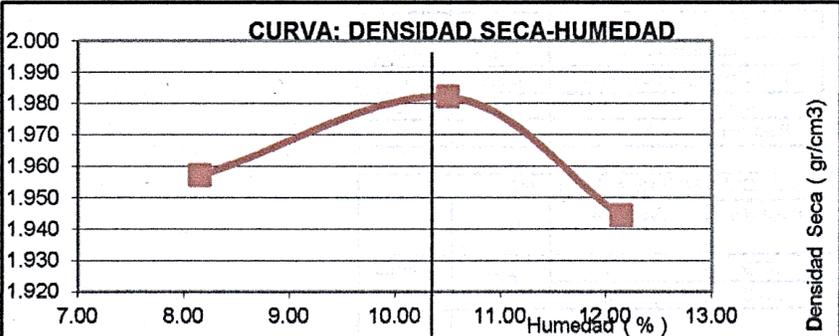
CALICATA 04	
Recipiente N° 04	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1061.50
Peso de suelo seco + tara	1049.12
Peso de agua	12.38
Peso de tara	61.50
Peso de suelo seco	987.62
Contenido de agua	1.25

Contenido de humedad: Muestra N°5

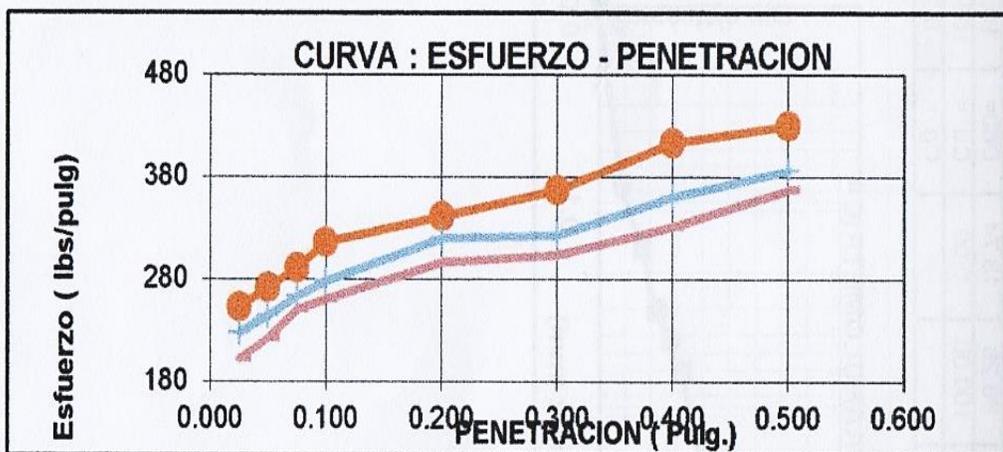
CALICATA 05	
Recipiente N° 05	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1061.50
Peso de suelo seco + tara	1048.26
Peso de agua	13.24
Peso de tara	61.50
Peso de suelo seco	986.76
Contenido de agua	1.34

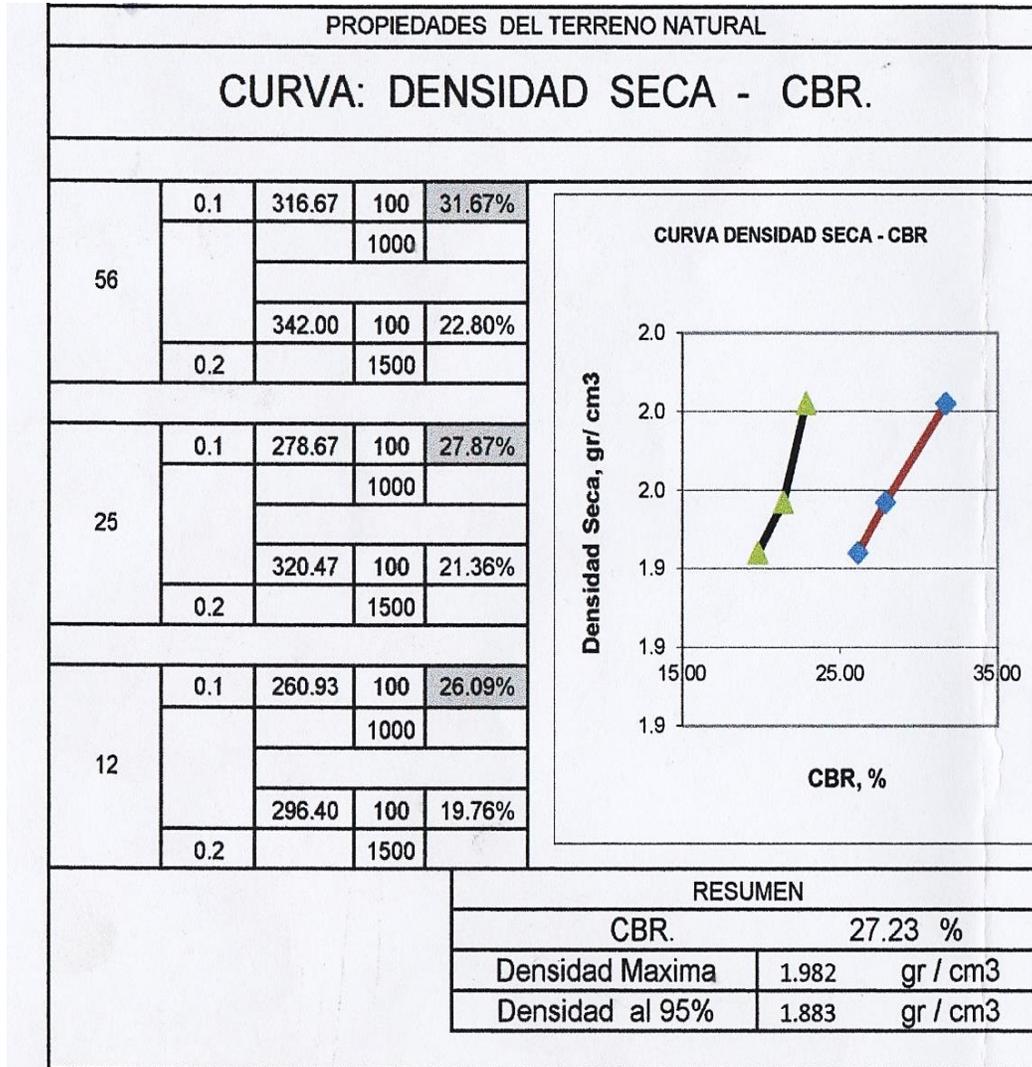
Contenido de humedad: Muestra N°6

CALICATA 06	
Recipiente N° 06	CONTENIDO (g.)
Peso de suelo húmedo + tara	1054.10
Peso de suelo seco + tara	1041.95
Peso de agua	12.15
Peso de tara	54.10
Peso de suelo seco	987.85
Contenido de agua	1.23

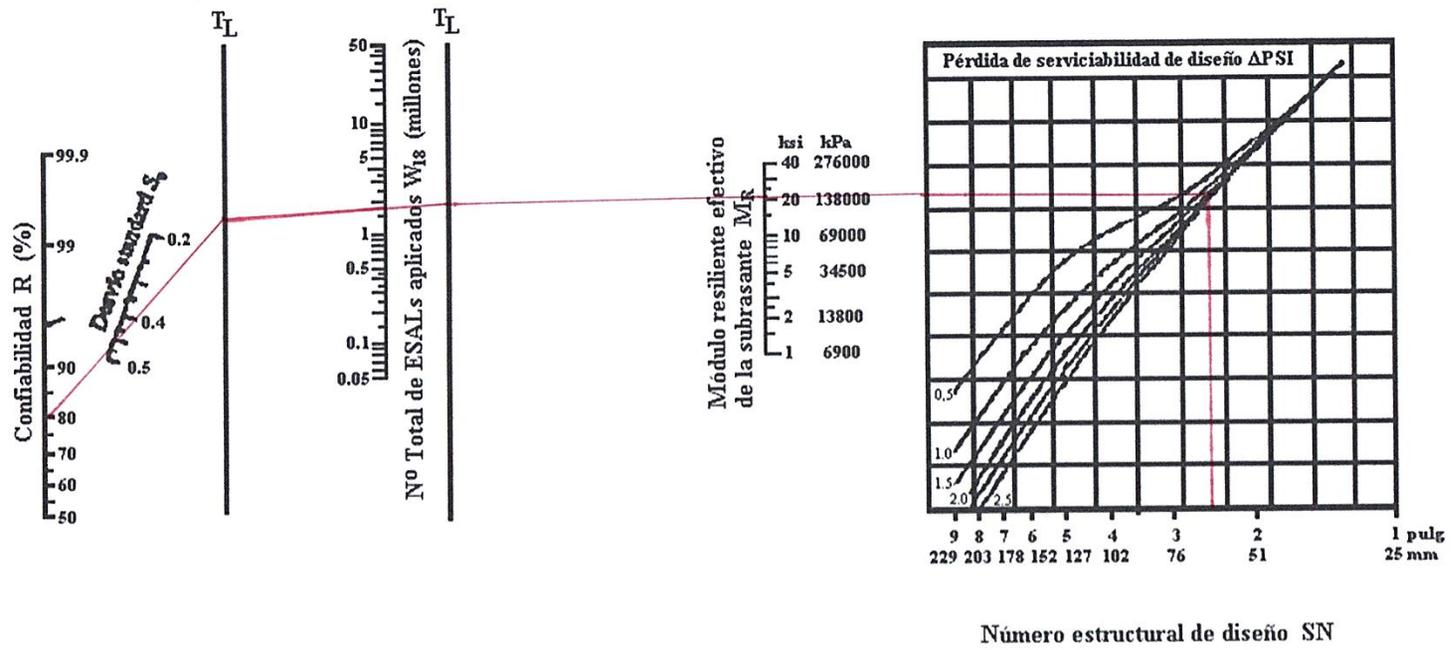
ENSAYO DE PROCTOR PARA LA DETERMINACION DEL CBR.						
Molde Numero	1	3	2			
Numero de capas	5	5	5			
Numero de Golpes por Capa	56	25	12			
Condicion de la Muestra	No Satud	Saturada	No Satud	Saturada	No Satud	Saturada
Peso del Molde + Suelo Humedo	12671		12521		12599	
Peso del Molde (gr)	7870		7870		7810	
Peso del suelo Humedo (gr.)	4801		4651		4789	
Volumen del Molde (cm3)	2198.0		2198.00		2198.00	
Densidad Humeda del Suelo (g	2.184		2.116		2.179	
Humedad Contendida						
Contenido de Humec 100	10.50		8.15		12.15	
Factor de Densidad 1	1.1020		1.0812		1.1208	
Densidad Seca de la Muestra (1.982		1.957		1.944	
<div style="text-align: center;">  <p>CURVA: DENSIDAD SECA-HUMEDAD</p> </div>						
Maxima Densidad Seca	1.982	gr. /cm3	Optimo Contenido de Humedad	10.4	%	
EXPANSION						
Fecha	Hora	Tiempo - H	Dial	Expansion	Dial	Expansion
13/08/2017	01:30- p.m	0	0	mm.	0	mm.
14/08/2017	01:30- p.m	24	0	0.0	0	0.0
15/08/2017	01:30- p.m	48	0	0.0	0	0.0
16/08/2017	01:30- p.m	72	0	0.0	0	0.0

PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL									
ENSAYO DE CARGA - PENETRACION									
Penetracion en pul	Molde N' 1			Molde N' 2			Molde N' 3		
	Lectura Dial (Lbs.)	Carga		Lectura Dial (lb.)	Carga		Lectura Dial	Carga	
		Lbs.	Lb/pg2		Lbs.	Lb/pg2		Lbs.	Lb/pg2
0.025	200	760	253.3	180	684	228.0	160	608	202.7
0.050	215	817	272.3	193	733	244.5	176	669	222.9
0.075	230	874	291.3	208	790	263.5	198	752	250.8
0.100	250	950	316.7	220	836	278.7	206	783	260.9
0.200	270	1026	342.0	253	961	320.5	234	889	296.4
0.300	290	1102	367.3	255	969	323.0	240	912	304.0
0.400	327	1243	414.2	285	1083	361.0	262	996	331.9
0.500	340	1292	430.7	305	1159	386.3	290	1102	367.3

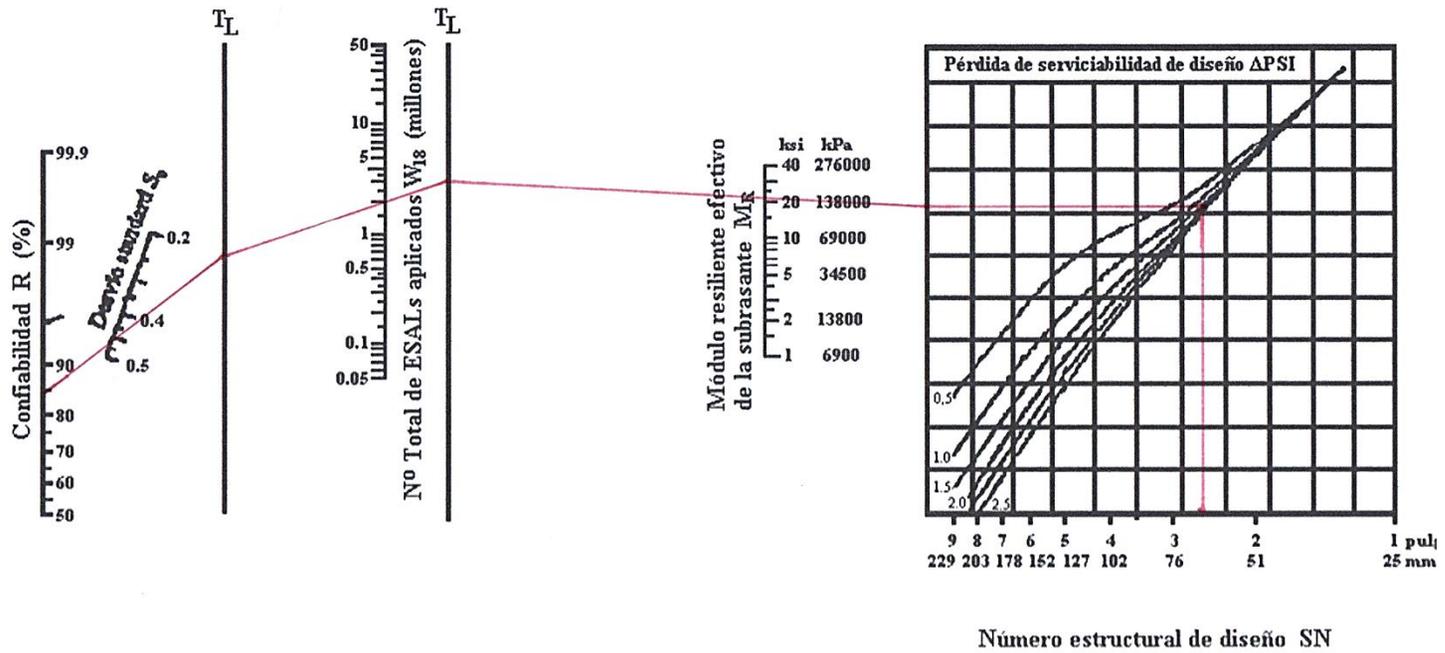




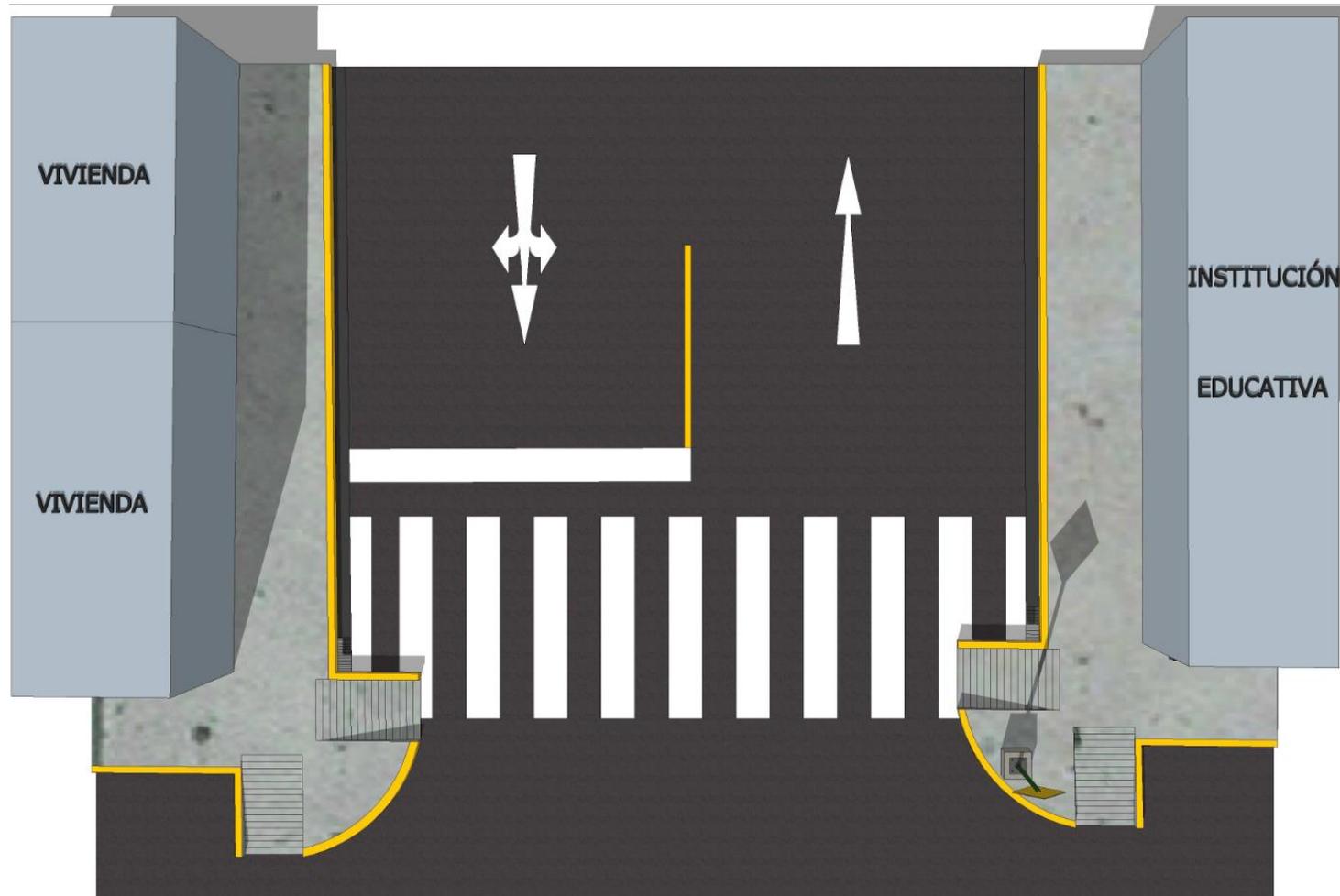
CALLE 5: ÁBACO AASHTO. SN = 2.5



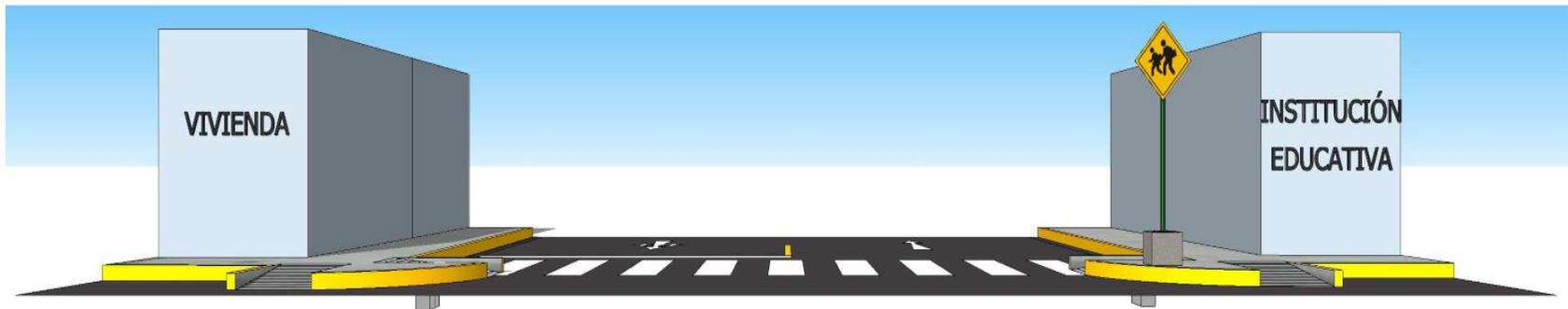
CALLE 9: ÁBACO AASHTO. SN = 2.6



Vista en planta de señalización horizontal y vertical



Vista frontal de señalización horizontal y vertical



Vista isométrica de señalización horizontal y vertical



PLANOS