



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL
MÉTODO DE AASHTO -93 Y DRENAJE MENOR DE 1 KM DE CALLES,
BARRIO LA LUZ, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES.”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Gissela del Carmen Blandón Gutiérrez
Br. Carlos Ariel Salinas Calero

Tutor

Ing. Lázaro José González Herrera

Managua, Agosto 2021

Dedicatoria:

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres: María del Carmen Gutiérrez y Sergio Blandón por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ser el pilar más importante de mi vida, por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional, y transmitirme el deseo de superación, es gracias a ustedes que hoy he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que hoy soy.

A mi hermano Jesús Blandón por ser una de las principales razones de mis esfuerzos.

A mi abuelita Marlene Gutiérrez por creer en mí desde que comencé este largo proceso.

A toda mi familia y amigos que siempre estuvieron presentes para darme ánimos y recordarme que yo pude, puedo y podré con todo lo que me proponga.

Br. Gissela del Carmen Blandón Gutiérrez

Agradecimiento:

Agradezco primeramente a Dios, nuestro padre celestial, por haberme dado salud, sabiduría, fuerzas durante el tiempo empleado ya que sin su voluntad nada de esto hubiese sido posible.

Me van a faltar palabras para agradecer a las personas que se han involucrado en que este sueño se haga realidad, sin embargo merecen reconocimiento especial mi papá, mi mamá, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria, dándome el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

A mi tutor Ing. Lázaro José González Herrera por su valioso tiempo y aportes para nuestra investigación, por animarnos en todo momento y darnos esa seguridad que si nos esforzamos se pueden cumplir las metas planeadas en nuestra vida y estar a la disposición en todo momento.

A nuestros maestros quienes fueron fuente de enseñanzas, conocimientos y consejos que nos serán muy útiles en el camino que nos queda por recorrer.

A mis compañeros de universidad por cada uno de los momentos y conocimientos compartidos, gracias porque a lo largo de estos años se convirtieron en mi otra familia.

Y por último pero no menos importante a Edward Cabrera por siempre recordarme que lo último que se pierde es la esperanza y que todo nos sale bien si nos damos un relax, tranqui, todo con calma...

Br. Gissela del Carmen Blandón Gutiérrez

Dedicatoria

A mis Padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, porque gracias a ellos muchas de mis metas se han hecho realidad. Me educaron con reglas y libertades, pero al final, me motivaron continuamente para alcanzar mis aspiraciones.

Br. Carlos Ariel Salinas Calero

Agradecimientos

Como más importante a Dios por su infinito amor y bondad que no tienen fin, me permites sonreír ante mis logros que son el resultado de tu ayuda. En mis caídas me ayudas a levantarme y aprender de los errores, así me forjas a mejorar como ser humano y crecer de diferentes maneras.

A mi Maestro y Tutor su labor muchas veces subestimada, se enfoca en los saberes del mundo, y permitirles a otros expandir sus conocimientos. Nos ayuda a vivir el sueño de superarnos y de cumplir nuestras expectativas, y de siempre ir por la constante mejora para ser mejores seres humanos.

En esta ocasión no ha sido la excepción y resalto su trabajo y le agradezco por ayudarme a lograr esta nueva meta.

Agradezco mucho a mis compañeros y a la universidad en general por todo lo anterior vivido y todos los conocimientos que me han otorgado.

Br. Carlos Ariel Salinas Calero

RESUMEN

La presente monografía fue elaborada con el objetivo de diseñar la estructura de pavimento y drenaje menor en el Barrio La Luz, municipio La Libertad, Chontales, para ofrecer una propuesta que dé solución a la problemática y dificultades que afecta hoy en día a los pobladores de esta localidad. Éste estudio se encuentra estructurado de 6 capítulos los cuales se organizan de la siguiente manera:

CAPITULO I: GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la estructuración, el cual empieza con un breve resumen histórico introductorio de las infraestructuras del país y su evolución desde el comienzo hasta el día de hoy. También se tomó otros aspectos importantes, así como antecedentes del lugar donde se llevara a cabo el diseño, justificación del diseño a llevarse a cabo. Después se prosiguió con los objetivos que son la base más importante, entre estos tenemos: objetivos generales y específicos. Por último se tiene el marco teórico donde se encuentran las principales definiciones técnicas que tuvieron intervención en el desarrollo de esta monografía.

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

En este capítulo se inició con un aforo vehicular, en ambas bandas de la carretera este se realizó por siete días en el lugar donde llevara a cabo el proyecto, el objetivo de este capítulo es conocer el comportamiento que tiene el tráfico y determinar el Tránsito Promedio Diario, Tránsito Promedio Diario Anual y la proyección al año horizonte. Atraves de estos datos se conocerán cargas de diseño con las cuales se someterá la estructura de pavimento.

CAPITULO III: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se lleva a cabo el levantamiento topográfico el cual dura 2 días con periodo de trabajo de seis horas, en este se toma en cuenta ambas bandas de la calle, linderos y la línea central. Las estaciones de este levantamiento se realizan en tramos de 15 a 50 metros debido a las condiciones del terreno, se establecen BM y puntos de

referencia tales como árboles, entrada y salidas de cause, postes eléctricos y diferentes obstáculos que se encuentran a lo largo del tramo, se realizan puntos de cambios debido a que hay tramos de la calle que no son visibles. Luego con ayuda del software civil 3D se procesan los datos para conocer características del terreno como: pendientes, condiciones del terreno, alturas, elevaciones, y curvas de nivel.

CAPITULO IV: ESTUDIO DE SUELO

El objetivo de este capítulo es conocer las propiedades mecánicas y físico-mecánicas del suelo del sitio en estudio, así como el de los bancos de materiales. Para esto se hacen sondeos manuales y extracción de muestras a lo largo de la calle del sitio.

Los ensayos se realizan en el laboratorio de materiales y suelos de la UNI-RUPAP los cuales consisten en:

- Pesos volumétricos
- Análisis granulométrico
- Límites de consistencia
- Proctor modificado
- Valor de soporte relativo CBR

CAPITULO V: ESTUDIO HIDROTÉCNICO

Se divide en dos partes como son:

Estudio hidrológico: Delimitada el área en estudio se analiza como una cuenca, luego se lleva a cabo el cálculo de caudales para el diseño de drenaje menor haciendo uso del método racional, para ello se utilizan condiciones tales como coeficientes de escorrentías e intensidad de precipitación haciendo uso de la tabla intensidades de lluvia de la estación meteorológica de Juigalpa, Chontales proporcionada por el INETER. Para proporcionarnos facilidad se hizo uso de la herramienta Microsoft Excel.

Estudio Hidráulico: En esta parte se procede al dimensionamiento de las obras de drenaje propuestas como son: cunetas, vados y alcantarilla, para el dimensionamiento de las cunetas se analizó una sección típica utilizada por la alcaldía de La Libertad Chontales, para demostrar si cumplen los resultados analizados de los caudales del diseño se utilizó la fórmula de Manning en este caso para canales y para el dimensionamiento de vados y alcantarillas se utilizó el programa HCANALES con los cálculos de caudales acumulados.

CAPITULO VI: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

El diseño de estructura de pavimento se realiza mediante el método de la AASHTO-93. Aquí se diseñara los espesores de la estructura de pavimento de la calle en estudio del Barrio La Luz. Tomando valores importantes como son tránsito de diseño, serviciabilidad, análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento, confiabilidad, desviación estándar, coeficiente de drenaje, módulo Resiliente para base y sub-base, y coeficientes estructurales o de capas.

Índice General

I. Aspectos Generales.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Descripción del área en estudio	2
1.2.1 Ubicación Geográfica.....	2
1.3. Antecedentes.....	4
1.4. Justificación	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General	6
1.5.2. Objetivos Generales	6
II. Estudio de Tránsito	7
2.1. Aforo Vehicular	7
2.2. Tipos de Vehículos	7
2.2. Ubicación del conteo vehicular.....	8
2.4. Procesamiento de Datos.....	9
2.5. Resumen del aforo vehicular.....	9
2.5.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	12
2.5.2. Composición Vehicular	14
2.5.3. Tránsito de diseño	15
2.5.4. Factores de distribución del tránsito.....	15
2.5.5. Factor de distribución por carril (fc).....	15
2.5.6. Periodo de diseño	16
2.5.7. Factor direccional (FD).....	17
2.5.8. Factor de Crecimiento (FC).....	18
2.5.8.1. Tasas de Crecimiento	18
2.5.8.2. Producto Interno Bruto (PIB)	19
2.5.9. Consumo de Combustible	20
2.5.9.1. Tasa de Crecimiento Poblacional.....	22
2.6. Parque Vehicular	23
2.6.1. Correlación de las variables	24
2.6.2. Resultado de la tasa de crecimiento	26

2.6.3. Cálculo del tránsito de diseño	27
2.7. Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)	29
III. Estudio Topográfico	33
3.1. Trabajo de campo	33
3.2. Levantamiento longitudinal o de carreteras	33
3.3. Curvas de Nivel.....	34
3.3.1. Características y propiedades de las curvas de nivel.....	34
3.4. Superficies y levantamientos.....	34
3.5. Métodos para realizar un levantamiento topográfico	35
3.6. Superficie del terreno	35
3.7. Procesamiento de datos	36
IV. Estudio de suelo	38
4.1. Trabajo de Campo	38
4.2. Estudios de laboratorios.....	39
4.3 Resultados de los laboratorios (Suelos de la línea).....	40
4.3.1. Clasificación de muestras de suelo	40
4.4 Columnas estratigráficas.....	41
4.5 Trabajo de laboratorio del banco de materiales	43
4.5.1. Valor relativo de soporte CBR realizado al Banco de materiales Norma Técnica (ASTM D 1883-73)	44
4.6. Determinación de CBR de diseño	45
4.6.1. Identificación de Sub rasante	46
V. Estudio Hidrotécnico.....	49
5.1. Estudio Hidrológico	49
5.1.1. Método Racional	49
5.2. Trabajo de campo	50
5.2.1. Procesamiento de datos y obtención de resultados.....	50
5.2.2. Diseño de caudal para cunetas	51
5.2.3. Coeficiente de escorrentía	51
5.2.4. Área de drenaje de la superficie	52
5.2.5. Intensidad de precipitación (I)	52

5.2.6. Tiempo de concentración	53
5.3. Diseño Hidráulico	57
5.3. Diseño Hidráulico	58
5.3.1. Bombeo de la calzada	58
5.3.2. Dimensionamiento de cunetas	59
5.3.3. Área de diseño	61
5.3.4. Dimensionamiento de vado con HCANALES	63
VI. Diseño estructural de pavimento.....	69
6.1. Pavimento de diseño	69
6.2. Diseño estructural de pavimento	69
6.3. Pavimentos articulados	69
6.4. Carpeta de rodamiento	69
6.5. Base y Sub-base.....	70
6.6. Subrasante	70
6.7. Diseño de espesores por el Método de la AASHTO-93	70
6.8. Variables a considerar para el diseño	71
6.8.1. Índices de serviciabilidad	71
6.8.1.2. Serviciabilidad final (pt)	71
6.8.1.3 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	72
6.8.2. Confiabilidad (R)	72
6.8.3. Desviación Estándar	73
6.8.4. Coeficiente de drenaje	74
6.8.5. Módulo resiliente (MR)	74
6.9. Calculo de módulo de resiliente para la base.....	75
6.10. Coeficientes estructurales de capa	76
6.10.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín) (a_1)	76
6.10.2. Coeficiente estructural para la base granular (a_2)	77
6.10.3 Coeficiente estructural para la sub – base granular (a_3)	77
6.11. Calculo de espesores de la estructura de pavimento	78
CONCLUSIONES	83

RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aforo vehicular en ambos sentidos (semana del 14 – 20 de mayo de 2020).....	11
Tabla 2 Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	13
Tabla 3 Factor por distribución de carril	16
Tabla 4 Periodo de diseño según la clasificación de la vía	16
Tabla 5 Clasificación funcional de las carreteras	17
Tabla 6 Factor de distribución por dirección	17
Tabla 7 Producto Interno Bruto (PIB) Nominal	19
Tabla 8 Consumo de Combustible.....	21
Tabla 9 Población del Municipio de La Libertad	22
Tabla 10 Parque Vehicular de Chontales	24
Tabla 11 Variables analizadas y Tasa de crecimiento promedio (Año 2012-2019).....	27
Tabla 12 Tasa de crecimiento promedio (Año 2012-2019)	27
Tabla 13 Tránsito de diseño proyectado al año horizonte (TD).....	29
Tabla 14 Ejes Equivalentes	32
Tabla 15 Levantamiento Topográfico (1).....	37
Tabla 16 Descripción de las siglas utilizadas en el levantamiento topográfico	37
Tabla 17 Ubicación de los sondeos manuales y profundidad de muestreo ..	39
Tabla 18 Tipos de ensayos de laboratorio	40
Tabla 19 Clasificación de muestras de suelo (Método AASTHO).....	40
Tabla 20 Formato utilizado para la clasificación de suelos	41
Tabla 21 Descripción de la simbología utilizada en las columnas estratigráficas	42
Tabla 22 Clasificación y límites de consistencia realizados al Banco de materiales	43
Tabla 23 Ensayo de proctor modificado realizado al Banco de material	44
Tabla 24 Resultados de lecturas en ensayo de CBR para el Banco de materiales	45
Tabla 25 Valores de CBR de 0.1” y 0.2”	45
Tabla 26 CBR de diseño	46
Tabla 27 Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento	46
Tabla 28 Criterio del instituto de asfalto para determinar el CBR de diseño .	47

Tabla 29 Clasificación de CBR	47
Tabla 30 Datos del coeficiente de escorrentía para diferentes periodos de retorno	52
Tabla 31 Intensidades de lluvias, estación meteorológica Juigalpa, Chontales	53
Tabla 32 Tiempo de concentración para cunetas	55
Tabla 33 Intensidad media de precipitación de cunetas	56
Tabla 34 Caudal de diseño de cunetas	57
Tabla 35 Bombeos típicos utilizados en las carreteras	59
Tabla 36 Dimensiones de Cunetas	61
Tabla 37 Diseño hidráulico de cunetas	63
Tabla 38 Características de la vía	72
Tabla 39 Niveles de confiabilidad	73
Tabla 40 Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles	73
Tabla 41 Porcentajes del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación	74
Tabla 42 Correlación entre CBR y Modulo resiliente para sub rasante	75
Tabla 43 Resumen de datos calculados	80
Tabla 44 Espesores mínimos por capa	81
Tabla 45 Resumen de espesores de capas	80
Tabla 46 Diseño propuesto	80

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Macro localización del proyecto en estudio	2
Ilustración 2 Micro localización del proyecto	3
Ilustración 3 Ubicación del conteo vehicular	9
Ilustración 4 Ubicación del banco (recorrido hacia el proyecto)	43
Ilustración 5 Formulas para el dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas	60
Ilustración 6 Cálculo del área requerida vado tipo 1	64
Ilustración 7 Cálculo del área requerida vado tipo 2	65
Ilustración 8 Cálculo del área requerida vado tipo 3	66
Ilustración 9 Cálculo del área requerida vado tipo 4	67
Ilustración 10 Dimensionamiento de alcantarilla	68

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	10
Ecuación 2	12
Ecuación 3	15
Ecuación 4	18
Ecuación 5	18
Ecuación 6	28
Ecuación 7	49
Ecuación 8	53
Ecuación 9	54
Ecuación 10	61
Ecuación 11	70
Ecuación 12	75

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Composición Vehicular	14
Grafico 2 Comportamiento del PIB en función del tiempo	20
Grafico 3 Comportamiento del consumo de combustible en función del tiempo	21
Grafico 4 Comportamiento del crecimiento poblacional en función del tiempo	23
Grafico 5 Comportamiento en el crecimiento del parque vehicular de Chontales	24
Grafico 6 Parque vehicular (ln) Vs Crecimiento poblacional (ln)	25
Grafico 7 Parque vehicular (ln) Vs Consumo de combustible (ln)	25
Grafico 8 Parque vehicular (ln) Vs Producto Interno Bruto (ln)	26
Grafico 9 Columnas estratigráficas	42
Grafico 10 Selección de CBR de diseño	48
Grafico 11 Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes.	76
Grafico 12 Nomogramas para coeficientes de capas de sub-bases granulares	78
Grafico 13 Obtención del número estructural SN_2 y SN_3 (SN requerido)	79

CAPITULO I

GENERALIDADES



I. Aspectos Generales

1.1. Introducción

En este documento se fundamenta el Diseño de la estructura de pavimento articulado de 1 kilómetro de calles por el método AASHTO -93 (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) y drenaje menor en el tramo de calle ubicado en el barrio La Luz municipio de La Libertad, Chontales, así como también la organización cronológica de todas las actividades que se llevaron a cabo. (Ver ilustración 1 y 2 en Pág. 2 y 3)

Actualmente el tramo en estudio se encuentra en estado regular y presenta una carpeta de rodamiento a base de macadán la cual se deteriora considerablemente en periodos de invierno causando altos costos de operación, su mejoramiento y mantenimiento es de gran importancia para su localidad. .

El diseño de pavimento se realiza aplicando los principios fundamentales propuestos por el método de la AASHTO-93, basados en ensayos de escalas reales, determinando así las características físicas mecánicas del suelo.

Todo esto incluye estudios básicos de ingeniería (estudio de tránsito, estudio de suelos, estudio hidrológico) y criterios de diseño para determinar la capacidad portante del suelo, hasta determinar el correcto diseño de espesores garantizando que la vía ofrezca una mayor funcionalidad y nivel de servicio adecuado, así como para realizar el diseño hidráulico de las obras de drenaje menor (cunetas y vados) que tendrán la función de drenar el agua de la vía aumentando su vida útil.

1.2. Descripción del área en estudio

1.2.1 Ubicación Geográfica

El Barrio La Luz está ubicado en La Libertad, Chontales.

La Libertad está ubicada a 37 km de Juigalpa (Cabecera departamental), sus límites son los siguientes:

Norte: Limita con el Municipio de Camoapa

Sur: Limita con el Municipio de San Pedro de Lovago

Este: Limita con el Municipio de Santo Domingo y El Ayote

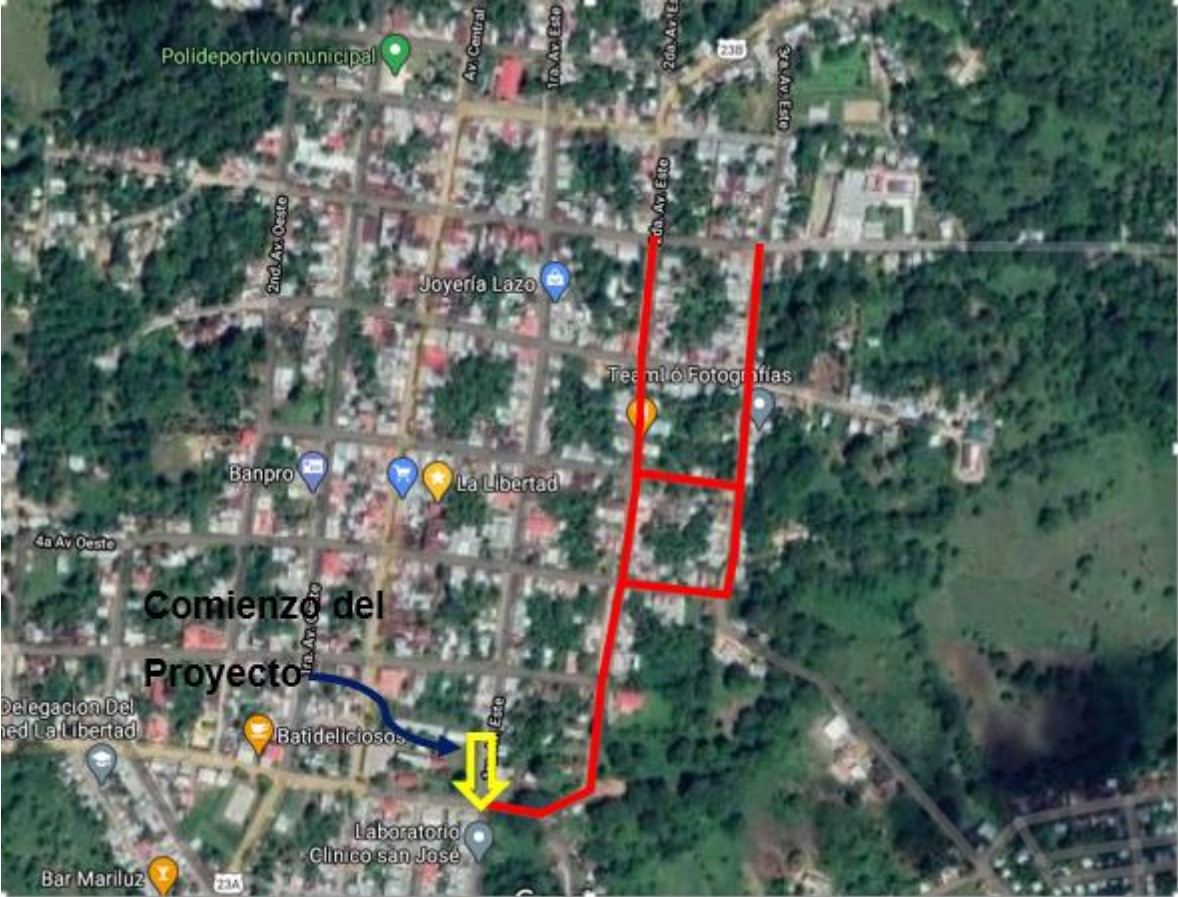
Oeste: Limita con el Municipio de Juigalpa y San Francisco de Cuapa

Ilustración 1: Macro localización del proyecto en estudio



Fuente: Google Maps

Ilustración 2 : Micro localización del proyecto



Fuente: Google Maps

1.3. Antecedentes

En los últimos años en el municipio de La Libertad Chontales se han desarrollado proyectos de mejoramientos de la red vial del casco urbano, debido al crecimiento que ha experimentado este.

El trayecto en estudio es la principal vía del transporte pesado, por lo tanto se encuentra en mal estado, debido a esto se dificulta tanto la circulación vehicular como peatonal en la zona, gran parte del barrio no cuenta con un sistema de drenaje menor adecuado que permita la evacuación de las correntías de agua.

Los tipos de drenaje existentes a lo largo del tramo son canales naturales, los cuales aumentan en épocas de invierno deteriorando la carpeta de rodamiento. Siendo esta zona de características naturales muy lluviosa.

En el periodo 2013-2017 se realizó mantenimiento rutinario financiado por la alcaldía de La Libertad, Chontales. La rehabilitación más previa se realizó en el año 2017.

1.4. Justificación

Un buen sistema vial eleva el nivel de toda la economía proporcionando un transporte adecuado, además, una infraestructura vial beneficia a cada uno de los pobladores.

Sin embargo durante los últimos años con el aumento vehicular la población del barrio La Luz del municipio de La Libertad, Chontales, ha presentado un incremento de deterioro en la vía de acceso, actualmente la calle en estudio no cuenta con un sistema de drenaje menor que colecte el agua de lluvia y lo evacue correctamente, por lo tanto genera resultados como erosión y socavación a lo largo del tramo.

Debido a esto se forman baches y charcos lo que ocasiona que se formen criaderos de zancudos dando a lugar a que se desarrollen enfermedades letales como el chikungunya, dengue hemorrágico, entre otras que afectan gravemente a la población.

Este proyecto beneficiará de manera directa a los pobladores del lugar ofreciéndoles una vía de acceso que les permita transportarse de una manera más rápida y eficiente, menor costo de mantenimiento a los dueños de vehículos, mayor eficiencia de la vía para el flujo vehicular y una mejor calidad de vida.

Es por eso que, con esta propuesta, se pretende dar solución a dichos problemas proponiendo el diseño de pavimento articulado y obras de drenaje menor correspondiente, garantizando una superficie de rodadura que cuente con las características adecuadas para transportistas y población en general.

Además se generara fuentes de empleo de acuerdo con la duración del proyecto, mano de obra limitada en la zona, lo cual aumentará los ingresos económicos de muchas familias implicadas en la ejecución de dicha obra, la eficacia del proceso de construcción se garantizará con una supervisión competente y adecuada.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

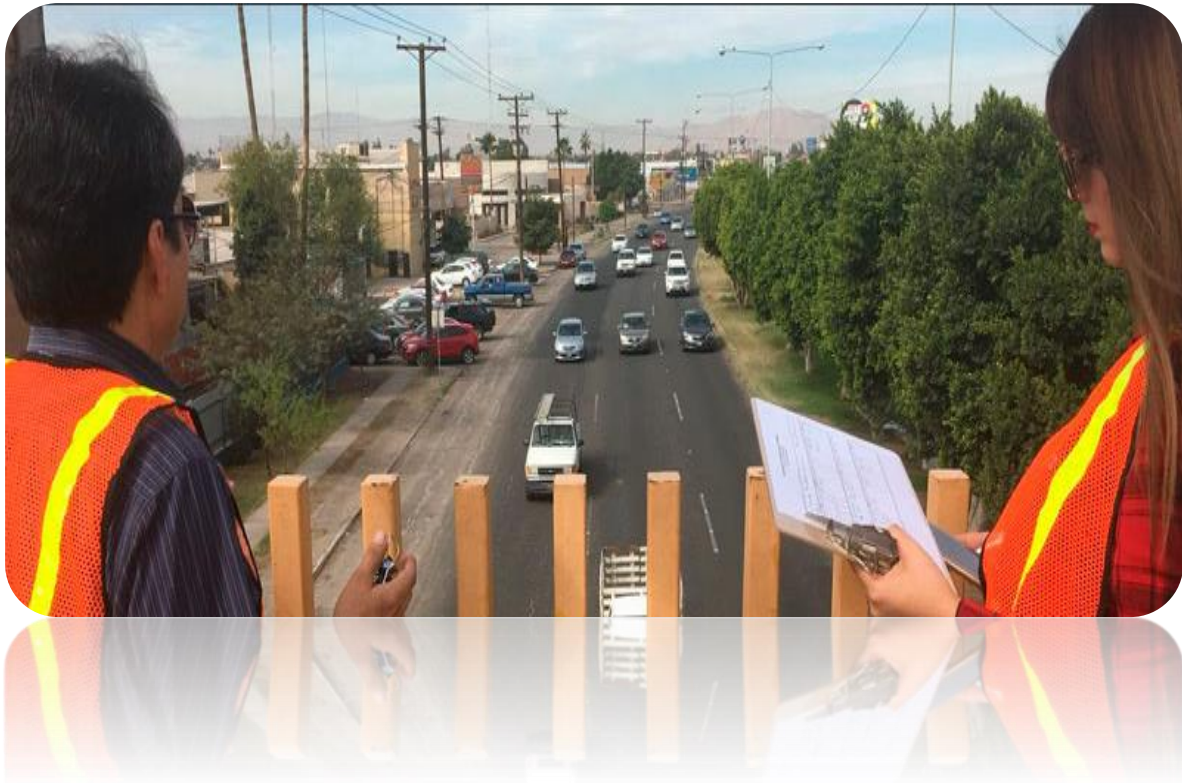
- Diseñar la estructura de pavimento articulado de 1 km de calles (por el método de AASHTO 93) y drenaje menor en el Barrio La Luz, municipio de La Libertad, departamento de Chontales.

1.5.2. Objetivos Generales

- Realizar estudio de tránsito por medio de aforos vehicular con el propósito que se obtengan las cargas de diseño.
- Desarrollar un estudio topográfico con la finalidad de que se obtengan características importantes como son: Curvas de nivel, perfiles longitudinales, secciones transversales y pendientes.
- Realizar estudios de suelo identificando las características físico-mecánicas del tramo y banco de material obteniendo el valor del CBR.
- Efectuar estudios hidrológicos e hidráulicos, calculando los caudales y dimensiones de drenaje menor en las calles de estudio.
- Diseñar las distintas capas que intervienen en la estructura de pavimento articulado por el método de la AASHTO 1993.

CAPITULO II

ESTUDIO DE TRANSITO



II. Estudio de Tránsito

El tránsito es una de las variables más importantes en el diseño de pavimentos, su correcta cuantificación y proyección es clave para un buen dimensionamiento, ya que para ello es necesario determinar los efectos que causara en el pavimento las cargas de los vehículos y esto se logra al conocer el número y tipo de vehículo que pasó por la vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que le aplica.

El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante diferentes ecuaciones para la determinación de distintos factores calculados, utilizando datos recopilados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura a través del “Anuario de aforo de tráfico” del año 2018.

Además se tomaron en cuenta diferentes datos del Banco Central de Nicaragua (BCN) y del Instituto Nicaragüense de información de Desarrollo (INIDE), en lo que se refiere al Producto Interno Bruto (PIB) y el crecimiento poblacional respectivamente para la determinación del factor de crecimiento.

2.1. Aforo Vehicular

El presente estudio de tránsito inicia con un aforo vehicular el cual se realizó durante 7 días, del 14 al 20 de mayo del año 2020, con un intervalo de tiempo desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm (12 horas) a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basado para esto en la Tipología y descripción Vehicular que brinda el Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2018. (Ver en anexos, tabla 49, página 3).

Los datos de Tráfico Promedio Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros criterios, fueron obtenidos de los datos de campo y del trabajo de gabinete.

2.2. Tipos de Vehículos

Para el levantamiento de información en campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en Nicaragua actualmente hay una gran variedad

de vehículos, la hoja de clasificación vehicular que presenta el MTI está compuesta por 17 vehículos por lo que es necesario agruparlos en 4 categorías. (Ver anexo, Tabla 49, Página 3).

2.2.1. Motocicletas.

Se incluyen las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, incluye scooter, motonetas y otros triciclos a motor.

2.2.2. Vehículos Livianos.

Vehículos automotores de cuatro ruedas, incluye automóviles, jeep y camionetas.

2.2.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

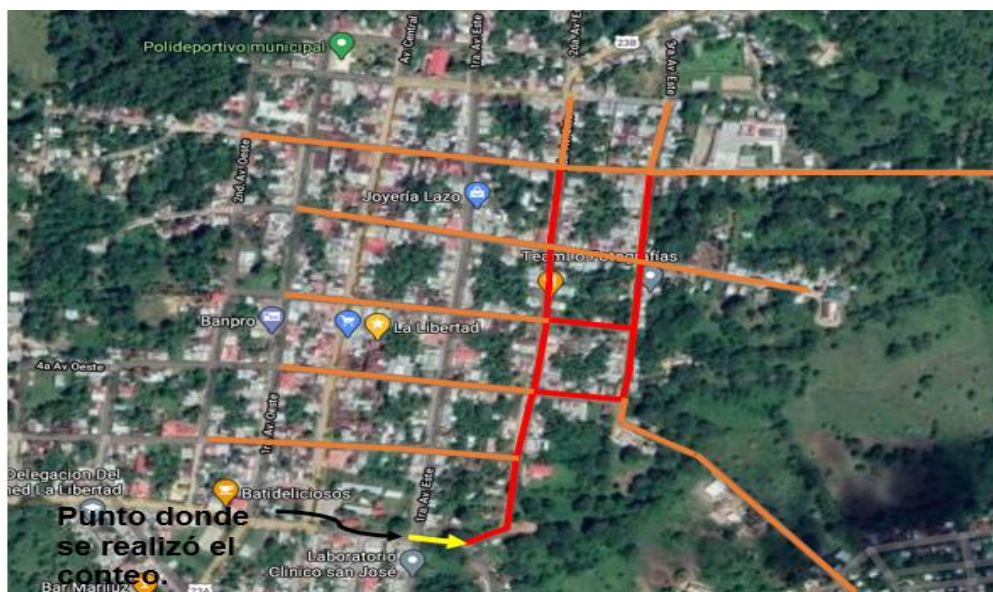
2.2.4. Vehículos Pesados de Carga.

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

2.2. Ubicación del conteo vehicular

Como se aprecia en la imagen 3, se escogió la ubicación de la estación de control, a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular, con la finalidad de determinar el volumen vehicular en un punto específico de la vía, La estación de conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitió captar el 100% del tráfico en el Barrio La Luz La Libertad, Chontales.

Ilustración 3 : Ubicación del conteo vehicular



Fuente: Google Maps

Se realizó un aforo de 7 días de duración, comenzando la actividad a partir del día Jueves 14 de mayo, y concluyendo esta actividad el día miércoles 20 de mayo del año 2020, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12 horas diurnas.

2.4. Procesamiento de Datos

Luego de haberse realizado el trabajo de campo la información es procesada en hojas de cálculo del Software Microsoft Excel, se obtuvo el volumen de tráfico por día y tipo de vehículo en el tramo de estudio, ubicado en el Barrio La Luz – La Libertad, Chontales.

En la Tabla 1, se muestran los Conteos de Tráfico Diarios, Composición Vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

2.5. Resumen del aforo vehicular

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circula en ambas direcciones de la estación de conteo. Para

obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDIS) fue necesario aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$\text{TPDiS} = \frac{\text{Total vehiculos}}{\text{T}}$$

Donde:

Total de vehículos: es la sumatoria de todos los vehículos contados durante el aforo (por categoría).

T: es el tiempo que duró el aforo en día (7días).

Ejemplos de cálculo:

$$\text{TPDiS (Motos)} = \frac{1643}{7} = 234.71 \approx \mathbf{235 \text{ motos}}$$

Como se aprecia en la Tabla 1, una vez que se obtuvo el consolidado del conteo vehicular, se procedió a determinar el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDIS) correspondiente al tramo en estudio, que resulto 304 vehículos (12 horas) y un total Diurno Semanal de 2121 vehículos.

Tabla 1 : Aforo vehicular en ambos sentidos (semana del 14 – 20 de mayo de 2020)

Resumen de Aforo vehicular y cálculo de TPDiS (Tránsito promedio Diurno Semanal)															
Estación de conteo: Barrio La Luz					Dias: 7			Horas: 84							
Mes/Año: Mayo 2020					Periodo:S										
Dias	Vehiculos Livianos				Vehiculos de Pasajeros			Vehiculos de Carga						Total Veh/12 hrs	
	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	M Bus < 15p	Mc Bus >15p	Bus	Liv.C2	C2	C3	Tx-Sx-4	Tx-Sx-5	Tractores		
Miercoles	230	8	0	25	1	0	4	12	9	5	4	3	1	302	
Jueves	252	6	1	18	4	2	3	10	6	8	2	1	0	313	
Viernes	237	7	0	24	2	4	5	11	8	6	3	6	3	316	
Sabado	233	5	2	22	3	2	8	9	6	8	6	2	1	307	
Domingo	237	9	2	14	0	3	0	8	10	7	4	1	0	295	
Lunes	235	8	0	10	3	0	3	13	11	9	3	4	3	302	
Martes	219	10	0	17	2	4	4	8	9	6	4	1	2	286	
Total de Vehiculos	1643	53	5	130	15	15	27	71	59	49	26	18	10	2121	
Porcentaje Vehicular %	86.3				2.7			11.0						100	
TPDiS(Vehiculos 12 hrs)	235	8	1	19	2	2	4	10	8	7	4	3	1	304	

Fuente: Elaboración propia

2.5.1. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

Se procede al cálculo del TPDA para cada una de las categorías de los vehículos que se contaron durante el aforo vehicular, este valor es una medida del promedio de vehículos diarios que circulan basándose en un año. Para ello se utilizará el tránsito promedio diario calculado anteriormente, y tomando en cuenta factores como, el factor día, factor semana y factor de expansión, todo esto mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 2

$$\text{TPDA} = \text{TPDi}_{12\text{H}} * \text{F. dia} * \text{F. semana} * \text{F. expansión}$$

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

F. expansión: Factor expansión.

TPDi_{12H}: Tránsito Promedio Diurno.

F. día: Factor día.

F. semana: Factor semana.

Para obtener el TPDA fue necesario usar factores diarios, obtenidos del Anuario de Aforo del Tráfico del año 2018 del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Se identificó que la estación más cercana es la Estación de Control Sumaria (ECS) N° 2031B tramo Emp. San Pedro de Lovago – La Libertad, NIC 23A, **(Ver en anexos tabla 47, pág. 1)**. La cual depende de la estación de mayor cobertura (EMC N° 1802 San Marcos – Masatepe) Estos Factores de Ajustes están divididos en cuatrimestres: de enero a abril, de mayo a agosto y de septiembre a diciembre. Debido a que el conteo para este estudio, fue realizado en el mes de mayo, mes que corresponde al segundo cuatrimestre del año, se deben tomar los factores de ajustes del segundo cuatrimestre correspondiente al periodo entre mayo y agosto. **(Ver en anexos tabla 48, pág. 2)**.

Tabla 2 : Tránsito promedio diario anual (TPDA)

Camino: NIC-23A	Estación :	Tramo: San Pedro de Lovago-La Libertad			Periodo: S	Días : 7	Horas : 12	Mes/Año: Mayo 2020						
Grupos	Vehículos Livianos				Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga						Total
	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	M Bus < 15p	Mc Bus > 15p	Bus	Liv.C2	C2	C3	Tx-Sx-4	Tx-Sx-5	Tractores	
TPDi (12 HRS)	235	8	1	19	2	2	4	10	8	7	4	3	1	304
Factor Día	1.36	1.32	1.20	1.24	1.32	1.24	1.32	1.16	1.21	1.14	2	1.52	1	417
Factor Semana	0.98	1.04	1.03	1.02	0.95	0.97	0.91	0.91	0.86	1	1	0.9	1	
Factor Expansión	1	1.20	1.11	1.15	1.06	1.01	1.09	1.08	1.16	0.94	1	1.33	1	
TPDA	313	13	1	28	3	2	5	11	10	8	8	5	1	417
% TPDA	75.11	3.16	0.33	6.63	0.64	0.58	1.26	2.73	2.32	1.80	1.92	1.31	0.24	100
Composición Vehicular	Vehículos Livianos: 86.3%				Vehículos de pasajeros : 2.7%			Vehículos de carga : 11%						100%

Fuente: Elaboración propia

Ejemplos de cálculo:

$$TPDA (motos) = (235)(1.36)(0.98)(1) = 313.20 \approx 313 \text{ motos}$$

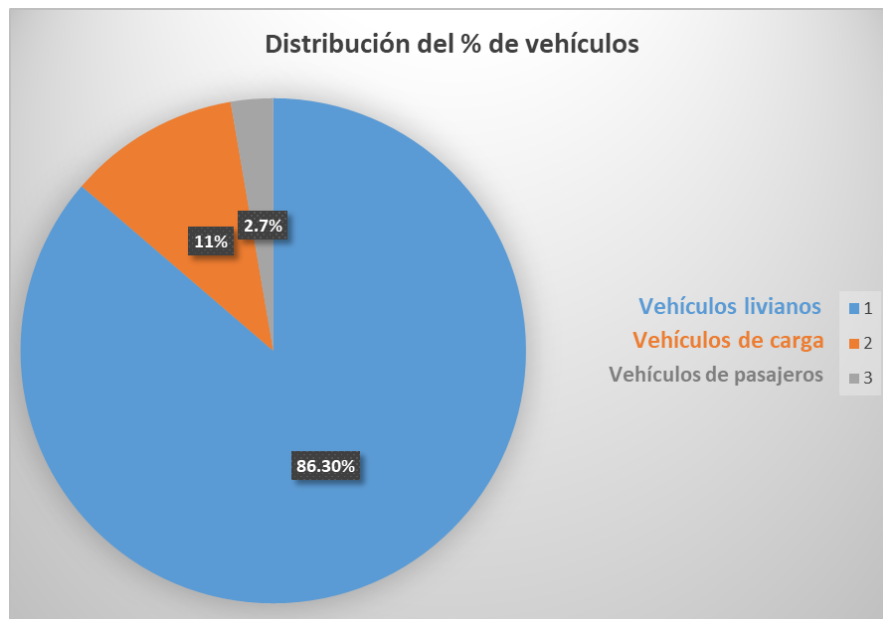
$$TPDA (autos) = (8)(1.32)(1.04)(1.20) = 13.18 \approx 13 \text{ autos}$$

2.5.2 Composición Vehicular

La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total. Según los resultados obtenidos a través del aforo vehicular y posterior procesamiento de los datos, se obtuvo que el tránsito se encuentra clasificado en su mayoría por vehículos livianos los cuales comprenden un 86.30 %, con un 11 % de vehículos de carga y apenas 2.7 % de vehículos de pasajeros.

A continuación, se muestran los porcentajes para cada una de las categorías que componen el tránsito de la zona.

Gráfico 1: Composición Vehicular



Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Tránsito de diseño

Un elemento básico para realizar el diseño de la estructura de pavimento es contar con el tránsito de diseño, el cual se define como el número de viajes que realiza cada tipo de vehículo en el carril de diseño.

El tránsito de diseño se calcula según la expresión matemática establecida por la AASHTO, realizando el cálculo para cada tipo de vehículo:

Ecuación 3

$$TD = TPDA * Fc * Fd * fc$$

Dónde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual, de cada una de las categorías de los vehículos obtenidos del aforo vehicular

Fc: Factor de crecimiento.

Fd: Factor de distribución por sentido o factor direccional.

fc': Factor de distribución por carril.

2.5.4 Factores de distribución del tránsito

Los factores de distribución del tránsito son parámetros que describen parte de las características de la vía, ésta facilita la diferencia de la vía y su servicialidad. En la ecuación del tránsito de diseño (ecuación 3) se consideran dos factores de distribución; el factor de distribución por carril (fc) y el factor direccional (Fd).

2.5.5. Factor de distribución por carril (fc)

Este factor está basado en el carril de diseño, que se define como el carril que recibe más número de ESAL's, para un camino de dos carriles cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza en ese carril. En la siguiente tabla se detallan los factores de distribución por carril para diferentes números de carriles en una dirección que tiene una carretera.

Tabla 3: Factor por distribución de carril

Número de carriles en cada dirección	% ESAL'S en el carril de diseño (Fc')
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.5 - 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993

Para la calle a diseñar asignamos el valor de $Fc' = 1$ puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

2.5.6. Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable.

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación. La Tabla 5 se muestra los periodos de diseño recomendados por el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales (SIECA) 2001, establece los distintos intervalos de tiempo que se deben considerar para el periodo de diseño en cada tipo de carretera.

Tabla 4 : Periodo de diseño según la clasificación de la vía

Tipo de Carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncal Suburbanas	15 - 30 años
Troncal Rural	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, (SIECA) 2001.

En la Tabla 5 se muestran los parámetros a tomar en cuenta a la hora de la clasificación funcional de las carreteras en función del TPDA.

Tabla 5 : Clasificación funcional de las carreteras

Descripción	Autopista Regionales	Troncales		Colectoras	
		Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
TPDA	>20,000	20,000 - 10,000	10,000 - 3,000	3,000 - 500	300 - 500

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, (SIECA) 2001.

De acuerdo a las características geométricas de la vía y tomando en cuenta que se estableció un TPDA de 417 vehículos/día, encontrándose dentro del rango de 300-500, por lo tanto se clasificó como una colectoras rural, con un periodo de diseño de 20 años, estando en el valor superior del intervalo de “10 a 20 años”.

2.5.7. Factor direccional (FD)

Este se basa en la proporción de la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la otra dirección en relación con la cantidad de vehículos totales que circulan en la vía, en la siguiente tabla se detallan los factores de distribución por sentido o dirección para diferentes números de carriles.

Tabla 6 : Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de distribución
2	50
4	45
6 a más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Para el caso de la calle a diseñar se considera que funcione a base de dos carriles por lo tanto se establece un porcentaje para el factor de distribución por dirección del 50%.

2.5.8. Factor de Crecimiento (FC)

El factor de crecimiento es un parámetro que depende del periodo de diseño, la cual se establece según la magnitud o importancia de la vía y de la tasa de crecimiento del tránsito. Esta se calcula mediante la siguiente expresión matemática.

Ecuación 4

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

Dónde:

Fc= Factor de Crecimiento.

i = Tasa de Crecimiento Vehicular.

n= Es el periodo de años hasta donde se pretende pronosticar el tránsito que hará uso de la vía a construirse.

2.5.8.1. Tasas de Crecimiento

Para la determinación de la tasa de crecimiento se considerará el histórico en las estadísticas relacionadas con el desarrollo económico (Producto Interno Bruto), el consumo de combustible, el crecimiento poblacional y el parque vehicular, ya que son parámetros que contribuyen al aumento en el tránsito que circula a través de una red vial.

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la siguiente manera:

Ecuación 5

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n-1: Año anterior.

2.5.8.2. Producto Interno Bruto (PIB)

Es un indicador macro económico que se utiliza para hacer una estimación de la producción de los bienes y servicios de un país en cierto periodo de tiempo (por lo general, en un año). Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB (Producto Interno Bruto) donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2012 al año 2019.

En la siguiente tabla se puede apreciar el producto Interno Bruto (PIB) promedio es de 12,352.06 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 3.30%.

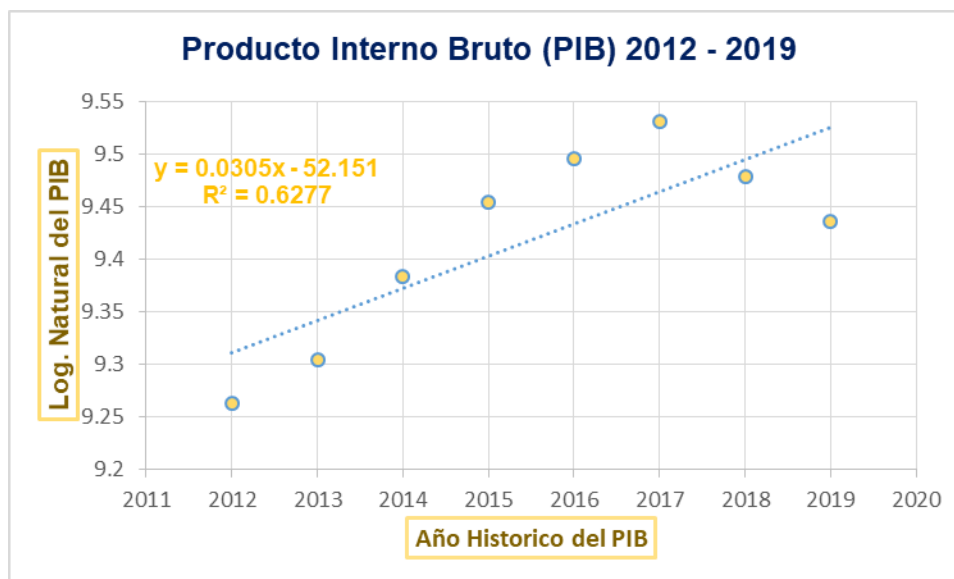
Tabla 7 : Producto Interno Bruto (PIB) Nominal

Año	PIB (Miles de \$)	Tasa de crecimiento (TC)	Log Natural
2012	10,532.50	7.76	9.262
2013	10,983.00	4.28	9.304
2014	11,880.40	8.17	9.383
2015	12,756.70	7.38	9.454
2016	13,286.00	4.15	9.495
2017	13,786.00	3.76	9.531
2018	13,063.90	-5.24	9.478
2019	12,528.00	-3.90	9.435
Promedio	12,352.06	3.30	9.418

Fuente: Estadísticas macroeconómicas (Banco Central de Nicaragua)

A continuación, se realiza la correlación del comportamiento del PIB anual a través del tiempo, se determina una tasa de crecimiento promedio del 3.05 % (que es el valor en decimales que multiplica por la variable “x” en la ecuación de correlación).

Grafico 2 : Comportamiento del PIB en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia.

2.5.9. Consumo de Combustible

El consumo de combustible se considera para estimar la tasa de crecimiento que afecta a los vehículos pesados de pasajeros. En la tabla 8 se pueden apreciar las cantidades de consumo en miles de barriles de combustible, desde el año 2012 hasta el 2019, además de las tasas de crecimiento en el consumo de estos para cada año con respecto al anterior.

Como se puede observar en la tabla 8. En el 2019 se consumió 161,921 barriles de gasolina, 1803 menos que en el 2019, cuando la cifra alcanzó 163,724 de barriles de gasolina. El consumo de combustible tuvo un descenso muy alto comparándolo con años anteriores.

A continuación, se puede apreciar el consumo del combustible promedio que es de 238,546 barriles de gasolina, con una tasa de crecimiento promedio de -7.33 %.

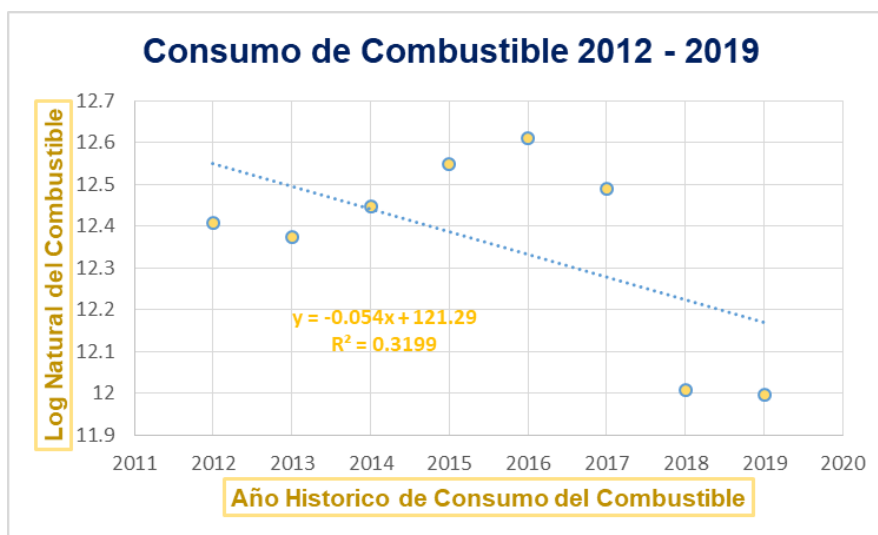
Tabla 8 : Consumo de Combustible

Año	Consumo de Comb.	Tasa de crecimiento (TC)	Log Natural
2012	244,567	-7	12.407
2013	236,554	-3.3	12.374
2014	254,691	7.7	12.448
2015	281,862	10.7	12.549
2016	299,687	6.3	12.61
2017	265,365	-11.5	12.489
2018	163,724	-38.3	12.006
2019	161,921	-23.25	11.995
Promedio	238,546	-7.33	12.360

Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía (INE)

A continuación, se realiza la correlación del consumo de combustible anual a través del tiempo, se determina una tasa de crecimiento promedio del 5.4 %.

Gráfico 3 : Comportamiento del consumo de combustible en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia.

2.5.9.1. Tasa de Crecimiento Poblacional

Se considera el crecimiento poblacional para relacionarlo con los vehículos livianos de pasajeros, en la tabla 9 se describe el comportamiento en la población del municipio de La Libertad, desde el año 2012 hasta el 2019, además de las tasas de crecimiento poblacional para cada año.

En la siguiente tabla se puede apreciar el crecimiento poblacional del municipio de La Libertad promedio que es de 14,309.57 población ambos sexos, con una tasa de crecimiento promedio de 1.5 %.

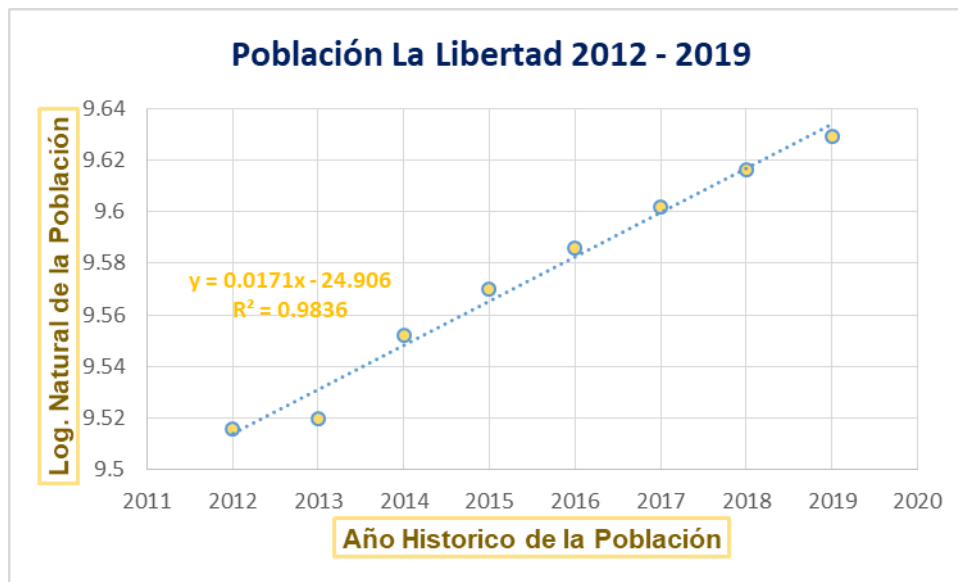
Tabla 9: Población del Municipio de La Libertad

Año	Ambos sexos	Tasa de crecimiento (TC)	Log Natural
2012	13,569	1.5	9.516
2013	13,625	1.5	9.520
2014	14,077	1.5	9.552
2015	14,326	1.5	9.570
2016	14,566	1.5	9.586
2017	14,799	1.5	9.602
2018	14,998	1.5	9.616
2019	15,205	1.5	9.629
Promedio	14,309.57	1.5	9.574

Fuente: Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE).

A continuación, se muestra la correlación que define el comportamiento del crecimiento en la población del municipio de Juigalpa en función del tiempo, se puede determinar una tasa promedio de 1.71 %.

Grafico 4 : Comportamiento del crecimiento poblacional en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia.

2.6. Parque Vehicular

Para el análisis del crecimiento del parque vehicular se consideran las estadísticas de la Policía Nacional de Tránsito con sus respectivos datos anuales por departamento, en este caso solo se tomarán en cuenta los datos correspondientes al departamento de Chontales y se estima un promedio de estas tasas, las cuales están dadas desde el año 2012 hasta el 2019.

En la siguiente tabla se puede apreciar el promedio del parque vehicular que es de 20,811.5 de vehículos, con una tasa de crecimiento promedio de 12.71 %.

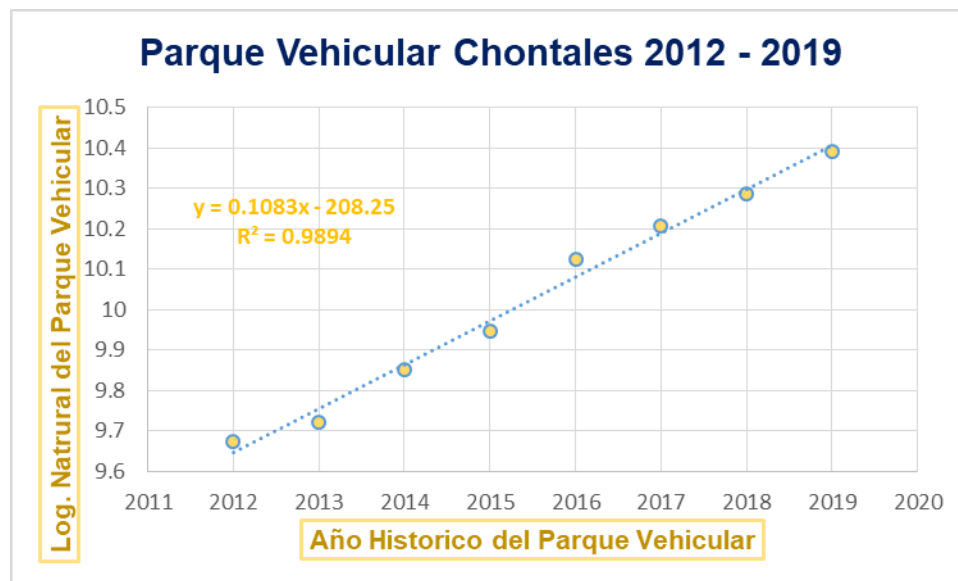
Tabla 10: Parque Vehicular de Chontales

Año	Parque Vehicular	Tasa de crecimiento (TC)	Log Natural
2012	15,912	25.9	9.675
2013	16,671	4.8	9.721
2014	19,005	14	9.852
2015	20,874	9.8	9.946
2016	24,934	19.5	10.124
2017	27,086	8.6	10.207
2018	29,375	8.5	10.288
2019	32,606	10.6	10.392
Promedio	23,307.9	12.71	10.026

Fuente: Policía Nacional

A continuación, se muestra la correlación que define el comportamiento del crecimiento en el parque vehicular de Chontales en función del tiempo, se puede determinar una tasa promedio de 10.83 %.

Grafico 5 : Comportamiento en el crecimiento del parque vehicular de Chontales



Fuente: Elaboración propia.

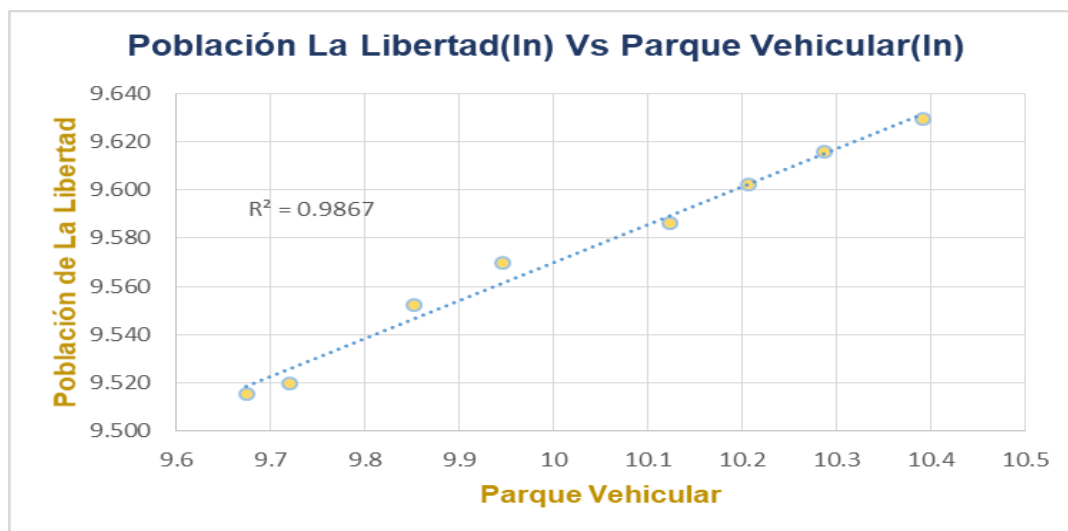
2.6.1. Correlación de las variables

Ahora se establecerá la relación entre las variables consideradas para el cálculo de la tasa de crecimiento, con el objetivo de determinar ciertas tendencias de

crecimiento para cada uno de los parámetros comparándolos con el crecimiento del parque vehicular.

- Correlación para afectar el tránsito de vehículos livianos de pasajeros.

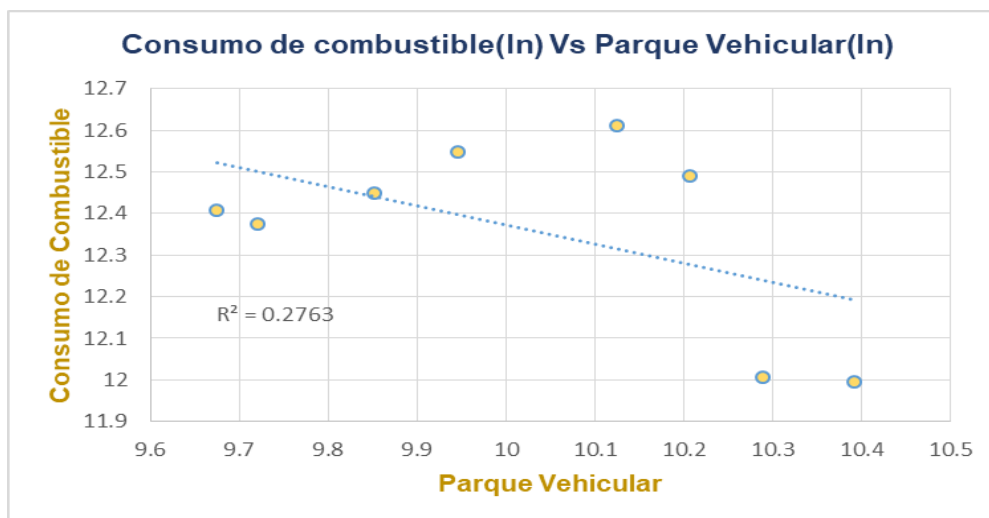
Grafico 6 : Parque vehicular (ln) Vs Crecimiento poblacional (ln)



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 6. Se puede observar que el comportamiento de los puntos es bastante lineal teniendo un coeficiente de correlación de **0.9933**, lo cual indica una tendencia de crecimiento entre las dos variables que es muy buena.

Grafico 7 : Parque vehicular (ln) Vs Consumo de combustible (ln)

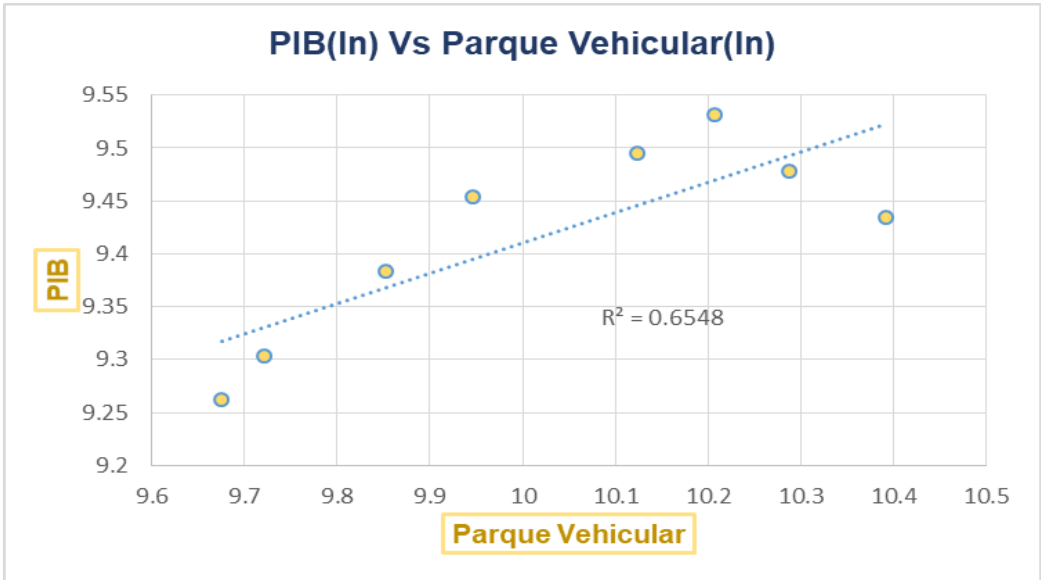


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7. Se puede observar en él un conjunto de puntos bastante disperso con un coeficiente de correlación de **0.5256**, lo que indica que la tendencia de crecimiento entre las dos variables es un poco deficiente.

- Correlación para afectar el tránsito de vehículos de carga

Grafico 8 : Parque vehicular (In) Vs Producto Interno Bruto (In)



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico 8. La relación entre las dos variables es muy lineal, con un coeficiente de correlación de **0.8092**, se puede considerar que la tendencia de crecimiento entre las dos variables es muy buena.

2.6.2. Resultado de la tasa de crecimiento

En base al análisis realizado a las tasas de crecimiento del PIB, el consumo de combustible, la población, y el parque vehicular, se propone utilizar solamente las tasas de crecimiento del PIB y la del consumo del combustible, puesto que las tasas de crecimiento faltantes están fuera de rango, todo esto con respecto al PIB.

Tabla 11: Variables analizadas y Tasa de crecimiento promedio (Año 2012-2019)

Variables	Tasa de Crecimiento (%)
PIB	3.05
Combustible	5.4
Población	1.71
Parque Vehicular	10.83
Promedio	5.25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11. Se puede apreciar los resultados de las tasas de crecimiento obteniéndose diversos porcentajes, se estableció como rango la tasa de crecimiento del PIB DE 3.05% puesto que es la principal tasa de crecimiento utilizada en estudios económicos, es decir el PIB rige todas las tasas de crecimiento a nivel nacional, ya sabiendo esto, la tasa de crecimiento de la población dio un porcentaje bajo de 1.71%, lo contrario a la tasa del parque vehicular siendo la más elevada con un 10.83%, todo esto con respecto al PIB. Por esta razón se omitió estas tasas a la hora de calcular la tasa de crecimiento promedio, para así proceder con el cálculo del factor de crecimiento (FC).

Tabla 12 : Tasa de crecimiento promedio (Año 2012-2019)

Variables	Tasa de Crecimiento (%)
PIB	3.05
Combustible	5.4
Promedio	4.23

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 dio como resultado una tasa de crecimiento del 4.23%, la cual en base al análisis realizado se considera adecuada. Esta tasa se utilizará en este estudio, en los años propuestos en el proyecto.

2.6.3. Cálculo del tránsito de diseño

Para el cálculo del tránsito de diseño, utilizaremos la ecuación 3, realizando el cálculo para cada tipo de vehículo:

Ecuación 6

$$TD = TPDA * Fc * Fd * fc$$

Dónde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual (Ver Tabla 2, Pág. 13).

fc': Factor de distribución por carril. (Ver Tabla 3, Pág. 16).

FD: Factor de distribución por sentido o factor direccional. (Ver Tabla 6, Pág. 17).

Fc: Factor de crecimiento se determinará a partir de la ecuación 4.

$$Fc = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

Dónde:

Fc: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento 4.23 % \approx 0.0423 (Ver Tabla 12, Pág. 27).

n: Periodo de diseño establecido (Ver Tabla 4, Pág. 16).

Sustituyendo los valores obtenemos:

$$Fc = \frac{(1 + 0.0423)^{20} - 1}{0.0423} * 365 = 11,132.0825 \approx \mathbf{11, 132}$$

Tabla 13 : Tránsito de diseño proyectado al año horizonte (TD)

Tipos de Vehiculos	TPDA	Factor de crecimiento (FC)	Factor direccional (FD)	Factor por carril (fc)	Tránsito de diseño (TD)
Vehiculos livianos					
Motos	313	11,132	0.5	1	1742158
Autos	13	11,132	0.5	1	72358
Jeep	1	11,132	0.5	1	5566
Cmta.	28	11,132	0.5	1	155848
Vehiculos de Pasajeros					
M Bus < 15p	3	11,132	0.5	1	16698
Mc Bus > 15p	2	11,132	0.5	1	11132
Bus	5	11,132	0.5	1	27830
Vehiculos de carga					
Liv.C2	11	11,132	0.5	1	61226
C2	10	11,132	0.5	1	55660
C3	8	11,132	0.5	1	44528
Tx-Sx-4	8	11,132	0.5	1	44528
Tx-Sx-5	5	11,132	0.5	1	27830
Tractores	10	11,132	0.5	1	55660
Total	282				2321022

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de cálculo:

$$TD = TPDA * Fc * Fd * fc$$

$$TD (Moto) = 313 * 11,132 * 0.5 * 1$$

$$TD (Moto) = 1,742,158 \text{ Motos}$$

2.7. Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)

Cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, por los cuales cada tipo de ejes tiene diferentes factores equivalentes de carga (LEF), que también cambia según el SN (número estructural), las tablas indican los distintos tipos de

carga por eje y para distintos números estructurales establecidas por el manual de la AASHTO.

Las diferentes cargas (tipos de vehículos) que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo es por ende que se utilizara las cargas por eje por cada tipo de vehículo establecidas por el ministerio de transporte e infraestructura MTI.

Para llevar acabo los cálculos de los ejes equivalentes **ESAL`s** debemos de tener los datos de los pesos de los vehículos que circulan en la vía donde se llevara a cabo el diseño el factor equivalente que se obtienen de las tablas de la ASSHTO 93, esta varía dependiendo el tipo de vehículo. Para este cálculo es importante saber el valor del Numero Estructural de carga para este caso se asumió **(SN)= 4** y la consideración de una serviciabilidad final **(P_f)= 1.8**, ya que estos términos multiplicados por el tránsito de diseño **(TD)** transforman la carga por eje a un número de ejes equivalentes con la ecuación siguiente:

$$\text{ESAL}'s = \text{TD} * \text{Factor de carga}$$

Calculo del factor equivalente de carga (LEF) para los tipos de vehículos encontrados en el estudio según el peso por eje

Para un microbús el eje delantero pesa 4400 lbs y el trasero pesa 8800 lbs según el diagrama de carga permisible del ministerio de transporte e infraestructura (MTI). Donde el peso por eje en kip serán 4.4 kip y 8.8 kip.

Peso	SN = 4
4000	0.0002
6000	0.001
2000	0.0008

Como el peso del microbús es de 4400 lbs faltarían 400 lbs por lo cual se requiere obtener este valor que no proporciona directamente la tabla interpolando para el peso restante.

$$\begin{array}{r} 2000 \quad 0.0008 \\ 400 \quad \quad x \\ \hline 400 * 0.0008 \\ \hline 2000 \end{array}$$

$$X=0.00016$$

El factor equivalente de carga para el peso de 8800lbs (microbús) será:

$$0.0002 + 0.00016 = \mathbf{0.00036}$$

Presentamos el ejemplo del cálculo del factor equivalente de carga para un microbús de igual manera así se hace para los demás vehículos.

ESAL's de diseño para el vehículo liviano de carga

$$\mathbf{ESAL'S \acute{o} W_{18} = TD * Factor ESAL'S}$$

$$\mathbf{ESAL'S \acute{o} W_{18} (Camionetas) = 155,848 * 0.00036}$$

$$\mathbf{ESAL'S \acute{o} W_{18} (Camionetas) = 56 \text{ Camionetas}}$$

Tabla 14 : Ejes Equivalentes

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 18K IPS (8.2 TON)						
TIPO DE VEHICULO	TPDA 2020	PE SO POR EJE EN LBS	TIPO DE EJE	TPD	F.E SAL	E SAL DE DISEÑO
JEEP	1	0		5566	0	0
		0		5566	0	0
MOTOS	313	0	SIMPLE	1742158	0	0
		0		1742158	0	0
AUTOS	13	2200	SIMPLE	72358	0.00002	1
		2200		72358	0.00002	1
CAMIONETAS	28	2200	SIMPLE	155848	0.00002	3
		4400		155848	0.00036	56
MICROBUS	3	4400	SIMPLE	16698	0.00036	6
		8800		16698	0.004600	77
MINIBUS	2	4400	SIMPLE	11132	0.00036	4
		8800		11132	0.004600	51
BUS	5	11000	SIMPLE	27830	0.0105	292
		22000		27830	0.174	4842
LMIANO DE CARGA	11	8800	SIMPLE	61226	0.004600	282
		17600		61226	0.0692	4237
C2	10	11000	SIMPLE	55660	0.0105	584
		22000		55660	0.174	9685
C3	8	11000	SIMPLE	44528	0.0105	468
		36300		44528	1.44	64120
TX-SX-4	8	15400	SIMPLE	44528	0.04	1781
		55000		44528	8.175	364016
TX-SX-5	5	30800	SIMPLE	27830	0.7226	20110
		55000		27830	8.175	227510
TRACTORES	10	14938	SIMPLE	55660	0.03538	1969
		11000		55660	0.0105	584
TOTAL	417					700681.81

Fuente: Elaboración propia

El ESAL's de diseño que se obtuvo según la vía en estudio fue un valor de **700681.81** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

CAPITULO III

ESTUDIO

TOPOGRAFICO



III. Estudio Topográfico

Un estudio topográfico se define como un conjunto de acciones realizadas sobre un terreno, con herramientas adecuadas para obtener una presentación grafica o plano.

Estos planos resultan muy útil para cualquier obra que se vaya a realizar sobre un terreno. De esta forma podemos conocer la posición exacta mediante latitud, longitud y elevación o cotas.

El proceso de trabajo de este capítulo, duro 2 días distribuyéndose 8 horas cada día en los que se realizó varias actividades en el sitio, de acuerdo a un ordenado plan para elaborar el levantamiento topográfico en las calles en estudio, luego de obtener los datos se procesaron apoyándonos del software Civil 3D que utilizamos como herramientas de trabajo.

3.1. Trabajo de campo

Luego de que se terminara el estudio de suelo se precede a realizar el estudio topográfico, se tomaron puntos de la línea central y de los bordes de la carretera así también como de los linderos.

Este procedimiento de trabajo se realizó para las cuatro calles que conforman el estudio para luego procesar los datos y obtener los perfiles.

A través del plan elaborado de trabajo para este estudio, se logró obtener los resultados esperados, desde el levantamiento hasta el procesamiento de datos en gabinete y obtención de planos.

El conocer un poco sobre el uso de las herramientas de trabajo de la topografía nos fue de mucha ayuda, ya que no hubo atrasos a la hora de la manipulación de equipos en el desarrollo del levantamiento.

3.2. Levantamiento longitudinal o de carreteras

Este tipo de levantamiento sirve para estudiar y construir las vías de transporte o comunicación, líneas de transmisión, canales etc.

De este tipo de levantamiento se generan las siguientes operaciones:

- Levantamiento topográfico del lugar donde será la obra, curvas de nivel y elevaciones.
- Dibujo de planos de la planta y perfiles.
- Determinación de secciones o perfiles transversales.
- Cálculos de volúmenes de movimiento de tierra.

3.3. Curvas de Nivel

Las curvas de nivel son uno de los varios métodos que se utilizan, para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. Son líneas que unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia y tienen el fin de mostrar el relieve de un terreno.

Una curva de nivel es una línea dibujada en un plano que conecta todos los puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia.

3.3.1. Características y propiedades de las curvas de nivel

- Todos los puntos de una curva de nivel tienen la misma elevación o cota.
- Todas las curvas de nivel tienen la misma distancia entre sí, indican una pendiente uniforme. Si están separadas desigualmente no indican pendientes uniformes. Las curvas de nivel más separadas indican que en esa porción hay menos pendiente. Cuando están próximas hay más pendiente.
- Las curvas de nivel no se cortan y si lo hacen indican una anomalía.
- Las curvas de nivel se cierran alrededor de una cima o punto elevado y se van anchando a medida que tienen nuevas y menores elevaciones y se van estrechando mientras mayor es la elevación.
- En cada dibujo topográfico con curvas de nivel, se indicara la elevación de cada una rompiendo la curva o interrumpiéndola para señalar la elevación.

3.4. Superficies y levantamientos

La preparación de un levantamiento topográfico depende del objeto que se debe estudiar y de la presentación de las superficies, pero estas dependen de ciertos factores como son:

- Equipo disponible.
- Tipo de terreno.

- Escala de planos.
- Características del proyecto en estudio.
- Área de estudio.

3.5. Métodos para realizar un levantamiento topográfico

Entre los métodos más comunes están:

- **Método de la Cuadrícula:** Este método se utiliza para levantamientos de áreas pequeñas en terrenos planos, con pendientes uniformes de baja vegetación.
- **Método de Radiación:** Este método es comúnmente empleado en levantamiento de superficies de mediana y gran extensión, en zonas de topografía accidentada, con vegetación espesa.
- **Método de Secciones Transversales:** Es el levantamiento que comúnmente se utiliza para estudio y proyectos de carreteras y ferrocarriles etc.

Para este diseño se utilizó el método de secciones transversales.

3.6. Superficie del terreno

Para llevar a cabo el diseño, debemos de tomar en cuenta este factor, puesto que es esencial para localizar físicamente la vía. Ya que este afecta los alineamientos horizontales, las pendientes, distancias de visibilidad y las secciones transversales. Desde el punto de vista topográfico el ministerio de transporte clasifica los terrenos en cuatro categorías:

- **Terreno plano:** Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de 5 grados. Exige mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la planeación.
- **Terreno ondulado:** Tiene pendientes transversales al eje de la vida entre 6 y 13 grados. Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos sin dificultad en el trazado y la explanación.
- **Terreno montañoso:** Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 13 y 40 grados. Requiere movimientos de tierra durante la construcción y presenta dificultades en el trazado y la planeación.

- **Terreno escarpado:** Tienen pendientes transversales al eje de la vía mayores a 40 grados. Exigen movimientos de tierras durante la construcción, dificulta el trazado y la explanación.

Tipo de Terreno Rangos de Pendientes (%) G

Llano o plano $G \leq 5$

Ondulado/Lomerío $5 > G \leq 15$

Montañoso $15 > G \leq 30$

3.7. Procesamiento de datos

Los datos recopilados con ayuda de la estación total, fueron procesados con el software "AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D", el cual, es una herramienta fundamental para el desarrollo y realización de los dibujos topográficos tales como los perfiles longitudinales, secciones transversales, entre otros.

Estos planos se describen más a detalle en los anexos (**ver anexos conjunto de planos**)

A continuación se muestra la memoria de cálculo obtenida con la estación total

Tabla 15: Levantamiento Topográfico (1)

Levantamiento Topográfico				
Punto N°	Coordenada X	Coordenada Y	Elevación	Descripción
BM1	1350753.354	699594.118	469.112	CLAVO
1	1350764.821	699600.879	469.089	PR
2	1350768.477	699567.025	471.355	LC
3	1350771.69	699567.677	471.369	BI
4	1350777.497	699569.733	472.007	BI
5	1350781.775	699571.296	472.131	CA
6	1350765.042	699566.275	471.319	BD
7	1350761.256	699565.745	471.579	BD
8	1350760.151	699565.506	471.57	LD
9	1350762.09	699589.71	468.935	LC
10	1350765.562	699590.654	468.847	BI
11	1350769.831	699592.921	470.13	LI
12	1350758.255	699589.708	468.678	BD
13	1350753.979	699589.964	469.583	BD
14	1350757.129	699604.528	467.514	LC
15	1350761.44	699605.463	467.476	BI
16	1350764.286	699605.701	468.841	LI
17	1350752.803	699601.967	467.048	LD
18	1350748.916	699600.001	467.248	LD
19	1350758.869	699613.054	467.154	LC

Fuente: Elaboración propia. (Ver continuación en anexos tabla 50, pág. 5)

Tabla 16 : Descripción de las siglas utilizadas en el levantamiento topográfico

Sigla	Descripción
PTE	Poste Electrico
PR	Punto de Rerencia
BD	Borde Derecho
BI	Borde Izquierdo
LC	Línea Central
LI	Lindero Izquierdo
LD	Lindero Derecho
PC	Punto de Cambio
SC	Salida de Cause
ESQ	Esquina
LCC	Lectura Centro de Cause
EC	Entrada de Cause
ECC	Entrada de Cauce Central
CA	Casa Amarilla

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

ESTUDIO DE

SUELO



IV. Estudio de suelo

Un Estudio de Suelo, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno. Es muy importante resaltar que el suelo es el que al final va soportar toda la carga generada por y en la estructura, y que un suelo de mala calidad podría producir que la construcción colapse.

En este capítulo del documento se detallan todos y cada uno de los procesos realizados durante el estudio de suelo, así como los datos y cada uno de los resultados obtenidos en las pruebas y análisis realizados en el laboratorio de suelos.

4.1. Trabajo de Campo

Con el objetivo de determinar las propiedades físicas mecánicas del sub suelo y de los materiales que lo conforman se realizaron sondeos de forma estratégica a lo largo de la calle estudiada.

Se realizaron 5 sondeos con excavaciones manuales de 1.50 metros aproximadamente, de forma alternada a la izquierda y derecha de la línea central, se extrajo una muestra por cada estrato que se encontró.

En la siguiente tabla se detallan las ubicaciones estratégicas de cada uno de los sondeos que fueron realizados y las profundidades de las muestras que fueron extraídas.

Tabla 17 : Ubicación de los sondeos manuales y profundidad de muestreo

Sondeos	Estación	Profundidad de sondeo	N° de ensayo	Profundidad de la extracción de la muestra (m)
Sondeo - 1	0+200	1.30 m	1	0 m - 0.40
				0.40 - 1
				1 - 1.30
Sondeo - 2	0+400	1.50 m	2	0 - 0.30
				0.30 - 0.48
				0.48 - 1.50
Sondeo - 3	0+600	1.30 m	3	0 - 0.40
				0.40 - 0.70
				0.70 - 1.30
Sondeo - 4	0+800	1.30 m	4	0 - 0.45
				0.45 - 1
				1 - 1.30
Sondeo - 5	0+1000	1.40 m	5	0 - 0.30
				0.30 - 1.40

Fuente: Elaboración propia

Nota: En algunos sondeos no se realizó la excavación de 1.50 m debido a que se encontró suelo que no era apto para excavarlo de forma manual.

4.2. Estudios de laboratorios

Existen varios tipos de ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas del suelo, a continuación, se detallan algunos de estos.

- ✓ **Ensayo de Granulometría:** tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar en porcentajes de su peso total la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.
- ✓ **Ensayo proctor estándar:** se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

- ✓ **Ensaye de valor relativo de soporte o CBR** : se emplea en la caracterización de la resistencia del material de cimiento de una vía o de los diferentes materiales que se emplearan en un pavimento, con vista a dimensionar los espesores de los suelos que formaran parte del mismo empleando el método de diseño de pavimento basado en dicho ensayo.

Mediante los sondeos efectuados las muestras obtenidas se sometieron a los ensayos de laboratorios que se detallan en la Tabla 17 conforme a las Normas ASTM y AASHTO- 93.

Tabla 18 : Tipos de ensayos de laboratorio

N°	Tipo de ensaye	Norma técnica	
		ASTM	AASHTO
1	Granulometría	D - 422	T - 88
2	Límite líquido de los suelos	D - 4318	T - 89
3	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	D - 4318	T - 90
4	Compactación de suelos (proctor estándar)	D - 698	T - 99
5	C.B.R	D - 1883	T - 193

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultados de los laboratorios (Suelos de la línea)

4.3.1. Clasificación de muestras de suelo

Habiendo determinado las características granulométricas y los límites de consistencia para cada una de las muestras de suelo, se procedió a su clasificación. Este proceso se llevó a cabo por medio del método sugerido por AASHTO-93. Para dicho método se utilizaron los resultados de la granulometría y los límites de consistencia o Atterberg.

Tabla 19: Clasificación de muestras de suelo (Método AASTHO)

N° MUESTRA	% PASA POR LA MALLA			LATTERBERG			CLASIFICACION		INDICE DE GRUPO	TIPO DE SUELO
	NUM.4	NUM.40	NUM.200	L.L	L.P	I.P				
1	37	16	10	40.21	29.6	10.61	A-2	A-2-7	0	Grava, arena, limo y arcilla
2	38	10	1	28	22.9	5.1	A-1	A-1-a	0	Fragmentos petros, grava y arena
3	31	13	8	34.33	30.79	3.54	A-1	A-1-a	0	Fragmentos petros, grava y arena
4	58	25	15	28.7	24.3	4.4	A-1	A-1-a	0	Fragmentos petros, grava y arena
5	48	21	13	27.8	22.3	5.5	A-1	A-1-a	0	Fragmentos petros, grava y arena
6	60	26	16	34.4	29.1	5.3	A-1	A-1-b	0	Fragmentos petros, grava y arena
7	65	28	18	27.2	21.2	5.9	A-2	A-1-b	0	Fragmentos petros, grava y arena
8	55	25	15	52.7	42.6	10.1	A-2	A-2-7	0	Grava, arena, limo y arcilla
9	32	14	8	47	36.2	10.8	A-2	A-2-7	0	Grava, arena, limo y arcilla

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, los suelos existentes a lo largo de la carretera están conformados en general y predominantemente por suelo fragmentos pétreos, grava y arena del tipo A-1-a (A-1). Siendo el otro tipo de suelo Grava, arena, limo y arcilla del tipo A-2-7 (A-2). **(Ver en anexos a partir de la tabla 53, pág. 8 gráficos de granulometría y límites realizados en laboratorio)**

Tabla 20 : Formato utilizado para la clasificación de suelos

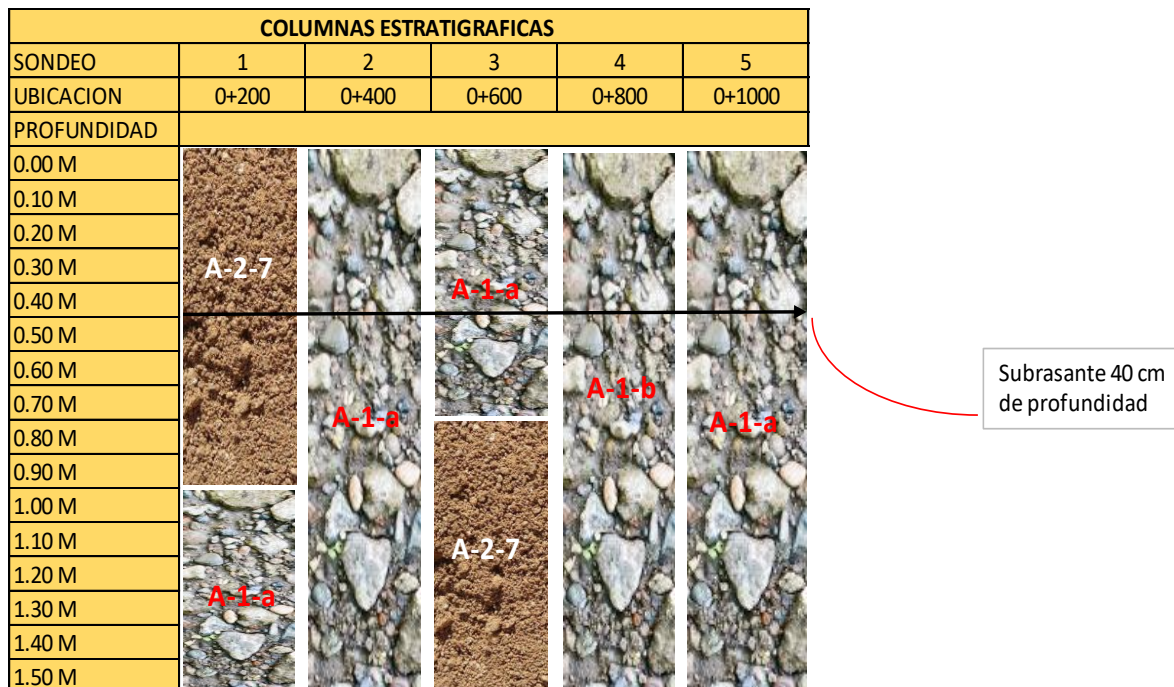
Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A -1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Límite líquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering, Braja M. Das, 1998

4.4 Columnas estratigráficas

Una vez clasificada cada una de las muestras analizadas en el laboratorio y teniendo en cuenta la profundidad de las excavaciones y el espesor de cada uno de los estratos estudiados en el laboratorio se procedió a generar las columnas estratigráficas.

Grafico 9 : Columnas estratigráficas



Fuente: Elaboración propia

El grafico 9 muestra las columnas estratigráficas para los cinco sondeos realizados, en este también se puede apreciar la profundidad en la cual se encuentran dichos estratos y su debida clasificación de suelo. Se consideró una profundidad de 40 cm para la sub rasante tomando en cuenta el espesor total de la estructura de pavimento que es de 45.72 cm (ver tabla 45, pág. 81).

Tabla 21: Descripción de la simbología utilizada en las columnas estratigráficas

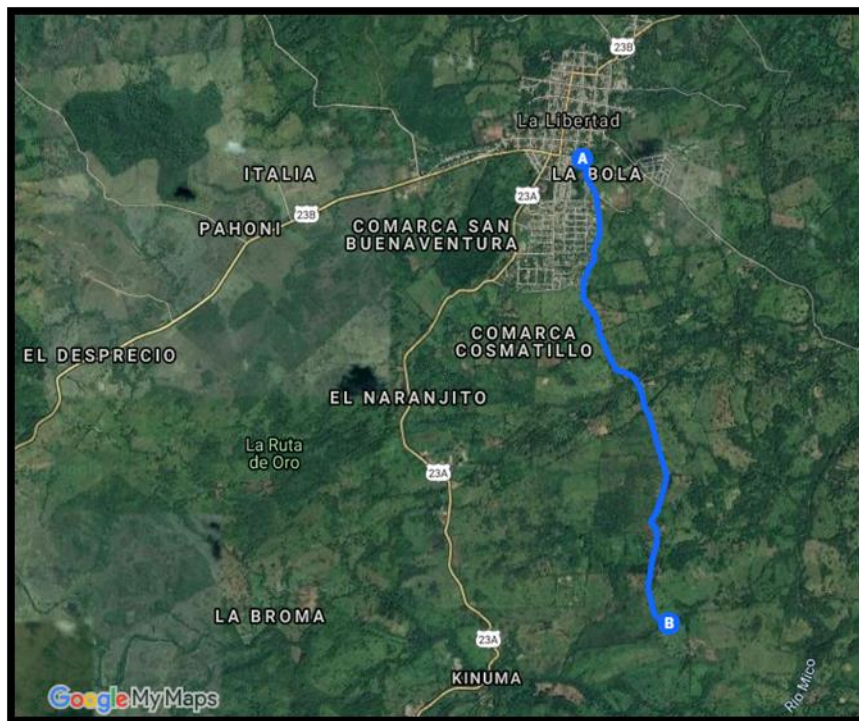
Simbología	Descripción
	Grava, arena, limo y arcilla
	Fragmentos petros, grava y arena

Fuente: Elaboración propia

4.5 Trabajo de laboratorio del banco de materiales

Se extrajo una muestra representativa del banco de material ubicado en la comunidad Cosmatillo, la cual se encuentra a casi 4km de la calle en estudio. Fue clasificada de forma ingenieril por el método de AASTHO, con suelo tipo A-1-a (A-1), tiene límite líquido de 29% e índice de plasticidad de 7%. Su densidad seca máxima es de 2023.72 kg/m³ y su humedad óptima de 12.83%.

Ilustración 4: Ubicación del banco (recorrido hacia el proyecto)



Fuente: Google maps

Tabla 22 : Clasificación y límites de consistencia realizados al Banco de materiales

N° MUESTRA	% PASA POR LA MALLA			LATTERBERG			CLASIFICACION	INDICE DE GRUPO	TIPO DE SUELO	
	NUM.4	NUM.40	NUM.200	L.L	L.P	I.P				
B. de Material	33	15	7	29	23	6.0	A-1	A-1-a	0	Fragmentos petros, grava y arena

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 : Ensayo de proctor modificado realizado al Banco de material

Proctor Banco de Materiales					
Peso del material + molde (kg)	5.981	6.191	6.299	6.28	6.191
Peso del molde (kg)	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152
Peso del material en el molde	1.829	2.039	2.147	2.128	2.039
Volumen del molde (m3)	0.00094	0.00094	0.00094	0.00094	0.00094
Peso volumetrico humedo(kg/m3)	1945.74	2169.15	2284.04	2263.83	2169.15
Peso Volumetrico Seco(kg/m3)	1766.09	1960.27	2023.72	1953.59	1867.31
Tara N°	KR-10	P-12	B-180	M-3	R-30
W de tara	54	54.1	54.4	53.9	53.8
Peso tara + Material humedo (gr)	200.2	202.6	201.8	201.3	201.1
Peso tara + Material seco (gr)	186.701	188.3	185	181.1	180.603
Peso del Agua	13.499	14.3	16.8	20.2	20.497
Peso material seco	132.701	134.2	130.6	127.2	126.803
Contenido de Humedad (%)	10.17	10.66	12.86	15.88	16.16

Densidad seca maxima	2023.72 kg/m3
Humedad optima	12.86 %

Fuente: Elaboración propia

4.5.1. Valor relativo de soporte CBR realizado al Banco de materiales Norma Técnica (ASTM D 1883-73)

La abreviación “CBR” corresponde al California Bearing Ratio, con el fin de darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser utilizado como material de base, sub-base o sub-rasante. También denominado ensayo de relación de soporte, es el procedimiento por medio del cual, mediante pruebas de laboratorio, y bajo condiciones de humedad y densidad controlada se puede medir la resistencia al corte de un suelo.

El C.B.R. se determina como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para la penetración de 0.25 cm (0.1 pulgada) con un vástago de 19.35 cm² (3 pulg²) de área con una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos (0.05 pulg/min) y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración. Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- ❖ Contenido de humedad
- ❖ Densidad húmeda y densidad seca
- ❖ Valor de CBR “0.1” Y “0.2” de penetración

Tabla 24 : Resultados de lecturas en ensayo de CBR para el Banco de materiales

ENSAYO PARA 56 GOLPES							
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area en cm2	Esfuerzo en kg/cm2
0.025	0.64	3	52.95	158.85	72.20	19.35	3.73
0.050	1.27	9	52.95	476.55	216.61	19.35	11.19
0.075	1.91	17	52.95	900.15	409.16	19.35	21.15
0.100	2.54	41	52.95	2170.95	986.80	19.35	51.00
0.200	5.08	76	52.95	4024.2	1829.18	19.35	94.53
0.300	7.62	82	52.95	4341.9	1973.59	19.35	101.99
0.400	10.16	98	52.95	5189.1	2358.68	19.35	121.90
0.500	12.70	110	52.95	5824.5	2647.50	19.35	136.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Valores de CBR de 0.1” y 0.2”

CALCULO DE CBR 56 GOLPES				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en kg/cm2	Esfuerzo Patron	CBR
0.1	2.5	51.00	70.31	73
0.2	5	94.53	105.46	90
Valor de CBR				90

Fuente: Elaboración propia

Se toman los valores de 0.1” y 0.2” siendo el mayor valor para el CBR del banco de material ensayado a 0.2” de **90** a una humedad optima de 12.86%.

4.6. Determinación de CBR de diseño

Logrando el objetivo de obtener los datos de los CBR de los ensayos de las muestras analizadas anteriormente, se calculara un dato muy importante como es el valor CBR para el diseño para los espesores de capas “CBR de diseño”.

Tabla 26: CBR de diseño

CALCULO DE CBR DE DISEÑO				
Densidad seca Kg/m ³	Porcentaje de compactacion	Valores de CBR calculados	CBR de diseño a 95 %	CBR de diseño a proctor 83%
2024 kg/m ³	100	90	88	60
1855 kg/m ³	91	86		
1802 kg/m ³	83	60		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior observamos valores de CBR de diseño para 95% y 83%. Para nuestro diseño decidimos trabajarlo con un porcentaje de 95% esto indica que el CBR que mostramos en la tabla da a 88% en otras palabras el **CBR DE DISEÑO ES = 88%**.

El resultado obtenido se encuentra dentro de los parámetros para ser usado como material de base tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 27: Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento

CBR	Clasificación	Usos	AASTHO
0-3	Muy pobre	Subrasante	A5,A6,A7
3-7	Pobre a regular	Subrasante	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Sub-base	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base,Sub-base	A1,A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	A1-a,A2-4,A3

Fuente: Bowles, J. (1981). Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería. Pág. núm.191

4.6.1. Identificación de Sub rasante

La Sub-rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Se puede apreciar en las columnas estratigráficas que los tramos cuentan con unas capas de rodadura.

En este diseño tomaron todos los valores de CBR que están por debajo de 40 cm, pero solo se tomaron los suelos que corresponden al material existente, al estrato más cercano a la capa de rodamiento, de la subrasante, ya que es donde se encuentra el suelo que soportara la estructura de pavimento a diseñar y con mejores valores de soporte al 95%.

Tabla 28 : Criterio del instituto de asfalto para determinar el CBR de diseño

Cargas Equivalente Totales (ESAL'S)	Percentil de Diseño (%)
<de 10, 000 ESAL'S	60
Entre 10, 000 y 1, 000, 000 de ESAL'S	75
> de 1, 000, 000 de ESAL'S	87.5

Fuente: Manual AASTHO-93

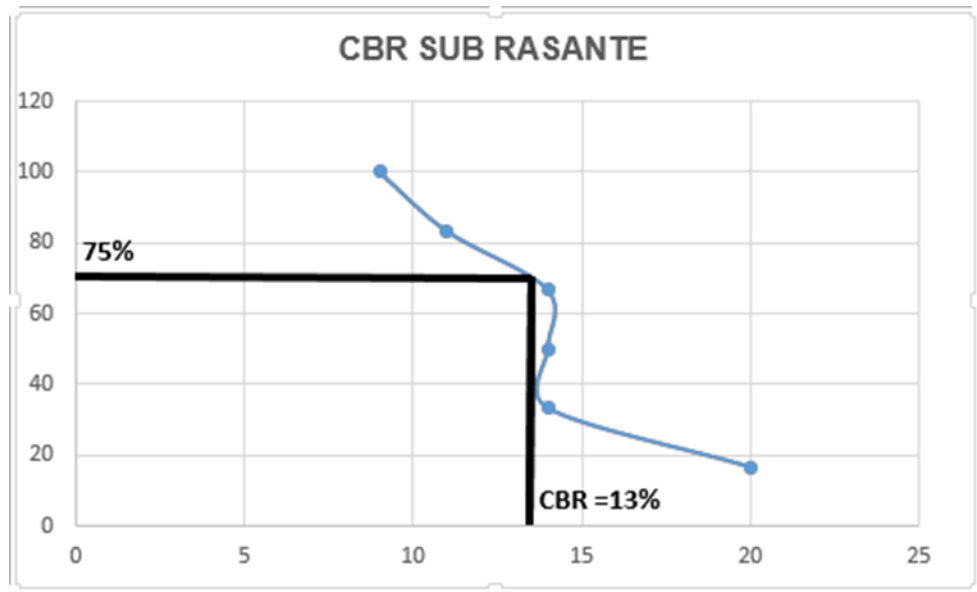
Ya que obtuvimos un **ESAL's** de **700,681.81** utilizaremos un percentil de diseño del 75%.

Tabla 29: Clasificación de CBR

Calculo del CBR de diseño por el metodo del percentil				
Clasificacion AASTHO	CBR (95 %)	Frecuencia	Nº de valores ≥	% de valores
A-1-a (1)	9	1	6	100
A-1-a	11	1	5	83.33
A-1-b (1)	14	1	4	66.67
A-2-7-(2)	14	1	3	50.00
A-2-7-(2)	14	1	2	33.33
A-1-a (1)	20	1	1	16.67
SUMA		6		

Fuente: Elaboración propia

Grafico 10: Selección de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

Con los valores CBR y porcentaje de valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para Subrasante.

Como se representa en el Gráfico 12, el valor de CBR de diseño resultante es de **13 %**, el cual será utilizado para calcular el módulo resiliente que es esencial para el cálculo de los espesores de la estructura del adoquinado.

CAPITULO V

ESTUDIO

HIDROTECNICO



V. Estudio Hidrotécnico

Cuando deseamos desarrollar una nueva infraestructura o iniciar procesos de construcción necesitas realizar un estudio hidrológico o estudio hidráulico; ya que si dichos proyectos discurren en las proximidades de los cauces de ríos, de un arroyo o de otras masas de agua de propiedad pública, pueden afectar tu obra.

5.1. Estudio Hidrológico

La hidrología tiene como objetivo el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente, se interesa principalmente en el agua localizada cerca de la superficie del suelo, su movimiento y distribución.

Para el estudio hidrológico se obtuvieron datos de mucha importancia como es uno de ellos los de intensidades de lluvia, esto fue posible con los datos de la estación meteorológica principal de Juigalpa.

Se procedió a delimitar la cuenca hidrográfica de la corriente. Una vez definidos los datos de la cuenca del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos.

Para este caso se han definido 2 tipos de estructuras las cuales son Vados y cunetas, lo cual por las características topográficas del terreno así mismo lo requiere.

5.1.1. Método Racional

Debido a que el área en estudio a analizar cuenta con un área pequeña se opta por tomar el método racional. Los flujos de áreas pequeñas son normalmente calculados con un método de alcance empírico tal como es el método racional. Para cuencas o áreas de un alcance mayor se tiene que hacer una modelación de mayor acercamiento esto requiere un estudio a mayor profundidad.

La fórmula general que define el método racional es expresada de la siguiente manera:

Ecuación 7

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{K}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

A: Área de drenaje de la sub-cuenca (kilómetros cuadrados).

K: Un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A.

Este método se caracteriza principalmente por el estudio de las cuencas pequeñas que se caracterizan por lo siguiente:

- Se asume que la lluvia esta uniformemente distribuida en el tiempo y en el espacio.
- Usualmente la duración de la lluvia excede el tiempo de concentración.
- La escorrentía es primariamente por flujo sobre suelo.
- Los procesos de almacenamientos en canales son insignificantes

Para calcular el caudal por el método racional el área en estudio tendrá que ser de 2.50 km² o menos para el buen uso de la fórmula, este es el método más ampliamente usado para el análisis de escorrentía de cuencas pequeñas y toma en cuenta las siguientes características

- Intensidad de la lluvia
- Duración de la lluvia
- Frecuencia de la lluvia
- Área de la cuenca

5.2. Trabajo de campo

Seleccionadas las calles del sitio y toda el área que se realizara el estudio hidrológico. En primera instancia se realizó el levantamiento topográfico para conocer las características del terreno en el que el que se estará trabajando como pendientes, curvas de nivel, la delimitación del área de estudio etc. Y así descubrir los caudales de diseño para las obras que se diseñaran.

5.2.1. Procesamiento de datos y obtención de resultados

Una vez realizado el levantamiento topográfico se procedió a procesar los puntos en el programa AutoCAD civil 3D en el cual se obtuvieron curvas de nivel, línea del cauce principal, áreas y pendientes. Como antes se ha mencionado como se trata

de estudios de áreas menores a 2.50km² se utilizará el método racional para la determinación de caudales de diseño.

5.2.2. Diseño de caudal para cunetas

Se determinó el caudal de diseño por el método racional, la fórmula general para el caudal de diseño es la siguiente

$$Q = \frac{C.I.A}{K}$$

C: el coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es adimensional.

A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km².

I: la intensidad de precipitación en mm/hora, correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de los picos de precipitación. Se utilizará K=3.6 cuando el área introducida sea en km² para obtener el valor d Q en m³/seg como es en este caso.

5.2.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (**C**) en esta fórmula del método racional es también dependiente de las características del suelo. El tipo y condición de un suelo determina su capacidad de infiltración en tiempo de precipitación. Este dato depende también del tipo de pendiente al que se encuentre el terreno para el caso en estudio los levantamientos topográficos determinaron que la pendiente más prolongada que existe se encuentra en un rango de una pendiente media Y un tipo de superficie de suelo de hierba y grama el cual da un valor de coeficiente de C= 0.83 para un tiempo de retorno de 10 años.

Tabla 30: Datos del coeficiente de escorrentía para diferentes periodos de retorno

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							

Fuente: Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor (MTI) 2018

5.2.4. Área de drenaje de la superficie

La superficie de drenaje que proporcionara el caudal para las cunetas será el área de la calzada el cual será el ancho de esta por su distancia y se calculó por tramos según la dirección de las pendientes en las que se encuentren.

5.2.5. Intensidad de precipitación (I)

Cuando se tiene el grafico de curvas de Intensidad- Duración y Frecuencia (IDF) en el eje de las abscisas se encuentra el tiempo de duración en minutos y en el de las ordenadas la intensidad de lluvia en mm/hrs, será necesario determinar el tiempo de duración o el tiempo de concentración.

En el caso que no se cuenta con la gráfica de curvas IDF el Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER) proporciona una tabla donde fácilmente se

pueden conocer los parámetros para poder calcular la intensidad de lluvia, considerando un tiempo de retorno de 10 años.

Tabla 31: Intensidades de lluvias, estación meteorológica Juigalpa, Chontales

	$I = A/(t + d)^b$			
Estacion	Tr	A	d	b
juigalpa	2	4039.82	19	1.042
codigo:69034	5	3532.192	18	0.959
Tipo: HMP	10	3038.445	16	0.902
12°06' 00'' Lat N	15	3069.322	16	0.889
85°22' 00''	25	3616.242	18	0.901
Elevacion : 90	50	2975.955	15	0.846
Periodo :1971 - 2013	100	2449.683	12	0.793

Fuente: Dirección general de meteorología (INETER)

Cuando se conocen los parámetros de A, b, d, la intensidad de lluvia se calculó con la siguiente fórmula

Ecuación 8

$$I = \frac{A}{(tc + d)^b}$$

I (mm\h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno.

T, d, b: parámetros que varían para las curvas que se generan en cada estación hidrometeorológica.

5.2.6. Tiempo de concentración

Para el caso de cuencas pequeñas el tiempo de concentración en Nicaragua se ha venido aplicando, la fórmula propuesta por el Ing. Eduardo Basso, el método del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA), la que depende de la longitud del cauce principal en km (L) y la pendiente de la misma (s), Este se calcula con la siguiente fórmula.

Ecuación 9

$$tc = 0.0041 \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{Sc}} \right)^{0.77}$$

Para conocer el caudal de diseño de las cunetas se analizaron por estaciones según el sentido de la pendiente a las que estas se encuentren, así mismo la cantidad de agua que pueden suministrar los techos de las casas entre otras.

Después de la interpretación de la fórmula y con todos los datos a introducir los cuales son coeficiente de escorrentía, área de la cuenca, Intensidad de precipitación y el valor constante de K, se elaboraron tablas en el programa de cálculo Microsoft Excel para la obtención precisa de los resultados estas de las cunetas así mismo de los vados.

Tabla 32 : Tiempo de concentración para cunetas

CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION PARA CUNETAS								
Estación	Factor Constante	Factor Constante	Longitud analizada	Longitud en km	Hmax	Hmin	% de pendiente	Tiempo de Concentracion
0+000 - 0+019	0.0041	3.28	50.492	0.050	472.310	470.950	0.027	0.004
0+019 - 0+062	0.0041	3.28	43.899	0.044	470.950	468.070	0.066	0.003
0+083 - 0+143	0.0041	3.28	88.684	0.089	468.550	468.070	0.005	0.012
0+000 - 0+109	0.0041	3.28	109.4947	0.109	481.598	473.077	0.078	0.005
0+000 - 0+087	0.0041	3.28	94.6416	0.095	486.810	482.000	0.051	0.005
0+000 - 0+089	0.0041	3.28	104.5801	0.105	482.648	482.000	0.006	0.013
0+089 - 0+091	0.0041	3.28	89.6772	0.090	482.280	470.970	0.126	0.004
0+091 - 0+104	0.0041	3.28	91.351	0.091	470.130	462.910	0.079	0.004
0+000 - 0+057	0.0041	3.28	57.428	0.057	490.000	487.280	0.047	0.004
0+057 - 0+106	0.0041	3.28	106.705	0.107	486.530	480.990	0.052	0.006
0+000 - 0+092	0.0041	3.28	92.542	0.093	480.420	472.720	0.083	0.004
0+000 - 0+081	0.0041	3.28	85.8429	0.086	466.210	462.910	0.038	0.005
0+000 - 0+069	0.0041	3.28	69.257	0.069	479.060	478.620	0.006	0.009
0+069 - 0+083	0.0041	3.28	83.744	0.084	474.190	467.420	0.081	0.004
0+083 - 0+104	0.0041	3.28	104.563	0.105	478.930	474.750	0.040	0.006
0+000 - 0+096	0.0041	3.28	87.298	0.087	467.035	464.044	0.034	0.006
0+000 - 0+106	0.0041	3.28	106.705	0.107	486.530	480.990	0.052	0.006
0+000 - 0+097	0.0041	3.28	97.010	0.097	480.312	474.929	0.055	0.005

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Intensidad media de precipitación de cunetas

INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACION DE CUNETAS						
Estación	Parametro Constante	Tiempo de Concentracion	Parametro Constante	Parametro Constante	Intensidad Media de	Velocidad (seg.)
0+000 - 0+019	3038.445	0.004	16	0.902	249.135	0.204
0+019 - 0+062	3038.445	0.003	16	0.902	249.156	0.278
0+083 - 0+143	3038.445	0.012	16	0.902	249.027	0.125
0+000 - 0+109	3038.445	0.005	16	0.902	249.123	0.366
0+000 - 0+087	3038.445	0.005	16	0.902	249.119	0.301
0+000 - 0+089	3038.445	0.013	16	0.902	249.014	0.137
0+089 - 0+091	3038.445	0.004	16	0.902	249.143	0.421
0+091 - 0+104	3038.445	0.004	16	0.902	249.132	0.354
0+000 - 0+057	3038.445	0.004	16	0.902	249.141	0.261
0+057 - 0+106	3038.445	0.006	16	0.902	249.112	0.312
0+000 - 0+092	3038.445	0.004	16	0.902	249.133	0.362
0+000 - 0+081	3038.445	0.005	16	0.902	249.117	0.264
0+000 - 0+069	3038.445	0.009	16	0.902	249.064	0.126
0+069 - 0+083	3038.445	0.004	16	0.902	249.137	0.350
0+083 - 0+104	3038.445	0.006	16	0.902	249.105	0.281
0+000 - 0+096	3038.445	0.006	16	0.902	249.112	0.254
0+000 - 0+106	3038.445	0.006	16	0.902	249.112	0.312
0+000 - 0+097	3038.445	0.055	16	0.902	248.422	0.313

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Caudal de diseño de cunetas

CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO PARA CUNETAS							
Estacion	Coeficiente de Escorrentia	Intencidad Media de	Area de Drenaje m2	Area de drenaje Km	Parametro Contante (k)	Caudal de Diseño	Caudal acumulado
0+000 - 0+019	0.83	249.135	176.722	0.0002	3.6	0.010	
0+019 - 0+062	0.83	249.156	153.647	0.0002	3.6	0.009	
0+083 - 0+143	0.83	249.027	310.397	0.0003	3.6	0.018	
0+000 - 0+109	0.83	249.123	383.230	0.0004	3.6	0.022	0.059
0+000 - 0+087	0.83	249.119	331.246	0.0003	3.6	0.019	
0+000 - 0+089	0.83	249.014	366.030	0.0004	3.6	0.021	
0+089 - 0+091	0.83	249.143	313.870	0.0003	3.6	0.018	
0+091 - 0+104	0.83	249.132	319.730	0.0003	3.6	0.018	0.076
0+000 - 0+057	0.83	249.141	201.000	0.0002	3.6	0.012	
0+057 - 0+106	0.83	249.112	373.470	0.0004	3.6	0.021	
0+000 - 0+092	0.83	249.133	323.900	0.0003	3.6	0.019	
0+000 - 0+081	0.83	249.117	300.450	0.0003	3.6	0.017	0.069
0+000 - 0+069	0.83	249.064	242.400	0.0002	3.6	0.014	
0+069 - 0+083	0.83	249.137	293.100	0.0003	3.6	0.017	
0+083 - 0+104	0.83	249.105	365.970	0.0004	3.6	0.021	
0+000 - 0+096	0.83	249.112	305.540	0.0003	3.6	0.018	
0+000 - 0+106	0.83	249.112	373.470	0.0004	3.6	0.021	
0+000 - 0+097	0.83	248.422	339.540	0.0003	3.6	0.019	0.110
					Total	0.314	0.314

Fuente: Elaboración propia

5.3. Diseño Hidráulico

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se le debe de proporcionar a las estructuras de la carretera para la protección de agentes de erosión o en caso de inundaciones por las aguas superficiales o las subterráneas que son problemas más típicos que se presentan a diario y el más usual por el que la estructura suele fallar.

Para dar solución a estos problemas en cualquier diseño de obras horizontales se proponen algunos tipos de obras que sirven de artificios para la recolección, transporte y descarga segura de las aguas las cuales estas deben estar proyectadas por el diseñador de modo que sean económicas y que garanticen la vida útil de la vía

El sistema de drenaje tiene como principal objetivo evacuar o transportar las aguas que se precipitan sobre la superficie de rodamiento de la carretera o de la calle y que estas penetren lateralmente a la estructura y la deterioren de esta forma acortando su vida útil.

Un estudio de diseño Hidráulico para drenaje se realiza de forma longitudinal y transversalmente, los cuales estos varían de muchas formas dependiendo de la dirección del flujo o en el sentido que se dirigen las aguas que necesitan evacuarse. Algunos sistemas de drenajes muy usuales que se utilizan para la protección de la calzada son:

5.3.1. Bombeo de la calzada

En este caso la sección típica de la vía la convierte en un parte aguas ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral y geoméricamente para ambos lados, de esta forma de una forma muy eficiente drena el agua en los periodos de precipitación evitando que gran parte de esta se filtre y dañe la estructura de pavimento en la cual esta se funda.

En el caso del adoquinado es más sencillo que el agua se introduzca si este tipo de pavimento no tiene un drenaje muy eficiente fácilmente puede romper el sello de arena y perjudicar la estructura.

Tabla 35 : Bombeos típicos utilizados en las carreteras

Bombeos típicos utilizados	
Para adoquinados	2% - 2.5%
Para asfalto	1% - 1.5%
Para macadam	3% - 4%

Fuente: Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos (MTI) 2018.

5.3.2. Dimensionamiento de cunetas

Las cunetas son conocidas como canales de drenaje, generalmente de sección triangular y se ubican a lo largo de la calzada para todos los tramos, al pie de los taludes de corte.

Con toda esta información que se obtiene del estudio hidrológico se procede al dimensionamiento de estas.

En el manual para la revisión de drenaje menor del MTI se pueden encontrar fórmulas con las cuales se puede dimensionar según sea la forma del canal a utilizarse, estos se utilizan principalmente para carreteras interurbanas por su mayor capacidad de evacuar las aguas provenientes de lluvias.

Ilustración 5 : Fórmulas para el dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas

	Tipo de Cuneta o Canal	
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$	$x + z_b \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Area (a)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
Perímetro Mojado (P)	$\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right) \cdot h$	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot \left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right)}$	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}$

Fuente: Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor (MTI)

De la misma forma el ministerio de transporte e infraestructura (MTI) brinda valores para diferentes zonas del país donde se establecen el ancho y la profundidad las cuales son las dimensiones mínimas para estos canales se presenta el cuadro donde están establecidos estas dimensiones mínimas.

Tabla 36: Dimensiones de Cunetas

CUADRO DE DIMENSIONES MINIMAS DE CUNETAS		
Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.70
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor (MTI)

5.3.3. Área de diseño

Para el caso del dimensionamiento de las cunetas se propuso una sección típica triangular de una región lluviosa, con los siguientes parámetros:

$$H = 0.30\text{m} \quad Z_a = 0.5 \quad Z_b = 1.5$$

Donde:

H= será la profundidad verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante al fondo o vértice de la cuneta.

Z_a= al talud externo de la cuneta.

Z_b= al talud interno de la cuneta.

Para asegurarse que la sección propuesta cumpla con la demanda de los caudales de aporte calculados anteriormente, se prosiguió a utilizar la ecuación de Manning la cual nos permite obtener un caudal de diseño y así saber realmente si la sección propuesta cumple con la demanda.

Ecuación 10

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal, m³/s

V = Velocidad media, m/s

A = Área de la sección transversal húmeda, m²

P = Perímetro mojado, m

R_h = A/P; Radio Hidráulico m

S = Pendiente longitudinal, m/m

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

Para la obtención de resultados se utilizó el software Excel en el cual se realizaron los cálculos del área mojada de la cuneta, su perímetro mojado y su caudal de diseño utilizando un coeficiente de rugosidad de $N= 0.015$, ya que este es el valor dado para superficies de hormigón dado.

Estación 0+000 – 0+019

$$A = \frac{(Za+Zb)*H^2}{2} = \frac{(0.5+1.5)*0.30^2}{2} = 0.09 \text{ m}^2$$

$$p = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * H = (\sqrt{1 + 0.5^2} + \sqrt{1 + 1.5^2}) * 0.30 = 0.87 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{0.015} * \left(\frac{(0.09 \text{ m}^2)^5}{(0.87 \text{ m})^2} \right)^{\frac{1}{3}} * (0.027)^{\frac{1}{3}} = 0.207 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tabla 37 : Diseño hidráulico de cunetas

Estación	% de la pendiente	Caudal de diseño (m3/seg)	Caudal de Manning (m3/seg)
0+000 - 0+019	0.027	0.010	0.207
0+019 - 0+062	0.066	0.009	0.323
0+083 - 0+143	0.005	0.018	0.093
0+000 - 0+109	0.078	0.022	0.352
0+000 - 0+087	0.051	0.019	0.285
0+000 - 0+089	0.006	0.021	0.099
0+089 - 0+091	0.126	0.018	0.448
0+091 - 0+104	0.079	0.018	0.355
0+000 - 0+057	0.047	0.012	0.275
0+057 - 0+106	0.052	0.021	0.288
0+000 - 0+092	0.083	0.019	0.364
0+000 - 0+081	0.038	0.017	0.247
0+000 - 0+069	0.006	0.014	0.101
0+069 - 0+083	0.081	0.017	0.359
0+083 - 0+104	0.040	0.021	0.252
0+000 - 0+096	0.034	0.018	0.234
0+000 - 0+106	0.052	0.021	0.288
0+000 - 0+097	0.055	0.019	0.297

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que el caudal para la cuneta típica triangular, con las secciones propuestas, cumple con la demanda de caudales de aporte de cada tramo de los ejes correspondientes.

5.3.4. Dimensionamiento de vado con HCANALES

Para el dimensionamiento de los vados los datos obtenidos del estudio hidrológico fueron procesados en el programa de diseño **HCANALES**.

En el caso de los vados según los caudales calculados se establecerán 4 tipos de vados cuya diferencia son sus dimensiones.

La versión del programa utilizada es la versión V3, Hcanales, su principal ventaja es que, permite simplificar los cálculos y así mismo obtener rápidamente resultados para brindar respuestas rápidas.

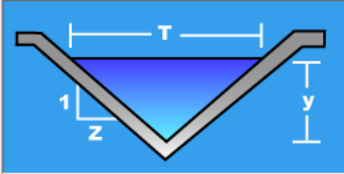
Ilustración 6 : Cálculo del área requerida vado tipo 1

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	La Libertad, Chontales	Proyecto:	Diseño de vado tipo 1
Tramo:	Barrio La Luz	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.059	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.005	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2445	m	Perímetro (p):	0.6914	m
Área hidráulica (A):	0.0598	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0864	m
Espejo de agua (T):	0.4889	m	Velocidad (v):	0.9873	m/s
Número de Froude (F):	0.9017		Energía específica (E):	0.2941	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Hcanales

En los planos que se anexan a este documento se pueden encontrar los dibujos arquitectónicos de las dimensiones finales de los vados en base al área requerida calculada por el programa en el caso del vado tipo 1, se ha calculado un área hidráulica de **0.059m²**.

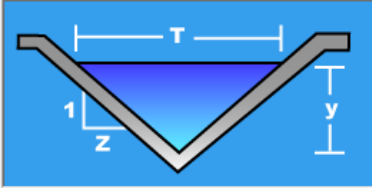
Ilustración 7: Cálculo del área requerida vado tipo 2

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	La Libertad, Chontales	Proyecto:	Diseño de vado tipo 2
Tramo:	Barrio La Luz	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.076	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.006	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2598	m	Perímetro (p):	0.7347	m
Área hidráulica (A):	0.0675	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0918	m
Espejo de agua (T):	0.5195	m	Velocidad (v):	1.1263	m/s
Número de Froude (F):	0.9978		Energía específica (E):	0.3244	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

[Calcular](#)
[Limpiar Pantalla](#)
[Imprimir](#)
[Menú Principal](#)
[Calculadora](#)

Fuente: Hcanales

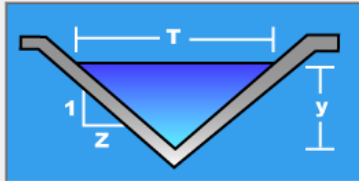
Ilustración 8: Cálculo del área requerida vado tipo 3

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **La Libertad, Chontales** Proyecto: **Diseño de vado tipo 3**
 Tramo: **Barrio La Luz** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Caudal (Q): **0.069** m³/s
 Ancho de solera (b): **0** m
 Talud (Z): **1**
 Rugosidad (n): **0.014**
 Pendiente (S): **0.006** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.2505** m Perímetro (p): **0.7086** m
 Área hidráulica (A): **0.0628** m² Radio hidráulico (R): **0.0886** m
 Espejo de agua (T): **0.5010** m Velocidad (v): **1.0994** m/s
 Número de Froude (F): **0.9918** Energía específica (E): **0.3121** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Hcanales

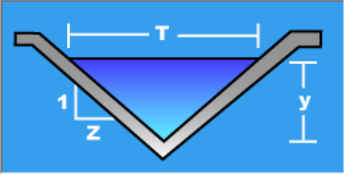
Ilustración 9: Cálculo del área requerida vado tipo 4

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	La Libertad, Chontales	Proyecto:	Diseño de vado tipo 4
Tramo:	Barrio La Luz	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.110	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1.	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.006	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2984	m	Perímetro (p):	0.8440	m
Área hidráulica (A):	0.0890	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1055	m
Espejo de agua (T):	0.5968	m	Velocidad (v):	1.2353	m/s
Número de Froude (F):	1.0211		Energía específica (E):	0.3762	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				


Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Hcanales






Ilustración 10 : Dimensionamiento de alcantarilla

Lugar:	<input type="text" value="La Libertad,Chontales"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño Hidraulico de Vado"/>
Tramo:	<input type="text" value="Barrio La Luz"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.562"/> m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="1"/> m



Resultados:			
Tirante crítico (y):	<input type="text" value="0.4239"/> m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="1.4180"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.3169"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2235"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.9883"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.7735"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0000"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.5842"/> m-Kg/Kg

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Ingresar el tipo de material del canal

9:13 p. m. 20/1/2021

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

DISEÑO DE LA

ESTRUCTURA

DE PAVIMENTO



VI. Diseño estructural de pavimento

6.1. Pavimento de diseño

El análisis de las estructuras de pavimento se basa en la teoría de la elasticidad bajo el supuesto de materiales perfectamente elásticos, isotrópicos y homogéneos. Todos los materiales poseen propiedades de elasticidad, lo que en pocas palabras se puede definir como la capacidad que tiene un material de deformarse bajo el efecto de una carga externa y recuperar la forma inicial cuando la carga desaparece. El rango de esfuerzo admisible para lograr que el cuerpo se comporte dentro del límite elástico es variable de acuerdo con el tipo de material.

Para el caso de los pavimentos, las cargas están dadas por el tránsito y el clima.

6.2. Diseño estructural de pavimento

El diseño de pavimento se define como el proceso de determinación de una combinación de materiales y espesores de capas construidas con tales materiales, que garanticen tanto el comportamiento estructural de su conjunto, cuando es sometido a los efectos impuestos por las variables actuantes sobre la estructura, como el cumplimiento de las funciones para las cuales ha sido diseñado.

6.3. Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme elaborados entre sí. Esta puede ir ubicada 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 esta y de las magnitudes frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

6.4. Carpeta de rodamiento

Plano superior del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico. En particular, debe soportar los esfuerzos tangenciales. Se trata del área por la que circula el tráfico.

6.5. Base y Sub-base

Para ambas capas son materiales granulares, que se colocan normalmente sobre la subrasante, para formar una capa de apoyo para la base de pavimentos asfálticos y losas de concreto hidráulico.

6.6. Subrasante

Subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento.

El diseño de espesores de la estructura del pavimento flexible del tramo en estudio está basado en el método AASHTO-93.

6.7. Diseño de espesores por el Método de la AASHTO-93

El método AASHTO 93, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles de carreteras. El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un número estructural SN para el pavimento articulado que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para el método AASHTO 93 la ecuación de diseño es la siguiente:

Ecuación 11

$$\log_{10} W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left| \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right|}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} Mr - 8.07$$

Donde:

W18: número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80KN acumuladas en el periodo de diseño (n)

Zr: valor del área bajo la curva de distribución normal, función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento

So: desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio

Δ PSI: pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

Mr: Modulo de resiliencia de la subrasante y de las capas bases y sub-bases granulares

SN: número estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño.

6.8. Variables a considerar para el diseño

6.8.1. Índices de serviciabilidad

Este valor depende del grado de comodidad que prestará la vía para los usuarios que transiten por ésta, para que esta sea fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos.

6.8.1.1. Serviciabilidad inicial (po)

Está en función del tipo de pavimento y del grado de calidad durante la construcción el valor establecido por el experimento de la **AASHTO** para pavimentos Articulados es de **4.2**.

Po = 4.5 para pavimentos rígidos

Po = 4.2 para pavimentos flexibles

6.8.1.2. Serviciabilidad final (pt)

Este es el valor de serviciabilidad que tendrá la vía en el momento en que se necesite una rehabilitación o reconstrucción. Para este diseño se propone un valor de 1.8 (para caminos con menor tránsito).

Tabla 38 : Características de la vía

Características de la vía	Pt
Autopistas urbanas y tricales de mucho tráfico	2.5 - 3
Autopistas urbanas y troncales de tráfico normal y autopistas interurbanas	2.0 - 2.5
Vías locales, ramales secundarias y agrícolas	1.8 - 2.0
Se recomienda que, normalmente el valor de pt nunca sea menor de 1.8, aun cuando las Características del tráfico de la vía sean muy reducidas de ser el caso se recomienda disminuir el periodo de diseño	

Fuente: Manual AASTHO-93

6.8.1.3 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La pérdida de serviciabilidad es la diferencia entre los valores finales e iniciales entre ambos.

Ecuación 11

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Para el presente diseño se tiene lo siguiente

$$\Delta PSI = 4.2 - 1.8$$

$$\Delta PSI = 2.4$$

6.8.2. Confiabilidad (R)

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y 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.

Tabla 39: Niveles de confiabilidad

Tipos de caminos	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y	85 - 99.9	85 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Libro de diseño de pavimento AASTHO-93

En la tabla anterior se muestran los valores para los niveles de confiabilidad, esta depende del tipo de camino y del tipo de zona en donde se encuentra la carretera a diseñar, para el presente diseño considera una colectoras en zona urbana, por lo tanto, se tendrá en cuenta un valor de **80 %**.

6.8.3. Desviación Estándar

La desviación estándar está relacionada directamente con la variabilidad que se encuentra adjunta a todos los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del comportamiento del pavimento según el tránsito.

Tabla 40 : Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles

Condiciones de diseño	Variación
Variación de la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.35 Pavimento Rígido
	0.45 Pavimento Flexible
Variación de la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.40 Pavimento Rígido
	0.50 Pavimento Flexible

Fuente: Guía para el diseño de pavimento AASTHO-93

Para el presente diseño se considera un valor de desviación estándar de **0.45**.

6.8.4. Coeficiente de drenaje

El drenaje en pavimentos es considerado a la hora del diseño de una carretera ya que la saturación en las capas y el pavimento producen degradación de la calidad de los materiales vinculando a esto los aumentos de volumen de tránsito y cargas.

Estos coeficientes de drenaje están clasificados según los porcentajes de tiempo que se encuentra expuestos a niveles de humedad próximos a la saturación que varían del 1% al 25% establecido por la AASHTO 93.

Tabla 41 :Porcentajes del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	1%	1 - 5%	5 - 25%	25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15- 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.80 - 0.75	0.75 - 0.70	4

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de pavimento, AASHTO-93

En el presente diseño se propone que la calidad del drenaje sea buena, para un porcentaje de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación mayor al 25 %. Por lo tanto, se considera un coeficiente de drenaje $m_i = 1$.

6.8.5. Módulo resiliente (MR)

El módulo resiliente se calcula a través del valor de CBR, y este lo reemplaza como parámetro para caracterizar la a los mariales que componen la estructura de pavimento. Este se calcula utilizando una ecuación determinada para ciertos rangos de valores de CBR.

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

Tabla 42 : Correlación entre CBR y Modulo resiliente para sub rasante

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$

Fuente: Guía para el diseño de estructura de pavimento, AASTHO, 1993

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de **13 %**, utilizaremos el segundo criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la **ecuación 12**, por tanto:

Ecuación 12

$$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

Sustituyendo

$$Mr = 4326 * \ln(13\%) + 241$$

$$Mr = 11,336.97 \text{ PSI}$$

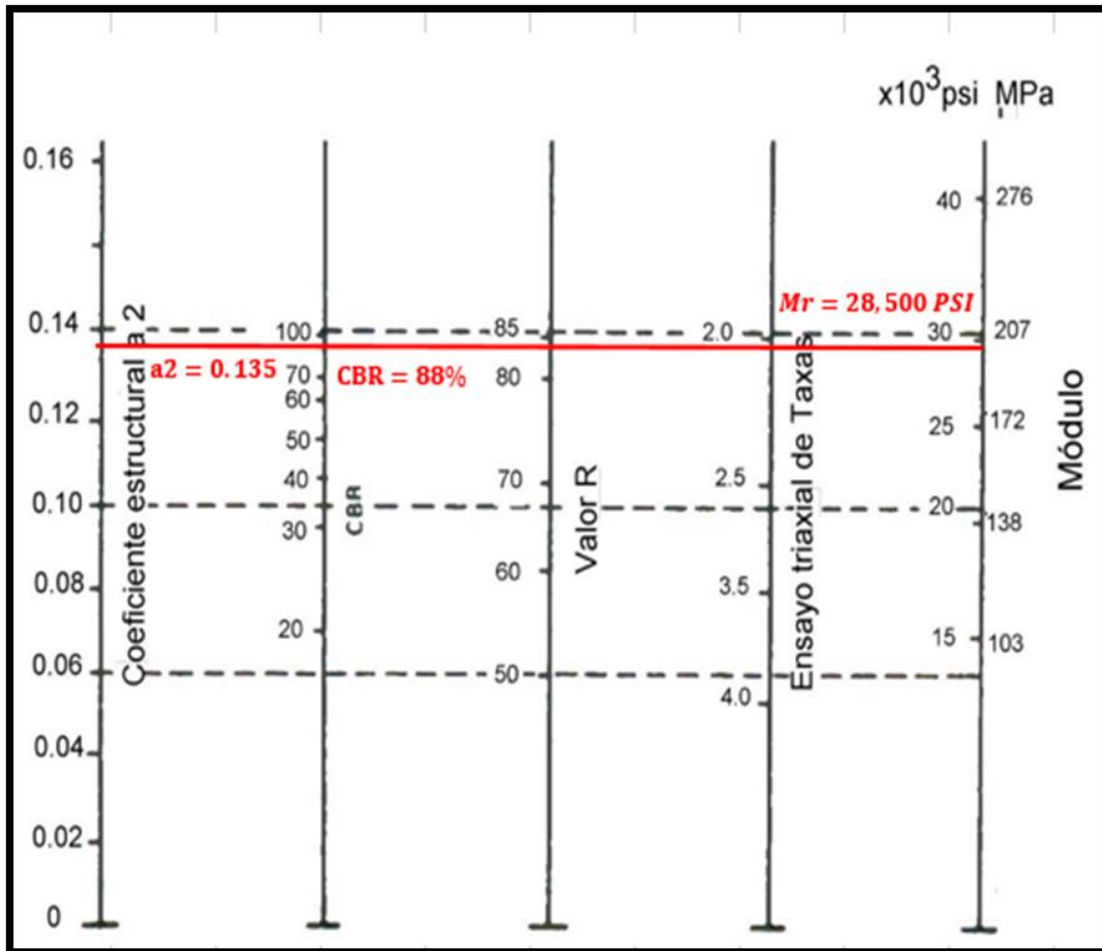
El módulo de resiliente de la sub rasante es **11,336.97 PSI**

6.9. Calculo de módulo de resiliente para la base

Haciendo uso del monograma Manual de la AASHTO obtuvimos el módulo resiliente de la base con un valor de **28,500 PSI**.

Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes.

Grafico 11: Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes.



Fuente: Manual AASHTO-93

6.10. Coeficientes estructurales de capa

Los Coeficientes Estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite 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.

6.10.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín) (a_1)

La Capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a

su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de $a_1=0.45$, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

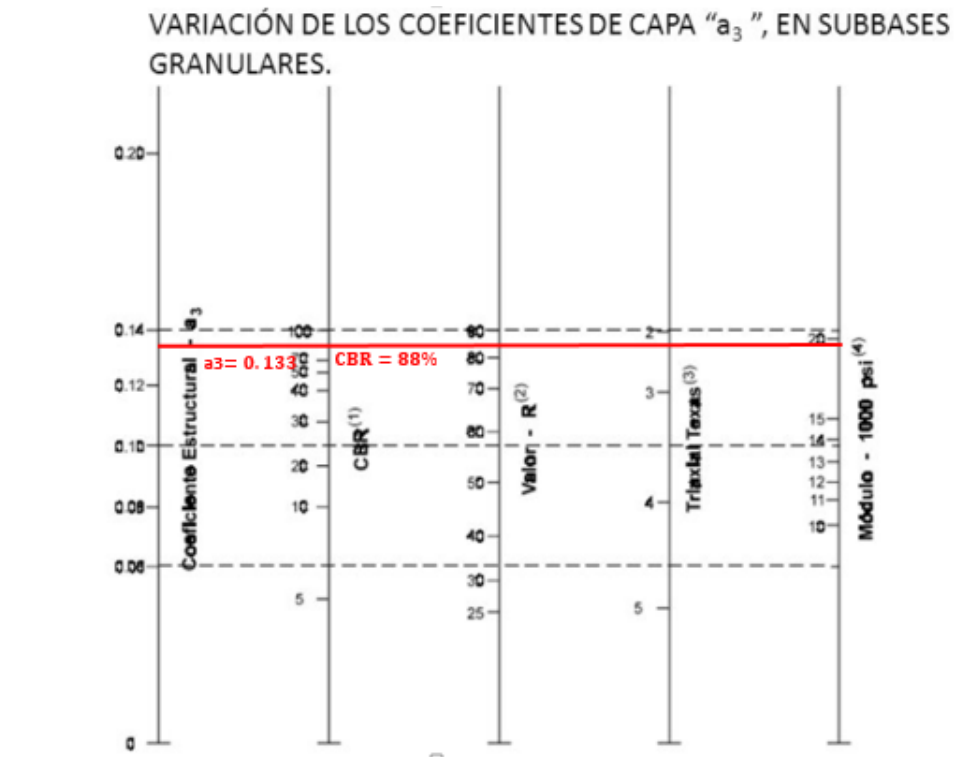
6.10.2. Coeficiente estructural para la base granular (a_2)

El coeficiente a_2 , se obtuvo en base al nomograma realizado en la pág.75, la cual relaciona los parámetros de: CBR, Confiabilidad y Modulo Resiliente, obteniendo como resultado un $a_2=0.135$.

6.10.3 Coeficiente estructural para la sub – base granular (a_3)

Para el coeficiente de la sub base, se usó la figura 5.32 de la AASHTO 93 dando como resultado un $a_3= 0.133$.

Grafico 12 : Nomograma para coeficientes de capas de sub-bases granulares



Fuente: Manual de la AASHTO-93

NOTA. En este caso se utilizó el mismo % de CBR para base y sub-base debido a que el banco de material cumple con estándares elevados.

6.11. Calculo de espesores de la estructura de pavimento

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Para obtener los números estructurales (SN), se hizo uso del ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la AASHTO 93, donde se deben tener en cuenta ciertas variables como: Confiabilidad, desviación estándar, Esal's de diseño, el módulo resiliente de la capa inferior a la que se pretende calcular y la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).

Grafico 13 Obtención del número estructural SN₂ y SN₃ (SN requerido)

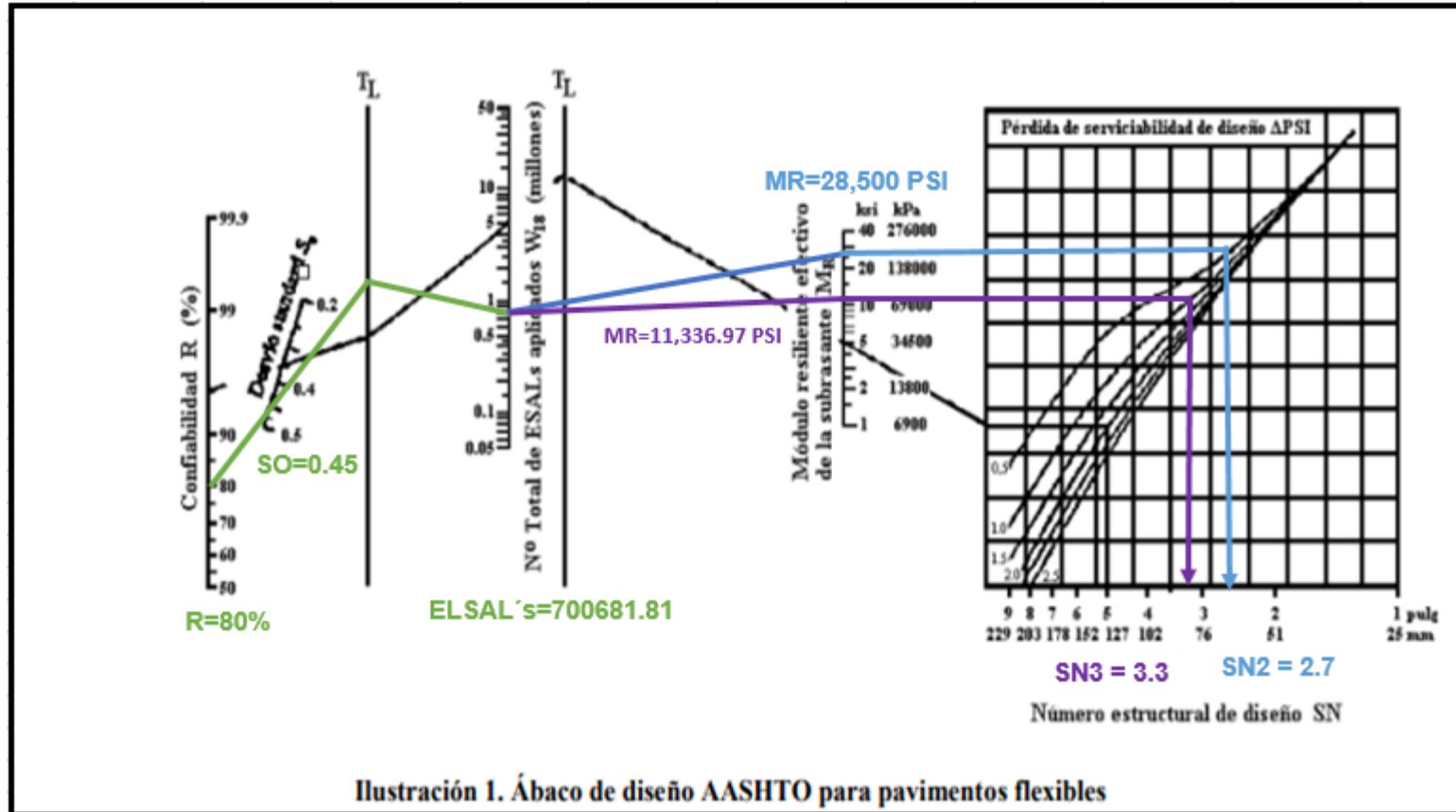


Ilustración 1. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

Fuente: Guía para el diseño de estructura de pavimento, AASHTO-93

La siguiente tabla muestra cada uno de los parámetros calculados relacionados al diseño de pavimento del presente estudio.

Tabla 43 : Resumen de datos calculados

Prámetros	Datos
ELSAL's	700,681.81
Confiabilidad (R)	80%
Desviacion Estandar (So)	0.45
Modulo resiliente de la sub-rasante	11,336.97 PSI
Servicialidad Inicial (Po)	4.2
Servicialidad Final (Pt)	1.8
Δ PSI	2.4
Ceficientes de capa	a1=0.45
	a2=0.135
	a3=0.133
Coeficiente de drenaje (mi)	1

Fuente: Elaboración propia

El espesor D_1 para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto, **$D_1 = 4$ pulgadas.**

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = (0.45) * (4.00)$$

$$SN_1 = 1.8$$

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN_1 , entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

Base:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m} = \frac{2.7 - 1.8}{0.135 * 1} = 6.66'' = 7'' \text{ Cumple}$$

Los 7" será el espesor que se requiere para que D_2 (Base), que resistirá los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la **Tabla 52** de espesores mínimos, resulta que, para el ESAL's de diseño de **700,681.81 PSI** el espesor mínimo de la base granular es **6 pulgada** (15 centímetros).

Tabla 44 :Espesores mínimos por capa

Numero de ESAL's	Espesor minimo (pulgadas)	
	Comcreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000, - 7,000,000	3.6	6
mas de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual AASHTO-93

El aporte de base granular es el siguiente:

$$SN_2 = a_2 \times D_2$$

$$SN_2 = 0.135 * 7''$$

$$SN_2 = 0.94$$

Entonces el número estructural para la base es 0.89

Para comprobar si el numero estructural requerido SN es mayor o igual a los estructurales de la carpeta y base calculados SN1, SN2.

$$SN_1 + SN_2 \geq SN \text{ Requerido}$$

$$1.8 + 0.94 \geq SN \text{ Requerido}$$

$$2.74 \geq 2.1 \text{ Cumple}$$

Ahora se determina el espesor de la sub - base granular

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m} = \frac{3.3 - (0.94 + 1.8)}{0.133 * 1} = 4.2'' = 5''$$

Espesor de Sub-base granular **5''**

Aporte de base granular

$$SN_3 = a_3 * D_3 = (0.133) * (5) = 0.665$$

Comprobación de soportes de las capas de diseño

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$1.8 + 0.94 + 0.665 \geq SN$$

$$3.405 \geq 3.3 \text{ **Cumple**}$$

Tabla 45: Resumen de espesores de capas

Capa	Espesor
	(cm)
Carpeta de rodamiento (Adoquin)	10.16
Capa de Arena	5.08
Capa base	17.78
Capa de sub-base	12.70
Espesor total requerido de pavimento	45.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Diseño propuesto

Espesor	Simbología	Componente	Descripción
4	III	Adoquin	3,000, PSI
2	II	Arena	Motastepe
7	II	Base	Banco Jose Mario Lazo
5	I	Base Sub-base	Banco Jose Mario Lazo

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

Realizado el diseño y de acuerdo a los objetivos propuestos hemos concluido con lo siguiente:

En el estudio de tránsito, se realizó un aforo vehicular con 12 horas durante 7 días, del cual obtuvimos un TPDA de 1241 vehículos/día. De los cuales obtuvimos la siguiente distribución vehicular: 79.40% vehículos livianos, 16.50% vehículos pesados o de carga, 4% vehículos de pasajeros.

En función de estudios sobre el comportamiento de variables que influyen en el crecimiento del tránsito en la historia se determinó una tasa anual de crecimiento de 4.13 %. Tomando en cuenta los valores promedio de las tazas de PIB, crecimiento poblacional, consumo de combustible, crecimiento vehicular y TPDA. Se calculó una cantidad de ESAL's para el carril de diseño de 700,681.81.

Se llevó acabo un levantamiento topográfico y posterior análisis de resultados en el software AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D, en el cual se logró generar las superficies del terreno, perfiles longitudinales.

En base a los estudios realizados en el laboratorio obtuvimos, la determinación de los tipos de suelo encontrados en la calle estudiada los cuales son A-2-7,A-1-a, A-1-b predominando el tipo Fragmentos petreos, grava y arena los cuales serán utilizados para la sub-rasante con un valor de CBR de 13% para un porcentaje del 95 % de compactación según proctor estándar siendo este material apto para sub-rasante.

Según resultados de estudios se pudo determinar el tipo de material que será utilizado, para base y sub-base los cuales cumplen. Obteniéndose un CBR de 88% al 95% para base y un 88% al 95% de CBR para sub-base. Ocuparemos un solo banco de material para base y sub-base ya que el banco es de muy buena calidad y cumple con unos estándares altos.

Para el diseño de los espesores de la base, la sub-base y carpeta de rodamiento se hizo uso del método del CBR, que toma en consideración el tipo de suelo existente y la carga máxima del vehículo que transita en la zona.

Se procedió a proponer el diseño de las obras menores de drenaje las cuales fueron cunetas, vados y alcantarillas. Por medio de la herramienta Microsoft Excel se logró dimensionar cunetas obteniéndose una cuneta típica triangular con una profundidad de 30 cm y para vados y alcantarillas se utilizó Hcanales obteniéndose tipos de flujo sub-crítico y súper-crítico.

Se pretende que al llevarse a cabo el adoquinado de este tramo, se dé solución a los factores mencionados en el documento, de tal manera que contribuya al mejoramiento del acceso y las condiciones de vida de este sector.

RECOMENDACIONES

A la hora de apertura y corte de material reemplazar la tubería quebrada, para evitar derramamiento de agua y escases en la población.

Limpia los bordes de la calle después del regado del material, para evitar accidentes y no obstaculizar el paso de los peatones.

Realizar una debida inspección del material selecto, que no contenga contaminación, que esté libre de cualquier otro material, ya que esto bajara la resistencia de la estructura y provocaría a corto y largo plazo hundimientos.

Señalar con cintas de peligro y precaución aberturas profundas, para evitar accidentes tanto de los peatones como de los obreros.

Se recomienda señalar puntos con estacas al momento de regar el material selecto, para luego realizar la compactación respetando así los espesores de capa del pavimento.

Utilizar el banco de material estudiado para base y sub-base según los espesores del diseño.

Se recomienda llevar un control del bombeo de la calle, que debe ser del 3 % tal como mandan los planos y las especificaciones técnicas.

La compactación deberá empezar por los bordes para comprimir firmemente el material, luego avanzar gradualmente para el centro, redistribuyéndolo para proporcionar una capa pareja debidamente compactada.

Se recomienda que el concreto de las cunetas deber ser vibrado para evitar ratoneras y curar las cunetas 3 veces al día durante 7 días mínimo.

El adoquín debe ser uniforme, para evitar juntas muy anchas o adoquines pegados.

Supervisar que el agua utilizada para el concreto en vigas, vados, cunetas; deberá ser potable libre de sustancias aceitosas, alcalinas y materia orgánica.

BIBLIOGRAFIA

- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2018) Anuario de aforo de tráfico
- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). Manual de diseño de pavimentos
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento SIECA (2004)
- VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005 (INIDE) Alcaldía La Libertad Chontales
- Coreas y asociados S.A. (CORASCO). (2008) Manual para revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI) Managua, Nicaragua

ANEXOS



Tabla 47 : Dependencia de estaciones



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

DEPENDENCIA DE ESTACIONES
2018

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-23A	2301	ECD	Santo Tomás - Emp.San Pedro de Lóvago
	NIC-23A	2301B	ECS	Emp.San Pedro de Lóvago - La Libertad
	NIC-23B	711	ECD	Juigalpa - Emp. Betulia
	NIC-23B	715	ECD	Emp. Betulia - La Libertad
	NIC-23B	2309	ECS	Santo Domingo - El Ayote - La Pifiuela
	NIC-25	2501	ECD	Emp. Lóvago - Acoyapa
	NIC-25	2507A	ECS	San Carlos - Melchora
	NIC-25B	2513	ECS	La Argentina - Melchora
	NIC-27	2701	ECD	Emp. Zambrano - Tisma
	NIC-27	2702	ECD	Tisma - Masaya (La Inca)
	NIC-29	2901	ECD	Ocotal - San Fernando
	NIC-29	2902	ECD	San Fernando - Santa Clara



Tabla 48 : Factores de ajustes para TPDA, MTI 2018



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS



ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802
SAN MARCOS - MASATEPE
FACTORES - 2018

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.42	1.47	1.30	1.33	1.37	1.31	1.31	1.21	1.26	1.18	1.00	1.56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
Factor Semana	0.99	1.08	1.09	1.04	0.97	0.97	0.94	0.90	0.85	0.83	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	1.02	0.84	0.82	0.92	1.09	1.10	1.21	1.36	1.78	2.01	1.00	1.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.41
Factor Expansión a TPDA	1.00	0.92	0.88	0.89	0.95	1.00	0.90	0.91	0.90	0.92	1.00	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.36	1.32	1.20	1.24	1.32	1.24	1.32	1.16	1.21	1.14	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
Factor Semana	0.98	1.04	1.03	1.02	0.95	0.97	0.91	0.91	0.86	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Fin de Semana	1.06	0.90	0.93	0.96	1.16	1.08	1.34	1.30	1.70	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
Factor Expansión a TPDA	1.00	1.20	1.11	1.15	1.06	1.01	1.09	1.08	1.16	0.94	1.00	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.44

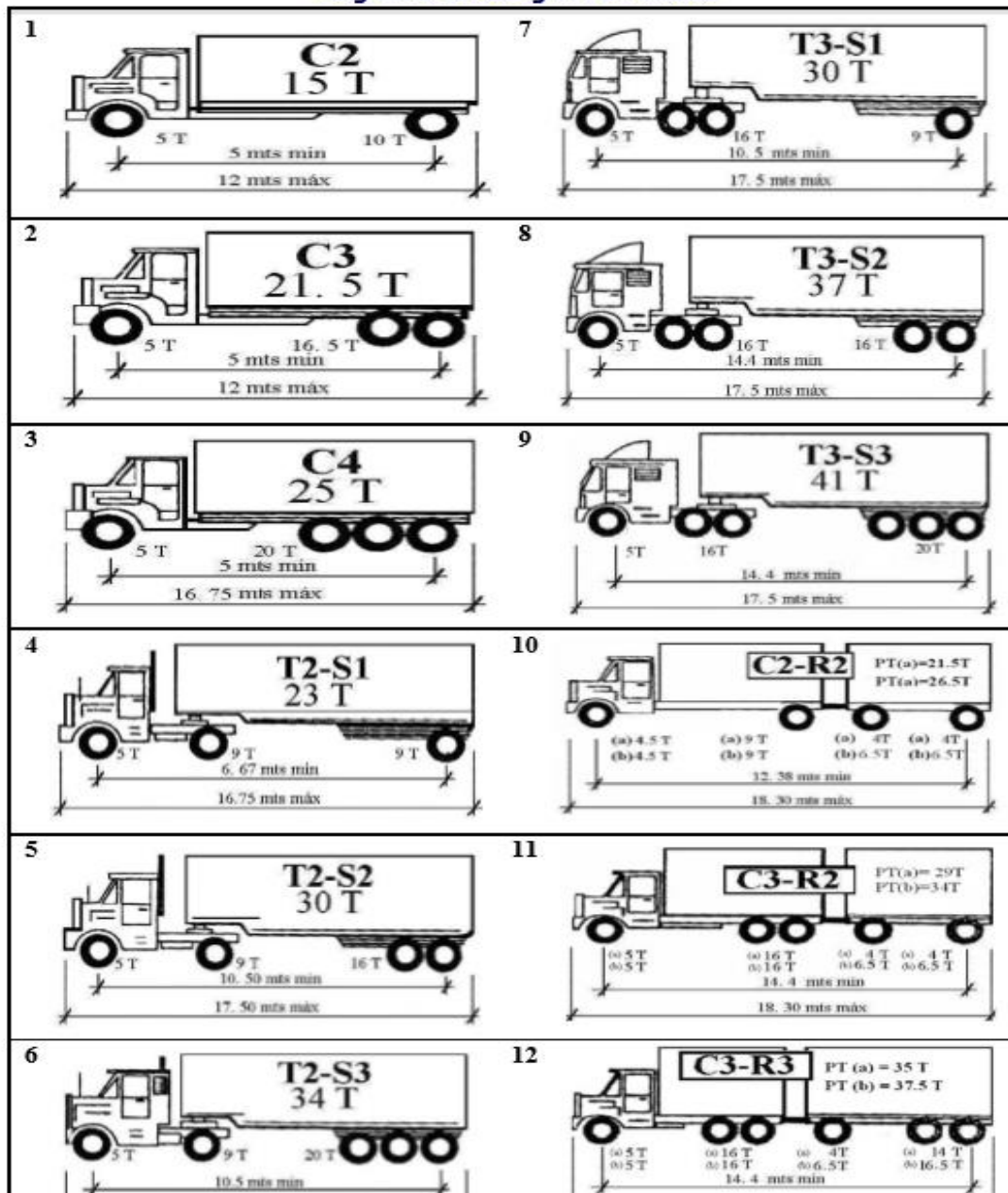
Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.44	1.41	1.21	1.28	1.34	1.29	1.32	1.23	1.25	1.07	1.00	1.22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor Semana	0.99	1.12	1.11	1.03	0.97	0.99	0.98	0.92	0.86	0.89	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
Factor Fin de Semana	1.03	0.79	0.80	0.94	1.10	1.01	1.05	1.30	1.73	1.45	1.00	1.78	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10
Factor Expansión a TPDA	1.00	0.93	1.04	0.99	1.00	0.99	1.03	1.02	0.98	1.16	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99

Tabla 49 : Tipología y descripción vehicular de los conteos de tráfico MTI

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con finas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Diagrama de Cargas Permisible



Fuente. Ministerio de Transporte e Infraestructura

**Tabla 50 : Continuación de memoria de puntos de levantamiento topográfico
(2)**

Levantamiento Topográfico				
Punto N°	Coordenada	Coordenada	Elevación	Descripción
20	1350762.15	699612	467.151	BI
21	1350763.68	699611.909	467.955	LI
22	1350756.32	699614.891	466.808	BI
23	1350754.66	699616.12	467.019	LI
24	1350768.02	699633.009	466.534	LC
25	1350771.21	699631.747	466.666	BI
26	1350772.76	699631.18	467.234	LI
27	1350766.21	699634.144	466.45	BD
28	1350765.31	699635.348	466.742	LD
29	1350778.39	699650.764	467.534	LC
30	1350780.4	699648.982	467.354	BI
31	1350780.94	699648.489	467.435	LI
32	1350776.56	699652.439	467.525	BD
33	1350775.4	699653.774	468.034	LD
34	1350777.73	699656.435	467.938	PC1
35	1350787.21	699662.778	468.213	PR1
36	1350787.66	699656.534	468.035	LC
37	1350788.96	699653.632	467.736	BI
38	1350789.98	699651.351	468.3	LI
39	1350787.81	699659.232	468.078	BD
40	1350787.47	699660.703	468.055	LD
41	1350825.24	699664.203	468.056	LC
42	1350825.65	699661.736	467.991	BI
43	1350825.91	699660.359	467.888	LI
44	1350828.19	699658.751	467.889	PTE
45	1350825.43	699667.068	467.877	BD
46	1350825.32	699669.124	467.758	LD
47	1350829.83	699661.131	467.765	EC
48	1350825.63	699669.472	467.686	ECC
49	1350872.7	699673.274	468.31	LC
50	1350873.07	699670.56	468.173	BI
51	1350873.5	699668.525	468.313	LI
52	1350872.18	699675.855	468.111	BD
53	1350871.65	699677.883	468.165	LD
54	1350884.63	699670.124	468.809	PTE
55	1350882.55	699678.062	468.161	ESQ
56	1350909.84	699679.148	469.009	LC
57	1350910.44	699676.336	468.964	BI
58	1350911.95	699673.901	469.313	LI
59	1350911.06	699682.218	468.994	BD
60	1350910.69	699684.194	468.621	LD

**Tabla 51 : Continuación de memoria de puntos de levantamiento topográfico
(3)**

Levantamiento Topográfico				
Punto N°	Coordenada	Coordenada	Elevación	Descripción
61	1350947.64	699686.014	470.754	LC
62	1350948.42	699683.337	470.758	BI
63	1350948.84	699681.331	471.842	PTE
64	1350947.64	699689.377	470.72	BD
65	1350947.57	699690.089	470.654	LD
66	1350963.05	699689.122	471.381	LC
67	1350963.45	699685.899	471.447	BI
68	1350963.55	699685.303	471.564	LI
69	1350961.89	699690.823	471.217	BD
70	1350973.94	699691.196	471.691	LC
71	1350974.49	699688.768	471.695	BI
72	1350974.95	699687.564	472.096	BI
73	1350974.1	699695.094	471.647	BD
74	1350995.89	699696.582	472.031	PC2
75	1351015.72	699701.206	470.982	PR2
76	1350992.3	699697.132	472.088	LC
77	1350992.84	699693.984	472.189	BI
78	1350992.1	699692.058	472.63	LI
79	1350991.59	699700.05	471.981	BD
80	1350991.4	699700.986	471.781	LD
81	1351058.56	699712.724	468.08	LC
82	1351059.52	699709.756	467.979	BI
83	1351060.44	699706.283	468.236	LI
84	1351099.7	699715.06	464.682	PC3
85	1351127.84	699719.267	463.107	PR3
86	1351057.1	699715.608	468.08	BD

**Tabla 52 : Continuación de memoria de puntos de levantamiento topográfico
(4)**

Levantamiento Topográfico				
Punto N°	Coordenada	Coordenada	Elevación	Descripción
87	1351056.68	699717.147	468.678	LD
88	1351067.48	699714.154	467.376	LC
89	1351066.97	699717.396	467.287	BD
90	1351067.13	699718.743	467.071	LD
91	1351069.33	699711.108	467.235	BI
92	1351069.95	699709.146	467.386	LI
93	1351109.73	699719.264	463.939	LC
94	1351110.38	699715.897	463.837	BI
95	1351110.16	699714.253	464.026	LI
96	1351109.79	699722.115	463.786	BD
97	1351109.44	699723.117	463.879	PTE
98	1351140.71	699722.277	462.799	LCC
99	1351140.92	699719.107	462.675	EC
100	1351140.86	699727.254	462.732	SC
101	1351159.25	699724.933	462.191	LC
102	1351160.3	699720.93	462.384	BI
103	1351161.07	699719.929	462.554	BI
104	1351159.83	699728.258	462.027	BD
105	1351159.18	699730.568	461.985	BD
106	1351169.02	699726.186	462.123	LC
107	1351169.9	699721.208	462.569	BI
108	1351169.16	699729.311	462.185	BD
109	1351168.9	699730.977	462.182	LD
110	1351209.29	699732.155	463.312	LC
111	1351209.63	699729.197	463.241	BI
112	1351209.82	699728.646	463.41	BI
113	1351209.31	699735.422	463.237	BD
114	1351209.27	699736.291	463.239	LD
115	1351266.49	699741.042	463.424	LC
116	1351266.91	699738.203	463.423	BI
117	1351267.15	699737.403	463.592	LI
118	1351266.49	699744.436	463.235	BD
119	1351266.51	699745.139	463.296	LD
120	1351272.05	699742.305	463.153	LD
121	1351272.77	699738.805	463.293	BI
122	1351273.41	699736.551	463.489	LI
123	1351271.49	699745.43	463.085	BD
124	1351271.69	699747.392	463.031	LD
125	1351279.12	699742.599	463.21	LC
126	1351279.69	699739.116	463.362	BI
127	1351279.97	699737.324	463.448	LI
128	1351278.44	699746.194	463.091	BD
129	1351229.18	699735.108	463.641	LC
130	1351229.74	699732.323	463.643	BI
131	1351229.95	699731.754	463.796	LI
132	1351228.39	699738.411	463.572	BD
133	1351228.4	699738.95	463.624	LD

Tabla 53 : Factores de ejes Equivalentes de Carga para pavimento flexible, ejes simples y tándem Pt: 1.8 SN: 4

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_1 = 2.0$

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente. Diseño de pavimento ASSHTO 93

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje (kips)	(KN)	SN					
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0

Fuente. Diseño de pavimento ASSHTO 93

Tabla 54 : Granulometría muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	2	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	1	Profundidad	1.30	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	0
3/4"	0	0	0	100
1/2"	247	6	6	94
3/8"	491	12	18	82
Num.4	1774	44	62	38
Pasa Num.4	1565	38	100	0
Suma	4076	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	191.0 gr	14	14	24
40	202.1 gr	15	29	10
200	114.6 gr	8	37	1
Pasa 200	18.7 gr	1	38	0
Suma	526.4 gr	38		
Total peso seco		526.4 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 55 : Granulometría muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	3	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	1	Profundidad	1.30 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	100
3/4"	195	4	4	96
1/2"	544	12	16	84
3/8"	855	19	35	65
Num.4	1519	34	69	31
Pasa Num.4	1384	31	100	0
Suma	4498	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	195.9 gr	9	9	22
40	204.0 gr	9	18	13
200	110.9 gr	5	23	8
Pasa 200	183.6 gr	8	31	0
Suma	694.4 gr	31		
Total peso seco		694.4 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 56 : Granulometría muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	4	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	4	Profundidad	1.30	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	100
3/4"	80	2	2	98
1/2"	131	4	6	94
3/8"	236	7	14	86
Num.4	926	28	42	58
Pasa Num.4	1933	58	100	0
Suma	3307	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	191.7 gr	16	16	42
40	204.6 gr	17	34	25
200	112.6 gr	10	43	15
Pasa 200	180.3 gr	15	58	0
Suma	689.2 gr	58		
Total peso seco		689.2 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 57 : Granulometría muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	5	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	5	Profundidad	1.40 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	100
1"	99	3	3	97
3/4"	129	4	7	93
1/2"	282	8	15	85
3/8"	409	12	27	73
Num.4	853	25	52	48
Pasa Num.4	1639	48	100	0
Suma	3410	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	201.2 gr	14	14	34
40	198.4 gr	14	28	21
200	114.0 gr	8	35	13
Pasa 200	184.8 gr	13	48	0
Suma	698.4 gr	48		
Total peso seco		698.4 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 58 : Granulometría muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	6	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	2	Profundidad	1.50 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	100
3/4"	11	1	1	99
1/2"	74	5	6	94
3/8"	134	8	14	86
Num.4	431	26	40	60
Pasa Num.4	983	60	100	0
Suma	1635	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	192.1 gr	17	17	43
40	196.1 gr	17	34	26
200	117.8 gr	10	44	16
Pasa 200	182.3 gr	16	60	0
Suma	688.3 gr	60		
Total peso seco		688.3 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 59 : Granulometría muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	7	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	2	Profundidad	0.30 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	100
3/4"	12	1	1	99
1/2"	61	5	6	94
3/8"	106	9	15	85
Num.4	246	20	35	65
Pasa Num.4	805	65	100	0
Suma	1230	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	190.1 gr	18	18	47
40	199.8 gr	19	37	28
200	111.8 gr	11	48	18
Pasa 200	186.6 gr	18	65	0
Suma	688.3 gr	65		
Total peso seco		688.3 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 60 : Granulometría muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	8	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	3	Profundidad	0.70 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	0
1"	0	0	0	100
3/4"	19	2	2	98
1/2"	59	5	7	93
3/8"	98	8	15	85
Num.4	387	31	45	55
Pasa Num.4	688	55	100	
Suma	1250	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	179.7 gr	15	15	40
40	186.1 gr	15	30	25
200	122.1 gr	10	40	15
Pasa 200	182.8 gr	15	55	0
Suma	670.7 gr	55		
Total peso seco		670.7 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 61 : Granulometría muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	9	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	3	Profundidad	1.3 m	
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	
1"	0	0	0	
3/4"	0	0	0	100
1/2"	39	3	3	97
3/8"	173	13	16	84
Num.4	707	52	68	32
Pasa Num 4	437	32	100	
Suma	1356	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	191.6 gr	9	9	23
40	198.1 gr	9	18	14
200	120.0 gr	6	24	8
Pasa Num 200	185.7 gr	9	32	0
Suma	695.4 gr	32		
Total peso seco		695.4 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 62 : Granulometría Banco de Material

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TEGNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
ING. JULIO PADILLA M				
ENSAYOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	1	Ensayo Num	1	
Sondeo Num.	B. de Material	Profundidad		
Procedencia del material	La libertad, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
1 1/2	0	0	0	100
1"	511.4	5	5	95
3/4"	1050.6	10	15	85
1/2"	1942	19	34	66
3/8"	2428	24	58	42
Num.4	968.30	9	67	33
Pasa Num.4	3383	33	100	0
Suma	10283.1	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	244.4 gr	10	10	23
40	218.1 gr	8	18	15
200	211.3 gr	8	27	7
Pasa 200	171.7 gr	7	33	0
Suma	845.5 gr	33		
Total peso seco		845.5 gr		

Fuente Formato laboratorio de suelos UNI

Tabla 63 : Límites de consistencia muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	2	Ensayo Num.	8		
Sondeo Num.	2 y 4	Profundidad	0.48 m		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	19	29	33		
Tara Num	B-03	B-02	A-24		
Pw + Tara (1)	43.2	40.9	41.8		
Ps + Tara (2)	38.4	36.8	37.5		
Agua= (1) - (2) (3)	4.8	4.1	4.3		
Peso de tara (4)	21.8	21.6	21.9		
PS= (2) - (4) (5)	16.6	15.2	15.6		
% de Agua = (6)	28.9	27.0	27.6		
Factor (K)	0.967	1.018	1.034		
Limite Liquido	28.0	27.5	28.5		

Limite Plastico		
Tara Num	B-4	H-18
PW Tara (8)	32.7	31.8
Ps Tara (9)	30.6	30
Agua= (8)-(9) (10)	2.1	1.8
Peso de Tara (11)	21.7	21.9
PS= (9)-(11) (12)	8.9	8.1
L.Plastico	23.6	22.2

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
28.0	22.9	5.1

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 64 : Límites de consistencia muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	3	Ensayo Num.	8		
Sondeo Num.	1 y 3	Profundidad	1.30 m		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	16	22	26		
Tara Num	A-30	A-48	R-103		
Pw + Tara (1)	42	40.2	44.3		
Ps + Tara (2)	36.7	35.5	38.5		
Agua= (1) - (2) (3)	5.3	4.7	5.8		
Peso de tara (4)	21.6	21.8	22.3		
PS= (2) - (4) (5)	15.1	13.7	16.2		
% de Agua = (6)	35.1	34.3	35.8		
Factor (K)	0.946	0.985	1.005		
Limite Liquido	33.2	33.8	36.0		

Limite Plastico		
Tara Num	A-13	B-02
PW Tara (8)	30.7	32.4
Ps Tara (9)	28.6	29.9
Agua= (8)-(9) (10)	2.1	2.5
Peso de Tara (11)	22	21.5
PS= (9)-(11) (12)	6.6	8.4
L.Plastico	31.8	29.8

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
34.33	30.79	3.54

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 65 : Límites de consistencia muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	4	Ensayo Num.	8		
Sondeo Num.	4	Profundidad	1.40 m		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	18	23	27		
Tara Num	A-61	B-04	A-19		
Pw + Tara (1)	45.2	41.8	38.6		
Ps + Tara (2)	40	37.3	34.7		
Agua= (1) - (2) (3)	5.2	4.5	3.9		
Peso de tara (4)	21.8	21.8	21.6		
PS= (2) - (4) (5)	18.2	15.5	13.1		
% de Agua = (6)	28.6	29.0	29.8		
Factor (K)	0.961	0.99	1.009		
Limite Liquido	27.5	28.7	30.0		

Limite Plastico		
Tara Num	A-45	A-33
PW Tara (8)	33.1	30.1
Ps Tara (9)	30.9	28.5
Agua= (8)-(9) (10)	2.2	1.6
Peso de Tara (11)	22	21.8
PS= (9)-(11) (12)	8.9	6.7
L. Plastico	24.7	23.9

Limite Liquido (%)	Limite Plastico	Indice plastico (%)
28.7	24.3	4.4

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 66 : Límites de consistencia muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	5	Ensayo Num.	8		
Sondeo Num.	5	Profundidad	1.50 m		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	17	22	28		
Tara Num	A-42	R-110	A-25		
Pw + Tara (1)	46.6	48.7	46.2		
Ps + Tara (2)	41.2	42.7	40.7		
Agua= (1) - (2) (3)	5.4	6	5.5		
Peso de tara (4)	21.8	21.5	21.4		
PS= (2) - (4) (5)	19.4	21.2	19.3		
% de Agua = (6)	27.8	28.30	28.5		
Factor (K)	0.954	0.985	1.014		
Limite Liquido	26.6	27.9	28.9		

Limite Plastico		
Tara Num	R-104	A-38
PW Tara (8)	31.1	30.5
Ps Tara (9)	29.4	28.9
Agua= (8)-(9) (10)	1.7	1.6
Peso de Tara (11)	22.1	21.4
PS= (9)-(11) (12)	7.3	7.5
L.Plastico	23.3	21.3

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
27.8	22.3	5.5

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 67 : Límites de consistencia muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING.JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	6	Ensayo Num.	8	
Sondeo Num.	2	Profundidad	0.3	
Procedencia del material	La Libertad, Chontales			
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha	21/9/2020			
Limite Liquido				
Numero de Golpes	18	23	27	
Tara Num	A-21	R-061	A-40	
Pw + Tara (1)	35.8	36.6	36	
Ps + Tara (2)	32.2	32.8	32.3	
Agua= (1) - (2) (3)	3.6	3.8	3.7	
Peso de tara (4)	22.2	21.4	21.8	
PS= (2) - (4) (5)	10	11.4	10.5	
% de Agua = (6)	36.0	33.3	35.2	
Factor (K)	0.961	0.99	1.009	
Limite Liquido	34.6	33	35.6	

Limite Plastico		
Tara Num	R-530	R-128
PW Tara (8)	31.3	32.2
Ps Tara (9)	29.8	29.1
Agua= (8)-(9) (10)	1.5	3.1
Peso de Tara (11)	21.4	21.4
PS= (9)-(11) (12)	8.4	7.7
L.Plastico	17.9	40.3

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
34.4	29.1	5.3

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 68 : Límites de consistencia muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	7	Ensayo Num.	8		
Sondeo Num.	2	Profundidad	0.30 m		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	18	23	27		
Tara Num	A-18	A-46	A-10		
Pw + Tara (1)	54.1	52	51.8		
Ps + Tara (2)	47.3	45.6	45		
Agua= (1) - (2) (3)	6.8	6.4	6.8		
Peso de tara (4)	22	21.8	21.4		
PS= (2) - (4) (5)	25.3	23.8	23.6		
% de Agua = (6)	26.9	26.9	28.8		
Factor (K)	0.961	0.99	1.009		
Limite Liquido	25.8	26.6	29.1		

Limite Plastico		
Tara Num	A-15	A-13
PW Tara (8)	30.5	31.6
Ps Tara (9)	28.9	30
Agua= (8)-(9) (10)	1.6	1.6
Peso de Tara (11)	21.7	22.1
PS= (9)-(11) (12)	7.2	7.9
L. Plastico	22.2	20.3

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
27.2	21.2	5.9

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 69 : Límites de consistencia muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING.JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado				
Muestra Num.	8	Ensayo Num	8		
Sondeo Num.	3	Profundidad	0.7		
Procedencia del material	La Libertad, Chontales				
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez				
	Carlos Ariel Salinas Calero				
Fecha	21/9/2020				
Limite Liquido					
Numero de Golpes	16	23	29		
Tara Num	B-04	H-1	A-31		
Pw + Tara (1)	37.3	33.8	34.4		
Ps + Tara (2)	32.3	29.6	30.3		
Agua= (1) - (2) (3)	5	4.2	4.1		
Peso de tara (4)	21.8	21.2	21.3		
PS= (2) - (4) (5)	10.5	8.4	9		
% de Agua = (6)	47.6	50	45.6		
Factor (K)	0.946	0.99	1.018		
Limite Liquido	45.0	49.5	46.4		

Limite Plastico		
Tara Num	R-120	A-02
PW Tara (8)	25.9	27
Ps Tara (9)	24.7	25.4
Agua= (8)-(9) (10)	1.2	1.6
Peso de Tara (11)	21.1	21.3
PS= (9)-(11) (12)	3.6	4.1
L.Plastico	33.3	39.0

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
47.0	36.2	10.8

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Tabla 70 : Límites de consistencia muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING.JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Diseño de la estructura de pavimento articulado			
Muestra Num.	9	Ensayo Num.	8	
Sondeo Num.	3	Profundidad	1.3m	
Procedencia del materia	La Libertad, Chontales			
Operador	Gissela del Carmen Blandon Gutierrez			
	Carlos Ariel Salinas Calero			
Fecha	21/9/2020			
Limite Liquido				
Numero de Golpes	17	22	27	
Tara Num	A-05	A-08	B-06	
Pw + Tara (1)	45.4	46.1	47	
Ps + Tara (2)	37	38.3	37.9	
Agua= (1) - (2) (3)	8.4	7.8	9.1	
Peso de tara (4)	21.9	22	22	
PS= (2) - (4) (5)	15.1	16.3	15.9	
% de Agua = (6)	55.6	47.9	57.2	
Factor (K)	0.954	0.985	1.009	
Limite Liquido	53.1	47.1	57.7	

Limite Plastico		
Tara Num	A-14	B-110
PW Tara (8)	26	28.7
Ps Tara (9)	24.7	26.9
Agua= (8)-(9) (10)	1.3	1.8
Peso de Tara (11)	21.7	22.6
PS= (9)-(11) (12)	3	4.3
L.Plastico	43.3	41.9

Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice plastico (%)
52.7	42.6	10.1

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI