Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL METODO AASHTO-93 Y DRENAJE MENOR DE 2KM DE CALLES, BARRIO LA BOLA, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Jessy Nahomy Mendoza Solorzano
Carnet: 2014-0087J

Br. Yusmari Carolina Guzmán Diaz
Carnet: 2014-0040J

Tutor:

Ing. Lázaro José González Herrera

05 de junio de 2026
Managua, Nicaragua

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo de este tema monografía titulado: **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO AASHTO - 93 Y DRENAJE MENOR DE 2 KM DE CALLES, BARRIO LA BOLA, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES,** se llevaron a cabo por capitulo los estudios correspondientes:

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

Este capítulo trata de las generalidades del proyecto, donde está ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación y objetivos planteados necesarios, esto, con el fin de obtener los datos básicos pero necesarios para realizar los estudios que contiene el documento.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Se ha basado en analizar la condición actual del tráfico sobre el tramo de carretera en estudio y su respectiva proyección; tomando como parámetro los volúmenes de tránsito obtenidos mediante aforos en el sitio de estudio, ya que el tráfico es uno de los aspectos más significativos a considerar en el diseño de pavimentos.

El aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía y 12 horas diurnas, con la finalidad de obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), del barrio la Bola del municipio de La Libertad departamento de Chontales.

Se proyectó el tráfico actual, considerando un período de diseño de 20 años en dependencia de la clasificación funcional de la vía, y por último se obtuvo el ESAL’s o número equivalente de repeticiones.

CAPÍTULO III: ESTUDIO TOPOGRAFICO

Se llevo a cabo el levantamiento topográfico, en este se toma en cuenta ambas bandas de la calle, línea central y bordes de la carretera. Las estaciones de este levantamiento se realizan en tramos de 10 metros, se establecen puntos de

referencia tales como entradas y salidas de cause, árboles, postes eléctricos u otros obstáculos que se encuentran a lo largo del tramo en estudio. Los datos obtenidos fueron procesados para conocer las características del terreno tales como las elevaciones para la clasificación del tipo de terreno del tramo en estudio.

CAPÍTULO IV: ANALISIS DE SUELO.

Los datos de laboratorio de los bancos de materiales fueron facilitados por la LAMSA INGENIEROS Ingeniero Aldo López Somarriba jefe de laboratorios y geotecnia, cuyo estudio fue realizado en el municipio de La Libertad banco de materiales denominado como finca de Don Mario Lazo,

CAPÍTULO V: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRĄULICO.

Delimitamos la cuenca en general para conocer cuántas y que tipos de sub cuencas tenemos en el tramo en estudio, se utilizó el método racional para cuencas menores a 300 hectáreas que consta de determinar el caudal para cada sub cuenca para así obtener el mejor diseño. Para el diseño se utilizó el programa Hcanales que tiene como base teórica la fórmula de Manning determinando el tipo de flujo que va a correr por el drenaje.

CAPÍTULO VI: DISEÑO DE PAVIMENTO.

La carpeta de rodamiento será tipo adoquín se utilizó, el manual de AASHTO-93 para el diseño de pavimentos rígidos, semi rígidos, flexibles y articulados. También se aplicaron los nomogramas de la AASHTO-93. Para el diseño de pavimento se determinó la estructura de pavimento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se da como finalizado el trabajo monográfico y se da respuesta a cada uno de los objetivos planteados, así como también se brindan recomendaciones para garantizar el mejoramiento de seguridad vial en el tramo de carretera en estudio.

INDICE

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES 1
1.1 Introducción 1
1.1.1 Características del municipio del sitio en el cual se realizará el estudio 1
1.2 Antecedentes 3
1.3 Justificación 4
1.4 Objetivos 5
1.4.1 Objetivo General 5
1.4.2 Objetivos Específicos 5
CAPITULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO 7
2.1 Trabajo de campo 7
2.2 Clasificación vehicular 8
2.2.1 Motocicleta 8
2.2.2 Vehículos Livianos. 8
2.2.3 Vehículos Pesados de Pasajeros. 8
2.2.4 Vehículos Pesados de Carga. 8
2.3 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes. 9
2.4 Determinación del vector de correspondencia 12
2.4.1 Estación de Mayor Cobertura 12
2.4.2 Estación de mayor cobertura asociada al tramo en estudio 13
2.5 Factores de ajuste para cuantificar TPDA 14
2.6 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) 15
2.7 Composición Vehicular 17
2.8 Tránsito de diseño 19
2.8.1 Factor direccional (FD) 21
2.8.2 Factor de Crecimiento (FC) 22
2.8.3 Tasas de Crecimiento 22
2.8.3.1 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica. 25
2.8.3.2 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica. 25
2.8.4 Producto Interno Bruto (PIB) 27

2.8.5 Tasa de Crecimiento Poblacional 28
2.8.6 Consumo de combustible 30
2.8.7 Parque vehicular 30
2.9 Cálculo del tránsito de diseño 32
2.9.1 Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño) 35
CAPITULO III. ESTUDIO TOPOGRAFICO 39
3.1 Introducción 39
3.2 Topografía 39
3.2.1 Unidades de medida empleadas en topografía 40
3.2.2 Levantamientos topográfico 41
3.2.3 Desarrollo de un levantamiento topográfico 41
3.2.4 Planimetría 42
3.2.5 Levantamiento topográfico con teodolito y cinta 42
3.2.6 Levantamiento de detalles 42
3.3 Altimetría 43
3.3.1 Tipos de nivelación. 43
3.3.2 Estación Total. 44
3.3.2.1 Propósito de la Estación Total 45
3.4 Trabajo de campo 46
3.4.1 Equipos utilizados para el levantamiento topográfico. 46
3.4.2 Procedimiento realizado para el levantamiento topográfico en el tramo en estudio. 47
3.4.3 Levantamiento longitudinal o de carreteras 47
3.4.4 Información extraída del equipo empleado en el levantamiento .. 49
3.5 Relieve del tramo en estudio 50
Superficie del terreno 50
CAPITULO IV. ESTUDIO DE SUELO 55
4.1 Trabajo de campo 55
4.2 Investigación del banco de material 56
4.3 Estratigrafía del suelo 62
4.3.1 Estratigrafía del Terreno. 62

4.4 Ensayo de CBR de la línea 63
4.5 Resultados de ensayo del Banco de material finca Mario Lazo 64
4.6 Análisis del banco de préstamo. 66
4.7 CBR de la Subrasante 67
4.8 Determinación del CBR de diseño 68
CAPITULO V. ESTUDIO HIDROTÉCNICO 70
5.1 Hidrológico y diseño hidráulico 70
5.2 Trabajo de Campo 70
5.3 Estudio Hidrológico. 71
5.3.1 Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas. 71
5.4 Delimitación de la cuenca 74
5.5 Coeficiente de escorrentía 75
5.6 Tiempo de concentración 76
5.7 Intensidad de precipitación (I) 78
CAPÍTULO VI. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO 90
6.1 Pavimento de diseño 90
6.2 Pavimentos articulados 91
6.3 Carpeta de rodamiento 91
6.4 Base y Sub-base 91
6.5 Subrasante 91
6.6 Método AASHTO 93 91
6.7 Variables a considerar para el diseño 92
6.7.1 Índices de Serviciabilidad 92
6.7.1.1 Serviciabilidad inicial (po) 93
6.7.1.2 Serviciabilidad final (pt) 93
6.7.1.3 Pérdidas de serviciabilidad 94
6.8 Confiabilidad 94
6.9 Desviación estándar (S0) 95
6.10 Coeficiente de drenaje 96
6.11 CBR de la Subrasante. 96
6.12 Módulo Resiliente (MR) 97

6.13 Cálculo del módulo de resiliente para la Sub-rasante..... 97
6.14 Coeficientes de capa (a_n)..... 98
6.14.1 Coeficiente estructural a_1. 98
6.14.2 Coeficiente Estructural a_2. 98
6.14.3 Coeficiente Estructural (a3)..... 99
6.13 Cálculo de los espesores de la estructura de pavimento. 101
6.13.1 Numero Estructural. 101
CONCLUSIONES 108
RECOMENDACIONES..... 109
ANEXOS 110

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aforo Vehicular en ambos sentidos (semana del 06-12 de septiembre de 2021)..... 11
Tabla 2. Vector Geográfico de Correspondencia..... 12
Tabla 3. Estaciones de Mayor cobertura 13
Tabla 4. Dependencia de estaciones (EMC entre ECD y ECS)..... 14
Tabla 5. Factores tercer cuatrimestre del año 2020 (EMC – 1802: San Marcos – Masatepe) Emp. San Pedro del Lovago – La Libertad..... 15
Tabla 6. Resultados del tránsito promedio diario anual (TPDA)..... 16
Tabla 7. Porcentaje de tráfico de vehículos livianos y pesados que circulan por La Bola - La Libertad..... 17
Tabla 8. Composición vehicular según el TPDA que circulan por La Bola - La Libertad 18
Tabla 9. Factor por distribución de carril. 20
Tabla 10. Clasificación funcional de las carreteras..... 20
Tabla 11. Periodo de diseño según la clasificación de la vía..... 21
Tabla 12. Factor de distribución por dirección 21
Tabla 13. Estación de corta duración asociada al tráfico que circula por la zona en estudio. 24
Tabla 14. Datos históricos del TPDA tramo Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad 25
Tabla 15. Tasa de crecimiento a diferentes periodos de ECD tramo Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad..... 26
Tabla 16. Producto Interno Bruto (PIB) 2006-2019 28
Tabla 17. Características del crecimiento poblacional de Chontales. 29
Tabla 18. Consumo de Combustible del periodo 2012-2019 30
Tabla 19. Parque Vehicular de Chontales..... 31
Tabla 20. Tasas de crecimiento 31
Tabla 21.Cálculo de la Tasa de crecimiento promedio 32
Tabla 22. Tránsito de diseño proyectado al año horizonte (20 años) 34
Tabla 23. Factores de ESAL´S y cálculo de ejes equivalentes..... 36
Tabla 24. Muestra de las coordenadas extraídas de la estación total..... 49
Tabla 25. Simbología utilizada en el procesamiento de datos..... 50
Tabla 26. Sondeos efectuados y resultados de ensayo sobre la línea 61
Tabla 27. Características físico-mecánicas de las muestras de suelo..... 63
Tabla 28. Propiedades físico mecánica del banco de material para base granular 64
Tabla 29. Propiedades físico mecánica del banco de material para sub base granular 64

Tabla 30. Características de Banco de Préstamo Mario Lazo base granular 65
Tabla 31. Granulometría y clasificación del Banco Mario Lazo sub base granular 65
Tabla 32. Propiedades físico mecánica del banco de material para base granular 65
Tabla 33. Propiedades físico mecánica del banco de material para sub base granular 66
Tabla 34. Especificaciones de Materiales para Base Granular 66
Tabla 35. Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular 67
Tabla 36. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño 67
Tabla 37. Cálculo para determinar el CBR de diseño..... 68
Tabla 38. Cálculo de caudal de diseño 73
Tabla 39. Datos del coeficiente de escorrentía para distintos periodos de retorno 75
Tabla 40. Cálculo de tiempo de concentración para cunetas 77
Tabla 41. Intensidades de lluvia estación meteorológica Juigalpa, Chontales 78
Tabla 42. Cálculo de la intensidad media de precipitación de cunetas 89
Tabla 43. Índice de Servicio presente (PSI)..... 93
Tabla 44. Factores de Serviciabilidad 93
Tabla 45. Niveles de Confiabilidad 95
Tabla 46. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles 95
Tabla 47. Coeficientes de drenaje para pavimentos articulado 96
Tabla 48. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño 97
Tabla 49. Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para subrasante .. 97
Tabla 50. Espesores de la Estructura de Pavimento Articulado. 105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Macro localización del municipio La Libertad, departamento de Chontales. 2
Figura 2 Micro localización del trazo de las calles del barrio La Bola. 2
Figura 3 Calles del barrio La Bola 9
Figura 4 Composición vehicular 18
Figura 5 Ruta de acceso hacia el banco de material finca Don Mario Lazo 56
Figura 6 Explotación de banco de material finca Mario Lazo 57
Figura 7 Delimitación de la cuenca 74
Figura 8 Ventana principal de HCANALES. 89
Figura 9 . Cálculo de área requerida de cuneta para un caudal de 0.030 m3/seg 90
Figura 10 Cálculo de área requerida de cuneta para un caudal de 0.031 m3/seg 90
Figura 11 Nomograma para coeficientes de capas de bases granulares 99
Figura 12 Nomograma para coeficientes de capas de Sub bases granulares .. 100
Figura 13 Espesores de la estructura de pavimento 101
Figura 14 Obtención del Número Estructural SN2 y SN3 (SN requerido) 103
Figura 15 Esquema de estructura de Pavimento Articulado 106
Figura 16 Calles en estudio, Barrio La Bola La Libertad, Chontales I
Figura 17 Levantamiento topográfico y conteo vehicular. II
Figura 18 Dependencia de la Estación de mayor Cobertura 1802 San Marcos - Masatepe III
Figura 19 Factores de Ajuste para TPDA, MTI 2019 IV
Figura 20 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo XII
Figura 21 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo XIII
Figura 22 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo XIV
Figura 23 Diagramas permisibles de pesos máximos de vehículos XV
Figura 24 Clasificación y descripción vehicular XVI

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES



CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

Las carreteras son la principal vía de comunicación a nivel mundial por encima de la marítima e incluso de la aérea, estas se han venido modernizando al pasar de los años, utilizando nuevos métodos constructivos, materiales más duraderos, con el fin de alargar su vida útil y tener mejores propiedades mecánicas para transporte altamente pesado.

El departamento de Chontales, Nicaragua, no ha sido la excepción de este avance en temas de infraestructura en el país, ya que por ser una zona altamente productiva ha sido altamente beneficiada, con carreteras modernas de calidad, como son la que comunica con el municipio del Ayote, por otro lado, la que se dirige al municipio de San Carlos-Rio San Juan.

1.1.1 Características del municipio del sitio en el cual se realizará el estudio

La Libertad es un municipio del departamento de Chontales, ubicado a 175km de la capital de Nicaragua, consta con un área de 774.55 km^2 incluyendo la urbana y la rural. El área urbana está representada por la cabecera Municipal tiene un radio territorial de 5km2, se localiza al sur del cerro la cruz y márgenes del río Mico La Libertad está formado por 8 barrios " Camilo Ortega" "Villa Hermosa", " La nueva Esperanza", " La Luz”," La Sapera”, “Concepción de Maria", “La Bola” y “Miguel Merel”

Límites: Norte: Camoapa

Sur: San Pedro de Lovago

Este: Santo Domingo y El Ayote.

Oeste: Juigalpa y San Francisco de Cuapa.

El barrio “La Bola” es uno de los barrios con más de tiempo de fundación del municipio de La Libertad, que cuenta con aproximadamente 410 habitantes. En este documento se da a conocer una propuesta para realizar el diseño de pavimento flexible de 2 km de calles del barrio La Bola, y con el principal objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

Figura 1 Macro localización del municipio La Libertad, departamento de Chontales.



Fuente:https://www.google.com/maps/place/La+Libertad/@12.1894679,-85.5154556,225085m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8f7344cba81a4a6b:0x837c56b2d5081f65!8m2!3d12.2153659!4d-85.1660825!16zL20vMDc4dGNk

Figura 2 Micro localización del trazo de las calles del barrio La Bola.



Fuente. Google Earth, agosto 2021

Fuente:https://www.google.com/maps/place/La+Libertad/

1.2 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.

Según fuentes de la Alcaldía municipal. El barrio La Bola se fundó en el año 1975, el cual no contaba con accesibilidad, agua potable ni energía eléctrica, según el señor Mario Mena ex alcalde de esta ciudad, desde que se fundó el barrio las condiciones insalubres han permanecido principalmente por el mal drenaje de las aguas pluviales y servidas.

Las primeras iniciativas de mejorar las condiciones de los pobladores fueron tomadas por un sacerdote católico de nacionalidad española quien creo un perfil de proyecto y lo envió a las instituciones encargadas. Este perfil se enfocaba principalmente en el mejoramiento de calles y drenajes naturales del barrio, de esta manera mitigar un poco las malas condiciones en las que se encuentran los pobladores.

Según la alcaldía municipal La Libertad Chontales cada 3 años se destina un presupuesto para el mantenimiento de las calles del barrio La Bola, este último fue en el año 2017, donde se mejoraron 2 km de los principales accesos.

1.3 Justificación

En este documento se plantea una propuesta de proyecto que consta en el diseño de la estructura de pavimento articulado más obras complementarias de 2 km de calles en el barrio La Bola del municipio de La Libertad departamento de Chontales.

Actualmente el acceso a este barrio no cuenta con un buen servicio a los transportistas, a los habitantes de la zona debido a que el 90% de las calles de este son de macadán, en su mayoría se encuentran en mal estado dificultando el eficiente servicio del transporte público del que consta este municipio que son caponeras y taxis que ingresan de los municipios aledaños.

Cabe destacar que por las características del municipio la población tradicionalmente se ha dedicado a la minería artesanal, esto obliga a la población a tener que movilizarse a diario dentro y fuera del municipio, con el fin de ejercer sus labores, utilizando a diario el transporte público que muchas veces no tiene acceso hasta sus barrios.

Al realizar la propuesta de este proyecto serán beneficiadas alrededor de 400 familias directamente, e indirectamente todos los habitantes del municipio de la Libertad tanto como municipios aledaños como son Juigalpa, Santo Domingo y el Ayote.

Debido a que el Municipio de La Libertad se encuentra en una de las zonas lluviosas del país y al no contar con un drenaje natural eficiente las calles en estudio, estas se mantienen con aguas estancadas, ocasionando criaderos de zancudos dándole lugar a que se desarrollen enfermedades letales como es el Chikunguña, dengue hemorrágico, entre otras afectando a la población.

Es por eso que, en este trabajo, 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.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar la estructura de pavimento articulado de 2 km de calles (por el método AASHTO 93) y drenaje menor en el Barrio La Bola, municipio de La Libertad, departamento de Chontales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de tránsito por medio de aforo vehicular calculando el TPDA obteniendo las cargas de diseño.

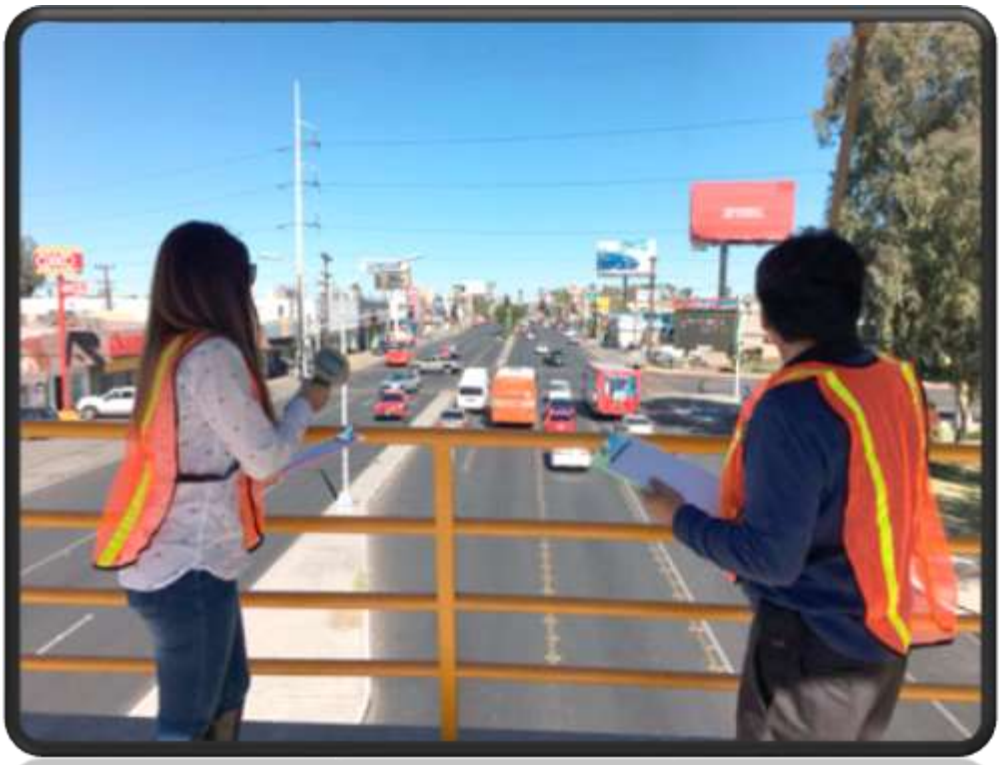
- Efectuar el estudio topográfico con la finalidad de que se obtengan características físicas-geométricas del relieve natural.

- Analizar las características físico-mecánicas de la línea y los bancos de materiales para el adecuado uso en el diseño de la estructura de pavimentos.

- Diseñar el drenaje menor en las calles de estudio, adquiriendo dimensiones de las obras hidráulicas requeridas.

- Diseñar las distintas capas de la estructura de pavimento articulado aplicando el método de la AASHTO 1993.

CAPITULO II
ESTUDIO DE TRÁNSITO



CAPITULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO

Una de la estructura de este documento el estudio de tránsito, el cual es una de las principales herramientas en proyectos de infraestructura vial, el cual permite conocer el comportamiento del parque vehicular de la zona, donde se requiere llevar el proyecto relacionado con este, ya sea un nuevo proyecto de revestimiento con algún tipo de asfalto o una ampliación de una vía principal o secundaria.

En el caso de la propuesta de proyecto que se está presentando, el cual es el diseño de pavimento articulado de 2 km de calles en el barrio la Bola, en el municipio de La Libertad departamento de Chontales, se ha procedido como se indicó anteriormente en el protocolo de este documento. Con el fin de conocer primeramente el comportamiento del flujo vehicular por el método del aforo.

El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante diferentes ecuaciones y con la ayuda de información brindada por los anuarios de tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Para la determinación del factor de crecimiento se tomaron datos del Banco Central de Nicaragua (BCN), el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) y del Instituto Nicaragüense de información de Desarrollo (INIDE), en lo que se refiere al Producto Interno Bruto (PIB), el consumo de combustible y el crecimiento poblacional respectivamente.

Todo esto con la finalidad de determinar el tránsito de diseño, el cual se determinará posteriormente las cargas a las que será sometida la estructura de pavimento que se está proponiendo en este documento.

2.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo da inicio a partir del 06 al 12 de septiembre de 2021, estableciendo 7 días consecutivos con un tiempo estimado de 12 horas a partir de las 6:00am – 6:00pm, tomando en cuenta los diferentes tipos de vehículos según su clasificación como lo indica el Ministerio de Transporte e Infraestructura en su clasificación vehicular.

Posteriormente dicha información recopilada en el periodo antes mencionado fue procesada con la ayuda del programa Microsoft Excel, el cual fue utilizado como herramienta, dichos datos fueron agrupados en una tabla tomando guía las tablas de recopilación encontradas en los anuarios de tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura de sus últimos años recientes.

2.2 Clasificación vehicular

Para determinar la clasificación vehicular y saber identificar los tipos de vehículos al momento de realizar el aforo, se procedió a conocer los diferentes tipos de vehículos, según su clasificación, de esta manera los clasifica el Ministerio de Transporte e Infraestructura:

2.2.1 Motocicleta

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

2.2.2 Vehículos Livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

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.

2.3 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles.

Figura 3 Calles del barrio La Bola



Fuente:https://earth.google.com/web/@12.21008189,-85.1606537,1394.79834605a,0d,35y,-0.0001h,10.6372t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419

Como siguiente paso se muestran las ecuaciones utilizadas para el cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD) y posteriormente expandirlo a un aforo de 12 horas, con la ayuda del factor de expansión que nos brinda el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a través de su anuario de tráfico vehicular 2020**.**

$$\mathbf{TPDiS} = \frac{\mathbf{Total\ vehiculos}}{\mathbf{T}} \longrightarrow \textbf{Ecuación 1}$$

Dónde:

Total, de vehículos: es la sumatoria de todos los aforados

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

Este resultado es el valor del Transito Promedio Semanal al dividir la cantidad de vehículos que han pasado por un punto y dividirlo entre la cantidad de días que ha dilatado el conteo, por ejemplo, se calcula de la siguiente para el caso de los vehículos:

$$\mathbf{TPDiS\ (Autos)} = \frac{\mathbf{184\ \ autos}}{\mathbf{7\ \boldsymbol{dias\ de\ aforo}}} = \mathbf{26.28\ \approx 26\ autos}$$

De esta manera se ha realizado el procedimiento, para las distintas clasificaciones vehiculares, la siguiente tabla muestra los resultados del conteo vehicular con una duración de 7 días. En esta ya se encuentra representados los resultados de los valores proyectados a 12 horas, estos se han tomado del anuario de tráfico de 2020.

En la Tabla 1, página 11, se muestra el resumen de los datos levantados en el aforo vehicular del cual se pudo obtener un resultado del TPDi(12hrs)=185.

Tabla 1. Aforo Vehicular en ambos sentidos (semana del 06-12 de septiembre de 2021)

Universidad Nacional de Ingeniería

RESULTADOS DE CONTEOS DE TRÁFICO

TRAMO CARRETERO: BARRIO LA BOLA, LA LIBERTAD,CHONTALES

ESTACION: 0+100 *SENTIDO: AMBOS SENTIDOS* *FECHA CONTEO: 06 - 12 de Septiembre de 2021*

SEMANA	Vehiculos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		
DIAS	Moto	Autos	Jeep	Camionetas	Micro bus	Mini bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	Veh. Const	Veh. Agríc	Total
Lunes	90	20	2	18	2	-	6	30	24	11	3	4	-	-	3	-	**213**
Martes	60	30	1	33	1	-	8	8	36	10	-	2	-	-	3	-	**192**
Miercoles	86	12	-	12	-	-	12	12	40	14	-	-	-	-	-	-	**188**
Jueves	56	42	-	2	-	-	2	23	22	6	8	8	-	-	-	-	**169**
Viernes	81	30	-	18	2	-	6	24	18	8	-	-	-	-	3	-	**190**
Sabado	60	18	-	5	-	-	4	20	32	12	12	-	-	-	-	-	**163**
Domingo	73	32	4	14	-	-	6	15	14	17	-	6	-	-	1	-	**182**
Total 12 horas	**506**	**184**	**7**	**102**	**5**	**-**	**44**	**132**	**186**	**78**	**23**	**20**	-	**-**	**10**	**-**	**1,297**
TPDi(12Hrs)	**72**	**26**	**1**	**15**	**1**	**-**	**6**	**19**	**27**	**11**	**3**	**3**	**-**	**-**	**1**	**-**	**185**
Porcentaje (12hrs)	**62%**				**4%**			**34%**							**1%**		**100.00%**

Fuente: Elaboración propia, septiembre 2022

2.4 Determinación del vector de correspondencia

El anuario de aforos de tráfico año 2020, presenta vectores de correspondencia que se clasifican según las características del tráfico, y según la zona en estudio, se hará uso de la tabla del vector geográfico de correspondencia, clasificando al departamento de Chontales en la región Central Norte, con vector R3, ver siguiente tabla.

Tabla 2. Vector Geográfico de Correspondencia

N°.	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico Año 2020. MTI, pág. 7.

2.4.1 Estación de Mayor Cobertura

Son las estaciones de conteo continuo los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día, pero debido al alto costo que repercute en la ejecución de estos aforos, el ministerio no está en la capacidad de realizar los 365 días del año por ende se dividió el periodo en tres cuatrimestres, realizando conteos clasificados durante tres tiempos por 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que no es más que el promedio de los períodos. (MTI, 2019, pág. 8).

Tabla 3. Estaciones de Mayor cobertura

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1	NIC-1	101B	EMC	Zona Franca - La Garita
2	NIC-1	107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro
3	NIC-2	200	EMC	Entrada al INCAE - El Crucero
4	NIC-3	300	EMC	Sébaco - Quebrada Honda
5	NIC-4	401	EMC	Masaya - Granada
6	NIC-7	700	EMC	Emp. San Francisco - Tecolostote
7	NIC-12A	1205	EMC	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega
8	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe
9	NIC-24A	2404	EMC	Chinandega - Corinto
10	NIC-24B	2400	EMC	Chinandega (Rotonda) - Rancheria
11	NIC-28	2803	EMC	Nagarote - La Paz Centro

Fuente: Anuario de Aforos de tráfico 2019. MTI, pág. 10.

2.4.2 Estación de mayor cobertura asociada al tramo en estudio

Entre las 11 estaciones de mayor cobertura existentes en Nicaragua, la estación a utilizar en este caso es la del tramo “San Marcos- Masatepe”, la cual brindara los factores de ajustes diarios, semanales, y de expansión correspondientes para la cuantificación del TPDA, dicha estación está compuesta por 103 estaciones de corta duración. Este tipo de estaciones se diferencian de las otras por presentar un TPDA entre 300 a 5,000 vehículos por día.

Selección de estación de corta duración asociada al flujo vehicular que circula por La Libertad-Chontales, Bo. La Bola

Una vez encontrada la Estación de Mayor Cobertura (EMC – 1802), la estación de corta duración para este caso será la del tramo “Emp. San Pedro de Lovago – La Libertad”, con número de estación 2301B, la cual aplica perfectamente ya que cuenta con un flujo vehicular de 278 vehículos por día.

Tabla 4. Dependencia de estaciones (EMC entre ECD y ECS)

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-21B	2106	ECS	Mulukuku - Siuna
	NIC-21B	2110	ECS	Río Wawa - Emp. Waspam
	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 Piñuela
	NIC-23B	2310	ECD	Los Chinamos - El Ayote.
	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)

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2020. MTI pág. 44.

2.5 Factores de ajuste para cuantificar TPDA

Los factores conseguidos en la estación de mayor cobertura, elaborado por el personal de conteo de tráfico de la oficina de diagnóstico, evaluación de pavimentos y puente, fue seleccionado en el tercer cuatrimestre, estableciendo un periodo entre los meses de septiembre – diciembre.

Tabla 5. Factores tercer cuatrimestre del año 2020 (EMC – 1802: San Marcos – Masatepe) Emp. San Pedro del Lovago – La Libertad

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	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansion a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2020. MTI pág. 335.

2.6 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Una vez obtenidos los datos mostrados en la tabla anterior, se procedió al cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el cual siempre con los datos proporcionados del anuario de tráfico del MTI, en su edición de 2020, nos brinda los distintos factores de expansión, y con la fórmula siguiente, se ha logrado calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

$$\mathbf{TPDA = TPDi_{12H} * F.dia * F.semana * F.fin\ de\ semana * F.expansión}$$

Ecuación 2

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

F. expansión: Factor expansión.

$\mathbf{TPDi_{12H}}$: Tránsito Promedio Diurno.

F. día: Factor día.

F. semana: Factor semana.

Factor fin de semana.

Tabla 6. Resultados del tránsito promedio diario anual (TPDA)

Universidad Nacional de Ingeniería

RESULTADOS DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

TRAMO CARRETERO: BARRIO LA BOLA, LA LIBERTAD,CHONTALES

ESTACION: 0+100 SENTIDO: AMBOS SENTIDOS

SEMANA	Vehiculos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		
DIAS	Moto	Autos	Jeep	Camionetas	Micro bus	Mini bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx<=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	Veh. Const	Veh. Agríc	Total
TPDi 12 horas	72	26	1	15	1	-	6	19	27	11	3	3	-	-	1	-	**185**
Factor dia	1.37	1.34	1.24	1.29	1.38	1.24	1.43	1.23	1.31	1.18	1.00	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	
TPD 24horas	98.64	34.84	1.24	19.35	1.38	-	8.58	23.37	35.37	12.98	3.00	3.78	-	-	1.00	-	**244**
Factor semana	0.94	1.03	1.08	1.01	0.95	0.92	0.90	0.90	0.86	0.89	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	
factor expansion	0.87	0.89	0.83	0.90	0.84	0.94	0.87	0.91	0.95	0.82	1.00	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	
TPDA	**81**	**32**	**1**	**18**	**1**	**-**	**7**	**19**	**29**	**9**	**3**	**2**	**-**	**-**	**1**	**-**	**203**
Porcentajes	**39.72%**	**15.73%**	**0.55%**	**8.66%**	**0.54%**	**0.00%**	**3.31%**	**9.42%**	**14.23%**	**4.66%**	**1.48%**	**1.20%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.49%**	**0.00%**	**100.00%**
Comportamiento vehicular	**64.66%**				**3.85%**			**31.00%**							**0.49%**		**100.00%**

Fuente. Elaboración propia, septiembre de 2021

Ejemplos de cálculo de tránsito Promedio Anual:

$$\mathbf{TPDA = TPDi_{12H} * F.dia * F.semana * F.expansión}$$

$$\boldsymbol{TPDA\ (autos) = (26)(1.34)(1.03)(0.89) = 32\ autos}$$

2.7 Composición Vehicular

El siguiente Figura estadístico muestra el comportamiento vehicular de las diferentes clasificaciones vehiculares, por ejemplo, se logra observar, que lo que predomina en las calles que se sometieron a aforo es el tipo de vehículo liviano, con un 64.66%, vehículos pesados de carga con un 31%, pesado de pasajeros 3.85%, pesados 0.49%.

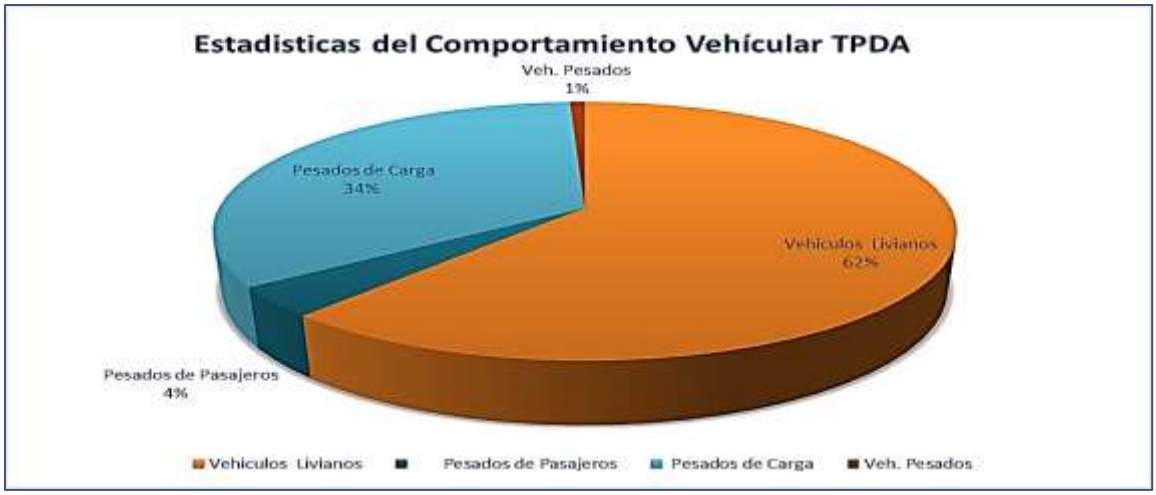
Cabe mencionar que en el municipio de La Libertad también se encuentran los tipos de vehículos que se denominan como caponeras, la cual estás aún no entran en ninguna clasificación vehicular según el Ministerio de Transporte e Infraestructura.

Tabla 7. Porcentaje de tráfico de vehículos livianos y pesados que circulan por La Bola - La Libertad

TIPO	PORCENTAJE
Vehículos Livianos	**64.66 %**
Vehículos Pesados	**35.34 %**
Total	**100 %**

Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Composición vehicular



Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. Composición vehicular según el TPDA que circulan por La Bola - La Libertad

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS		PORCENTAJES
Vehículos Livianos	Moto	36.16%
	Autos	14.32%
	Jeep	0.50%
	Camionetas	7.88%
Pesados de Pasajeros	Micro bus	0.49%
	Mini bus	0.00%
	Bus	3.01%
Pesados de Carga	Liv. 2-5 t.	8.58%
	C2 5+ t.	12.95%
	C3	4.25%
	Tx-Sx <=4 e.	1.34%
	Tx-Sx >=5 e.	1.09%
	Cx-Rx<=4 e.	3.59%
	Cx-Rx >=5 e.	5.38%
Veh. Pesados	Veh. Const	0.45%
	Veh. Agríc	0.00%
	Total	**100.00%**

Fuente. Elaboración Propia

2.8 Tránsito de diseño

El número de viajes que realiza cada tipo de vehículo en el carril de diseño se denomina como Tránsito de Diseño (TD), esto se logró calcular a través de una hoja de cálculo en la herramienta de Microsoft Excel, aplicando la expresión matemática que se plantea a continuación, pero antes de esto, se debe calcular otros factores, los cuales ya están establecidos algunos a través de tablas y otros por medio de correlaciones con características específicas.

$$TD = TPDA * Fc * Fd * fc' \longrightarrow \text{Ecuación 3}$$

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.

Factores de distribución del tránsito

Primero se establecieron los parámetros que describen parte de las características de la vía, se consideran dos factores de distribución; el factor de distribución por carril (fc) y el factor direccional (Fd).

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 9. Factor por distribución de carril.

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este diseño se le ha asignado el valor de Fc' = 1 puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

Periodo de diseño

Este periodo es para cualquier tipo de pavimento diseñado, para soportar el efecto de las cargas del tránsito de cualquier periodo de tiempo, el periodo se seleccionó en años, al final de este periodo seleccionado, puede que la inicie a mostrar signos de deterioro.

Según la SIECA, se muestran diferentes periodos de diseño, para las distintas clasificaciones de carretera, en el caso de las calles que se están diseñando se han clasificado como "Colectora rural", el cual establece un periodo de diseño de 10 – 20 años, el cual se tomará el mayor periodo de esta clasificación.

Tabla 10. Clasificación funcional de las carreteras

Descripción	Autopista Regionale	Troncales		Colectoras	
		Sub Urbanas	Rurales	Sub Urbanas	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 un TPDA de 301 vehículos/día, es una colectora rural establecido según la clasificación funcional de las carreteras, encontrándose dentro del rango de 300-500, la cual será con un periodo de diseño de 20 años, estando en el valor superior del intervalo de 10 a 20 años.

Tabla 11. 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, pág. 36

2.8.1 Factor direccional (FD)

Factores de distribución de carriles se utilizan para reducir el estimado ESAL acumulativas de una dirección para las secciones que tienen tres o más carriles en una dirección. Para estas secciones, tráfico de camiones tienden a utilizar los carriles interiores más a menudo que el escenario de dos carriles, reduciendo así la acumulación de cargas en cualquier un carril.

Tabla 12. Factor de distribución por dirección

Números de carriles en ambas	Porcentaje de distribución
2	**50**
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993. Pag.54

Para el caso de la calle a diseñar la cual funciona a base de dos carriles por lo tanto ya está establecido un porcentaje para el factor de distribución por dirección del 50%.

2.8.2 Factor de Crecimiento (FC)

Posteriormente se procedió a realizar el cálculo del factor de crecimiento el cual es un parámetro que depende del periodo de diseño, este 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**.**

$$\mathbf{FC} = \frac{(1+\mathrm{i})^{\mathrm{n}}-1}{\mathrm{i}} * 365 \longrightarrow \text{Ecuación 4}$$

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.

2.8.3 Tasas de Crecimiento

Para hacer uso de la fórmula antes descrita se tuvo que calcular la Tasa de Crecimiento de tránsito (TC), para esto se ha considerado las estadísticas históricas 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 transito que circula a través de una red vial.

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

$$\mathbf{TC} = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}}\right) - 1\right] * 100 \longrightarrow \text{Ecuación 4}$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n–1: Año anterior.

Cálculo de la Tasa de Crecimiento Vehicular

Datos se obtienen de la **Tabla N° 25.**

Año	2015	2020
TPDA	201	278

$$\boldsymbol{TC = \left[\left(\frac{278}{201}\right)^{\frac{1}{5}} - 1\right] * 100 = 6.70\%} \longrightarrow \textbf{\textit{Ecuación 5}}$$

La estación de corta duración, No. 2301B Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad adecuada a la zona sirve para ver el comportamiento vehicular con respecto a los años, ver siguiente tabla.

La estación de corta duración, No. 2301B Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad adecuada a la zona sirve para ver el comportamiento vehicular con respecto a los años, ver siguiente tabla

Tabla 13. Estación de corta duración asociada al tráfico que circula por la zona en estudio.

N°	CODIGO NIC	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	AÑO	MOTOS	AUTOS	JEEP	CMTA.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv 2-5 Ton.	C2 5 + Ton	Otros	TPDA
164	NIC-23B	ECD	Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad	2015	96	2	3	69	1	2	16	11	1	201
				2013	65	1	4	24		3	21	6		124
				2007	28		7	32		2	46	10		125
				2003	24	8	30	61		2	64	17	4	211
				2002	27	5	12	68		2	49	12		178
			EMC											
			Tasa de Crecimiento: 6.74%	2020	133	3	4	96	1	3	22	15	1	278
					Liv. 236						Pesado 39			
					85%									

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020. MTI pág. 168 PDf

Tabla 14. Datos históricos del TPDA tramo Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad

ECD NIC-23B EMP. SAN PEDRO DE LOVAGO- LA LIBERTAD						
AÑO	2002	2003	2007	2013	2015	2020
TPDA	178	211	125	124	201	278

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020. MTI pág. 168 PDF.

2.8.3.1 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.

Con el fin de ponderar el resultado final se hará uso de la media geométrica considerando todos los TPDA históricos escogidos de la estación de corta duración No. 2301B, código: NIC-23B, tramo “Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad”, se calculan las diferentes tasas de crecimiento (TC), con la ecuación siguiente.

2.8.3.2 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.

Con el fin de ponderar el resultado final se hará uso de la media geométrica considerando todos los TPDA históricos escogidos de la estación de corta duración No. 1303, código: NIC-13 C, tramo “Emp. WanaWana – San Pedro del Norte”, se calculan las diferentes tasas de crecimiento (TC), con la ecuación siguiente.

Ecuación 1. $TCn = \left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1}\right)^{\frac{1}{n}}\right]$ ⟶ ***Ecuación 6***

Donde:

TCn = Tasa de crecimiento que se tenga en el periodo de análisis

TPDAn = Tráfico promedio diario del año en análisis

TPDAo = Tráfico promedio diario del año anterior

n= la diferencia de años

Cálculo de TCn para el periodo comprendido de 2002-2003:

$$\boldsymbol{TCn} = \left[\left(\frac{\mathbf{211}}{\mathbf{178}}\right)^{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}}}\right] = 1.03\ \%$$

La tasa de crecimiento obtenida entre el periodo 2002-2003 es de TCn= 1.03%, de esta manera se calculará para cada uno de los periodos siguientes. Ver siguiente tabla.

Tabla 15. Tasa de crecimiento a diferentes periodos de ECD tramo Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad

PERIODO	TCN %
2002-2003	1.03
2003-2007	0.88
2007-2013	1.00
2013-2015	1.27
2015-2020	1.07

Fuente: Elaboración propia

Teniendo todas las Tasas de crecimiento para cada una de los periodos, se calcula la tasa de crecimiento final aplicando la media geométrica mediante la ecuación siguiente.

$$\boldsymbol{Tf} = [(\boldsymbol{Tc1} * \boldsymbol{Tc2} * \boldsymbol{Tc3} * \ldots * \boldsymbol{Tcn})]^{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}}} - \mathbf{1} \longrightarrow \textbf{Ecuación } \boldsymbol{6}$$

Donde:

Tf: Tasa de crecimiento final.

TCn: Diversas tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica.

n: Cantidad de tasas de crecimiento.

$$\boldsymbol{Tf} = [(\mathbf{1.03} * \mathbf{0.88} * \mathbf{1} * \mathbf{1.27} * \mathbf{1.07})]^{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{5}}} - \mathbf{1} = \mathbf{0.23\ \%}$$

Obteniéndose una tasa final de Tf = 0.23%, entre el periodo de 2002 – 2020.

Variables a analizar	Tasa de Crecimiento %
Crecimiento Vehicular, ECD Emp. San Pedro de Lovago- La Libertad según Anuario de Aforos de Trafico, Año 2020	**TC periodo 2015-2020 = 6.70**
	TC aplicando la media geométrica al TPDA histórico = 0.23

Fuente: Elaboración propia

2.8.4 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). Según la información del Banco Central de Nicaragua, el comportamiento del PIB ha mostrado una leve mejoría en el primer trimestre del año 2021, ya que, en los últimos 3 años anteriores, por diferentes razones el país ha venido decayendo con números negativos en su crecimiento anual.

Para esta determinación se ha elaborado una tabla donde muestra el comportamiento de los últimos años y mostrarlo a través de una gráfica de correlación.

Tabla 16. Producto Interno Bruto (PIB) 2006-2019

AÑO	PIB EN MILLONES DE CORDOBAS	TC PIB %
2006	118,837.70	0
2007	124,870.30	5.1
2008	129,160.50	3.4
2009	124,907.70	3.3
2010	130,416.30	4.4
2011	138,654.20	6.3
2012	147,661.40	6.5
2013	154,936.80	4.9
2014	162,351.30	4.8
2015	170,131.60	4.8
2016	177,894.90	4.6
2017	186,133.60	4.6
2018	178,780.60	4
2019	171,845.90	3.9
Promedio del PIB		
Tc promedio	**4.33**	**%**

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2019, pág. 7- Banco Central de Nicaragua.

2.8.5 Tasa de Crecimiento Poblacional

Para este caso se considera el crecimiento poblacional, en la tabla 9 se describe el comportamiento en la población del municipio de La Libertad, Chontales 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, en la cual el Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE), establece una tasa de crecimiento poblacional para este municipio de 1.5%.

Tabla 17. Características del crecimiento poblacional de Chontales.

Año	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
La Libertad- Chontales			
2006	12042	6198	5844
2007	12301	6325	5976
2008	12561	6452	6109
2009	12794	6565	6229
2010	13055	6692	6363
2011	13312	6817	6495
2012	13569	6941	6628
2013	13825	7065	6760
2014	14077	7187	6890
2015	14328	7308	7020
2016	14556	7421	7135
2017	14779	7532	7247
2018	14998	7643	7355
2019	15208	7748	7460
2020	15430	7851	7579
Tasa De Crecimiento			
2006 - 2010	2.0	1.9	2.2
2010 - 2015	1.5	1.4	1.6
2015 - 2020	**1.5**	1.4	1.5

Fuente: Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE), La Libertad en Cifras- Cuadro 7; pag.42

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), se obtiene una tasa de crecimiento poblacional de 1.5 % correspondiente al periodo 2015-2020 para el municipio de La Libertad- Chontales.

2.8.6 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 2018, 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 -10.45%.

Tabla 18. Consumo de Combustible del periodo 2012-2019

Año	Consumo de Combustible (Barriles)	Tasa de Crecimiento (%)
2012	244,567.00	-4.00
2013	236,554.00	-3.13
2014	254,691.00	12.70
2015	281,862.00	20.80
2016	299,687.00	7.30
2017	265,385.00	17.10
2018	163,724.00	8.90
2019	161,921.00	-20.50
Promedio	**238,548.88**	**4.90**

Fuente. Instituto Nicaragüense de Energía (INE)

2.8.7 Parque vehicular

La Policía Nacional del departamento de Chontales, ha brindado la información de lo que corresponde a las estadísticas del crecimiento del parque vehicular de la zona esto corresponde a los años entre 2012-2019. En la siguiente tabla se logra apreciar que el crecimiento se encuentra en 12.71%.

Tabla 19. Parque Vehicular de Chontales

Año	Parque Vehicular	Tasa de Crecimiento
2012	15,912.00	25.90
2013	16,671.00	4.80
2014	19,005.00	14.00
2015	20,874.00	9.80
2016	24,934.00	19.50
2017	27,086.00	8.60
2018	29,375.00	8.50
2019	32,606.00	10.60
Promedio	**23,307.88**	**12.71**

Fuente: Departamento de Policía de tránsito de Chontales

En el cálculo de la tasa de crecimiento promedio, se han tomado en cuenta solo la variable del PIB, la cual según El Banco Central de Nicaragua (BCN), el PIB es el que rigüe todas las estadísticas de crecimiento a nivel nacional, para este caso como se trata de una tasa de crecimiento vehicular, se toman en cuenta el promedio del PIB el cual es 3.7%, el POB el cual es 1.5% y el consumo de combustible el cual da un valor de 4.9%.

Tabla 20. Tasas de crecimiento

Variables	Tasa de Crecimiento
PIB	3.7%
Crecimiento Vehicular	0.23%
Combustible	4.90%
Población	1.5%
Parque vehicular	12.71%
Promedio	**5.54%**

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 21.Cálculo de la Tasa de crecimiento promedio

VARIABLES	TASA DE CRECIMIENTO
PIB	3.7%
POB	1.5%
Combustible	4.90%
Promedio	**3.37%**

Fuente. Elaboración propia

2.9 Cálculo del tránsito de diseño

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

$$\mathbf{TD = TPDA * Fc * Fd * fc'} \longrightarrow \text{Ecuación } 7$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual

fc': Factor de distribución por carril.

FD: Factor de distribución por sentido o factor direccional.

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

$$\mathbf{Fc = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365} \longrightarrow \text{Ecuación } 8$$

Dónde:

Fc: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento $\mathbf{3.7\ \% \approx 0.0370}$

n: Periodo de diseño establecido

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\mathbf{Fc = \frac{(1 + 0.0370)^{20} - 1}{0.0370} * 365 = 10,536.83 \approx 10,537}$$

El valor del Factor de Crecimiento (FC), es de 10,537 este es el valor con el cual se procederá a realizar el cálculo del Tránsito de Diseño (TD), el cual se ha proyectado a un año horizonte de 20 años, esto quiere decir que se estima una vida útil promedio de 20 años antes que el diseño propuesto llegue a presentar fallas considerables en su estructura y este sujeto a evaluación técnica.

Tabla 22. Tránsito de diseño proyectado al año horizonte (20 años)

Universidad Nacional de Ingeniería

RESULTADOS DEL TRANSITO DE DISEÑO (TD)

TRAMO CARRETERO: *BARRIO LA BOLA, LA LIBERTAD,CHONTALES*

SENTIDO: AMBOS SENTIDOS

	Vehiculos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Total
	Moto	Autos	Jeep	Camionetas	Micro bus	Mini bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	Veh. Const	Veh. Agríc	
TPDA	81	32	1	18	1	.	7	19	29	9	3	2	.	.	1	.	
Factor de Crecimiento	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	10537.00	
Factor Direccional	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Distribucion por Carril	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Transito de Diseño	**424,998.26**	**168,264.45**	**5,856.13**	**92,668.44**	**5,801.88**	**.**	**35,394.52**	**100,839.25**	**152,245.37**	**49,907.47**	**15,805.50**	**12,865.04**	**.**	**.**	**5,268.50**	**.**	**1,069,914.81**

Fuente. Elaboración propia

Las fórmulas establecidas en la tabla anterior, se han establecido de la siguiente manera:

$$\mathbf{TD = TPDA * Fc * Fd * fc}$$

$$\boldsymbol{TD\ (vehiculo) = 32 * 10537 * 0.5 * 1}$$

$$\boldsymbol{TD\ (vehiculo) = 168,264.45 = 168,264\ vehiculos}$$

Según el cálculo las tablas muestran un resultado de Tránsito de Diseño de **1,039,932.09** esto es lo que se considera para un periodo de 20 años. Dicho dato servirá como base para el cálculo de las cargas de diseños o ESAL´S de diseño.

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

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) establece las cargas para cada tipo de vehículo que circula sobre un pavimento, esto al tomar en cuenta el Transito de Diseño, y relacionarlo con una operación matemática se obtienen lo que se conoce como ESAL´S de diseño.

En los cálculos de los ejes equivalentes ESAL`s se deben tener los datos de los pesos de los vehículos que circulan en la vía donde se llevará a cabo el diseño el factor equivalente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, esta varía dependiendo el tipo de vehículo. Para este cálculo es importante saber el valor del Número Estructural de carga para este caso se asumió (SN)= 5 y la consideración de una serviciabilidad final (P_t)= 2, 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:

Por ejemplo, para pesados de pasajeros (Micro Bus) el eje delantero pesa 4,400 lbs y el trasero pesa 8,800 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.

Tabla 23. Factores de ESAL´S y cálculo de ejes equivalentes

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 18 KIPS (8,2 TON)					
Tipo de Vehículo	**TPDA 2021**	**Tipo de eje**	**TD**	**F. ESAL´S SN=5 pt=2**	**ESAL´S de Diseño**
		Simple		0.00038	63.94
Autos	32	Simple	168,264.45	0.00038	63.94
		Simple		0.00038	2.23
Jeep	1	Simple	5,856.13	0.00038	2.23
		Simple		0.00038	35.21
Camionetas	18	Simple	92,668.44	0.0034	315.07
		Simple		0.0034	19.73
Micro bus	1	Simple	5,801.88	0.0502	291.25
		Simple		0.0502	1,776.80
Bus	7	Simple	35,394.52	0.9206	32,584.20
		Simple		0.1265	236,972.23
C2 Liv	19	Simple	100,839.25	2.35	236,972.23
		Simple		2.35	357,776.63
C2 > 5 ton	29	Simple	152,245.37	2.1	319,715.28
		Doble		0.1265	6,313.29
C3	9	Simple	49,907.47	1.4325	71,492.45
		Simple		1.4325	22,641.38
C4	3	Simple	15,805.50	1.41	22,285.76
		Simple		1.513	19,464.81
C2R2	2	Simple	12,865.04	1.513	19,464.81
		Simple		0.3638	1,916.68
Veh. Const	1	Simple	5,268.50	0.3638	1,916.68
TOTAL					**1,352,086.83**

Fuente. Elaboración Propia

Como antes se ha mencionado, para este caso el procedimiento le da libertad al diseñador que optar por un número estructural, según lo establece el procedimiento de la AASHTO 1993, el cual establece diferentes números estructurales, para calcular las cargas de diseño. Se ha calculado un número de **ESAL´S de 1,352,086.83 Kips.**

Para este caso se tomó un SN=5 y un índice de serviciabilidad de pt=2, como se muestra en la tabla anterior se ha calculado, las cargas de diseño de la siguiente manera:

Por ejemplo, para el cálculo de la carga de diseño que corresponde a los autos

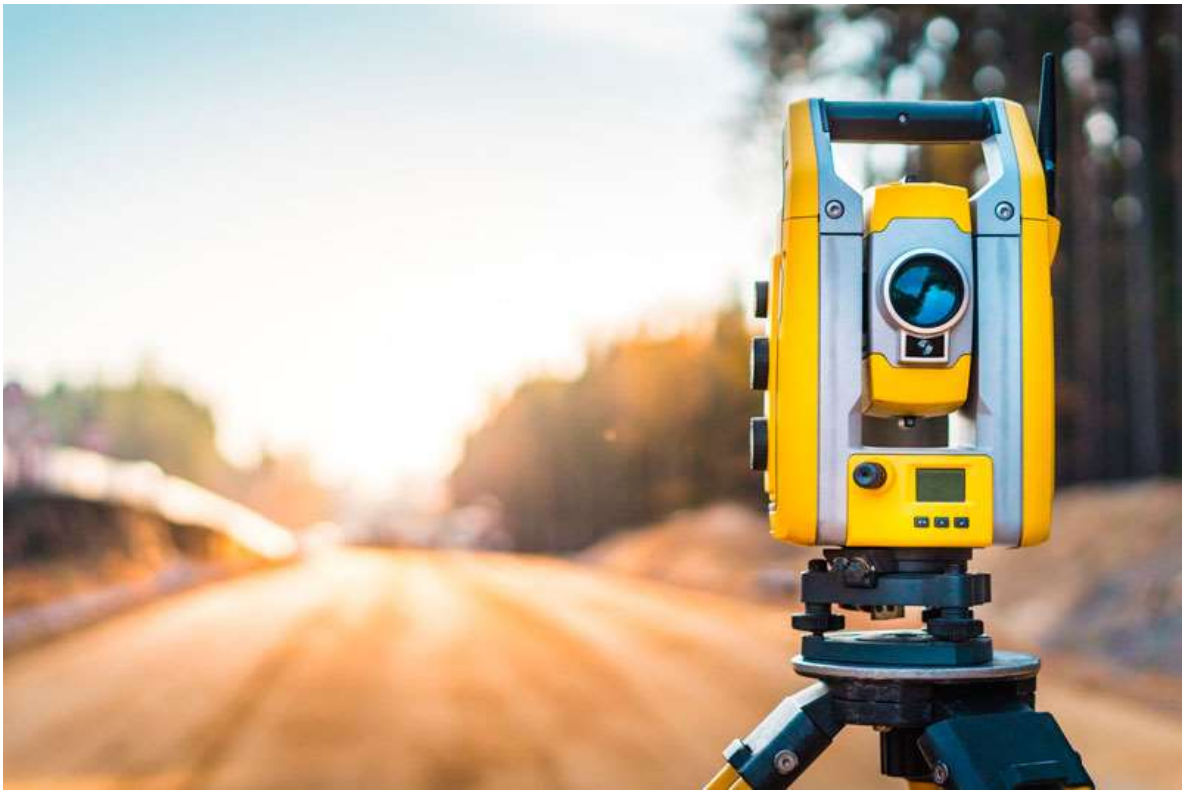
$$\mathbf{ESAL's\ ó\ W_{18} = TD * Factor\ ESAL's} \longrightarrow \text{Ecuación 9}$$

$$\mathbf{ESAL's\ ó\ W_{18}\ (autos) = 168,264.45 * 0.00038}$$

$$\mathbf{ESAL's\ ó\ W_{18}\ (autos) = 63.94\ autos}$$

Este resultado simplemente se puede interpretar, como que el TD calculado trasmitirá una carga de 1,352,086.83 ejes equivalentes de 18 kips en el carril de diseño.

CAPITULO III
ESTUDIO TOPOGRAFICO



CAPITULO III. ESTUDIO TOPOGRAFICO

3.1 Introducción

El siguiente capítulo consta del estudio topográfico, que se realizó en el sitio en el barrio La Bola, del municipio de La Libertad departamento de chontales.

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 útiles 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, 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.

3.2 Topografía

Es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancia, dirección y elevación.

No se debe perder de vista que la topografía va a centrar su estudio en superficies de extensión limitada, de manera que sea posible prescindir de la esfericidad terrestre sin cometer errores apreciables. Para trabajar con grandes superficies será necesario recurrir a la Geodesia y a la Cartografía. Se podría decir que la Topografía acaba donde comienza la Geodesia, aunque hoy día, con el empleo de aparatos cada vez más sofisticados, también es difícil precisar estos límites de una forma clara. En todo caso, en la mayor parte de trabajos, la Topografía tendrá que apoyarse en la Geodesia y en la Cartografía para obtener resultados correctos.

3.2.1 Unidades de medida empleadas en topografía

Una unidad de medida es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física, definida y adoptada por convención o por ley. Cualquier valor de una cantidad física puede expresarse como un múltiplo de la unidad de medida.

Existen varios sistemas de unidades:

- Sistema Internacional de Unidades (SI): la versión moderna del sistema métrico y el más usado en la actualidad. Sus unidades básicas son: el metro, el kilogramo, el segundo, entre otros.
- Sistema Anglosajón de Unidades: es el sistema anglosajón tradicional. En 1824 fue normalizado en el Reino Unido con el nombre de Sistema Imperial, cuyo uso se mantiene en la vida corriente de este país. También fue normalizado en los Estados Unidos, con algunas diferencias sobre el Sistema Imperial, y este último solo se utiliza como sistema legal en Estados Unidos y en Liberia; sus unidades básicas son el pie, pulgada, segundo, libra, entre otros.
- En Centroamérica para medidas de longitud, superficie, volumen, se rige por el sistema métrico o sistema internacional, por lo tanto, las unidades de medida en topografía son las siguientes.

Unidades de longitud: como puede imaginarse, la unidad de longitud más empleada en Topografía es el metro.

Unidades de superficie: las superficies las podemos trabajar de diversas maneras, pero respetando la unidad de longitud se trabaja en unidades de m^2.

Unidades angulares: se trabaja con graduación sexagesimal o centesimal:

Graduación sexagesimal: se considera como ya sabemos, una circunferencia dividida en 360 partes iguales denominadas grados. Cada grado se compone de:

- 60 minutos y cada uno de estos en 60 segundos, por ejemplo, de la siguiente manera: 15° 08’ 45’’.

3.2.2 Levantamientos topográfico

Es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos localizados en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas. (Villalba, pág. 22)

3.2.3 Desarrollo de un levantamiento topográfico

En los trazos para construcción, el topógrafo proporciona todas las marcas de referencia necesarias para que cada parte de la nueva obra se ubique correctamente dentro del terreno en que se construye.

El topógrafo prepara los planos del sitio de construcción en el cual muestra las relaciones entre el terreno y la obra que será creada, se encarga de marcar sus posiciones horizontales y elevaciones.

El trabajo del topógrafo debe hacerse a un ritmo tal que proporcione las marcas necesarias justo antes del momento en que las va a requerir el constructor en las operaciones de cada día. El topógrafo no debe adelantarse demasiado, ya que las marcas podrían destruirse por la misma construcción. A este proceso topográfico se denomina topografía de la construcción.

Antes de iniciar el diseño de una construcción se debe proporcionar a los Ingenieros o Arquitectos toda clase de información topográfica relativa al sitio donde se va a efectuar la obra**.**

1. En primer lugar, se requiere definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logra levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera.
2. Se debe describir el relieve del terreno, para su configuración se efectúa una nivelación, generalmente en los puntos más relevantes y a ambos lados del eje central.

3. Se debe brindar la localización topográfica o detalles de interés tales como:

4. Tendido eléctrico, tendido telefónico, drenaje de aguas servidas y pluviales, red de agua potable, pozos de visita o manjoles y tragantes de aguas pluviales existentes, localización de derecho de vía, mojones, BM, árboles de gran tamaño, arroyos o cauces, vías de acceso construcciones existentes y muchos otros más detalles que podemos encontrar en un levantamiento detallado.

La manera que se acostumbra para presentar los datos topográficos es plasmándolos en un plano denominado de conjunto y dibujado a la escala solicitada, para esto se utilizan hojas de dimensiones estandarizadas, reiterando que se utiliza mayor mente en obras verticales.

3.2.4 Planimetría

Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Las medidas de distancias entre puntos pueden hacerse con cintas.

3.2.5 Levantamiento topográfico con teodolito y cinta

En las poligonales abiertas lo primero que el topógrafo debe definir es el sentido del itinerario, el cual puede ser positivo (en sentido de las manecillas de reloj) o negativo (anti horario). Una vez definido el itinerario, se procede a hacer una descripción general del trabajo para trazar la poligonal, se debe elegir las estaciones de forma ventajosa para poder avanzar en el levantamiento.

En este tipo de poligonales no se obtiene ningún cierre, no se puede determinar el error angular acumulativo, excepto por observaciones astronómicas o empezando y cerrando en líneas establecidas con anterioridad, cuyas direcciones y posiciones se conocen.

3.2.6 Levantamiento de detalles

En casi todos los levantamientos con teodolito se localizan ciertos detalles o accidentes de tipo naturales o artificiales del terreno con respecto a los vértices de las poligonales. La cantidad de detalles puede ser pequeña (levantamiento de linderos) o grandes (levantamientos taquimétricos).

Métodos utilizados en el levantamiento de detalles

- Por ángulo y distancia de una estación del polígono.
- Por medio de los ángulos desde dos estaciones del polígono.
- Tomando medidas lineales desde dos estaciones.
- Por el ángulo de una estación y la distancia de otra.
- Por ordenadas perpendiculares levantadas de los lados del polígono establecido.

3.3 Altimetría

3.3.1 Tipos de nivelación.

- Nivelación simple

Es aquella en la cual desde un punto o una sola posición del aparto se puede conocer las cotas elevaciones de los diferentes puntos que deseamos nivelar. En este se sitúa el nivel en el punto más conveniente el cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre la estadía colocada en el punto estable y fijo, se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido.

- La nivelación compuesta.

Es la nivelación más corriente y de más frecuente uso en la práctica diaria y no es más que una sucesión de varias nivelaciones simples.

En la nivelación compuesta el aparato no permanece en un mismo sitio, sino que va trasladándose a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples que van ligándose entre sí por los llamados Puntos de Cambio (PC) o Puntos de Liga (PL). Es de vital importancia la escogencia del PC, ya que de esto depende en gran parte la precisión del trabajo. Este debe ser estable y de fácil identificación, por lo general se utilizan pines o planchas metálicas para esto.

Se define como Punto de Cambio o de Liga (PC o PL), al punto donde se ejecutan las lecturas de frente y de espalda para calcular la nueva altura del instrumento y a la vez el enlace entre dos nivelaciones simples.

Una Lectura de Espalda (LE), es una lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto de elevación conocida, como por ejemplo la lectura del BM que se toma como referencia para nivelar los puntos restantes.

Una Lectura de Frente (LF), es la lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto cuya elevación se desea conocer o bien un punto de cambio.

Todos los aspectos anteriormente mencionados, ahora con las nuevas mejoras tecnológicas, los podemos elaborar con un solo instrumento capaz de medir distancias, ángulos, elevaciones, y muchas otras más aplicaciones que nos sirven para detallar al máximo un levantamiento topográfico definido como, levantamiento plan altimétrico y de detalles con el instrumento electro-óptico conocido como

3.3.2 Estación Total.

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras

capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimut y distancias.

La estación total surge con la finalidad de sustituir el teodolito, antiguo instrumento utilizado para trabajos topográfico, pero además incluye otras herramientas muy útiles para la medición de distancias y un terminal interno para la realización los cálculos oportunos con memoria para el almacenamiento de datos.

Esa multifuncionalidad permitió utilizar la Estación Total en topografía, concretamente en levantamientos topográfico referenciados con GPS.

3.3.2.1 Propósito de la Estación Total

Una estación total alcanza su finalidad cuando se utiliza en la ingeniería de alta exactitud topográfica, como por ejemplo en la construcción de carreteras, viaductos, grandes edificaciones, canales de agua, etc.

En todas las citadas construcciones, como es lógico, la precisión es una necesidad absoluta para el correcto funcionamiento de la obra. Las dos funciones esenciales para las que se usaría la estación total son las siguientes:

Levantamiento topográfico a: Medición y representación gráfica de la realidad.

Replanteo topográfico: Representación en la realidad del diseño Figura de una obra (operación inversa a la anterior).

Procedimiento del levantamiento topográfico con Estación Total

Para empezar con un levantamiento con Estación Total, es necesario primeramente definir nuestras coordenadas de partida, ya sean asumidas o georreferenciados con un GPS de mano o aparatos digitales de mayor precisión.

Posteriormente ya definidas nuestras coordenadas de partida, podemos empezar con el levantamiento, levantando todos los detalles posibles.

Procedimiento de un levantamiento topográfico en una carretera.

1. Definir las coordenadas de partida.
2. Estacionar el instrumento en el punto de partida.
3. Crear un trabajo en la Estación Total definiéndole nombre, coordenadas conocidas o asumidas (E, N y Elevación o X, Y y Z).

4. Se levantará lo que son las zonas del ancho de la calle, derecho de vía, cruces, postes de tendido eléctrico, cajas de registro, postes de tendido telefónico y todos los aspectos necesarios que están dentro de la vía.
5. Cambio de estaciones para levantar todo el tramo de carretera que se desea conocer.

3.4 Trabajo de campo

Se levantaron 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 calles que conforman el estudio para luego procesar los datos y obtener las curvas de nivel.

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.

Con la ayuda de la estación total, (LEICA TS06 PLUS) se logró realizar el levantamiento de las calles del barrio en estudio. Dicho levantamiento se realizó a cada 10 m.

3.4.1 Equipos utilizados para el levantamiento topográfico.

- Estación total Leica FLEXLINE TS06 PLUS, Precisión en medición a prismas mejorada, 1.5 mm + 2 ppm.
- Trípode de metal marca LEICA
- Dos prismas LEICA
- Dos bastones para prisma marca LEICA de 2.5m de altura.
- Chapas y 5lbs de clavos de 4’’ galvanizado.
- Pintura en spray color rojo

3.4.2 Procedimiento realizado para el levantamiento topográfico en el tramo en estudio.

1. Como primera instancia se instaló en el BS09, proporcionado por la oficina de catastro de la alcaldía de La Libertad, corroborando en sitio la veracidad de esto, ubicando el sitio con coordenadas UTM/WGS 84/UTM ZONA 16 N1, se procedió a plantar la estación total, haciendo todo el proceso de nivelación y orientación del mismo y teniendo el registro de las coordenadas de partida se procedió a realizar la configuración del trabajo nuevo en la estación total.
2. Se guardó las coordenadas de salida en la estación, posteriormente se designo un BM de referencia.
3. En el levantamiento que se realizó, se utilizó el método de perfil longitudinal y sección transversal, el cual efectuamos de la siguiente manera: de la estación 0+000 hacia adelante, se divide todo el tramo en sub-tramos de 10 metros aproximadamente, donde se levantaba la vía transversalmente, tomando los puntos de interés tales como ancho de vía (linderos o cercos), terreno natural. (todo registro de terreno natural ya sea talud natural, drenaje pluvial natural, etc.), ancho de calle (banda izquierda y derecha).
4. El cambio de estación se realizó a cada 100 m. aproximadamente y en zonas de curvas horizontales donde no había mucha visibilidad se colocaron estacionamientos con menor distancia de 100 m.
5. Como trabajo de campo, a cada cambio de estación, en los enlaces verificábamos la vista atrás tratando de obtener un registro de coordenadas no mayor a ± 0.005 m, (5 mm). Considerando la precisión del equipo con el que se realizó el levantamiento.

3.4.3 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.

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.

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 pendiente 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 indicará la elevación de cada una rompiendo la curva o interrumpiéndola para señalar la elevación.

Procesamiento de datos

En este levantamiento se han tomado más de 300 puntos con una distancia total de 2 km, con el fin de obtener la información necesaria y procesar correctamente los datos requeridos para el estudio.

3.4.4 Información extraída del equipo empleado en el levantamiento

Luego del levantamiento, se exportaron las coordenadas de la Estación Total a una memoria USB; para depurar los puntos en un archivo Excel, lo cual se revisaría si los puntos levantados correspondían con el número y el código anotado, estos puntos deben corresponder tanto como en la libreta digital de la Estación, como en la libreta física que se hizo el día del levantamiento.

A continuación, se detalla una muestra de datos obtenidos a través de la estación total.

Tabla 24. Muestra de las coordenadas extraídas de la estación total

PUNTO	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	CÓDIGO
1	4051227.3127	2102791.2591	479.0150	BI
2	4051226.3127	2102802.2591	479.1050	LC
3	4051223.3127	2102811.2591	479.2130	BD
4	4051220.3127	2102821.2591	480.0240	LC
5	4051217.3127	2102830.2591	480.1020	BI
6	4051215.3127	2102840.2591	481.0070	LC
7	4051212.3127	2102849.2591	481.2140	BD
8	4051210.3127	2102859.2591	481.2210	BI
9	4051209.3127	2102869.2591	481.2280	LC
10	4051208.3127	2102879.2591	481.2390	BI
11	4051207.3127	2102889.2591	481.3160	BD
12	4051205.3127	2102899.2591	481.0000	ARB
13	4051203.3127	2102908.2591	481.4020	BI
14	4051202.3127	2102918.2591	481.5030	PST
15	4051201.3127	2102928.2591	481.8580	BD
16	4051200.3127	2102939.2591	481.8300	LC
17	4051199.3127	2102949.2591	481.9500	BD
18	4051196.3127	2102958.2591	482.1210	BI
19	4051194.3127	2102968.2591	482.2000	LC
20	4051193.3127	2102978.2591	482.3500	BI

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 25. Simbología utilizada en el procesamiento de datos

LEYENDA	
BI	Banda Izquierda
BD	Banda Derecha
LC	Linea Central
PST	Poste
ARB	Arbol
CERC	Cerco
LI	Lindero
PARQ	Parque

Fuente. Elaboración propia

3.5 Relieve del tramo en estudio

Superficie del terreno

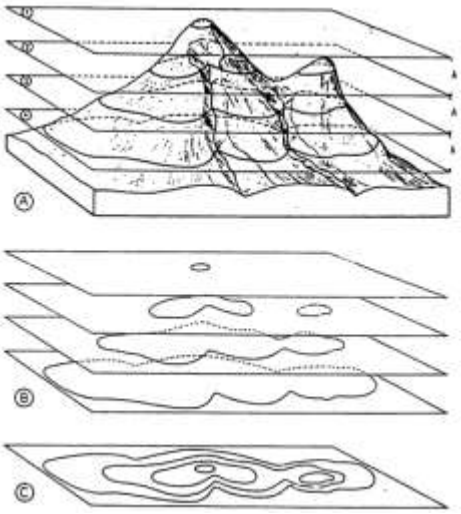
Para llevar a cabo el diseño, debemos de tomar en cuenta este factor, puesto que es esencial para localizar físicamente la vía. Ya que este afecta los alineamientos horizontales, las pendientes, distancias de visibilidad y las secciones transversales. Desde el punto de vista topográfica el Ministerio 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 movimiento de tierras moderado 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.

Relación entre el relieve y su representación mediante curvas de nivel.



Fuente: Aubouin, Dercourt y Labasse, 1970; pág. 175.

A continuación, se muestra el cálculo de las pendientes a lo largo del tramo en estudio, a una distancia de 200 metros, para determinar el tipo de terreno.

$$\boldsymbol{m = \frac{Elv2 - Elv1}{DH} * 100} \longrightarrow \text{Ecuación 10}$$

Datos

Estaciones	Elevación (m)	Distancia Horizontal (m)
0+000	**479.015**	**200**
0+200	**482.365**	

$$m = \frac{479.015 - 482.365}{200} * 100 = -1.68\%$$

En el inicio del tramo en estudio al realizar el cálculo de la pendiente a una distancia de 200 metros se puede determinar que el terreno es plano, se debe repetir el proceso para determinar cómo se comporta el terreno en el eje central de la vía y así poder determinar el tipo de terreno, a continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos.

Tabla 22. Resultados de las pendientes en el tramo, a cada 200 metros

ESTACIÓN	ELEVACIÓN (M)	DISTANCIA (M)	PENDIENTE (%)
0+000	479.015	200	-1.68
0+200	482.365		
0+200	482.365	200	-2.58
0+400	487.534		
0+400	487.534	200	-2.22
0+600	491.975		
0+600	491.975	200	4.33
0+800	483.324		
0+800	483.324	200	-0.07
1+000	483.467		
1+000	483.467	200	0.68
1+200	482.107		
1+200	482.107	200	-0.50
1+400	483.103		
1+400	483.103	200	-2.12
1+600	487.342		
1+600	487.342	200	0.75
1+800	485.843		
1+800	485.843	200	-0.77
2+000	487.374		
2+000	487.374	200	1.42
2+200	484.525		
2+200	484.525	200	-0.59
2+400	485.698		
2+400	485.698	200	-3.39
2+600	492.475		
2+600	492.475	200	5.79
2+800	480.896		
2+800	480.896	190	-0.53
2+990	481.904		

Fuente. Elaboración propia

Con los resultados obtenidos, determino que el tramo en estudio las pendientes predominantes son menores que el 5%, si se ve por estacionamientos, de la estación 0+000 a la estación 2+800 el terreno es plano, de la 2+800 a la estación 2+990 que se tomó a 190 m dado que fue la última.

La mejor forma de definir la tipología del terreno en este caso, sería un terreno plano, ya que, aunque las pendientes predominantes son menores que el 5% y

según la tabla que se muestra a continuación, se define el **terreno como llano o plano.**

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

Tabla 23. Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales.

Tipo de Terreno	Rango de Pendiente P(%)
Llano o Plano	P≤5
Ondulado	5<P≤15
Montañoso	15<P≥30

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011 pág. 116.

CAPITULO IV
ESTUDIO DE SUELO



CAPITULO 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. El suelo, se define como la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, el viento y de los seres vivos.

Desde el punto de vista de la Ingeniería, el suelo no es más que el sustrato físico sobre el que se realizan un sin número de obras, del que importan las propiedades físico-químicas, y especialmente las propiedades mecánicas.

Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben ejecutarse investigaciones, de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas.

4.1 Trabajo de campo

Para el caso del trabajo de campo la empresa “LAMSA INGENIEROS CONSULTORES” la cual se encuentra ubicada en la siguiente dirección: Arbolito 2c al lago, 1/2c arriba Managua, Nicaragua. Apartado 3864. En noviembre de 2020, realizó estudios de suelos en el barrio La Bola del municipio de La Libertad, Chontales, bajo el proyecto “Gasolinera de La Libertad”, así mismo al banco de materiales conocido como “Banco Don Mario Lazo”. El cual se ubica a aproximadamente a 3km de las calles en estudio.

Esto con el fin de conocer las características físico mecánicas de los suelos que se encuentran en la zona, cabe mencionar que la empresa contratistas ha estado de acuerdo en brindar esta información para fines académicos.

Se realizó un análisis de suelo, para conocer las condiciones y características físicas-mecánicas del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio, se procedió a la ejecución de diez sondeos manuales de los cuales se tomaron veinte muestras

representativas de las diferentes capas de materiales encontradas, distribuidos a una distancia aproximada de 100 metros, con una profundidad máxima de 1.50 metro, los que se distribuyeron de forma racional en todo el tramo en estudio, ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central.

4.2 Investigación del banco de material

Se realizó un recorrido en los alrededores del banco de material, con la finalidad de conocer su ubicación y el tipo de material proveniente de este, ya que todos los proyectos ejecutados por la municipalidad provienen de este banco, por su alta capacidad mecánica, ya que en varias ocasiones ha sido sujeto a pruebas de laboratorios por empresas privadas, esto según las autoridades de la alcaldía de La Libertad.

Figura 5 Ruta de acceso hacia el banco de material finca Don Mario Lazo



Fuente. https://earth.google.com/web/search/LIBERTAD+CHONTALES/@12.20715283,-85.15805161,447.53078438a,5106.33442084d,35y,-20.58911105h,35.73337479t,0r/data=CigiJgokCfD7oPEVeihAEbZFCIdzaShAGcGpLwcKSlXAIQxxXSYjTFXAOgMKATA, Noviembre de 2021

Figura 6 Explotación de banco de material finca Mario Lazo



Fuente. Figura por sustentantes noviembre de 2021

En la visita al banco de material, en la finca propiedad de Mario Lazo, este se encuentra ubicado a 3 kilómetros de las calles en estudio, se logró constatar en primera persona la explotación de este, el cual un equipo amarillo (Excavadora) realizaba trabajos de extracción de material el cual está siendo utilizado para la capa base y sub base del proyecto del tramo por el cual circula el tráfico pesado en el municipio de La Libertad.

En base a los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todo el tramo en estudio predominan los tipos de suelo siguientes:

Estación 0 + 100

La primera capa de la línea se clasifica en arena y gravas limosas o arcillosas. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, se clasifica del tipo **A-2-7**, con un índice de grupo uno (1), según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, esté material se caracteriza de excelente a bueno, para ser utilizado como material base de estructuras de pavimento Articulado.

En la segunda capa se encuentra un material fino, el cual está constituido por limo inorgánico, de color café. Este material se clasifica del tipo suelo limoso **A-7-5**, con índice de grupo dieciséis (16). Este material es de baja compresibilidad y de baja plasticidad.

Estación 0 + 500

En este sondeo se encuentran un tipo de suelo de arenas y gravas limosas o arcillosas. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-2-7**, con índice de grupo cero (0), este material se clasifica en excelente a bueno. En la segunda muestra según los estudios realizados de laboratorio, el suelo encontrado es limo con una clasificación de **A-7-5** y un índice de grupo diez (10).

Estación 0 + 800

Materiales granulares, los que están constituidos por gravas limosas, de color café. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-2-7**, con índice de grupo uno (1). Como segunda extracción de muestra en esta estación, se encontró un tipo de suelo limoso de clasificación **A-7-5** con un índice de grupo veinte (20). La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta.

Estación 1+100

En esta muestra encontramos un tipo de suelo fino específicamente suelos limosos. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-4**, con índice de grupo cinco (5). La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de media plasticidad, el estado del terreno está en regular a mala.

En el segundo sondeo se encuentra un suelo limoso **A-5** con un índice de grupo nueve (9).

Estación 1+200

Se encuentran materiales plásticos, los cuales están constituidos por limos arcillosos, de color gris oscuro. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO - 93**, se clasifica del tipo **A-7-5** con índice de grupo dieciocho (18) y **A-7-5** índice de grupo quince (15). La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, este material se caracteriza como malo, para ser utilizado en cualquier estructura de pavimento.

Estación 1+400

En este sondeo se encuentra un material fino, el cual está constituido por limo inorgánico, de color café. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO -93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-5**, con índice de grupo uno (1). Como segunda extracción se encuentra un suelo limoso de clasificación **A-7-5** con un índice de grupo doce (12).

Estación 1+600

En este sondeo se encuentran materiales finos, los cuales están conformados por limos arcillosos, de color café. Según En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-7-5**, con índice de grupo dieciséis (16) y **A-7-5** con un índice de grupo diecinueve (19). Este material es de baja compresibilidad y de alta plasticidad.

Estación 1+800

En este sondeo se encuentran materiales finos, los cuales están conformados por limos arcillosos, de color café. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, corresponde a la clasificación del tipo **A-7-5**, con índice de grupo veintidós (22) y como segundo estudio de la muestra extraída es de **A-7-5** índice de grupo veinticuatro (24). Este material es de baja compresibilidad y de alta plasticidad.

Estación 2+000

En el último sondeo sobre la línea se encuentran materiales plásticos, los cuales están constituidos por limos arcillosos, de color gris oscuro (negro). En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO-93**, se clasifica del tipo **A-7-5**, con índice de grupo dieciocho (18) y en la segunda extracción se muestra un suelo limoso del grupo **A-7-5** índice de grupo 23. La compresibilidad de este material es alta y su plasticidad es alta.

Tabla 26. Sondeos efectuados y resultados de ensayo sobre la línea

Sondeo	Estacion	Profundidad (m)	Muestra N°	% que pasa por tamiz									limite liquido %	limite polastico %	indice de plasticidad	AASHTO	Tipo de suelo
				2"	1 1/2"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200					
SM-1	0+100	00.0 a 1.18	1	100	100	86,54	72,55	70,98	53,92	44,54	32,98	25,33	51,81	32,14	19,67	A-2-7(1)	Arenas y gravas limosas o arcillosa
		1.18 a 1.50	2					95,5	92	9900	79	70	60	31	28	A-7-5(16)	Suelos limosos
SM-2	0+500	00.0 a 1.00	1	100	100	94,5	80,33	69,19	46,65	40,27	24,59	17,23	42,75	27,59	15,15	A-2-7(0)	Arena y graqvas limosas o arcillosa
		1.00 a 1.50	2					88	79,5	71,3	60,8	51	49,8	34	24	A-7-5(10)	Suelos limosos
SM-3	0+300	00.0 a 1.12	1	100	100	98,31	88,8	83,01	63,13	55,77	44,85	35,46	46,01	31,26	14,75	A-2-7(1)	Suelos limosos
		1.12 a 1.50	2					96,5	94	90,2	83,9	77,4	611,67	32,62	29,65	A-7-5(20)	Suelos limosos
SM-4	0+800	00.0 a 1.17	1	100	100	96,52	95,39	94,38	85,06	81,9	71,93	59,06	46,01	31,76	2,25	A-4(5)	Suelos limosos
		1.17 a 1.50	2					95,15	92,5	89	85	67	61,67	44	9	A-5(9)	Suelos limosos
SM-5	0+500	00.0 a 0.99	1	100	100	99,67	99,67	99,67	98,87	96,25	89,11	0	34,01	41,21	24,59	A-7-5(18)	Suelos limosos
		0.99 a 1.50	2					99	98	97,2	93,5	80	53	33	20	A-7-5(15)	Suelos limosos
SM-6	1+100	00.0 a 1.25	1	100	100	97,13	92,39	89,86	78,94	73,15	57,58	42,09	65,81	31,58	10,45	A-5(1)	Suelos limosos
		1.25 a 1.50	2					96	95	94,2	81,9	77	53,5	30,9	16,2	A-7-5(12)	Suelos limosos
SM-7	1+200	00.0 a 1.05	1	100	100	100	100	100	100	98	96	89	56	35	21	A-7-5(16)	Suelos limosos
		1.05 a 1.50	2					99,8	99	98,9	97,7	84,57	57	38	24	A-7-5(19)	Suelos limosos
SM-8	1+400	00.0 a 1.10	1	0	0	100	100	100	100	98	94	85	59	37	21	A-7-5(22)	Suelos limosos
		1.10 a 1.50	2					100	100	97	95	82	56	34	18	A-7-5(24)	Suelos limosos
SM-9	1+800	00.0 a 0.95	1	0	0	100	100	100	82	77	68	59	43	32	11	A-7-5(6)	Suelos limosos
		0.95 a 1.50	2					98	96,8	95,2	91	78	50	29	18	A-7-5(13)	Suelos limosos
SM-10	2+000	00.0 a 1.00	1	0	0	100	100	100	100	99	98	97	67	43	24	A-7-5(18)	Suelos limosos
		1.00 a 1.50	2					100	100	95	92,9	83	54	35	19	A-7-5(23)	Suelos limosos

Fuente. LAMSA INGENIEROS, noviembre 2020 (Recopilación por sustentantes 2021)

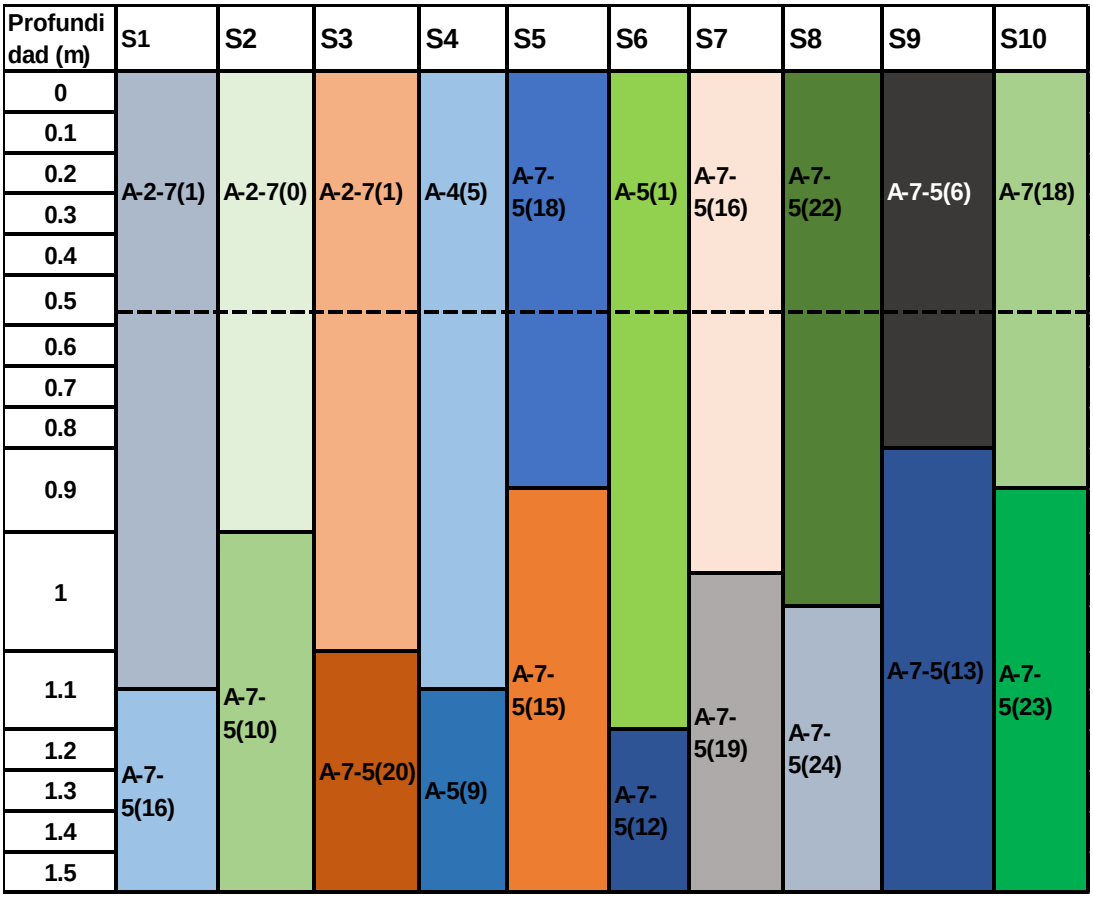
4.3 Estratigrafía del suelo

4.3.1 Estratigrafía del Terreno.

En base al trabajo y a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se realizó un perfil estratigráfico para detallar los tipos de suelos y profundidad. Actualmente en la parte superior tenemos la carpeta de rodamiento conformada por materiales **A-2-7, A– 4**, **A-7-5 y A-5,** se consideró tomar la línea de la subrasante a los **0.52 metros**, el cual será el nivel de la sub rasante. A continuación, se muestra los perfiles marcando la línea discontinua de subrasante en color negro.

La secuencia estratigráfica del sitio en estudio se describe, considerándose desde la superficie hasta la profundidad investigada, la que se presenta a continuación:

Figura 7. Perfiles estratigráfico y nivel de subrasante



Fuente. Elaboración propia

4.4 Ensayo de CBR de la línea

Valores de CBR para la línea, que se obtuvieron como resultados de los estudios de laboratorio realizados en una empresa privada, como antes se ha mencionado, en este caso algunos documentos que ha proporcionado la empresa se encuentran en anexos (ver en anexos pág. 121) en el caso de esta tabla de resumen, solo se ha brindado la información con el fin de realizar una recopilación de los datos.

Tabla 27. Características físico-mecánicas de las muestras de suelo

Estación	Num. De muestra	Profundidad de la extracion de la muestra (cm)	Densidad seca Máxima (kg/m3)	% Humedad Óptima	Clasificacion AASHTHO	% CBR Saturado a 4 dias		
						90	95	100
0+100	1	0	1950	33,2	A-2-7(1)	30	32	35
	2	118	1278	30	A-7-5(16)	25	3	11
0+300	1	0	1606	45,6	A-7-5(0)	28	7	18
	2	100	1250,2	28,9	A-7-5(10)	31	4	6
0+800	1	0	1340	24,6	A-2-7(1)	32	6	5
	2	112	1256	37,8	A-7-5(20)	12	8	4
1+100	1	0	1566,3	31,8	A-4(5)	10	5	8
	2	117	1388,23	29	A-5(9)	6	12	7
1+200	1	0	1780	36	A-7-5(18)	9	28	3
	2	99	1920	38,4	A-7-5(15)	8	9	10
1+400	1	0	1756,5	41,1	A-5(1)	8	12	6
	2	125	1287	40,6	A-7-5(12)	12	3	8
1+600	1	0	1120,23	38,7	A-7-5(16)	22	8	4
	2	110	1567,56	28,9	A-7-5(22)	15	11	13
1+800	1	0	1888	32,9	A-7-5(24)	25	15	9
	2	95	1796,47	32	A-7-5(6)	21	13	15
2+000	1	0	1224	29,9	A-7-5(13)	14	5	12
	2	100	1396,2	30,8	A-7-5(20)	13	16	14

Fuente. Elaboración por sustentantes

4.5 Resultados de ensayo del Banco de material finca Mario Lazo

Se realizó el análisis del Banco de préstamo, el cual se hizo en base a las normas y especificaciones técnicas NIC 2000, los cuales presentan las siguientes características:

Tabla 28. Propiedades físico mecánica del banco de material para base granular

Nombre del Banco	PVSC (Kg/m3)	PVSC Máx (Kg/m3)	Huemdad óptima (%)	CBR			Uso recomedado
				90	95	100	
Mario Lazo	2650	2486	7,6	78	83	87	Base/Subbase

Fuente: Elaboración por sustentantes.

Tabla 29. Propiedades físico mecánica del banco de material para sub base granular

Nombre del Banco	PVSC (Kg/m3)	PVSC Máx (Kg/m3)	Huemdad óptima (%)	CBR			Uso recomedado
				90	95	100	
Mario Lazo	2256	2486	8,1	52	55	57	Base/Subbase

Fuente: Elaboración por sustentantes

De acuerdo a lo establecido con los (Criterio de la Nic 2000) (Ver en Pag N°63) el banco de préstamo Finca de Don Mario Lazo, puede ser utilizado como fuente de material para la capa base y sub base, debido a que se obtuvo un CBR de 83%, al 87% de compactación, que cumple con los criterios mínimos permitido por el Manual de Normas y Reglamentos de Nicaragua NIC-2000 que establece un valor requerido de 80%, y para sub base granular solicita un 40% mínimo y se obtuvo un 57%.

Tabla 30. Características de Banco de Préstamo Mario Lazo base granular

Nombre del banco	Ubicación	Uso del material	Clasificacion AASHTO	IP (%)	CBR (%)	
					95	100
Mario Lazo	3 km del sitio	Base/Subb	A-2-7(0) arena y gravas limosas	4,7	83	87

Fuente: Elaboración por sustentantes

Tabla 31. Granulometría y clasificación del Banco Mario Lazo sub base granular

Nombre del banco	Porcentaje que pasa por tamiz (gr)									Límites de consistencia		
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Num.4	Num.10	Num.40	Num.200	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad
Mario Lazo	83	67	60	47	38	20	12	6	8	22,6	17,6	5

Fuente: Elaboración por sustentantes.

Tabla 32. Propiedades físico mecánica del banco de material para base granular

Nombre del Banco	PVSC (Kg/m3)	PVSC Máx (Kg/m3)	Huemdad óptima (%)	CBR			Uso recomedado
				90	95	100	
Mario Lazo	2650	2486	7,6	78	83	87	Base/Subbase

Fuente: Elaboración por sustentantes.

Tabla 33. Propiedades físico mecánica del banco de material para sub base granular

Nombre del Banco	PVSC (Kg/m3)	PVSC Máx (Kg/m3)	Huemdad óptima (%)	CBR			Uso recomedado
				90	95	100	
Mario Lazo	2256	2486	8,1	52	55	57	Base/Subbase

Fuente: Elaboración por sustentantes

4.6 Análisis del banco de préstamo.

El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla 34. Especificaciones de Materiales para Base Granular

Propiedad	Especificación	Metodologia
Límite Líquido	25% Máx	AASHT0-89
índice Plástico	6% Máx	AASHT0-90
CBR	**80% Min**	**AASHT0-193**
Desgate de los Ángeles	50% Máx	AASHT0-96
Intepresismo acelerado	12% Máx	AASHT0-104
Compactación	95% Proctor Modificado	AASHT0-191

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor serán variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

Tabla 35. Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular

Propiedad	Especificación	Metodologia
Límite Líquido	25% Máx	AASHT0-89
índice Plástico	6% Máx	AASHT0-90
CBR	**40% Min**	**AASHT0-193**
Desgate de los Ángeles	50% Máx	AASHT0-96
Intepresismo acelerado	12% Máx	AASHT0-104
Compactación	volumétrico Máx. Obtenido por medio de la prueba de proctor modificado (AASHTO-180)	AASHT0-191

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

4.7 CBR de la Subrasante

El valor de CBR para la subrasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resilencia (MR) a ser utilizado en el diseño. Existen muchos criterios para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del Instituto de Asfalto, que recomienda tomar un valor total de percentil de los valores individuales obtenidos sean mayores o iguales que él de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento.

En este caso se toma un 87.5 % como percentil para la resistencia ya que el total de ejes equivalentes (W18) es de 1,304,834.56 (ver dato en interpretación de resultados en estudio de tránsito).

Tabla 36. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño

Cargas Equivalentes 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 ESAL´s	87.5

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

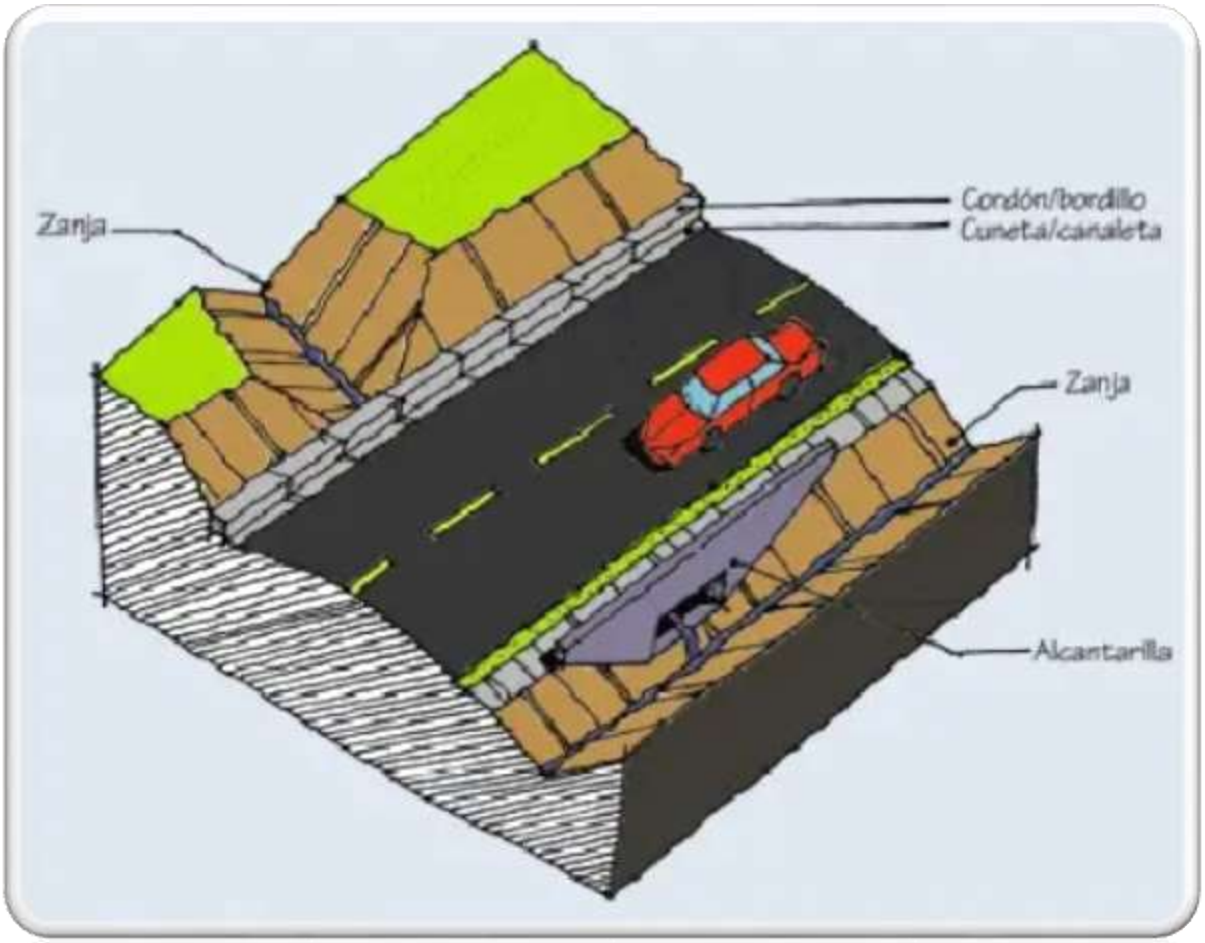
4.8 Determinación del CBR de diseño

Tabla 37. Cálculo para determinar el CBR de diseño

CALCULO DEL CBR DE DISEÑO POR EL METODO DEL PERCENTIL					
Clasificacion AASHTO	Ensayo Numero	CBR (100%)	Frecuencia	No. de Valores ≥	% de valores iguales o mayores
A-7-5;(18)	1	3	1	10	100
A-7-5;(16)	2	4	1	9	90
A-2-7;(1)	3	5	1	8	80
A-5;(1)	4	6	1	7	70
A-7-5(1)	5	8	1	6	60
A-4;(5)	6	9	1	5	50
A-7-5;(22)	7	11	1	4	40
A-7-5(6)	8	13	1	3	30
A-7-5(18)	9	17	1	2	20
A-2-7(0)	10	32	1	1	10
		Σ Total=	**10**		

Fuente: Elaboración por sustentantes.

CAPITULO V
ESTUDIO HIDROTECNICO



CAPITULO V. ESTUDIO HIDROTÉCNICO

5.1 Hidrológico y diseño hidráulico

El presente estudio se compone de la siguiente manera, el estudio hidrológico e hidráulico; utilizando diferentes herramientas como el programa H-CANALES, Microsoft Excel y datos de las estaciones meteorológica.

Para el estudio hidrológico se obtuvieron datos como es uno de ellos los de intensidades de lluvia, esto gracias a la información de la estación meteorológica más cercana que se encuentra en el municipio de Juigalpa, departamento de Chontales.

5.2 Trabajo de Campo

Los datos que se obtuvieron, de las intensidades de lluvia fueron de la estación meteorológica del municipio de Juigalpa Chontales, la cual, es la más cercana al lugar donde están ubicadas las calles que se sometieron al diseño, para estimar el caudal correspondiente, para esto fue necesario obtener información sobre las características y parámetros de la cuenca donde se desea hacer estimaciones; como el área, pendiente, el tipo de suelo entre otros; con los caudales obtenidos se diseñaron las estructuras que cumplen con las condiciones hidráulicas en el aspecto de dimensiones y los tipos que está ha requerido según el análisis realizado.

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. Se tomaron los criterios de diseño de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales.

Se realizó una inspección de campo para observar las características topográficas del terreno, tipo de suelo y valorar las condiciones actuales de las estructuras de drenaje contenidas en el tramo en estudio.

5.3 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.

Este estudio hidrológico permitió determinar el caudal de diseño, como base principal el manual de estudios Hidrotécnico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), el cual establece determinar las características de la cuenca, del tipo de suelo existente y la tormenta de diseño, para este caso se establecerá el caudal de diseño por la metodología del método racional.

5.3.1 Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas.

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Algunas de las características que se determinan para lograr la aplicación de este método es que la tormenta máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración (Tc).

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

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 km^2 o menos para el buen uso de la fórmula:

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{\mathbf{C.I.A}}{\mathbf{K}} \longrightarrow \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

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

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

C: Coeficiente de escorrentía.

A continuación, se muestra memoria de cálculo de Caudales.

Caudal Para diseño de Cunetas

1) $\boldsymbol{Q} = \frac{(\mathbf{0.83}).(\mathbf{182.915}).(\mathbf{720})}{\mathbf{3.6}} = \mathbf{0.030}$ (m³/s).

2) $\boldsymbol{Q} = \frac{(\mathbf{0.83}).(\mathbf{183.656}).(\mathbf{720})}{\mathbf{3.6}} = \mathbf{0.030}$ (m³/s).

3) $\boldsymbol{Q} = \frac{(\mathbf{0.83}).(\mathbf{183.410}).(\mathbf{720})}{\mathbf{3.6}} = \mathbf{0.030}$ (m³/s).

En el caso de los caudales de diseño de las cunetas se calcularon por estaciones para la referencia, como se muestran en los planos topoFiguras, 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.

Tabla 38. Cálculo de caudal de diseño

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA						
Proyecto:	**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO AASHTO -93 Y DRENAJE MENOR DE 2 KM DE CALLES, BARRIO LA BOLA, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES.**					
Ubicación:	**Municipio De La Libertad Departamento De Chontales**					
Calculo De Caudal De Diseño Para Cuneta						
Estación	**Coeficiente de Escorrentía**	**Intensidad Media de precipitación**	**Área de Drenaje m2**	**Parámetro Contante (k)**	**Caudal de Diseño (m3/seg)**	**Caudal acumulado (m3/seg)**
0+000 - 0+200	0.83	182.915	720	3.6	0.030	
0+200 - 0+400	0.83	183.656	720	3.6	0.030	
0+400 - 0+600	0.83	183.410	720	3.6	0.030	
0+600 - 0+800	0.83	184.407	720	3.6	0.031	0.122
0+800 - 1+000	0.83	171.974	720	3.6	0.029	
1+000 - 1+200	0.83	180.919	720	3.6	0.030	
1+200 - 1+400	0.83	180.079	720	3.6	0.030	
1+400 - 1+600	0.83	183.331	720	3.6	0.030	0.119
1+600 - 1+800	0.83	181.168	720	3.6	0.030	
1+800 - 2+000	0.83	181.233	720	3.6	0.030	
2+000 - 2+200	0.83	182.592	720	3.6	0.030	0.090
2+200 2+400	0.83	180.542	720	3.6	0.030	0.030
2+400 - 2+600	0.83	184.071	720	3.6	0.031	
2+600 - 2+800	0.83	184.767	720	3.6	0.031	
2+800 - 2+990	0.83	180.270	720	3.6	0.030	
				Sumatoria de Caudal	0.452	0.030

5.4 Delimitación de la cuenca

Con respecto a la delimitación de la cuenca, para este caso se toma toda el área que comprende el trazo de las calles que se realizó el levantamiento.

Se considera toda el área que comprende el trazo de las calles, por lo cual el único aporte del caudal que recibirán es el del bombeo de la calzada, techos de las casas y el agua que circulará libremente sobre la superficie del terreno.

Figura 7 Delimitación de la cuenca



Fuente. Elaboración Propia.

Esta área se consideró la que se ha obtenido en el levantamiento topográfico la cual es de **198,150.22 m2**, cumpliendo con el área requerida para utilizar el método racional como guía base para los cálculos de caudales.

Utilizando la herramienta Microsoft Excel, se establecieron fórmulas, para el tiempo de concentración e intensidad media de precipitación tomando en cuenta las áreas de drenaje de la carpeta de rodamiento, el ancho de la carpeta por la longitud total de las calles que intervinieron en el levantamiento topográfico

5.5 Coeficiente de escorrentía

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 39. Datos del coeficiente de escorrentía para distintos periodos de retorno

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
	Periodo de retorno (años)						
Característica de la superficie	**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							
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnico de drenaje menor (MTI) 2020.

Se brinda la información del coeficiente de escorrentía por medio de una tabla, donde establece los tiempos de retorno, para el caso del diseño se toma un tiempo de retorno de 10 años para la tormenta de diseño, así mismo como antes se mencionó que el caudal que se siniestrará a las obras hidráulicas son las que le suministren la calzada y el agua proveniente de los techos de los hogares, esto a través del manual de estudios Hidrotécnicos 2019 del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

5.6 Tiempo de concentración

Para cuencas pequeñas el tiempo de concentración, se determina con la ecuación que determina el método, depende de la longitud del cauce principal en km **(L)** y la pendiente de la misma **(s),** Este se calcula con la siguiente fórmula.

$$tc = Fc1\left(\frac{Fc2*L}{\sqrt{Sc}}\right)^{Fc3} \longrightarrow \textbf{Ecuación 12}$$

Tiempo de concentración

Para cuencas pequeñas el tiempo de concentración depende de la longitud del cauce principal en km **(L)** y la pendiente de la misma **(s),** Este se calcula con la siguiente fórmula.

$$tc = 0.0041\left(\frac{3.28*L}{\sqrt{Sc}}\right)^{0.77} \longrightarrow \textbf{Ecuación 13}$$

A continuación, se muestra el cálculo de tiempo de concentración

Tiempo de concentración para diseño de cunetas

$1)\ tc = 0.0041\left(\frac{3.28*200}{\sqrt{1.68}}\right)^{0.77}$=0.496 min

$2)\ tc = 0.0041\left(\frac{3.28*200}{\sqrt{2.58}}\right)^{0.77}$=0.420 min

$3)\ tc = 0.0041\left(\frac{3.28*200}{\sqrt{2.22}}\right)^{0.77}$=0.445 mi

Tabla 40. Cálculo de tiempo de concentración para cunetas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA						
Proyecto:	**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO AASHTO -93 Y DRENAJE MENOR DE 2 KM DE CALLES, BARRIO LA BOLA, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES.**					
Ubicación:	**MUNICIPIO DE LA LIBERTAD DEPARTAMENTO DE CHONTALES**					
CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION PARA CUNETAS						
Estación	**Factor Constante I**	**Factor Constante II**	**Longitud analizada de Cunetas**	**% de pendiente**	**Valor Constante de potencia**	**Tiempo de Concentracion (Min)**
0+000 - 0+200	0.0041	3.28	200	1.68	0.77	0.496
0+200 - 0+400	0.0041	3.28	200	2.58	0.77	0.420
0+400 - 0+600	0.0041	3.28	200	2.22	0.77	0.445
0+600 - 0+800	0.0041	3.28	200	4.33	0.77	0.344
0+800 - 1+000	0.0041	3.28	200	0.07	0.77	1.684
1+000 - 1+200	0.0041	3.28	200	0.68	0.77	0.702
1+200 - 1+400	0.0041	3.28	200	0.5	0.77	0.790
1+400 - 1+600	0.0041	3.28	200	2.12	0.77	0.453
1+600 - 1+800	0.0041	3.28	200	0.75	0.77	0.676
1+800 - 2+000	0.0041	3.28	200	0.77	0.77	0.669
2+000 - 2+200	0.0041	3.28	200	1.42	0.77	0.529
2+200 2+400	0.0041	3.28	200	0.59	0.77	0.741
2+400 - 2+600	0.0041	3.28	200	3.39	0.77	0.378
2+600 - 2+800	0.0041	3.28	200	5.79	0.77	0.308
2+800 - 2+990	0.0041	3.28	200	0.53	0.77	0.773

Fuente. Elaboración Propia

5.7 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 41. Intensidades de lluvia 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.

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

$$I = \frac{A}{(tc+d)^b}$$ **Ecuación 14**

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 hidrometeoro lógica.

Tc: Tiempo de concentración

A continuación, se muestra el cálculo de intensidad de precipitación

Intensidad de precipitación para cunetas

1) $\boldsymbol{I = \frac{4039.82}{(0.496+19)^{1.042}} = 182.915\ mm/hrs}$

2) $\boldsymbol{I = \frac{4039.82}{(0.420+19)^{1.042}} = 183.656\ mm/hrs}$

3) $\boldsymbol{I = \frac{4039.82}{(0.445+19)^{1.042}} = 183.410\ mm/hrs}$

Tabla 42. Cálculo de la intensidad media de precipitación de cunetas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
Proyecto:	**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO AASHTO -93 Y DRENAJE MENOR DE 2 KM DE CALLES, BARRIO LA BOLA, MUNICIPIO LA LIBERTAD, CHONTALES.**				
Ubicación:	**Municipio De La Libertad Departamento De Chontales**				
Intensidad Media De Precipitación Para Cunetas					
Estación	**Parámetro Contante (A)**	**Tiempo de Concentración**	**Parámetro Contante (d)**	**Parámetro Contante de potencia (b)**	**Intensidad Media de precipitación (mm/hrs)**
0+000 - 0+200	4039.82	0.496	19	1.042	182.915
0+200 - 0+400	4039.82	0.420	19	1.042	183.656
0+400 - 0+600	4039.82	0.445	19	1.042	183.410
0+600 - 0+800	4039.82	0.344	19	1.042	184.407
0+800 - 1+000	4039.82	1.684	19	1.042	171.974
1+000 - 1+200	4039.82	0.702	19	1.042	180.919
1+200 - 1+400	4039.82	0.790	19	1.042	180.079
1+400 - 1+600	4039.82	0.453	19	1.042	183.331
1+600 - 1+800	4039.82	0.676	19	1.042	181.168
1+800 - 2+000	4039.82	0.669	19	1.042	181.233
2+000 - 2+200	4039.82	0.529	19	1.042	182.592
2+200 2+400	4039.82	0.741	19	1.042	180.542
2+400 - 2+600	4039.82	0.378	19	1.042	184.071
2+600 - 2+800	4039.82	0.308	19	1.042	184.767
2+800 - 2+990	4039.82	0.770	19	1.042	180.270

Fuente: Elaboración Propia5.8

5.8 Dimensionamiento de cunetas con HCANALES

Con los datos de los caudales de diseño obtenidos del estudio hidrológico se ha procedido a realizar el dimensionamiento de las cunetas y vados, los datos fueron procesados en el programa de diseño **HCANALES.** Este es un software que nos permite determinar las características hidráulicas de los canales.

Este programa tiene como finalidad brindar las herramientas con el fin que se logren calcular las áreas requeridas para cunetas que están clasificados como canales abiertos, con la información necesaria como son las pendientes diseñadas por medio del estudio topográfico, y otros datos importantes como son los caudales de diseño utilizando la metodología del método racional.

Para el dimensionamiento de canales abiertos se requiere la fórmula de Mannig la cual es la base del programa HCANALES, una vez obtenido los datos del estudio hidrológico cuyo fin fue calcular los caudales de diseño para las distintas obras que intervienen en el proyecto en este caso son cunetas.

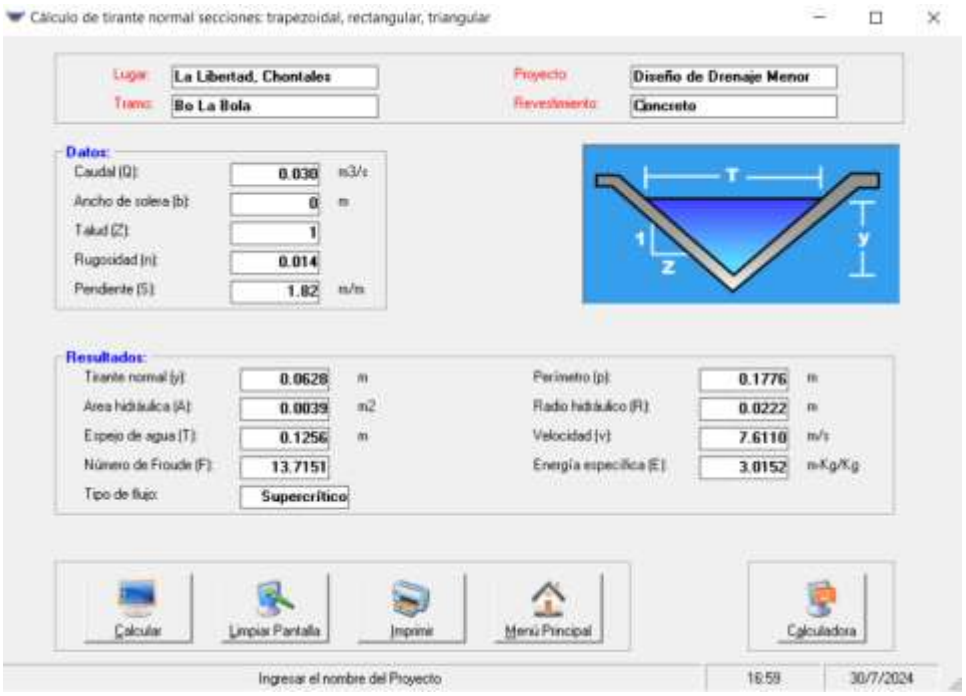
Se utilizó el programa Microsoft Excel, con el fin de introducir los datos de las fórmulas, y conocer los caudales de diseño, entre los datos calculados se logra observar, que estos se encuentran entre los 0.030 m3/s y 0.031 m3/s, se analizarán en el programa los 2 casos de caudales mayor y menor.

Figura 8 Ventana principal de HCANALES.



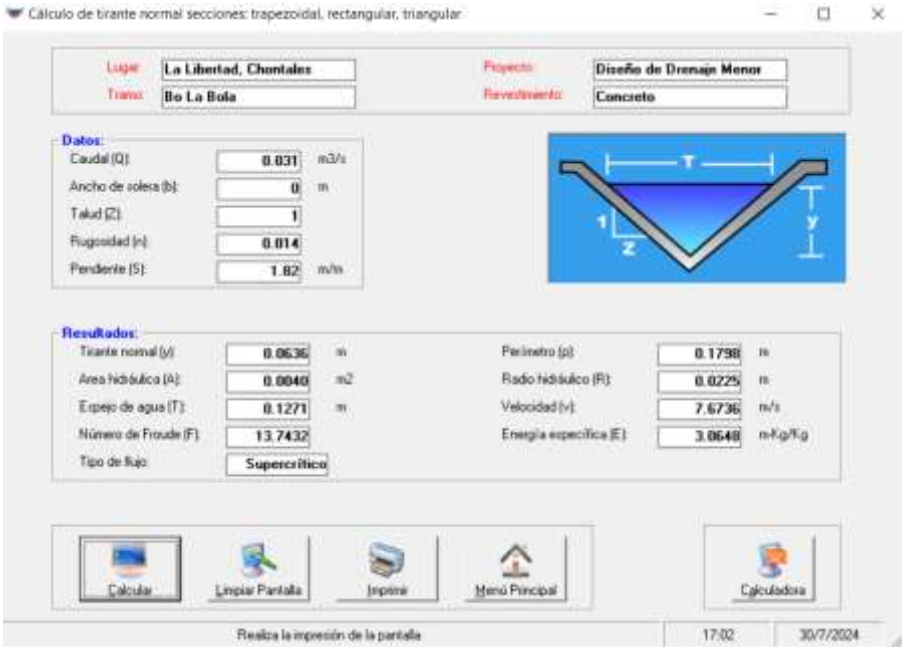
Fuente: Captura propia

Figura 9 . Cálculo de área requerida de cuneta para un caudal de 0.030 m3/seg



Fuente. HCANALES, Julio de 2024

Figura 10 Cálculo de área requerida de cuneta para un caudal de 0.031 m3/seg



Fuente. HCANALES, Julio de 2024

CAPITULO VI: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO



CAPÍTULO VI. 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.

El principal objetivo de este capítulo fue presentar una propuesta de diseño estructural de las distintas capas que intervienen en el diseño, para este caso este estudio consta del diseño estructural de 2km de calles del barrio La Bola del municipio de La Libertad, departamento de chontales.

Como se ha establecido en los capítulos anteriores, el estudio consta del diseño estructural de pavimento articulado en calles del barrio La Bola, mediante los datos ya definidos, como son las cargas equivalentes, la cual los resultados han sido brindados por medio del estudio de tránsito y el CBR de diseño de la subrasante por el método del percentil.

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.

6.2 Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, con espesor de 4 pulgadas, tipo tráfico, 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.

6.3 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.

6.4 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.

6.5 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.

6.6 Método 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 fórmula de diseño es la siguiente:

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

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

ΔPSI: perdida 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.

6.7 Variables a considerar para el diseño

6.7.1 Índices de Serviciabilidad

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño de pavimento se debe elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice de servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tránsito.

Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial, P_0, en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, la serviciabilidad final o terminal, P_t,

en función de la categoría del camino, es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista.

Tabla 43. Índice de Servicio presente (PSI)

ÍNDICE SE SERVICIABILIDAD (PSI)	CALIFICACIÓN
5-4	Muy buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Fuente: Manual para el Diseño de Estructuras de Pavimento 1993, pág. 19

6.7.1.1 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, es de **4.2** para pavimento articulado, este dato se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA 2004).

6.7.1.2 Serviciabilidad final (pt)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios antes de que sea necesario tomar acciones de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 44. Factores de Serviciabilidad

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	PT
Autopistas urbanas y troncales de mucho trafico	2.5-3
Autopistas urbanas, troncales de tráfico normal y utopistas interurbanas	2.0-2.5
Vías locales, ramales secundarias y agrícolas	1.8-2.0
Se recomienda que normalmente el valor de Pt nunca será menor de 1.8 aun cuando las características de tráfico de la vía sean muy reducidas de ser el caso se recomienda disminuir el periodo de diseño	

Fuente: Manual para Diseño de Pavimento AASHTO (SIECA 2004). Pag.20

El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos Articulados fue de **4,2** como **serviciabilidad inicial (P_0)**. Según las características de nuestra vía se determinó que la **serviciabilidad final (P_t)** encontrada se localizó dentro de los parámetros **1.8 – 2** por lo que se utilizará un valor de **2**

6.7.1.3 Pérdidas de serviciabilidad

Las pérdidas de serviciabilidad no es más que la diferencia que hay entre ambos términos el cual se obtiene con la siguiente ecuación.

$\Delta PSI = P_0 - P_t$

$\Delta PSI = 4.2 - 2$

Δ**PSI = 2.2**

6.8 Confiabilidad

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%,** que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora Rural.

Tabla 45. Niveles de Confiabilidad

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rurales	85-99.9	85-99.9
Arterias	80-90	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos. AASHTO 93, Pág. 137.

6.9 Desviación estándar (S0)

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.

Se proseguirá a seleccionar un valor S_0 (Desviación Estándar) según el tipo de pavimento a utilizar el cual para el caso de estudio es un tipo de pavimento Articulado el valor que sugiere la guía de diseño de la AASHTO 93 es de 0.45.

Tabla 46. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles

CONDICIONES DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento rígido
	0.45 pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 pavimento rígido
	0.50 pavimento flexible

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos. AASHTO 93. Pág. 135

6.10 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 47. Coeficientes de drenaje para pavimentos articulado

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	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 93. Pág. 148

Se asumieron buenas condiciones de drenaje, por lo que el coeficiente a utilizar será $\boldsymbol{m_i = 1.00}$, ya que se considera que el tiempo en el que el pavimento está expuesto a la humedad es menor al 25% del tiempo, debido a que la vía cuenta con las obras necesarias de evacuación.

6.11 CBR de la Subrasante.

Existen muchos criterios para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del Instituto de Asfalto, que recomienda tomar un valor total de percentil los valores individuales obtenidos sean mayores o iguales que él de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento.

Tabla 48. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño

CONDICIONES DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
< de 10,000 ESAL´s	60
Entre 10,000 de ESAL´s	75
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO.pag.175.

En este caso se toma un 87.5 % como percentil para la resistencia, ya que el ESAL´s es de 1,352,086.83 ejes equivalentes, lo cual ya fue calculado anteriormente, representado en la tabla número 51. Factores de ESAL´S y cálculo de ejes equivalentes. pág.36.

6.12 Módulo Resiliente (MR)

Las ecuaciones de correlación recomendadas son las siguientes:

Tabla 49. Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para subrasante

VALOR DE CBR	CONSIDERACIÓN
CBR < 7.2%	MR=1,500*CBR
7.2% < CBR < 20%	$MR=3,000*CBR^{0.65}$
CBR > 20%	MR=Ln (CBR)+241

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág.

6.13 Cálculo del módulo de resiliente para la Sub-rasante.

Los datos obtenidos en el estudio de suelos para el diseño de la Sub-rasante se obtuvieron un CBR de diseño para la sub rasante de 5 %, este procedimiento realizado por el método del percentil, se utilizará el primer criterio para calcular el módulo resiliente de la sub rasante según la metodología de la AASHTO, por tanto. Se podrá proceder al cálculo con la formula antes tachada.

Mr = 1500 x CBR

Mr = (1500 * 5)

Mr = 7,500 PSI

El módulo resiliente de la sub rasante es: **Mr = 7,500 PSI**

6.14 Coeficientes de capa (a_n)

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN.

6.14.1 Coeficiente estructural a_1.

Los criterios técnicos para la carpeta de rodamiento en este caso se han considerado de pavimento articulado (adoquín) como comúnmente se conocen en Nicaragua. Se colocan ensamblados y 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.

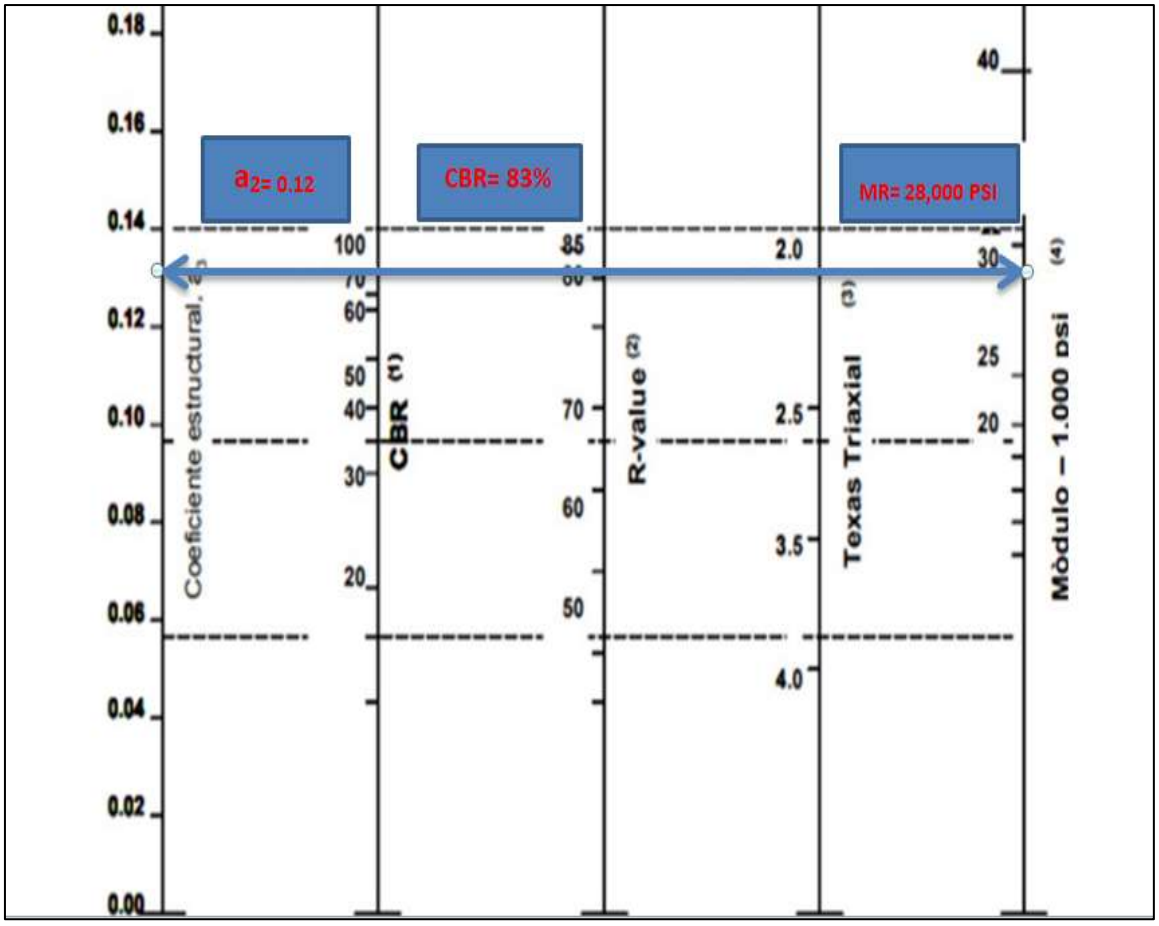
Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de **a_1= 0.45**, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107, El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI.

6.14.2 Coeficiente Estructural a_2.

La determinación del coeficiente estructural a2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993). El valor de CBR usado para el cálculo

de la Base es igual a 83**%** que corresponde al Banco de Préstamo **Mario Lazo,** de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de a_2 **= 0.12** y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de Mr **= 28,000 PSI.**

Figura 11 Nomograma para coeficientes de capas de bases granulares



Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 1993, pág. 118.

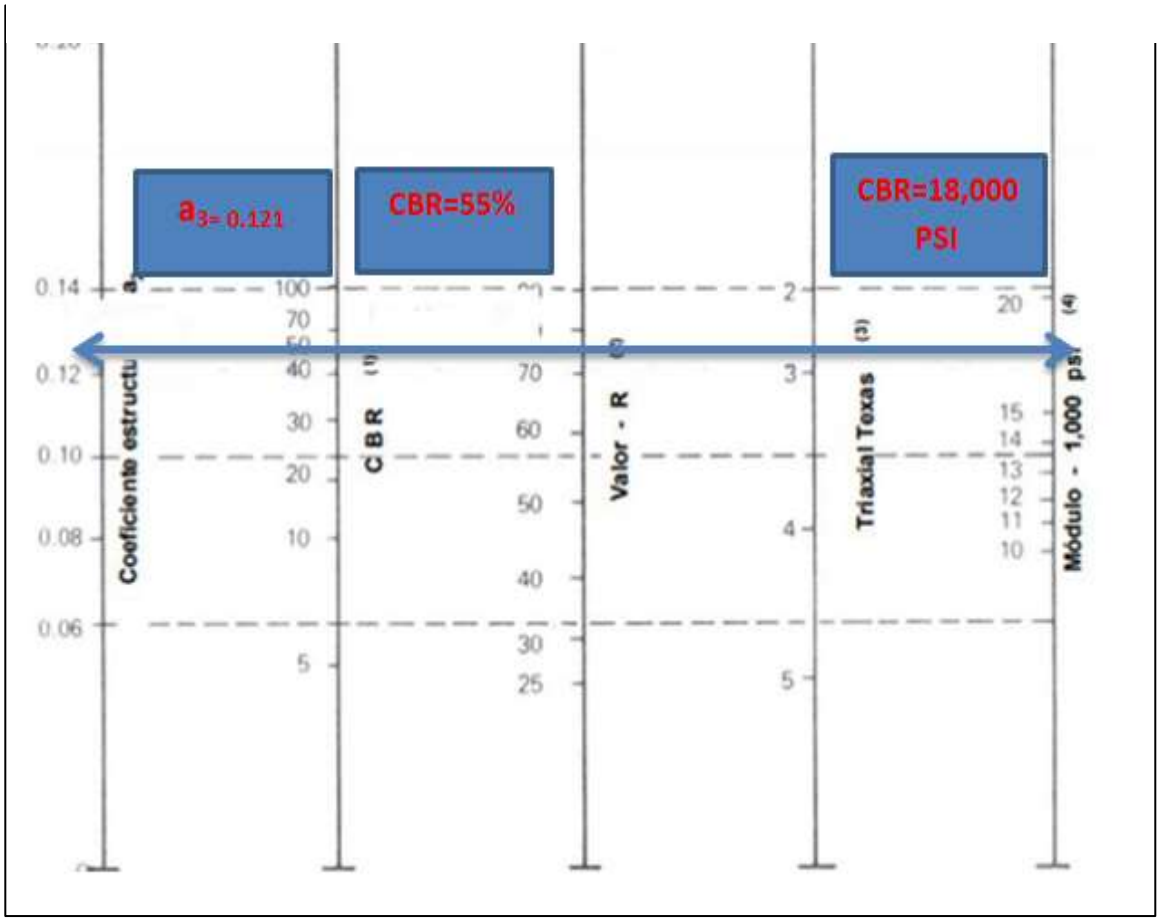
6.14.3 Coeficiente Estructural (a3)

El coeficiente de capa para las sub-bases granulares se determina basándose en la relación de soporte California para el caso del banco del material de Mario lazo

que sobrepasa el 80% para la capa, en el caso de la sub base granular se obtiene un 55% a una compactación del 95%

Cabe destacar que según la NIC. 2000 en la sección 1003.22.02 (a) de la norma. El valor de CBR mínimo que recomienda la norma es de 20 % para una compactación del 95 % según Proctor modificado.

Figura 12 Nomograma para coeficientes de capas de Sub bases granulares



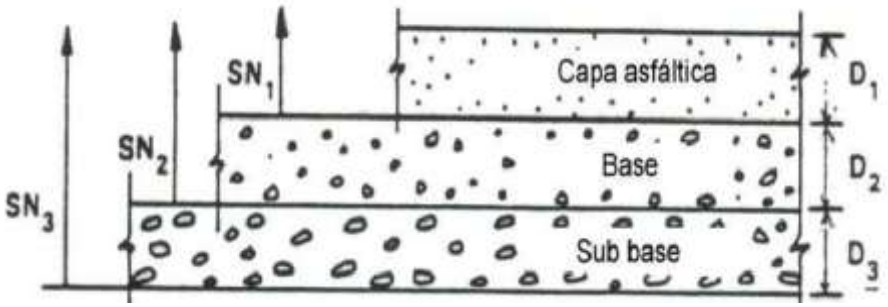
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 1993, pág. 118.

6.13 Cálculo de los espesores de la estructura de pavimento.

6.13.1 Numero Estructural.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

Figura 13 Espesores de la estructura de pavimento



Fuente: manual de la construcción AASHTO 93.pag 175.

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

Dónde:

$D_{1, 2, 3}$ = espesores de capas asfálticas, base y sub-base respectivamente en (Pulgadas).

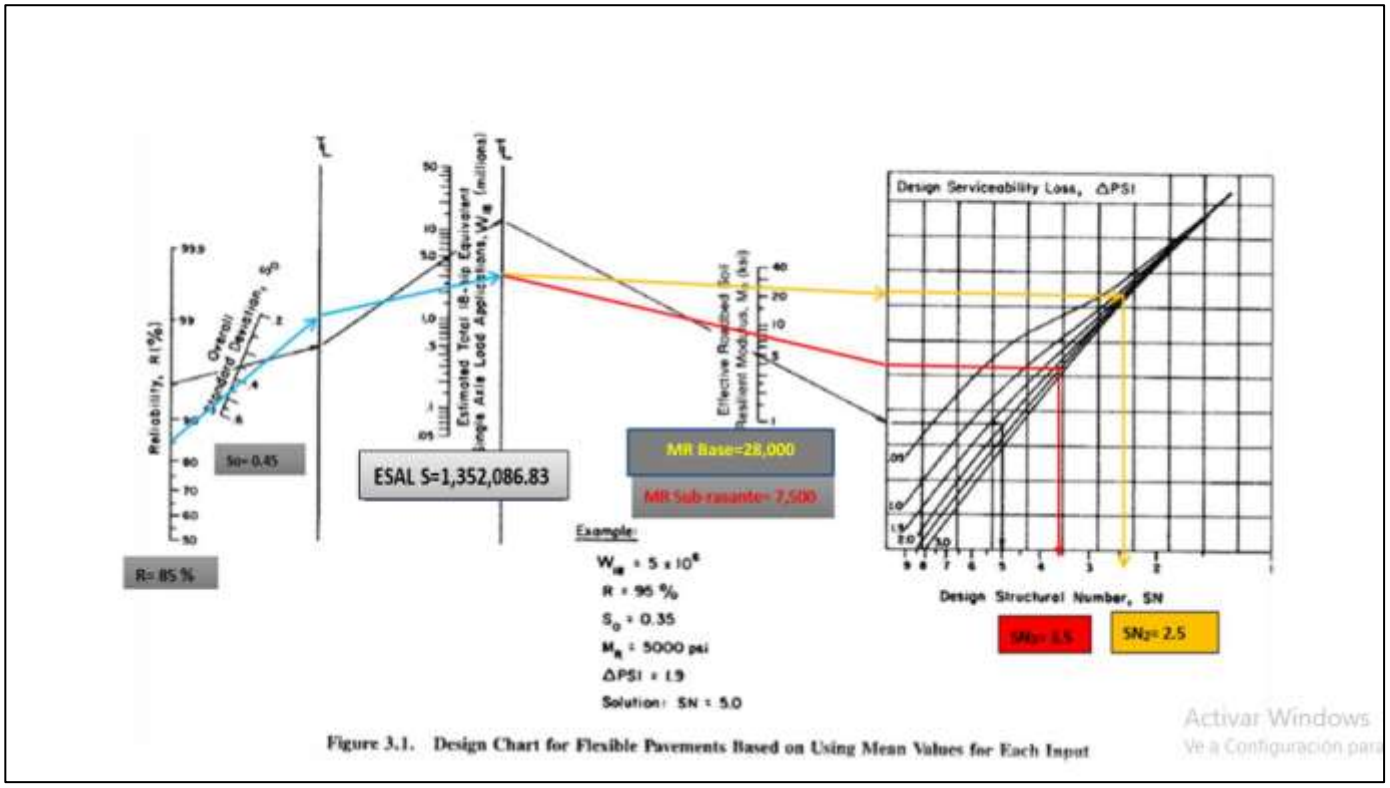
a_i = coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo

m_i = coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

Para obtener los Números Estructurales (SN), se hará uso del Abaco de Diseño para Pavimentos Flexibles propuesto por la AASHTO 93, se deben tener en

cuenta ciertas variables como: Confiabilidad, Desviación Estándar, ESAL´s de Diseño, el Módulo Resiliencia de la capa inferior a la que se pretende calcular y la pérdida de Serviciabilidad (∆PSI). Donde los Numero estructurales encontrados son los siguientes: **SN_2 =2.5, SN_3 =3.5(SN requerido).**

Figura 14 Obtención del Número Estructural SN2 y SN3 (SN requerido)



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 174.

Resumen de datos para cálculo de espesores.

Cabe mencionar que para sacar los coeficientes de las capas estructurales se realizaron primeramente los nomograma.

VARIABLES	VALORES
ESAL´s	1352086.83kips
Confiabilidad	85%
Desviación estándar	0.45
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR subrasante	5%
Módulo de resiliencia (MR)	7,500 PSI
Coeficiente de drenaje	1
Coeficiente estructural a1	0.45
coeficiente estructural a2	0.135
Periodo de diseño	20 años

Fuente: Elaboración propia

El primer espesor de nuestra carpeta de rodamiento, está definida por el manual de pavimento AASHTO -93, el cual según este D1=4 pulgadas.

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

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = 0.45 * 4.00$$

$$SN_1 = 1.8$$

Ahora se determina el espesor de la capa de la base granular

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2} = \frac{2.5 - 1.8}{(0.132)(1)} = 5.30" \Leftrightarrow D_2 = 6"$$

Y el aporte de la base granular es el siguiente

$$SN_2^* = a_2 D_2^* = (0.132)(6) \Rightarrow SN_1^* = 0.792$$

Ahora se determina el espesor de la sub - base granular

$$\boldsymbol{D_3 = \frac{SN_3-(SN_2{}^*+SN_1{}^*)}{a_3 m_3} = \frac{3.5-(0.792+1.8)}{(0.121)(1)} = 8.1" \Leftrightarrow D_3{}^* = 9"}$$

Y el aporte de la sub base granular es el siguiente

$$\boldsymbol{SN_3{}^* = a_3 D_3{}^* = (0.121)(9) \Rightarrow SN_3{}^* = 1.089}$$

A continuación, se comprueba los aportes de las capas diseñadas

$$\boldsymbol{SN_3{}^* + SN_2{}^* + SN_1{}^* \geq SN}$$

$$\boldsymbol{1.089 + 0.792 + 1.8 \geq 3.50}$$

$$\boldsymbol{3.61 \geq 3.5}\ \textbf{Ok}$$

Como se logra observar en los cálculos anteriores siguiendo la metodología del manual al final de los cálculos en la comprobación requerida, esta cumple con los requerimientos establecidos, se procederá a presentar la tabla 52 resumen de los datos obtenidos.

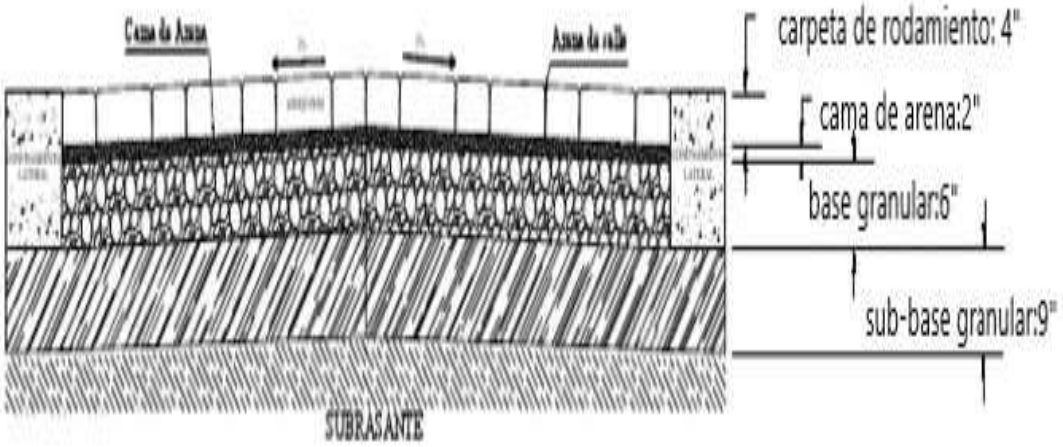
6.14 Espesores finales de diseño

Tabla 50. Espesores de la Estructura de Pavimento Articulado.

CAPA	ESPESOR EN PULGADAS	
	PULGADAS	CENTÍMETROS
Carpeta de rodamiento	4	10
Capa de arena	2,5	5
Base granular	6	15
Sud base granular	9	22.5
Total, requerido	21.5	52.5

Fuente. Elaboración por sustentantes

Figura 15 Esquema de estructura de Pavimento Articulado



Fuente: Elaboración por sustentantes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

Se ha podido concluir que los objetivos específicos de se han plateado en este documento se han cumplido, ya que los estudios de campo y de gabinete se han concluido según lo planteado en el protocolo y obteniendo como principales datos lo siguiente:

En el estudio de tránsito, en el aforo vehicular realizado se ha obtenido un tránsito de diseño proyectado a 20 años de **1,449,065.66** vehículos entre livianos, livianos de carga, pasajeros y vehículos pesados, posteriormente se ha determinó una carga de diseño de **1,617,342.60.** Tomando un índice de serviciabilidad de 2 y un número estructural de 5.

En el estudios de suelo, que fue proporcionados por la empresa **LAMSA INGENIEROS** en noviembre del año 2020, la cual los datos recopilados fueron del banco de material conocido como finca Mario Lazo, el cual es el único banco certificado y que el área de proyectos de la alcaldía de la Libertad certifica para los distintos proyectos, ya que posee un CBR mayor al 80% cumpliendo con las normativas establecidas por la NIC 2000, y más del 40% para la capa sub base, las características de plasticidad, humedad, granulometría y compactación cumplen con las normas establecidas. Para ser usados en proyectos de esta naturaleza.

Los estudios de drenaje mejor se realizaron para lo que son cunetas y vados, cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos por el manual de drenaje menor del MTI, estos fueron diseñados por el método racional y verificados en el programa HCANALES.

En el diseño de pavimento, realizando los diferentes procedimientos según el manual de diseño de la AASHTO 1993 se ha concluido que el espesor requerido es de 52.5 pulgadas, obteniendo una carpeta de rodamiento de adoquín tipo tráfico de 4” de espesor, a colocarse en una cama de arena de E=2”, el espesor de la base granular calculado es de 6” y con una sub base granular de 9” de espesor, estas tomando en cuenta el banco de material que se ha sometido a estudios el cual es de la Finca de Mario Lazo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la alcaldía del municipio de La Libertad ya que por medio de esta institución se pretenden gestionar los fondos para la realización del proyecto en estudio lo siguiente:

Realizar el corte al menos unos 10 cm más de la profundidad (Espesor de la estructura de pavimento diseñada), este debe ser constante a lo largo del todo el tramo diseñado.

Se recomienda que al momento de empacar verificar que el material no venga contaminado con otros tipos de estos que no hayan sido aprobados ni certificados o ya sea bolsas, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto disminuirá la resistencia de la estructura y provocaría hundimientos en la estructura de rodamiento.

Los Adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON 12009-10 las cuales son para adoquines tipo tráfico, los cuales son los que cumplen con las normativas de resistencia a las distintas cargas a los que va hacer sometido a lo largo de su vida útil, principalmente a desgaste.

De igual manera se recomienda que las mezclas de mortero y de concreto que formaran parte de la carpeta como son vados y cunetas cumplan con las normativas de forma que presente una resistencia mínima de 3,000 PSI, con el fin de garantizar su vida útil.

ANEXOS



Figura 16 Calles en estudio, Barrio La Bola La Libertad, Chontales





Fuente. Figura propia.

Figura 17 Levantamiento topográfico y conteo vehicular.





Fuente. Figura propia

Figura 18 Dependencia de la Estación de mayor Cobertura 1802 San Marcos - Masatepe

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

DEPENDENCIA DE ESTACIONES
2019

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-21B	2106	ECS	Mulukuku - Siuna
	NIC-21B	2110	ECS	Río Wawa - Emp. Waspam
	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 Piñuela
	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)

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico MTI 2019, Pag.54

Figura 19 Factores de Ajuste para TPDA, MTI 2019

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 - 2019

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 Dia	1.48	1.39	1.34	1.29	1.39	1.21	1.38	1.25	1.25	1.18	1.00	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
Factor Semana	0.96	1.07	1.08	1.04	0.98	0.97	0.97	0.93	0.89	0.90	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Fin de Semana	1.11	0.86	0.84	0.91	1.06	1.09	1.10	1.25	1.47	1.36	1.00	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70
Factor Expansión a TPDA	0.98	0.94	1.02	0.97	0.96	0.99	0.96	0.98	0.84	0.69	1.00	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66

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 Dia	1.41	1.38	1.29	1.29	1.33	1.27	1.39	1.21	1.26	1.14	1.00	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
Factor Semana	0.97	1.05	1.12	1.01	0.98	0.96	0.92	0.91	0.85	0.89	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.29
Factor Fin de Semana	1.08	0.89	0.79	0.97	1.06	1.13	1.30	1.31	1.74	1.43	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.64
Factor Expansión a TPDA	0.99	1.02	0.97	1.03	1.00	1.00	0.99	0.98	1.05	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85

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 Dia	1.41	1.44	1.36	1.33	1.37	1.30	1.43	1.24	1.23	1.33	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor Semana	0.99	1.06	1.06	0.99	0.96	0.97	0.93	0.91	0.87	0.91	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	1.03	0.88	0.87	1.03	1.10	1.10	1.22	1.33	1.59	1.31	1.00	1.53	1.00	1.00	1.00	1.00	1.36
Factor Expansión a TPDA	1.03	1.04	1.01	1.00	1.04	1.01	1.05	1.04	1.16	1.36	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	3.23

Continuación de puntos de levantamientos topográfico de 2 km de calles en el barrio la Bola La Libertad, Chontales

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
21	4051195.3127	2102988.2591	482.3650	BI
22	4051192.3127	2102997.2591	482.3730	LC
23	4051191.3127	2103007.2591	482.3840	BD
24	4051189.3127	2103017.2591	483.4780	LC
25	4051182.3127	2103024.2591	484.2370	BI
26	4051179.3127	2103034.2591	484.4560	LC
27	4051178.3127	2103044.2591	485.2400	BD
28	4051178.3127	2103054.2591	486.1320	BI
29	4051177.3127	2103064.2591	486.4260	LC
30	4051177.3127	2103074.2591	487.3420	BI
31	4051177.3127	2103084.2591	488.1320	BD
32	4051177.3127	2103094.2591	488.3420	ARB
33	4051178.3127	2103104.2591	487.2080	BI
34	4051177.3127	2103114.2591	487.3260	PST
35	4051177.3127	2103124.2591	487.4230	BD
36	4051177.3127	2103134.2591	487.5340	LC
37	4051177.3127	2103144.2591	486.3120	BD
38	4051177.3127	2103154.2591	486.5430	BI
39	4051180.3127	2103163.2591	487.7640	LC
40	4051184.3127	2103173.2591	487.2380	BI
41	4051188.3127	2103182.2591	487.5340	LC
42	4051190.3127	2103192.2591	488.6240	BD
43	4051195.3127	2103201.2591	488.2340	BI
44	4051198.3127	2103210.2591	489.5230	LC
45	4051202.3127	2103220.2591	490.1530	BD
46	4051205.3127	2103229.2591	491.0940	BI
47	4051209.3127	2103239.2591	491.1430	LC
48	4051204.3127	2103246.2591	492.3550	BI
49	4051200.3127	2103255.2591	493.3570	LC
50	4051193.3127	2103263.2591	495.9730	BD
51	4051188.3127	2103271.2591	495.2450	BI
52	4051182.3127	2103280.2591	495.7450	LC
53	4051177.3127	2103288.2591	495.9230	BI
54	4051171.3127	2103296.2591	494.3240	BD
55	4051165.3127	2103305.2591	494.4530	PARQ

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
56	4051160.3127	2103313.2591	493.9850	PARQ
57	4051154.3127	2103320.2591	493.7840	BD
58	4051148.3127	2103329.2591	493.3510	LC
59	4051142.3127	2103337.2591	492.8630	BI
60	4051138.3127	2103346.2591	492.5830	BD
61	4051133.3127	2103355.2591	491.9750	BI
62	4051129.3127	2103364.2591	491.7680	LC
63	4051125.3127	2103373.2591	491.7560	BD
64	4051120.3127	2103382.2591	490.7890	LC
65	4051116.3127	2103391.2591	490.9830	POST
66	4051123.3127	2103397.2591	490.7840	BD
67	4051132.3127	2103400.2591	490.6870	BI
68	4051141.3127	2103404.2591	490.5690	CERC
69	4051151.3127	2103407.2591	490.3640	LC
70	4051161.3127	2103411.2591	489.9240	BD
71	4051170.3127	2103414.2591	489.9210	BI
72	4051179.3127	2103417.2591	488.6780	LC
73	4051189.3127	2103421.2591	488.5890	BD
74	4051199.3127	2103424.2591	487.8950	BI
75	4051208.3127	2103428.2591	486.8950	LC
76	4051217.3127	2103432.2591	485.4580	BD
77	4051226.3127	2103435.2591	485.5630	BI
78	4051236.3127	2103439.2591	484.6740	LC
79	4051245.3127	2103442.2591	484.4830	POZO
80	4051254.3127	2103446.2591	484.2340	BI
81	4051264.3127	2103450.2591	483.3240	LC
82	4051273.3127	2103453.2591	483.3340	BD
83	4051283.3127	2103457.2591	483.4310	CERC
84	4051292.3127	2103460.2591	483.5620	CERC
85	4051300.3127	2103455.2591	483.6420	LC
86	4051307.3127	2103447.2591	483.6870	BD
56	4051160.3127	2103313.2591	493.9850	PARQ
57	4051154.3127	2103320.2591	493.7840	BD
58	4051148.3127	2103329.2591	493.3510	LC
59	4051142.3127	2103337.2591	492.8630	BI
60	4051138.3127	2103346.2591	492.5830	BD
87	4051313.3127	2103440.2591	483.7820	LC
88	4051319.3127	2103431.2591	483.8050	BI
89	4051326.3127	2103423.2591	483.8940	LC
90	4051332.3127	2103416.2591	484.0110	BD

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
91	4051338.3127	2103409.2591	484.2380	LC
92	4051345.3127	2103401.2591	485.2010	BI
93	4051355.3127	2103402.2591	485.3250	LC
94	4051365.3127	2103402.2591	485.3640	BD
95	4051365.3127	2103392.2591	485.8760	BI
96	4051364.3127	2103382.2591	485.7450	LC
97	4051363.3127	2103372.2591	484.6740	BD
98	4051361.3127	2103363.2591	484.4570	LC
99	4051359.3127	2103352.2591	483.9860	BI
100	4051358.3127	2103343.2591	483.6730	LC
101	4051355.3127	2103333.2591	483.4670	BD
102	4051355.3127	2103323.2591	482.4560	LC
103	4051353.3127	2103313.2591	482.4560	BI
104	4051350.3127	2103304.2591	482.4980	LC
105	4051348.3127	2103293.2591	482.3580	BI
106	4051347.3127	2103284.2591	482.3480	BD
107	4051345.3127	2103274.2591	482.3620	LC
108	4051344.3127	2103264.2591	482.2690	BI
109	4051343.3127	2103254.2591	481.8940	LC
110	4051341.3127	2103244.2591	481.7460	BD
111	4051340.3127	2103234.2591	481.6740	LC
112	4051338.3127	2103224.2591	481.5460	BI
113	4051336.3127	2103215.2591	481.5030	LC
114	4051334.3127	2103205.2591	481.4920	BD
115	4051328.3127	2103197.2591	481.4750	LC
116	4051323.3127	2103188.2591	481.3890	PST
117	4051315.3127	2103181.2591	481.2890	PARQ
118	4051308.3127	2103175.2591	481.4620	BD
119	4051300.3127	2103169.2591	481.5730	LC
120	4051291.3127	2103164.2591	481.6790	BI
121	4051282.3127	2103162.2591	482.1070	LC
122	4051279.3127	2103153.2591	481.4950	BD
123	4051275.3127	2103144.2591	481.7840	LC
124	4051271.3127	2103135.2591	482.4830	BI
125	4051267.3127	2103125.2591	483.4280	LC
126	4051263.3127	2103116.2591	484.5930	BD
127	4051258.3127	2103107.2591	484.7840	LC
128	4051254.3127	2103098.2591	485.4380	BI
129	4051250.3127	2103088.2591	485.5370	BD
130	4051246.3127	2103079.2591	485.6840	LC

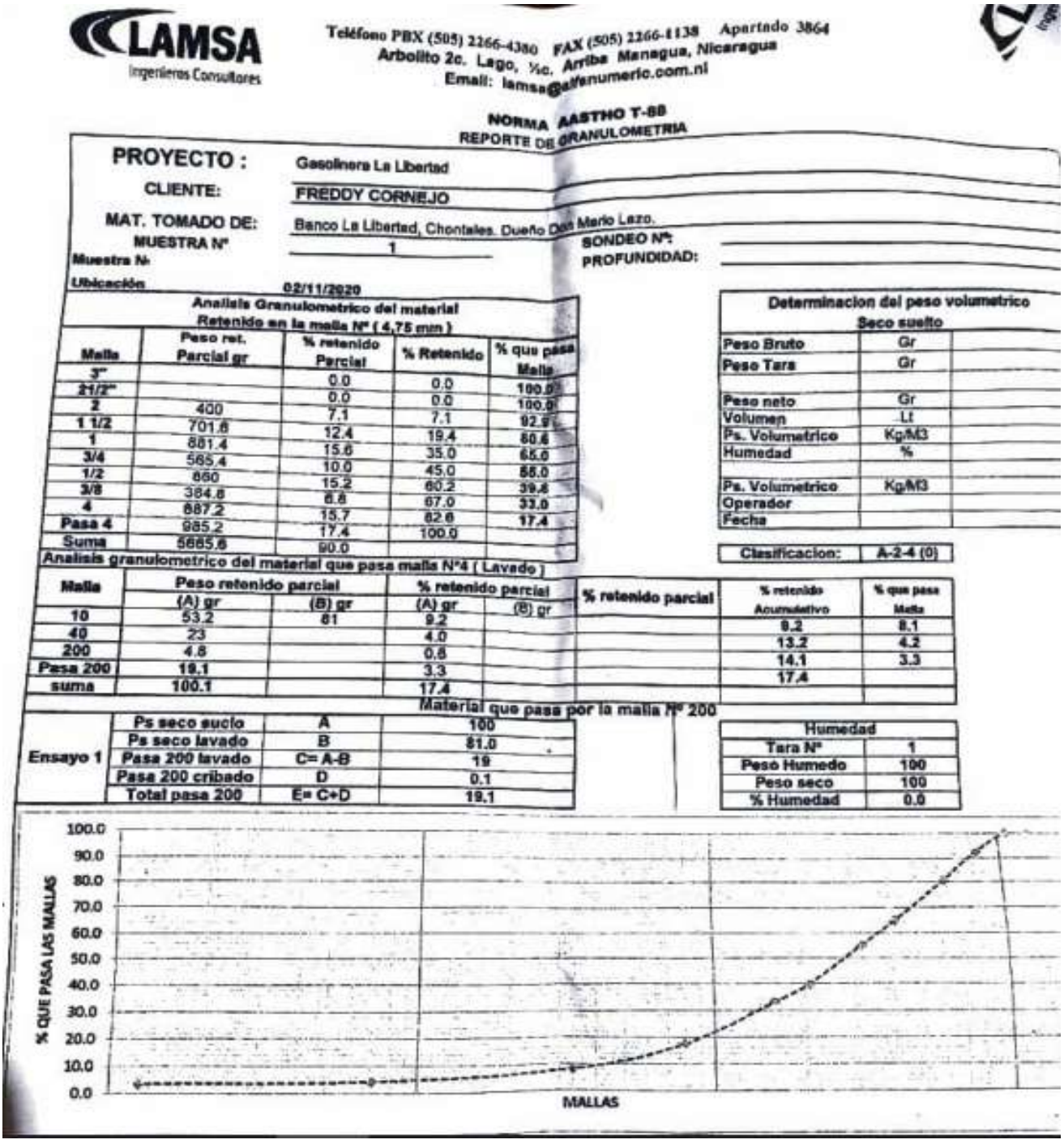
Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
131	4051242.3127	2103071.2591	485.7690	BI
132	4051238.3127	2103061.2591	484.3690	LC
133	4051234.3127	2103053.2591	483.6450	BD
134	4051229.3127	2103044.2591	483.5640	LC
135	4051225.3127	2103034.2591	482.7580	BI
136	4051221.3127	2103026.2591	482.7890	LC
137	4051216.3127	2103017.2591	482.4530	BD
138	4051210.3127	2103008.2591	482.3280	LC
139	4051204.3127	2103000.2591	481.4830	BD
140	4051199.3127	2102992.2591	481.7840	LC
141	4051281.3127	2103172.2591	483.1030	BI
142	4051275.3127	2103180.2591	484.2450	LC
143	4051268.3127	2103187.2591	485.5390	BD
144	4051260.3127	2103193.2591	485.7840	LC
145	4051252.3127	2103200.2591	486.4890	BI
146	4051245.3127	2103207.2591	487.5640	LC
147	4051237.3127	2103213.2591	488.1080	PST
148	4051231.3127	2103221.2591	488.8560	BD
149	4051224.3127	2103228.2591	489.6750	PST
150	4051216.3127	2103235.2591	491.1090	BI
151	4051217.3127	2103244.2591	491.2230	LC
152	4051224.3127	2103253.2591	491.4620	BD
153	4051226.3127	2103262.2591	491.5820	LC
154	4051228.3127	2103272.2591	491.3670	BI
155	4051231.3127	2103282.2591	490.8940	LC
156	4051232.3127	2103291.2591	490.6740	BD
157	4051233.3127	2103302.2591	489.5860	BI
158	4051235.3127	2103311.2591	489.3470	LC
159	4051236.3127	2103322.2591	488.8940	BD
160	4051237.3127	2103331.2591	488.4670	LC
161	4051239.3127	2103341.2591	487.3420	BI
162	4051239.3127	2103351.2591	487.4540	LC
163	4051246.3127	2103358.2591	486.8940	BD
164	4051255.3127	2103361.2591	486.8250	LC
165	4051248.3127	2103369.2591	486.6740	BI
166	4051242.3127	2103377.2591	486.3540	LC
167	4051238.3127	2103386.2591	485.8650	BD
168	4051230.3127	2103393.2591	485.7650	LC
169	4051225.3127	2103401.2591	485.6580	BI
170	4051219.3127	2103410.2591	485.7540	PST

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
171	4051213.3127	2103418.2591	485.8750	BD
172	4051206.3127	2103424.2591	486.2010	LC
173	4051240.3127	2103440.2591	484.5340	PST
174	4051246.3127	2103432.2591	484.4530	CERC
175	4051251.3127	2103423.2591	484.5740	BI
176	4051258.3127	2103416.2591	484.6230	LC
177	4051264.3127	2103408.2591	484.7540	BI
178	4051255.3127	2103404.2591	484.8430	BD
179	4051245.3127	2103400.2591	485.2090	LC
180	4051236.3127	2103396.2591	485.4530	BI
181	4051227.3127	2103392.2591	485.8430	LC
182	4051218.3127	2103388.2591	486.6540	BD
183	4051209.3127	2103385.2591	487.4720	LC
184	4051200.3127	2103381.2591	488.6710	BI
185	4051190.3127	2103379.2591	489.7080	LC
186	4051180.3127	2103375.2591	490.3070	BD
187	4051171.3127	2103371.2591	490.7530	LC
188	4051161.3127	2103368.2591	491.2060	BI
189	4051152.3127	2103364.2591	491.4460	LC
190	4051143.3127	2103361.2591	491.7840	BD
191	4051134.3127	2103358.2591	491.7860	LC
192	4051340.3127	2103299.2591	483.1890	BI
193	4051330.3127	2103301.2591	483.6490	LC
194	4051320.3127	2103303.2591	484.2070	BD
195	4051310.3127	2103305.2591	484.5480	BI
196	4051301.3127	2103306.2591	485.7560	LC
197	4051291.3127	2103307.2591	485.6520	BD
198	4051281.3127	2103308.2591	485.8690	LC
199	4051271.3127	2103308.2591	486.1080	BI
200	4051261.3127	2103309.2591	487.0840	LC
201	4051250.3127	2103309.2591	487.3740	BD
202	4051241.3127	2103308.2591	488.3850	LC
203	4051231.3127	2103306.2591	489.2740	BD
204	4051222.3127	2103303.2591	491.4730	LC
205	4051213.3127	2103298.2591	492.6420	BI
206	4051204.3127	2103294.2591	493.3840	LC
207	4051194.3127	2103291.2591	494.2740	BD
208	4051185.3127	2103286.2591	495.6740	LC
209	4051321.3127	2103204.2591	482.3860	BI
210	4051313.3127	2103209.2591	483.2040	LC
211	4051305.3127	2103215.2591	483.5090	BD
212	4051298.3127	2103219.2591	484.1030	PST
213	4051300.3127	2103228.2591	484.2980	LC

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
214	4051302.3127	2103238.2591	483.9850	PST
215	4051303.3127	2103248.2591	483.9030	BD
216	4051306.3127	2103258.2591	483.4850	CERC
217	4051307.3127	2103268.2591	483.6740	BI
218	4051308.3127	2103277.2591	483.8750	LC
219	4051310.3127	2103287.2591	484.2950	BD
220	4051312.3127	2103297.2591	484.4530	LC
221	4051315.3127	2103307.2591	484.5250	BI
222	4051316.3127	2103317.2591	484.6040	LC
223	4051317.3127	2103326.2591	484.8090	BD
224	4051318.3127	2103337.2591	485.0520	LC
225	4051318.3127	2103347.2591	485.2490	BI
226	4051319.3127	2103357.2591	486.0210	LC
227	4051320.3127	2103367.2591	485.8740	BD
228	4051323.3127	2103376.2591	485.6570	LC
229	4051325.3127	2103386.2591	485.6750	BI
230	4051333.3127	2103391.2591	485.7650	LC
231	4051341.3127	2103396.2591	485.6870	BD
232	4051288.3127	2103223.2591	485.4860	LC
233	4051280.3127	2103228.2591	486.3890	BD
234	4051278.3127	2103238.2591	486.2970	LC
235	4051279.3127	2103247.2591	485.9470	PARQ
236	4051280.3127	2103257.2591	485.6740	BI
237	4051283.3127	2103267.2591	485.4730	LC
238	4051285.3127	2103277.2591	485.4980	BD
239	4051286.3127	2103287.2591	485.3790	LC
240	4051288.3127	2103297.2591	485.5640	BI
241	4051288.3127	2103307.2591	485.6980	LC
242	4051290.3127	2103317.2591	486.0860	BD
243	4051292.3127	2103326.2591	486.2430	LC
244	4051293.3127	2103336.2591	486.4370	BI
245	4051294.3127	2103347.2591	486.5390	LC
246	4051295.3127	2103357.2591	486.4760	BD
247	4051297.3127	2103366.2591	486.3850	LC
248	4051297.3127	2103376.2591	485.9040	BI
249	4051305.3127	2103381.2591	485.8180	LC
250	4051315.3127	2103384.2591	485.7430	BD
251	4051288.3127	2103372.2591	486.2050	LC
252	4051279.3127	2103369.2591	486.4030	BI
253	4051269.3127	2103366.2591	486.4870	LC

Punto	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Código
254	4051260.3127	2103362.2591	486.6060	BD
255	4051229.3127	2103350.2591	488.2850	LC
256	4051219.3127	2103346.2591	488.3450	BI
257	4051210.3127	2103343.2591	489.8420	LC
258	4051200.3127	2103340.2591	490.1930	BD
259	4051191.3127	2103336.2591	491.7080	LC
260	4051182.3127	2103333.2591	492.5730	BI
261	4051173.3127	2103329.2591	492.4750	LC
262	4051163.3127	2103326.2591	493.2090	BI
263	4051154.3127	2103323.2591	493.7030	BD
264	4051153.3127	2103322.2591	493.8570	LC
265	4051234.3127	2102791.2591	479.0040	BD
266	4051233.3127	2102802.2591	479.0290	BI
267	4051230.3127	2102811.2591	479.3050	PTE
268	4051227.3127	2102821.2591	479.8950	BI
269	4051224.3127	2102830.2591	479.5480	LC
270	4051222.3127	2102840.2591	480.3670	BD
280	4051217.3127	2102859.2591	480.7090	LC
281	4051216.3127	2102869.2591	480.8960	BD
282	4051202.3127	2102869.2591	480.9570	BI
283	4051215.3127	2102879.2591	480.5320	LC
284	4051201.3127	2102879.2591	480.9050	BI
285	4051214.3127	2102889.2591	480.9570	BD
286	4051200.3127	2102889.2591	480.7860	LI
287	4051198.3127	2102899.2591	480.9370	PTE
288	4051212.3127	2102899.2591	480.8610	B
289	4051210.3127	2102908.2591	481.2050	LC
290	4051196.3127	2102908.2591	481.2050	B
291	4051209.3127	2102918.2591	481.2940	LI
292	4051195.3127	2102918.2591	479.3780	PTE
293	4051208.3127	2102928.2591	481.5370	PTC
294	4051194.3127	2102928.2591	481.3790	LI
295	4051207.3127	2102939.2591	481.6480	BD
296	4051193.3127	2102939.2591	481.7980	LC
297	4051206.3127	2102949.2591	481.7840	BI
298	4051192.3127	2102949.2591	481.8970	LI
299	4051203.3127	2102958.2591	481.9840	LI
300	4051189.3127	2102958.2591	481.9040	BD

Figura 20 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo



LAMSA
Ingenieros Consultores

Teléfono PBX (505) 2266-4380 FAX (505) 2266-1138 Apartado 3864
Arbolito 2c. Lago, ½c. Arriba Managua, Nicaragua
Email: lamsa@alfanumeric.com.ni

NORMA AASTHO T-88
REPORTE DE GRANULOMETRIA

PROYECTO : Gasolinera La Libertad
CLIENTE: FREDDY CORNEJO
MAT. TOMADO DE: Banco La Libertad, Chontales. Dueño Don Mario Lazo.
MUESTRA Nº 1
SONDEO Nº:
PROFUNDIDAD:
Muestra Nº
Ubicación
02/11/2020

Analisis Granulometrico del material Retenido en la malla Nº (4.75 mm)

Malla	Peso ret. Parcial gr	% retenido Parcial	% Retenido	% que pasa Malla
3"		0.0	0.0	100.0
21/2"		0.0	0.0	100.0
2	400	7.1	7.1	92.9
1 1/2	701.6	12.4	19.4	80.6
1	881.4	15.6	35.0	65.0
3/4	565.4	10.0	45.0	55.0
1/2	860	15.2	60.2	39.8
3/8	384.8	6.8	67.0	33.0
4	887.2	15.7	82.8	17.4
Pasa 4	985.2	17.4	100.0	
Suma	5665.6	90.0		

Determinacion del peso volumetrico Seco suelto

Peso Bruto	Gr	
Peso Tara	Gr	
Peso neto	Gr	
Volumen	Lt	
Ps. Volumetrico	Kg/M3	
Humedad	%	
Ps. Volumetrico	Kg/M3	
Operador		
Fecha		

Clasificacion: A-2-4 (0)

Analisis granulometrico del material que pasa malla Nº4 (Lavado)

Malla	Peso retenido parcial		% retenido parcial		% retenido parcial	% retenido Acumulativo	% que pasa Malla
	(A) gr	(B) gr	(A) gr	(B) gr			
10	53.2	81	9.2			9.2	8.1
40	23		4.0			13.2	4.2
200	4.8		0.8			14.1	3.3
Pasa 200	19.1		3.3			17.4	
suma	100.1		17.4				

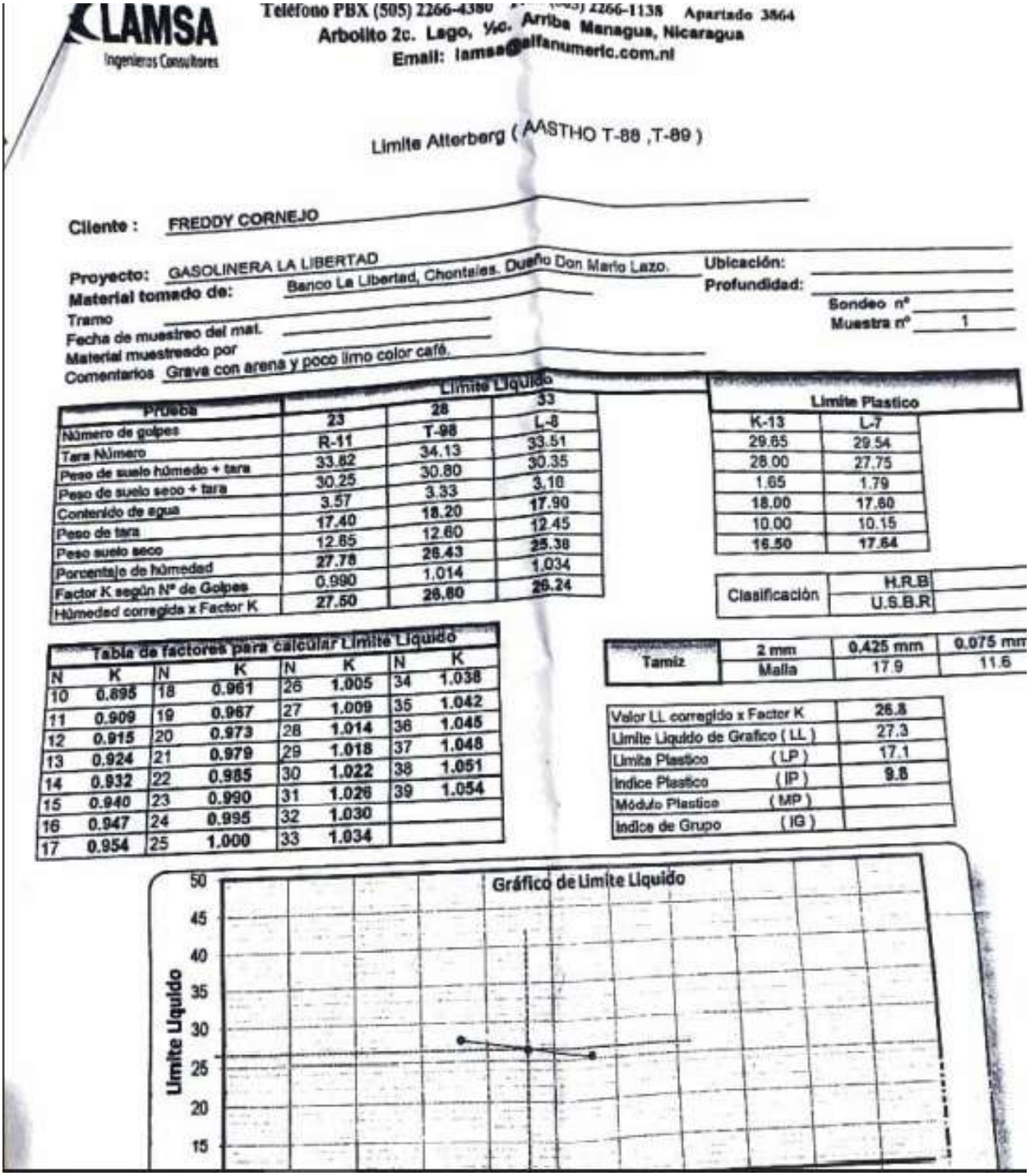
Material que pasa por la malla Nº 200

Ensayo 1	Ps seco suelo	A	100
	Ps seco lavado	B	81.0
	Pasa 200 lavado	C= A-B	19
	Pasa 200 cribado	D	0.1
	Total pasa 200	E= C+D	19.1

Humedad	
Tara Nº	1
Peso Humedo	100
Peso seco	100
% Humedad	0.0

Fuente. LAMSA INGENIEROS

Figura 21 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo



LAMSA
Ingenieros Consultores

Teléfono PBX (505) 2266-4380 (505) 2266-1138 Apartado 3864
Arbolito 2c. Lago, ½c. Arriba Managua, Nicaragua
Email: lamsa@alfanumeric.com.ni

Limite Atterberg (AASTHO T-88 ,T-89)

Cliente : FREDDY CORNEJO

Proyecto: GASOLINERA LA LIBERTAD
Material tomado de: Banco La Libertad, Chontales. Dueño Don Mario Lazo.
Tramo
Fecha de muestreo del mat.
Material muestreado por
Comentarios Grava con arena y poco limo color café.

Ubicación:
Profundidad:
Sondeo nº
Muestra nº 1

Prueba	Limite Liquido		
	23	28	33
Número de golpes	R-11	T-98	L-8
Tara Número	33.82	34.13	33.51
Peso de suelo húmedo + tara	30.25	30.80	30.35
Peso de suelo seco + tara	3.57	3.33	3.16
Contenido de agua	17.40	18.20	17.90
Peso de tara	12.85	12.60	12.45
Peso suelo seco	27.78	26.43	25.38
Porcentaje de húmedad	0.990	1.014	1.034
Factor K según Nº de Golpes	27.50	26.80	26.24
Húmedad corregida x Factor K			

Limite Plastico	
K-13	L-7
29.65	29.54
28.00	27.75
1.65	1.79
18.00	17.60
10.00	10.15
16.50	17.64

Clasificación	H.R.B	
	U.S.B.R	

Tabla de factores para calcular Limite Liquido

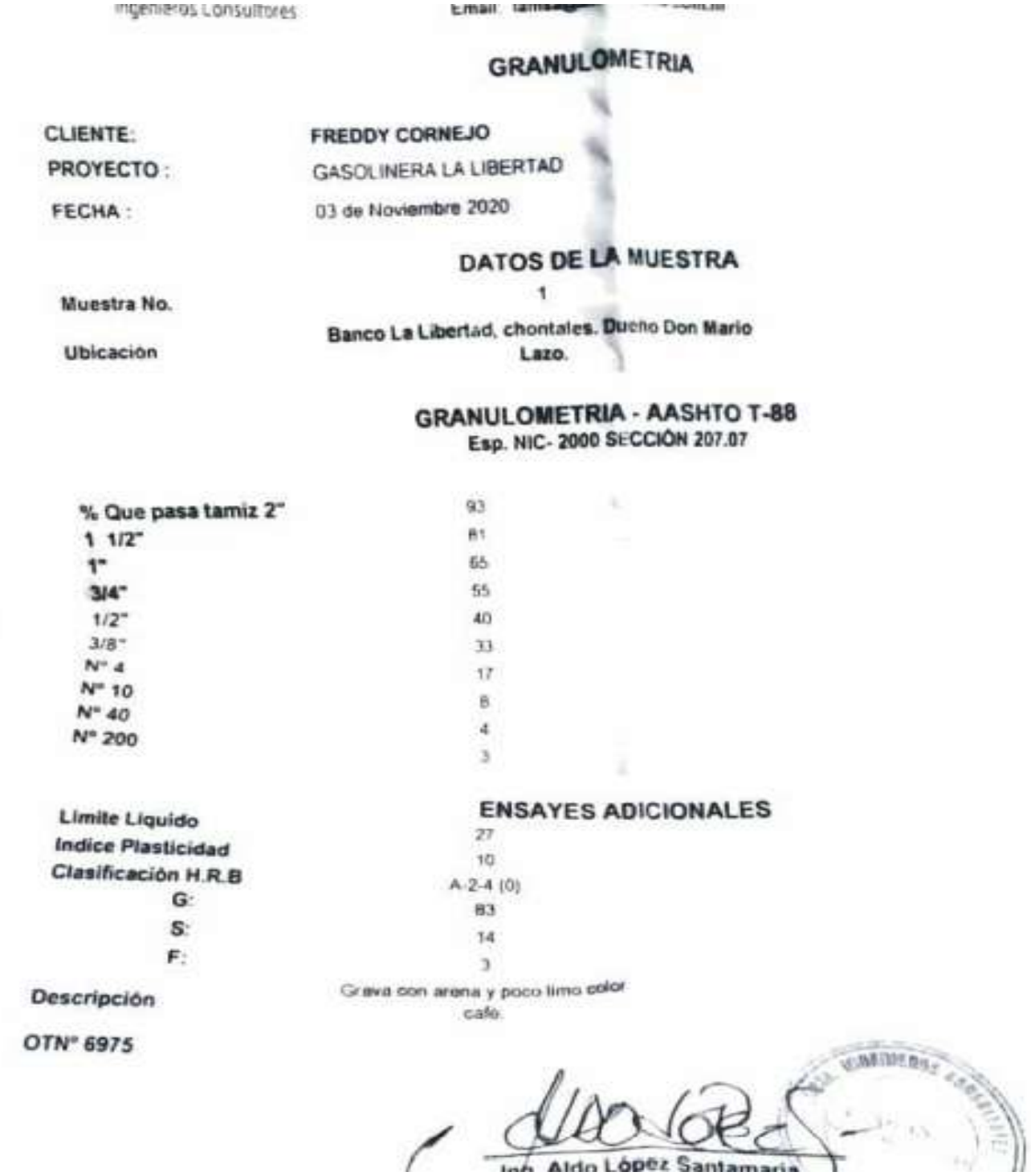
N	K	N	K	N	K	N	K
10	0.895	18	0.961	26	1.005	34	1.038
11	0.909	19	0.967	27	1.009	35	1.042
12	0.915	20	0.973	28	1.014	36	1.045
13	0.924	21	0.979	29	1.018	37	1.048
14	0.932	22	0.985	30	1.022	38	1.051
15	0.940	23	0.990	31	1.026	39	1.054
16	0.947	24	0.995	32	1.030		
17	0.954	25	1.000	33	1.034		

Tamiz	2 mm	0.425 mm	0.075 mm
	Malla	17.9	11.6

Valor LL corregido x Factor K	26.8
Limite Liquido de Grafico (LL)	27.3
Limite Plastico (LP)	17.1
Indice Plastico (IP)	9.8
Módulo Plastico (MP)	
Indice de Grupo (IG)	

Fuente. LAMSA INGENIEROS

Figura 22 Certificación del banco de material Dueño Mario Lazo



Ingenieros Consultores

Email:

GRANULOMETRIA

CLIENTE:	FREDDY CORNEJO
PROYECTO :	GASOLINERA LA LIBERTAD
FECHA :	03 de Noviembre 2020

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra No.	1
Ubicación	Banco La Libertad, chontales. Ducho Don Mario Lazo.

GRANULOMETRIA - AASHTO T-88
Esp. NIC- 2000 SECCIÓN 207.07

% Que pasa tamiz 2"	93
1 1/2"	81
1"	65
3/4"	55
1/2"	40
3/8"	33
N° 4	17
N° 10	8
N° 40	4
N° 200	3

ENSAYES ADICIONALES

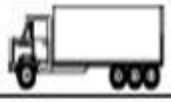
Limite Liquido	27
Indice Plasticidad	10
Clasificación H.R.B	A-2-4 (0)
G:	83
S:	14
F:	3
Descripción	Grava con arena y poco limo color café.

OTN° 6975

Ing. Aldo López Santamaria

Fuente. LAMSA INGENIEROS

Figura 23 Diagramas permisibles de pesos máximos de vehículos

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente. Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI

Figura 24 Clasificación y descripción vehicular

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadraciclos,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 tinas 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. Tambien se incluyen las fugonetas 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, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente. Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI