



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3.6 KM DE CAMINO DE
PENETRACIÓN CON ESTRUCTURA DE MACADAM, EMPALME CÓBANO 2 -
COMUNIDAD EL CÒBANO 2, MUNICIPIO DE JUIGALPA CHONTALES”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza

Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán

Tutor

Msc.Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Abril 2022

DEDICATORIA

A **Dios** nuestro padre celestial, por darme la vida, salud, fortaleza y sabiduría para concluir mi carrera, y conceder los anhelos de mi corazón.

A **mis padres: Geoconda Marbelly Espinoza Castilla y Héctor Adrián Bonilla Lumbi**, por su apoyo incondicional y su amor en todo momento, por haberme motivado a luchar siempre por mis sueños a pesar de las adversidades de la vida, por ser mi mayor ejemplo de superación y por estar conmigo siempre.

A **mis hermanos: Adriana Bonilla Espinoza y Jessner Bonilla Espinoza**, por siempre estar presente aportando buenas cosas a mi vida.

A **mis maestros**, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos durante mi carrera.

“La Satisfacción radica en el esfuerzo, no en el logro.

El esfuerzo total es una victoria completa”.

Mahatma Gandhi

Gretel Jumara Bonilla Espinoza

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme la vida y la fortaleza para luchar cada día; poder salir adelante y cumplir este objetivo, por darme la sabiduría y las fuerzas para no rendirme en el camino con los obstáculos que se me presentaban día a día.

A mi madre **Juana Gaitán Bello** que en paz descanse, por haberme dado todo su gran amor y apoyo incondicional, por todos sus consejos, por enseñarme valores y buenas costumbres, por su vital enseñanza de lucha por la vida que me dejó y por todo el sacrificio que hizo para yo saliera siempre adelante y fuese una persona de bien y ser el motivo de todo lo que soy y he logrado en esta vida.

A mi hermano, el **Lic. José Dolores Suárez Gaitán**, quien junto a mi madre siempre me brindó su apoyo incondicional y ha sido un gran pilar de enseñanzas y motivación para mí. Que, sin él y mi madre, este sueño de ser un profesional no se hubiera hecho realidad.

A mis hermanas, mi tío, mis tías y todas aquellas personas que se vieron involucradas de una u otra manera para la elaboración de este trabajo.

Freddy Oscary Suarez Gaitán

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a **Dios** por habernos permitido llegar a esta etapa de la vida, por darnos la fortaleza y la sabiduría para concluir nuestros estudios profesionales, ya que sin su ayuda no habiésemos logrado esta meta.

A **nuestros familiares** por darnos su apoyo de manera integral durante el Transcurso de nuestra vida, por motivarnos a luchar por nuestros sueños.

A **nuestros docentes** por transmitirnos sus conocimientos educativos, quienes nos forjaron a ser profesionales íntegros, por su amistad brindada a lo largo de la carrera.

Agradecemos especialmente a nuestro tutor **Msc. Ing. José Bustamante Arteaga**, quien desde un Inicio nos brindó su apoyo y la guía necesaria para poder desarrollar nuestro trabajo Monográfico.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo, ya que sin ellos no hubiese sido posible la culminación de nuestros estudios profesionales.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente monografía es un estudio que tiene como principal objetivo el diseño Geométrico de un camino de penetración con estructura de macadam en el empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2 del municipio de Juigalpa Chontales, el estudio se divide en 7 capítulos los cuales tienen la siguiente estructura:

CAPITULO I: GENERALIDADES

En este capítulo se agrupa toda la información necesaria que a nuestro juicio consideramos de gran importancia para la realización de un diseño Geométrico de camino de penetración con estructura de macadam, se define el porqué de la realización de este trabajo monográfico, los alcances que el mismo tendrá, así como su localización y las diferentes metodologías.

CAPITULO II: ESTUDIO DE POBLACION

Este capítulo consiste en la realización de un levantamiento de datos haciendo uso de encuestas, este estudio se realizó en un día en un lapso de 6 horas, la comunidad el Còbano 2 tiene un total de 234 habitantes, para la realización de las encuestas se determinó la población base (muestra), que corresponde a 125 personas las cuales fueron encuestadas y las que se beneficiarán con la realización de este proyecto.

CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÀNSITO

Para el estudio de tránsito se realizó un aforo vehicular durante 7 días por un periodo de 12 horas de 6:00 AM - 6:00 PM, tomando como referencia el tramo de carretera Juigalpa-Puerto Díaz, se determinó el TPD, haciendo un ajuste vehicular tomando los valores de aforo que realiza el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), para nuestro estudio los datos de ajuste los tomamos del aforo de la estación 704 tramo Juigalpa-Acoyapa, todo esto con el fin de conocer el tránsito promedio diario anual (TPDA) y la proyección del tránsito a futuro del tramo de carretera en estudio.

CAPITULO IV: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se realizó un levantamiento topográfico en el tramo de estudio con una duración de 3 días, se colocaron 6 mojones de BM georreferenciados, dos en la estación 0+000, dos en la 2+040 y dos en la estación 3+600. Establecida la red de mojones de replanteo se procedió a levantar el eje central del camino existente, en coordenadas UTM X, Y, Z con el fin de conocer la geometría de la vía en planta y perfil.

CAPITULO V: ESTUDIO DE SUELO: Consiste en la realización de sondeos manuales y la extracción de muestras representativas a lo largo del tramo en estudio, así mismo a los bancos de materiales existente cercanos al proyecto, para la realización de estudios y conocer sus propiedades Físico-mecánicas. Se realizaron 8 sondeos sobre la línea del camino en estudio, donde se extrajeron muestras a cielo abierto las cuales fueron llevadas al laboratorio de suelos de UNIRUPAP, los suelos resultaron ser de tipo granulado-arcilloso, arcilloso y limoso de alta y baja compresión. Para realizar dicho estudio fue necesario determinar las condiciones de densidad máxima y contenido de humedad óptima, siendo estas de vital importancia para encontrar el CBR en laboratorio.

CAPITULO VI: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE MACADAM

Consiste en la propuesta de una estructura de Macadam de acuerdo a la metodología de John Loudon McAdam, la cual consistirá en una capa de piedra machacada apisonada con un CBR al 100% con espesor de 25 cm, el agregado grueso se extenderá en dos capas de 10 cm cada una con piedras de tamaño de 2.95 pulgadas y la capa de rodadura o la superficie de la carretera tendrá una capa de 5 cm con piedras de tamaño de 0.75.

CAPITULO VII: DISEÑO GEOMETRICO: Mediante la poligonal de control establecida en trabajos de campo, se realizaron las evaluaciones topográficas necesarias para determinar los criterios de diseño, sección típica y diseño planimétrico y altimétrico, atendiendo las normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2004), utilizando el software Civil 3D 2018.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Macro-localización y Micro-localización del proyecto	5

CAPITULO II. ESTUDIO DE POBLACIÓN

2.1. Definición de “Estudio de población”	6
2.1.1. Tipos de poblaciones	6
2.2. Trabajo de campo	7
2.2.1. Perfil Socio-económico	9
2.2.2. Servicios e infraestructura existente	9
2.2.3. Beneficios que traerá a la comunidad la Realización de este proyecto	11

CAPITULO III. ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1. Estudio de campo.....	12
3.2. Procesamiento de la Información	13
3.2.1. Tránsito promedio diario anual TPDA.....	13
3.2.2. Ajustes del tránsito promedio diurno.....	14
3.2.3. Proyección de tránsito	16
3.2.4. Tránsito de diseño	19

CAPITULO IV. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

4.1. Definición de “Topografía”	22
4.2. Configuración del terreno del tramo en estudio.....	23
4.3. Trabajo de Campo	25
4.3.1. Ubicación de BM Georreferenciado	25
4.4. Levantamiento Topográfico	26
4.4.1. Levantamiento del perfil y secciones transversales.....	26

CAPITULO V. ESTUDIO DE SUELO

5.1. Definición de estudio de Suelo.....	28
5.1.1. Propiedades físico-mecánicas	28
5.2. Trabajo de Campo	29
5.2.1. Extracción de muestras de sondeos manuales.....	29
5.3. Trabajo de laboratorio	31
5.3.1. Determinación del Análisis Granulométrico de los suelos (Norma técnica ASTM D-422; AASHTO T 27-88).....	31
5.3.2. Determinación de los límites de Consistencia o de Atterberg de los suelos (Norma técnica ASTM D-4318)	35
5.3.3. Clasificación de muestras (Norma Técnica AASHTO M-145).....	40
5.3.4. Compactación de suelos (Método Proctor Estándar Norma ASTM D698.91)	45
5.3.5. Ensayo de Valor relativo de soporte (CBR) Norma técnica (ASTM D 1883-73)	49

CAPITULO VI. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE MACADAM

6.1. Definición de Estructura de Macadam.....	55
6.2. Metodología de John Loudon McAdam.....	55
6.3. Especificaciones del Agregado grueso y material de recebo del Macadam.	56
6.3.1. Agregado grueso	56
6.3.2. Agregado Fino (Recebo).....	57
6.4. Caracterización Fisico-Mecanica de los materiales	58
6.5. Propuesta de Estructura de Macadam	60

CAPITULO VII. DISEÑO GEOMETRICO

7.1. Clasificación Funcional.....	63
7.1.1. Camino de penetración.....	64
7.2. Diseño Horizontal en Civil 3D.....	64
7.2.1. Configuración inicial.....	64
7.2.2. Importación de puntos y creación de superficie.....	65
7.2.3. Alineamiento Horizontal	66
7.2.4. Velocidad de Diseño del proyecto	67
7.2.5. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño usando los valores límites de “e” y “	67
7.2.6. Número de carriles	70
7.2.7. Vehículo de diseño	70
7.2.8. Ancho de Carril	71
7.2.9. Calculo de Sobreancho.....	72
7.2.10. Ancho de Rodamiento	73
7.2.11. Cálculo de Curva Circular.....	73
7.3. Alineamiento Vertical.....	75

7.3.1. Perfil Natural	76
7.3.2. Subrasante	77
7.3.3. Tangente Vertical.....	77
7.3.4. Distancia de Visibilidad de Parada.	77
7.3.5. Curva Vertical	78
7.3.6. Derecho de vía del proyecto.	81
7.3.7. Pendiente máxima	82
7.3.8. Pendiente mínima.....	82
7.3.9. Sección Transversal	82
VIII. CONCLUSIONES.....	84
IX. RECOMENDACIONES	87
X. BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	I

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de Población de la Comunidad el Còbano 2	7
Tabla 2 Datos para el cálculo del tamaño de una muestra.....	8
Tabla 3 Aforo Vehicular en ambos sentidos	13
Tabla 4 Dependencia de estaciones	14
Tabla 5 Factores de ajuste estación de mayor cobertura San Marcos-Masatepe	15
Tabla 6 TPDA Tramo Juigalpa-Puerto Diaz	15
Tabla 7 Crecimiento poblacional de la ciudad de Juigalpa-Chontales.....	16
Tabla 8 TPDA Por Clasificación Vehicular	17
Tabla 9 Incremento histórico del Transito Promedio Diario	18
Tabla 10 Comportamiento del producto interno bruto en los últimos años.....	18
Tabla 11 Periodos de diseño para diferentes tipos de carreteras.....	19
Tabla 12 Cálculo de Tránsito Promedio Diario proyectado 2036	21
Tabla 13 Resultados de las pendientes en el tramo a cada 200 metros	24
Tabla 14 Listado de BM.....	26
Tabla 15 Ensayos que se realizan a una muestra de suelo	29
Tabla 16 Ubicación de sondeos manuales.....	30
Tabla 17 Apertura de Tamiz según Norma.....	32
Tabla 18 Resultados de análisis Granulométrico muestra No.1	34
Tabla 19 Factores de K para distintos números de Golpes.....	37
Tabla 20 Resultados de límites de consistencia muestra No.1	39
Tabla 21 Formato utilizado para clasificar Suelos AASHTO M-145 (Material Granular)	42
Tabla 22 Formato Utilizado para clasificar Suelos AASHTO M-145 (Material Limo- Arcilloso).....	42
Tabla 23 Clasificación de muestras de suelo Método AASHTO M-145.....	43
Tabla 24 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-2-6	48
Tabla 25 Cargas Unitarias patrón.....	50
Tabla 26 Distancias de penetración de pistón ensayo CBR.....	52
Tabla 27 Resultado de lectura ensayo de CBR suelo A-2-4	52

Tabla 28 Calculo de CBR para 0.1" y 0.2" para suelo A-2-4	52
Tabla 29 Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento	54
Tabla 30 Granulometria del árido grueso	56
Tabla 31 Requisitos de Granulometria del Recebo.	57
Tabla 32 Análisis granulométrico del banco de material para estructura de Macadam.....	58
Tabla 33 Características Fisico-Mecanicas del Banco de material para estructura de Macadam.....	58
Tabla 34 Granulometria Agregado Fino	59
Tabla 35 Índice de Plasticidad del material utilizado como recebo.....	60
Tabla 36 Tasa de sobreelevación "e"	68
Tabla 37 Coeficiente de fricción lateral para una velocidad de 30 km/h.....	68
Tabla 38 Distancia de Visibilidad de parada.....	80
Tabla 39 Tabla de normas de diseño a adoptar en el proyecto.....	83

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Macro-Localización del proyecto, Còbano 2-Juigalpa Chontales	5
Imagen 2 Micro-localización del proyecto, Còbano 2-Juigalpa Chontales.....	5
Imagen 3 Recopilación de datos a través de encuestas a la población	9
Imagen 4 Ubicación de BM.....	25
Imagen 5 Levantamiento de eje central, perfiles y secciones transversales Est 0+400	27
Imagen 6 Excavación y extracción de muestra de sondeo 1 estacion 0+000	30
Imagen 7 Banco de Material.....	31
Imagen 8 Agrupación de muestras en el laboratorio	33
Imagen 9 Preparación de muestra para la realización del ensaye de limite liquido	36
Imagen 10 Rollos de 3 mm de diámetro para determinar el límite plástico	38
Imagen 11 Preparación del equipo para ensaye de Proctor.....	46
Imagen 12 Proceso de compactación	47
Imagen 13 Equipo utilizado para CBR.....	51
Imagen 14 Configuración inicial en CIVILCAD 3D.....	64
Imagen 15 Importación de puntos en CIVILCAD 3D	65
Imagen 16 Superficie de la estación 0+780-0+840, generada por CIVIL-CAD 3D	66
Imagen 17 Características del vehículo de diseño (C2)	71
Imagen 18 Alineamiento Vertical de la estación 1+160-1+620 generada por el software CIVILCAD 3D.....	77

ÌNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Infraestructura existente, según encuestas realizadas.	10
Gráfico 2 Beneficios que traerá el proyecto, según encuestas.....	11
Gráfico 3 Diagrama de fluidez para determinar el límite liquido muestra No.1 ...	40
Gráfico 4 Perfil Estratigráfico estación 0+000-3+600.	44
Gráfico 5 Determinación de la densidad máxima y humedad óptima para el suelo A-2-6.....	48
Gráfico 6 Esfuerzo penetración para suelo A-2-4.....	53

1.1. Introducción

La presente Monografía se encuentra fundamentada en la “Propuesta de Diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración con estructura de macadam en la comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa-chontales”.

La infraestructura vial reviste una enorme importancia para el desarrollo económico. Las vías terrestres interconectan los puntos de producción y consumo y el estado de las mismas determina en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte. Los caminos de penetración forman parte de la clasificación funcional existente en el país, actualizada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a partir del año 2004, considerándose en este caso como un tipo de Camino Vecinal. (Red vial de Nicaragua, 2017, pág. 25).

El tramo en estudio se encuentra en la parte suroeste de la ciudad de Juigalpa, en la comunidad el Còbano 2, el cual no cuenta con una estructura de macadam, ya que actualmente con lo único que cuenta es con un camino estrecho que se ha ido formando por el tránsito de las personas y animales (Vereda), puesto que no hay acceso vehicular de ningún tipo.

La comarca el Còbano 2 actualmente tiene una población de 234 habitantes según el Instituto Nacional de información de desarrollo (INIDE) y una extensión territorial de 3132 Ha. Se localiza de la UNAN-CHONTALES 5.3 km al oeste. Limita al norte con el casco urbano de Juigalpa, al sur con Hato Grande, al este con San Antonio y al oeste con San Miguelito. El método de diseño para el tramo en estudio es aplicando las Normativas del Manual Centroamericano de normas para el Diseño geométrico de carreteras (SIECA, 2004).

1.2. Antecedentes

En la actualidad, la planificación de la actividad económica, y en especial del sector transporte, es indispensable en todo país por su impacto en la vida y desarrollo de los pueblos. Los proyectos de inversión vial traen consigo beneficios, para la zona en donde se desarrolla, tales como asistencia médica, educación, cultura, etc., y puede también incorporarse el beneficio de aumento de ingresos por habitante.

El principal modo de transporte terrestre de esta comunidad es con animales de carga (Caballos), ya que no cuentan con una vía de acceso que les facilite trasladarse de un lugar a otro, debido a esto la mayoría de los pobladores han emigrado a la ciudad de Juigalpa en busca de una mejor calidad de vida.

La falta de construcción de una carretera en esta comunidad, durante años ha traído consigo muchas consecuencias ya que los pobladores debido a esto no cuentan con asistencia médica por lo que tienen que trasladarse a la ciudad en busca de ello, y en tiempos de invierno no pueden salir ya que los ríos, quebradas y ojos de agua presentes en esta zona se desbordan siendo uno de ellos el Rio “El paso la Pachona”

La comarca el Còbano 2 cuenta con viviendas de construcción de madera, techo de Zinc y piso de suelo, se abastecen del agua de las quebradas, ojos de agua y ríos, teniendo como demanda la construcción de pozos de agua y aperturas de caminos. (Alcaldia Municipal de Juigalpa).

1.3. Justificación

El tema sobre el Diseño geométrico de camino de penetración con estructura de macadam ha surgido de la necesidad de una ruta de acceso para los pobladores de la comunidad el Còbano 2, mejorando la economía de los habitantes de esta comunidad. La apertura de caminos es de gran importancia ya que eso trae consigo el desarrollo de la comunidad en general y mayores oportunidades para su gente. Muchos estudios han evaluado los beneficios de los caminos rurales concentrándose en la reducción de costos monetarios y de tiempo en que los pobladores incurren para acceder a mercados de bienes e insumos o a servicios públicos clave.

Este tema se ha visualizado principalmente de acuerdo con la necesidad de la población de esta comunidad, buscando soluciones para que ellos cuenten con una vía de acceso ya que la mayoría de las personas que habitan en esta comunidad su principal medio de transporte es con animales de carga (caballos), y en épocas de invierno le es imposible salir debido a las llenas de ríos o quebradas presentes en el lugar.

Es de mucha importancia social y económica la apertura de una vía de comunicación terrestre, por lo que esta comunidad al no contar con ello se limita a muchas oportunidades, es por ello que con este tema de investigación se pretende realizar el diseño geométrico de un camino de penetración con estructura de macadam para que los pobladores de esta comunidad desarrollen tanto su economía como su comunicación vial, permitiendo que los pobladores puedan comercializar sus cosechas de granos básicos y lácteos hacia los diferentes municipios, así como atender cualquier emergencia en la mayor brevedad.

Por otra parte, al desarrollar este proyecto, generara fuentes de empleos temporales, lo que elevara el nivel de ingresos económicos de muchas familias involucradas en el proceso constructivo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- ✓ Proponer el Diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración con estructura de macadam, empalme Còbano 2 – comunidad el Còbano 2, Municipio de Juigalpa-chontales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Efectuar censo de población de cobertura parcial, con la finalidad de conocer el número de habitantes que serán beneficiados con el proyecto.
- ✓ Proyectar el tránsito a futuro tomando como referencia los datos de tránsito del tramo Juigalpa-Puerto Díaz, determinando las cargas de diseño para el tramo empalme Còbano 2 – comunidad el Còbano 2.
- ✓ Realizar el levantamiento topográfico con el propósito de conocer la configuración del terreno en el tramo de estudio.
- ✓ Determinar las propiedades físico-mecánicas del banco de material y de los suelos existentes a lo largo de la vía con el objetivo de obtener el CBR de diseño.
- ✓ Proponer una estructura de pavimento de macadam utilizando la metodología de John Loudon McAdam.
- ✓ Determinar el alineamiento horizontal y vertical apropiando a las características del sitio, atendiendo las normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2004), utilizando el software Civil 3D.

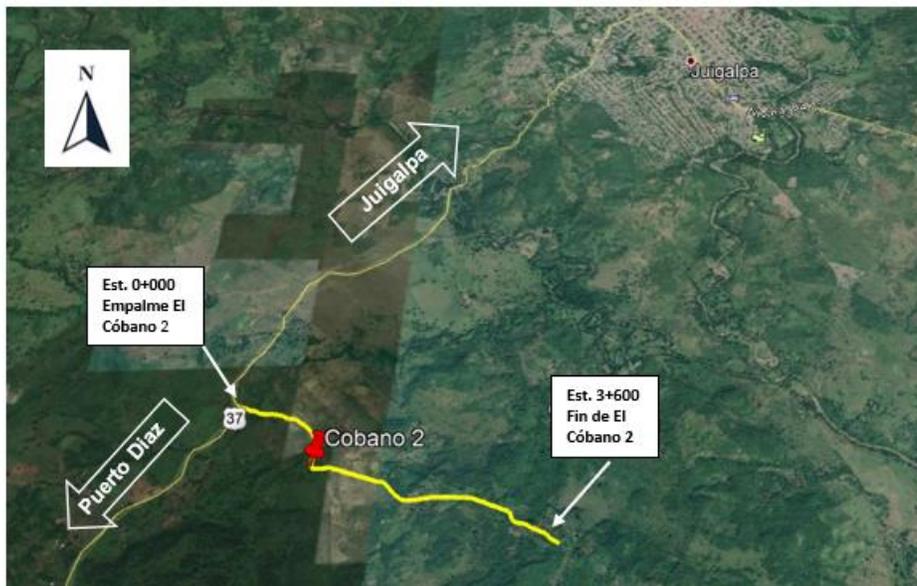
1.5. Macro-localización y Micro-localización del proyecto

Imagen 1 Macro-Localización del proyecto, Còbano 2-Juigalpa Chontales



Fuente: [Juigalpa - Google Maps](#)

Imagen 2 Micro-localización del proyecto, Còbano 2-Juigalpa Chontales



Fuente: [Google Earth](#)

2.1. Definición de “Estudio de población”

Según (Tamayo y Tamayo, 2012) señala que la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina la población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a una Investigación.

2.1.1. Tipos de poblaciones

La población se clasifica conforme a una serie de criterios que a saber son: según su distribución, según la investigación de mercado, según el censo, según la cantidad de personas y según la biología.

Según su distribución:

Dicha clasificación se corresponde a la forma de organización y percepción de la población, dependiendo del espacio geográfico que la misma ocupe.

Rural:

La que se corresponde con los asentamientos campesinos, es decir, aquella que se haya presente en los espacios rurales, o lo que es igual los que se ubican de forma limítrofe a la urbe, en los campos, pastizales y sabanas.

Urbana:

Por contraposición, se halla conformado por el conglomerado social o bien conjunto de personas que habitan en los espacios edificados y que se reconocen como ciudades, al contar estas con pavimentación y estructuras habitacionales pre construidas.

2.2. Trabajo de campo

El estudio de población se realizó en un día en un lapso de 6 horas, haciendo uso de encuestas, la comunidad el Còbano II tiene un total de 234 habitantes según el instituto nacional de información de desarrollo (INIDE), de los cuales 100 son varones, 84 mujeres y 50 niños.

Tabla 1 Datos de Población de la Comunidad el Còbano 2

Municipio, Barrio, Comarca y Comunidad	Ambos Sexos	Hombre		Mujer		Principales Indicadores de Población							
		Menor de 15 Años	De 15 Años y Más	Menor de 15 Años	De 15 Años y Más	RDE	RNM	Partos del Último Hijo no Atendidos en Establecimientos de Salud	% Analf. Hombre	% Analf. Mujer	% Analf. Hombre 14-29 Años	% Analf. Mujer 14-29 Años	
Cobano	422	93	149	62	118	69.5	46.9	33	43.2	34.1	33.8	18.6	
Cobano No.1	188	38	77	21	52	58.0	40.5	14	35.5	36.8	30.0	17.9	
Cobano No.2	234	28	100	22	84	80.0	51.8	19	50.5	32.1	37.8	19.0	
El Arrayán	292	56	86	68	82	84.8	72.1	36	48.6	44.9	41.7	31.4	
El Arrayán	292	56	86	68	82	84.8	72.1	36	48.6	44.9	41.7	31.4	
Puerto Díaz	945	209	268	185	283	80.7	45.4	112	23.6	20.7	16.9	9.1	
Puerto Díaz	945	209	268	185	283	80.7	45.4	112	23.6	20.7	16.9	9.1	
Guapinolapa	150	22	55	26	47	56.3	42.9	26	42.4	48.2	36.4	23.1	
Guapinolapa	150	22	55	26	47	56.3	42.9	26	42.4	48.2	36.4	23.1	
Hato Grande	939	202	304	171	262	73.2	48.5	88	33.2	33.5	27.6	13.8	
Hato Grande	939	202	304	171	262	73.2	48.5	88	33.2	33.5	27.6	13.8	
El Hatillo	258	53	78	49	78	70.9	43.3	30	42.3	42.7	27.1	26.1	
El Hatillo	258	53	78	49	78	70.9	43.3	30	42.3	42.7	27.1	26.1	
Aguas Buenas	286	59	95	51	81	82.2	45.2	33	52.7	43.3	46.2	20.9	
Aguas Buenas	286	59	95	51	81	82.2	45.2	33	52.7	43.3	46.2	20.9	

Fuente: Instituto Nacional de información de desarrollo, INIDE

para la realización de las encuestas se determinó la población base (muestra) a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 1}$$

n= muestra a buscar

N= población representativa

Z= nivel de confianza (coeficiente)

P= probabilidad positiva

q= probabilidad negativa

E= Error estándar

Tabla 2 Datos para el cálculo del tamaño de una muestra

Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z ²	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1.00	0.45
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50
e ²	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.04	0.1369	0.25

Fuente: Elementos de probabilidad y estadística, Hernández Lerma, Pàg-55

Para determinar la población base se utilizó un nivel de confianza del 95% ya que este porcentaje nos indica que dentro del rango dado se encuentra el valor real de un parámetro con un 95% de certeza, donde Z= 1.96 y un error estándar de 0.05.

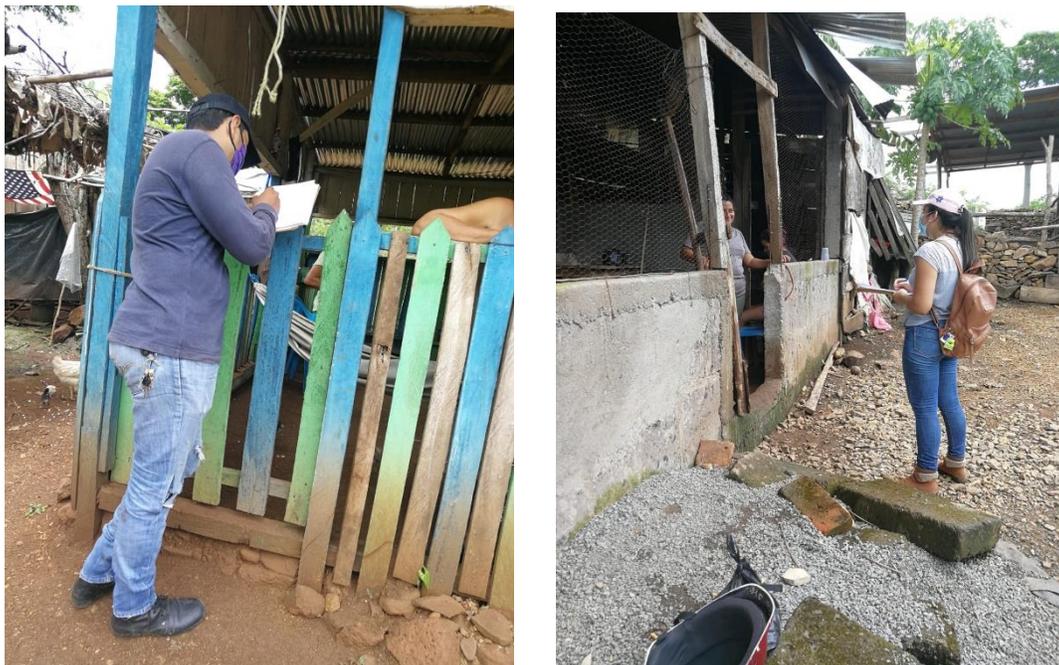
$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.50) * (0.50) * (184)}{(0.05)^2(184 - 1) + (1.96)^2 * (0.50) * (0.50)}$$

$$n = \frac{176.71}{1.42}$$

n = 125 personas

Como resultado se obtuvo una población base de 125 personas correspondiente a jóvenes y adultos, las cuales fueron encuestadas (**Ver anexo, Encuesta a población, pág. III-V**).

Imagen 3 Recopilación de datos a través de encuestas a la población



Fuente: *Elaboración propia*

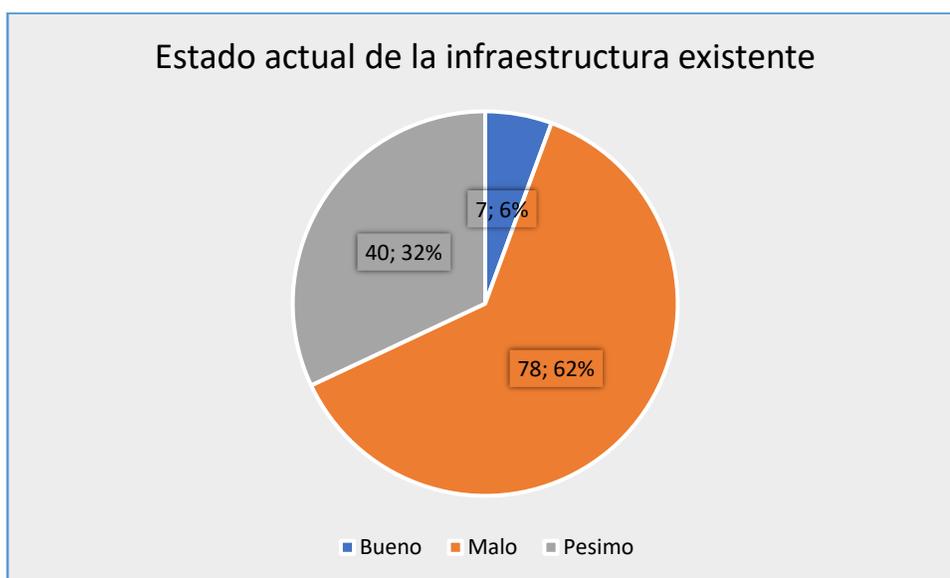
2.2.1. Perfil Socio-económico

La población de la comunidad el Còbano 2 es calificada como un sector rural. Esta comunidad tiene una población de 234 habitantes que habitan en 39 viviendas, para un índice de 6 Hab/vivienda.

2.2.2. Servicios e infraestructura existente

- **Energía eléctrica:** En la comunidad el Còbano II de 125 personas encuestadas, el 30% expreso que poseen únicamente Paneles solares en sus viviendas, y un 70% no cuenta con este servicio.
- **Transporte:** La comunidad cuenta con un camino que se ha ido formando por el tránsito de las personas y los animales, ya que solo resulta transitable por ciertos vehículos, motocicletas, animales de carga o incluso a pie.

Gráfico 1 Infraestructura existente, según encuestas realizadas.



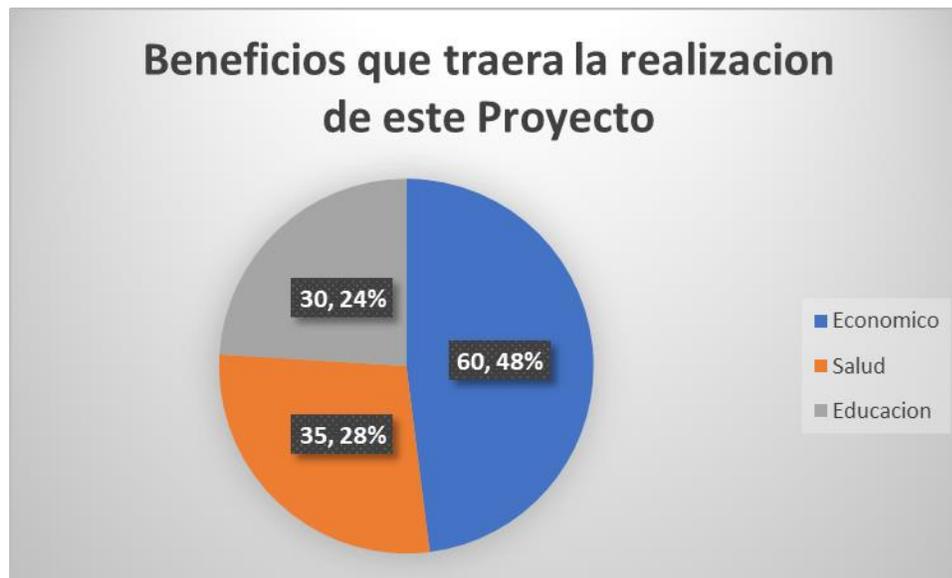
Elaboración: Fuente Propia

En las encuestas realizadas de un total de 125 personas encuestadas, el 78.62% expreso que el estado actual del camino es Malo, el 40.32% indico que es pésimo y el 7.60% que lo consideran bueno.

- **Salud:** No existe ningún centro que brinde este servicio debido a la poca accesibilidad que hay en esta comunidad, lo que ha llevado a que los familiares que habitan en esta localidad se automediquen, otras son atendidas en el centro ubicado en la ciudad de Juigalpa, y para caso de mayor gravedad se recurre al hospital del mismo municipio antes mencionado.

2.2.3. Beneficios que traerá a la comunidad la Realización de este proyecto

Gráfico 2 Beneficios que traerá el proyecto, según encuestas realizadas.



Elaboración: Fuente propia

De las 125 personas encuestadas, el 60.48% expresaron que la realización de este proyecto traerá consigo el desarrollo económico, ya que al contar con una mejor ruta de acceso los pobladores de esta comunidad podrán comercializar de manera más accesible al mercado sus cosechas, y desarrollar aún más la Agricultura y la Ganadería en este sector.

El 35.28% expreso que el desarrollo de este proyecto beneficiara el sector salud, ya que al contar con esta carretera los pobladores ya no tendrán que recurrir hasta la ciudad de Juigalpa por lo que habrá la posibilidad de que se construyan puestos de salud, donde no solo se beneficiaría la comunidad en general si no también las comunidades aledañas a esta.

El 30.24% de los encuestados fundamentaron que, con la realización de este proyecto, los pobladores tendrán mayores posibilidades de recibir una digna educación en su misma localidad, sin tener que recurrir a otras ciudades.

El tránsito es la variable más importante para un diseño de pavimentos, para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos de las cargas que estos vehículos causaran sobre cualquier tipo de pavimento, por lo cual se debe de conocer el número y tipo de vehículos que circularan por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica. Constituye el instrumento que sirve al ingeniero de tráfico para cumplir con sus objetivos definidos como la planificación de la red vial y la circulación del tránsito vehicular, el estudio de tránsito se clasifica en tres etapas:

Recopilación de datos: Esta etapa se realizó por medio de aforos vehiculares durante un tiempo determinado, tomando como referencia el tramo de carretera Juigalpa-Puerto Díaz.

Procesamiento de información: Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados.

3.1. Estudio de campo

El conteo vehicular se realizó por un periodo de 7 días con duraciones de 12 horas de 6:00 am a 6:00 pm, a partir del día jueves 27 de febrero al 06 de marzo 2020, situándose en un punto de intersección el cual se ubicó en la estación 0+000, se situó un aforador para ambas bandas de la vía de manera que se logró contabilizar de forma clara los vehículos que pasaron en los carriles.

La información obtenida en dicho conteo proporciona un porcentaje de los diferentes tipos de vehículos que circulan por el tramo en estudio.

A continuación, se presentan los resultados del conteo vehicular obtenido:

Tabla 3 Aforo Vehicular en ambos sentidos

Camino: NIC 7 Estacion 0+000 Tramo: Juigalpa-Puerto Diaz Mes: Febrero Dias: 7 días Año: 2021										
Tipo de Vehículo	Vehículos livianos							Vehículos pesados		Total
Días	Motos	Taxis	Autos	Cta	Jeep	Mbus	Bus mediano	Camion Liv.	C2	
Lunes	205	1	7	32	5	5	2	21	5	283
Martes	195	0	2	25	2	4	2	17	3	250
Miercoles	190	0	1	27	3	4	2	11	4	242
Jueves	179	2	5	21	0	4	2	8	2	223
Viernes	214	3	9	29	0	4	2	13	3	277
Sabados	233	2	6	39	4	4	2	15	1	306
Domingo	252	1	5	46	3	3	2	19	0	331
Total	1468	9	35	219	17	28	14	104	18	1912
% Vehículos	76.78%	0.47%	1.83%	11.45%	0.89%	1.46%	0.73%	5.44%	0.94%	100.00%
	93.62%							6.38%		100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Como puede observarse en la categoría de vehículos livianos, las más representativas son las motocicletas constituyendo un 76.78%, ya que es el medio de transporte más frecuente que utilizan los habitantes de esta zona para movilizarse, Dentro de los vehículos de carga, el camión liviano es el más recurrente con un 5.44%, al ser utilizado principalmente para transporte de productos que se cultivan en ese lugar y sus alrededores.

3.2. Procesamiento de la Información

3.2.1. Tránsito promedio diario anual TPDA.

El tránsito promedio diario anual TPDA se define como el volumen o número total de vehículos que pasan durante un año.

Como no es posible disponer de registros de volúmenes a lo largo de un año en todas las vías, se puede estimar el tránsito promedio diario anual en base a la siguiente ecuación, donde dichos aforos son tomados del anuario de aforos de tráfico 2020.

$$TPDA = TP (D)_{12 \text{ hrs}} \times FD \times FE \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual

TP (D)_{12 hrs}= Tránsito promedio diario de 12 horas

FD= Factor día

FE = Factor de expansión

3.2.2. Ajustes del tránsito promedio diario

Antes de hacer uso de la **Ecuación 2** se requiere hacer un ajuste vehicular el cual consiste en estimar una proyección de 12 horas que se realizará el conteo en los horarios establecidos a 24 horas los cuales son valores de aforos que realiza el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en estaciones permanentes donde se realizan puntos o tramos de la red vial a nivel nacional.

Es necesario conocer que la estación de corta duración ECD 711 perteneciente al camino Juigalpa-Empalme Betulia, de la cual se tienen registros históricos, es dependiente de la estación de mayor cobertura EMC 1802, San Marcos-Masatepe.

Tabla 4 Dependencia de estaciones

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, pág.56.

Siendo que la estación de referencia para factores de ajuste de los conteos de tránsito del tramo Juigalpa-Empalme Betulia, es la estación de mayor cobertura EMC 1802 San Marcos-Masatepe la cual tiene un porcentaje de vehículos livianos de **91.06%** y porcentaje de vehículos pesados de **8.88 %**, se utilizaron los factores de ajuste pertenecientes al primer cuatrimestre (Enero-Abril) del anuario de aforos 2020.

Tabla 5 Factores de ajuste estación de mayor cobertura San Marcos-Masatepe

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,34	1,29	1,18	1,25	1,23	1,14	1,38	1,15	1,20	1,21	1,00	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor Semana	0,95	0,96	1,00	0,97	0,92	0,93	0,89	0,91	0,83	0,86	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89
Factor Fin de Semana	1,15	1,11	0,99	1,08	1,30	1,22	1,44	1,33	2,07	1,68	1,00	1,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,48
Factor Expansión a TPDA	1,15	1,15	1,35	1,13	1,20	1,23	1,16	1,15	1,04	1,27	1,00	1,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,88

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2020, Pág. 385.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del TPDA₂₀₂₀, haciendo uso de los factores de ajustes descritos anteriormente.

Tabla 6 TPDA Tramo Juigalpa-Puerto Diaz

Camino: NIC 7		Estacion 0+000 Tramo: Juigalpa-Puerto Diaz						Mes: Febrero		Días: 7 días Año: 2021	
Tipo de Vehiculo	Vehiculos livianos							Vehiculos Pesados		Total	
	Motos	Taxis	Autos	Cta	Jeep	Mbus	Bus mediano	Camion Liv	C2		
Factor día	1.34	1.29	1.29	1.25	1.18	1.23	1.14	1.15	1.2		
Días											
Lunes	275	1	9	40	6	6	2	24	6	370	
Martes	261	0	3	31	2	5	2	20	4	328	
Miercoles	255	0	1	34	4	5	2	13	5	318	
Jueves	240	3	6	26	0	5	2	9	2	294	
Viernes	287	4	12	36	0	5	2	15	4	364	
Sabados	312	3	8	49	5	5	2	17	1	402	
Domingo	338	1	6	58	4	4	2	22	0	434	
TP (D)	281	2	6	39	3	5	2	17	3	358	
Factor Expansión	1.15	1.15	1.15	1.13	1.35	1.2	1.23	1.15	1.04		
TPDA	323	2	7	44	4	6	3	20	3	412	
% TPDA	78.42%	0.46%	1.80%	10.72%	0.94%	1.43%	0.68%	4.77%	0.78%	100.00%	
	% Vehiculos Livianos							% Vehiculos Pesados			
	94.45%							5.55%		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Proyección de tránsito

La proyección del volumen de tránsito futuro, el TPDA del año de proyecto, en la construcción de una nueva carretera, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, el tránsito futuro es el volumen de tráfico que tendrá la vía, cuando esté completamente en servicio. Está compuesto por el tránsito actual y el incremento del tránsito al año de proyecto.

Para obtener el tránsito futuro, se tomaron en cuenta variables importantes como son el comportamiento demográfico del municipio de Juigalpa-Chontales, el crecimiento del producto interno bruto (PIB) con datos anuales del (BCN) y el censo poblacional del municipio realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INIDE).

Tabla 7 Crecimiento poblacional de la ciudad de Juigalpa-Chontales

Periodos	Tasa de Crecimiento (Ambos sexos)
2005 -2010	2.0%
2010 - 2015	1.5%
2015 - 2020	1.5%

Fuente VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005 (INIDE)

3.2.3.1. Tasa de crecimiento vehicular (TC)

Se necesitó establecer una proyección de tránsito para conocer el crecimiento de este a lo largo del periodo de diseño, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) proporciona estos datos de registros históricos del comportamiento vehicular de la red vial, en el cual no hay datos históricos en el lugar de estudio.

Donde el crecimiento vehicular se calcula por diferentes años con la siguiente fórmula:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{\frac{1}{n}} \right] - 1 \quad \text{Ecuación 3}$$

TC= tasa de crecimiento vehicular

TPDA_i= tráfico promedio diario actual

TPDA₀= tráfico promedio diario del año base

n= diferencia de años

A continuación, se presenta el crecimiento del TPDA desde el año 2008 hasta el 2020 en base a la clasificación de la red vial básica.

Tabla 8 TPDA Por Clasificación Vehicular

Año	Troncal Principal	Troncal Secundaria	Colectora Principal	Colectora Secundaria	Vecinal	TPDA Total	Crecimiento
2007	741,529	50,018	83,265	54,286	42,650	971,748	
2008	762,653	51,334	97,085	62,547	46,214	1019,833	4.95%
2009	801,352	51,248	99,305	67,913	51,213	1071,031	5.02%
2010	804,874	56,492	102,666	77,776	52,362	1094,170	2.16%
2011	818,768	58,106	108,665	80,935	55,120	1121,594	2.51%
2012	840,981	62,576	115,099	81,176	55,778	1155,610	3.03%
2013	830,012	65,041	132,331	87,741	60,312	1175,437	1.72%
2014	863,450	71,371	143,697	92,370	62,755	1233,643	4.95%
2015	951,313	75,100	144,071	96,862	68,780	1336,126	8.31%
2016	997,692	87,742	149,198	100,260	68,393	1403,286	5.03%
2017	1139,926	91,463	160,037	106,315	67,714	1565,456	11.56%
2018	1132,215	104,214	164,959	101,124	74,433	1576,945	0.73%
2019	1212,742	115,418	186,968	120,892	78,398	1714,418	8.72%
2020	1167,966	135,189	196,529	132,730	96,066	1728,481	0.82%

Fuente: Anuario Aforo de Trafico 2020 pág. 33

El crecimiento del tránsito vehicular se obtuvo de los porcentajes promedios a nivel nacional del anuario de aforo 2020 implementado por el MTI.

Tabla 9 Incremento histórico del Transito Promedio Diario

Historial de TPD	
Año	Crecimiento%
2008	4.95
2009	5.02
2010	2.16
2011	2.51
2012	3.03
2013	1.72
2014	4.95
2015	8.31
2016	5.03
2017	11.56
2018	0.73
2019	8.72
2020	0.82
PROMEDIO	4.58%

Fuente: Anuario 2020, pág. 33

La tasa de aumento vehicular para el periodo (2008 – 2020) se obtiene de la siguiente manera. Según la tasa de crecimiento con los datos del anuario 2020 el sector vial del país tiene un promedio de un 4.58% el flujo vehicular.

3.2.3.2. Comportamiento del Producto Interno Bruto

Tabla 10 Comportamiento del producto interno bruto en los últimos años

Comportamiento del PIB	
Año	% de crecimiento
2010	4.4
2011	6.3
2012	6.5
2013	4.9
2014	4.8
2015	4.8
2016	4.7
2017	4.9
2018	-4
2019	-3.9
2020	-5
Promedio	2.58%

Fuente: BCN 2020; Estimación FUNIDES 2020.

Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito (i)

Para obtener este valor que se sustituirá en la fórmula del tránsito de diseño, se toma en cuenta los valores obtenidos anteriormente como el porcentaje de crecimiento vehicular, crecimiento económico y el promedio del crecimiento poblacional.

Tasa de crecimiento poblacional= 1.5%

Porcentaje de crecimiento vehicular= 4.58%

Crecimiento económico= 2.58%

$$i = \frac{\text{TCP} + \% \text{Crecimiento vehicular} + \text{Crecimiento económico}}{3} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$i = \frac{1.5\% + 4.58\% + 2.58\%}{3} = 2.89\%$$

Este valor de tasa de crecimiento 2.89% se tomó para la proyección de tránsito en la zona.

3.2.4. Tránsito de diseño

3.2.4.1. Periodo de diseño

Para ello se hará uso del manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales (**SIECA**) el cual sugiere un periodo de proyección de 20 años como diseño base. Para este estudio se seleccionó un periodo de diseño de 15 años; (Ver tabla 11).

Tabla 11 Periodos de diseño para diferentes tipos de carreteras

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	20-40 años
Troncales suburbanas	15-30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 años
Colectoras Rurales	

Fuente manual centroamericana de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales (SIECA) 2001

3.2.4.2. Factor de crecimiento

Este factor se relaciona con el número de años al cual se proyecta el estudio de tránsito, tasa del crecimiento anual, esta muestra como incrementan el flujo vehicular en todo el periodo de diseño

$$FC = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) * 365 \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

FC= factor de crecimiento

i = tasa de crecimiento de tránsito

n= periodo de diseño en años

365= días del año

En la sustitución de valores obtenemos:

i = 2.89%

n = 15 años

$$FC = \left(\frac{(1+0.0289)^{15} - 1}{0.0289} \right) * 365$$

$$FC = 6734.13 \approx 6734$$

3.2.4.3. Determinación del tránsito de diseño

Obteniendo toda la información previa proporcionada por los aforos vehiculares propios que se realizaron y los realizados por el Instituto de Transporte e Infraestructura (MTI) se calcula el valor del tránsito de diseño haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$TPDA_0 = T_0 (1+i)^n \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

TPDA₀= tránsito promedio diario anual, inicial del año actual

T₀ = Tránsito inicial en el año

n= número de año en el periodo de diseño.

Cálculo de TPDA₂₀₃₆

$$TPDA_{2021} = 281 * (1+0.0289)^{15} \approx 431 \text{ motos/días.}$$

Tabla 12 Cálculo de Tránsito Promedio Diario proyectado 2036

TRÁNSITO DE DISEÑO PROYECTADO				
Tipo de vehículo	2021 TPDA ₀	Tasa de Crecimiento	N	TPDA Proyectado 2036
Motos	323	2.89%	15.00	495
Taxis	2	2.89%	15.00	3
Autos	7	2.89%	15.00	11
Camionetas	44	2.89%	15.00	67
jeep	4	2.89%	15.00	6
Micro Bus	6	2.89%	15.00	9
Bus mediano	3	2.89%	15.00	5
Camion liviano	20	2.89%	15.00	31
C2	3	2.89%	15.00	5
C3	0	2.89%	15.00	0
Vehiculo de constr.	0	2.89%	15.00	0
Total	412			632

Fuente: Elaboración propia

Es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno”.

4.1. Definición de “Topografía”

Es la ciencia y la técnica de realizar mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno lo suficientemente reducidas como para poder despreciar el efecto de la curvatura terrestre, para después procesarlas y obtener así coordenadas de puntos, direcciones, elevaciones, áreas o volúmenes, en forma gráfica y/o numérica, según los requerimientos del trabajo. (Casanova, 2002).

- **BM (Banco de muestra o banco de nivel)**

Un Banco de Nivel es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida. Su cota se determina con respecto a otros puntos conocidos, o se les asigna una cualquiera según el caso.

- **Planimetría**

Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. (Navarro Hudiel, 2008, pág. 16).

- **Altimetría**

“Tiene como objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno”.

- **Curvas de nivel**

Son líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno. Las curvas de nivel son uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. (Navarro Hudiel, 2008, pág. 1).

- **Corte**

“Son las excavaciones que se realizan sobre cualquier tipo de terreno. Las superficies laterales que delimitan el corte, al igual que el relleno, se denominan taludes. La intersección del talud con la superficie de tierra se denomina borde”.

Relleno

“Son también conocidos como terraplenes. Estos son ejecutados con los materiales provenientes de los cortes realizados en otra parte de la obra. Cuando los materiales sobrantes no son deseables se realizan terraplenes alejados de la obra”.

Rasante de diseño

“En los levantamientos longitudinales, principalmente de carreteras se llama rasante a la pendiente regular de una línea, tanto si es ascendente, como si es descendente, se expresa generalmente en porcentaje”. (Navarro Hudiel, 2008).

4.2. Configuración del terreno del tramo en estudio

Las formas de relieve básicamente se pueden clasificar en formaciones montañosas, llanuras y depresiones.

Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales.

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

La pendiente de la tangente es la razón entre la diferencia de elevación de dos puntos y la distancia horizontal entre ellos. Para dos puntos A y B con coordenadas (X1, Y1) y (X2, Y2) respectivamente, la pendiente está dada por la siguiente ecuación:

$$m = \frac{Elev2 - Elev1}{DH} * 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

- Cálculo de las pendientes a lo largo del tramo en estudio, a una distancia de 200 metros, para determinar el tipo de terreno.

Estación	Elevación (m)	Distancia Horizontal (m)
0+000	100.13	200.00
0+200	91.92	

$$m = \frac{91.92 - 100.13}{200} * 100 = -4.11\%$$

Tabla 13 Resultados de las pendientes en el tramo a cada 200 metros

Estación	Elevación (m)	Distancia Horizontal (m)	Pendiente (%)
0+000	100.13	200.00	-4.11%
0+200	91.92		
0+400	94.11	200.00	1.46%
0+600	97.02		
0+800	110.88	200.00	8.24%
1+000	127.35		
1+200	133.91	200.00	3.05%
1+400	140.00		
1+600	138.99	200.00	-1.46%
1+800	136.07		
2+000	140.65	200.00	3.74%
2+200	148.12		
2+400	154.25	200.00	-1.17%
2+600	151.92		
2+800	136.55	200.00	-4.77%
3+000	127.02		
3+200	114.49	200.00	5.51%
3+600	125.50		

Fuente: Elaboración propia

En este caso la clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales es ondulado con un rango de pendientes (%) de $5 > P \leq 15$, ya que existen variaciones de pendientes las cuales no son constantes.

4.3. Trabajo de Campo

Los trabajos correspondientes al levantamiento topográfico se realizaron de manera secuencial, dentro de los alcances del Proyecto al levantamiento de toda la información básica de la configuración y composición del terreno en todo el entorno del camino.

Esta parte del estudio tuvo una duración de 3 días y consistió en una serie de actividades con el propósito de conocer la configuración del terreno, sus diferentes alturas, entre otros datos necesarios para posteriormente ser procesados utilizando el software Civil 3D.

El equipo de topografía estuvo conformado por una estación total, dos prismas, GPS portátil, cinta métrica, y sus complementos esenciales.

4.3.1. Ubicación de BM Georreferenciado

Imagen 4 Ubicación de BM



Fuente: Google Earth

Se colocaron mojones de concreto de 10 cm de diámetro y 40 cm de altura, a lo largo de la vía, los que se ubicaron en sitios estratégicos para el emplazamiento de la estación total, en total **se colocaron 6 mojones de BM, dos en la estación 0+000, dos en la 2+040 y dos en la estación 3+600.**

Tabla 14 Listado de BM

Listado de BM			
N° BM	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEV)
BM 1	673623.545	1333795.112	100
BM 2	673627.615	1333785.517	100.434
BM 3	675104.389	1332766.776	143.009
BM 4	675109.179	1332771.325	143.594
BM 5	676471.6	13323115.54	125.51
BM 6	676478.9	1332316.71	125.56

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Levantamiento Topográfico

Establecida la red de mojones de replanteo se procedió a levantar el eje central del camino existente, en coordenadas UTM X, Y, Z con el fin de conocer la geometría de la vía en planta y perfil, la información fue levantada con los equipos de estación total, bajándose la información y guardando los respectivos datos.

El levantamiento es de una poligonal abierta, por lo tanto, no se realizó un cierre lineal y angular, según lo estipula el MTI (Manual de revisión de estudios topográficos, por lo tanto, en los enlaces se verificaba la vista atrás tratando de obtener un registro de coordenadas no mayor a ± 0.005 m.

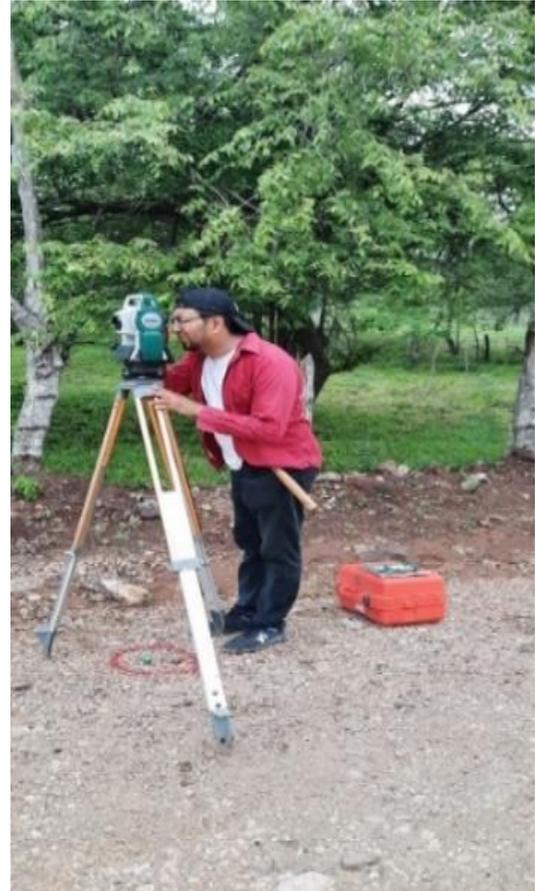
4.4.1. Levantamiento del perfil y secciones transversales

El levantamiento de las secciones transversales de la vía se realiza en intervalos de 20 m, el levantamiento de todas las secciones transversales cubre todos los detalles de propiedades, cercos, muros, corrales localizados y cualquier detalle dentro del derecho de vía.

Finalmente, con los datos del levantamiento obtenidos se introduce al software Civil 3D **(Ver anexo, Tabla de derrotero de los puntos topográficos**

levantados en campo, pág. IX-X), donde en conjunto con las especificaciones de diseño geométrico, se realizó el diseño más óptimo y final del tramo en estudio.

Imagen 5 Levantamiento de eje central, perfiles y secciones transversales Est 0+400



Fuente: Elaboración Propia

5.1. Definición de 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”.

5.1.1. Propiedades físico-mecánicas

En los proyectos de Ingeniería, tanto en obras horizontales como en obras verticales, se necesita tener información veraz acerca de las propiedades físico-mecánico de los suelos donde se pretende cimentar la obra.

Según Delgado(2014) El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. La relación adecuada entre estos componentes determina una serie de propiedades que se conocen como físico-mecánicas del suelo: textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia”. Determinar estas características, previo a una construcción, es de gran importancia, debido a que hace posible la clasificación del suelo, identificando así la capacidad de soporte del mismo y confirmando o descartando labores de mejoramiento.

Los estudios de suelos para carreteras deben suministrar datos suficientes del subsuelo que permitan definir las propiedades geotécnicas más importantes de los suelos y materiales por los que atraviesa el proyecto y señalar las unidades geomorfológicas a las que pertenecen. Para ello se tiene que llevar a cabo la investigación sistemática de los terrenos del trazado de la vía; aparición de algún problema particular, etc. (Manual para la revision de estudios Geotecnicos).

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que vaya a realizar y de la magnitud de este; con los resultados que se obtengan del estudio de suelos se podrán tomar decisiones. Dependiendo del tipo de suelo es la capacidad de soporte del mismo (resistencia del suelo) y eso se puede determinar únicamente con el estudio de suelos.

Tabla 15 Ensayos que se realizan a una muestra de suelo

Tipo de Ensayo	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Límite Líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883
Pesos Volumétricos		C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base	T-104	C-131

Fuente: Manual para la revisión de estudios Geotécnicos MTI

5.2. Trabajo de Campo

5.2.1. Extracción de muestras de sondeos manuales

El trabajo de campo inicia con la visita al sitio en estudio, determinando así la cantidad de sondeos a realizar a lo largo del tramo con 8 sondeos manuales, los cuales fueron ubicados a cada 500 m con una profundidad de 1.50 metros, este procedimiento se realizó empleando herramientas básicas como barras, picos y palas hasta lograr la profundidad requerida.

Clasificación visual y de tacto de las muestras, ASTM D 420-98

Todas las muestras fueron identificadas de manera visual y de tacto, la descripción anotada incluyo, la caracterización de los materiales dentro de las gravas, arenas, limos o arcillas, de acuerdo al contenido y distribución apreciable de las partículas constituyentes, así como el contenido de material plástico. Esta clasificación visual y de tacto en campo posteriormente fue verificada mediante la clasificación dentro del sistema AASHTO.

Imagen 6 Excavación y extracción de muestra de sondeo 1 estacion 0+000



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Ubicación de sondeos manuales

Numero de sondeo	Ubicación	Profundidad de excavación
Sondeo 1	0+000	1.50 m
Sondeo 2	0+500	1.50 m
Sondeo 3	1+000	1.50 m
Sondeo 4	1+500	1.50 m
Sondeo 5	2+000	1.50 m
Sondeo 6	2+500	1.50 m
Sondeo 7	3+000	1.50 m
Sondeo 8	3+600	1.50 m

Fuente: Elaboración propia

Como siguiente paso se procedió a la investigación del banco de material que se encuentra dentro del sitio en estudio a 25 m de la BI en la estación 0+800 del tramo, estando este en la propiedad del Sr. Mario Castellón poblador de la Comunidad el Còbano II, dicho banco ha sido explotado por la alcaldía de Juigalpa, para material base y Sub-base.

Imagen 7 Banco de Material



Fuente: Elaboración propia

Traslado de muestras

Una vez obtenidas todas las muestras de la línea y del banco de material se procedió al traslado del sitio de la extracción al laboratorio de materiales y suelos de (UNI – RUPAP). Donde se realizaron diferentes ensayos que determinaron técnicos del laboratorio, los cuales fueron: Análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor y CBR.

5.3. Trabajo de laboratorio

5.3.1. Determinación del Análisis Granulométrico de los suelos (Norma técnica ASTM D-422; AASHTO T 27-88)

La granulometría es muy importante en el proceso de clasificación de suelos, ya que permite en primera instancia separar la fracción gruesa de la fina. Además, las características del tamaño de las partículas de un suelo, tienen gran

importancia en su comportamiento mecánico, e influyen considerablemente en la compactación adecuada de los suelos.

La estabilidad de un suelo depende de su cantidad de vacíos, mientras esta sea menor, mejor será el comportamiento del mismo. Para lograr que los vacíos de un suelo sean mayormente reducidos, es necesario que el material tenga una gama de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores sean ocupados por partículas más pequeñas.

Este ensayo permite la caracterización física del suelo y se emplea para determinar las proporciones de los tamaños de grano de una masa de suelo conocida. El procedimiento consistió agrupando las muestras en rango de tamaños esto se logra con mallas de diferentes aperturas llamadas tamices. (E. Bowles, 1981).

Tabla 17 Apertura de Tamiz según Norma

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3"	76.2
2 ½"	63.5
2"	50.8
1 ½"	38.1
1"	25.4
¾ "	19.1
½ "	12.7
3/8 "	9.52
¼ "	6.35
No. 4	4.76
No. 10	2.00
No. 40	0.420
No. 200	0.075

Fuente: Guía de laboratorio de suelos UNI

El equipo utilizado para la realización de este ensayo fue el siguiente:

- Juego de tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No.4, No.10, No.40, No.200, tapa y fondo.
- Balanza de 0.10 gr. de sensibilidad
- Mortero con su pisón
- Horno con temperatura constante de 100-110° C.

- Taras
- Cuarteador

Procedimiento:

De los sondeos manuales se extrajeron 40 muestras las cuales se cuartearon individualmente tomándose una muestra representativa de cada una de ellas en una tara, posteriormente se secaron las muestras en un horno a una temperatura de 100-110° C por 24 horas.

Se agruparon los suelos con características aparentemente similares y así realizar una descripción e identificación completa solo para cada grupo de muestras. Por lo tanto, se procedió a la agrupación de muestras de manera visual y tacto, tomando en cuenta los parámetros: color y textura, resultando de ello 17 grupos.

Imagen 8 Agrupación de muestras en el laboratorio



Fuente: Elaboración propia

- **Presentación de resultados**

Los resultados de cada una de las muestras se resumen en los formatos que fueron proporcionados en el laboratorio y utilizando como herramienta el programa Microsoft Excel. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis granulométrico de la muestra número uno.

Las fórmulas utilizadas para la realización de los cálculos son las siguientes:

- Fórmula para el cálculo del porcentaje retenido

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido parcial}}{\text{Peso total retenido parcial}} * 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

- Fórmula para el cálculo del porcentaje retenido Acumulado

$$\% \text{ Retenido} = \% \text{ Retenido acumulado} + \% \text{ retenido} \quad \text{Ecuación 9}$$

- Fórmula para el cálculo del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Retenido} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \quad \text{Ecuación 10}$$

Tabla 18 Resultados de análisis Granulométrico muestra No.1

Universidad Nacional de Ingeniería				
facultad de tecnología de la construcción				
laboratorio de materiales y suelos				
Análisis Granulométrico				
Nombre	propuesta de diseño Geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-1	Fecha		Sondeo no.4
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	31.20	2.11%	2.11%	97.89%
3/4"	30.10	2.04%	4.14%	95.86%
1/2"	74.00	5.00%	9.15%	90.85%
3/8"	64.90	4.39%	13.54%	86.46%
No.4	172.70	11.68%	25.21%	74.79%
Pasa No.4	1106.00	74.79%	100.00%	0.00%
Suma	1478.90	100.00%		
Tamiz no	Peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	12.80	6.93%	6.93%	93.07%
40.00	30.80	16.68%	23.61%	76.39%
200.00	85.80	46.45%	70.06%	29.94%
Pasa No.200	55.30	29.94%	100.00%	0.00%
Suma	184.70	100.00%		
Tara No	E-Y0	peso seco	142.8	
Peso seco lavado	87.5	pasa No.200	55.3	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el mismo procedimiento y la misma metodología de cálculo se procedió a la realización de los ensayos y la obtención de resultados de las 16 muestras restantes para conocer su comportamiento en la distribución granulométrica. **(Ver Anexo, Tabla 1-16, pág. XII-XXVII)**

5.3.2. Determinación de los límites de Consistencia o de Atterberg de los suelos (Norma técnica ASTM D-4318)

5.3.2.1. Determinación del Limite liquido (L.L)

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo.

Se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm. (Apuntes de Geotecnia, 2010).

Para encontrar los límites de consistencia o límites Atterberg se inició con la prueba del límite líquido, la cual esta se realizó tomando una muestra de suelo que pasa por el tamiz número 40, este se humedeció y amasó hasta llegar al punto que formara una pasta.

El equipo utilizado para la realización de este ensayo fueron los siguientes:

- Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
- Espátulas flexibles
- Capsula de porcelana
- Tamiz No.40
- Atomizador
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

Imagen 9 Preparación de muestra para la realización del ensaye de limite liquido



Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se detallan las ecuaciones utilizadas para determinar el peso del agua, el peso de la muestra seca y el contenido de humedad para luego poder determinar el límite líquido y plástico.

$$\text{Peso del agua} = (\text{Peso de la muestra humeda} + \text{peso de la tara}) - (\text{peso de la muestra seca} + \text{tara}) \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\text{Peso de la muestra seca} = (\text{peso de la muestra seca} + \text{tara}) - (\text{peso de la tara}) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$\text{Contenido de humedad } \% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de la muestra seca}} * 100 \quad \text{Ecuación 13}$$

- Fórmula para la determinación del límite líquido:

$$\text{Limite liquido} = Wn * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{Ecuación 14}$$

O

$$\text{Limite liquido} = K * Wn \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

N= Numero de golpes

Wn= Contenido de humedad del suelo para cada número de golpes

K= Factor dado para cada número de golpes

Tabla 19 Factores de K para distintos números de Golpes

FACTOR "K"											
N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
10	0.895	15	0.940	20	0.974	25	1.000	30	1.022	35	1.042
11	0.906	16	0.947	21	0.979	26	1.005	31	1.024	36	1.045
12	0.915	17	0.954	22	0.985	27	1.009	32	1.030	37	1.046
13	0.924	18	0.961	23	0.990	28	1.014	33	1.034	38	1.051
14	0.932	19	0.967	24	0.995	29	1.018	34	1.035	39	1.054

Fuente: Datos proporcionados por el laboratorio de Mecánica de Suelos UNI

5.3.2.2. Determinación del Límite plástico (L.P)

El límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente. (Guía de laboratorio de Mecánica de suelos I).

El equipo utilizado en la realización de este ensaye fue el siguiente:

- Vidrio esmerilado o papel absorbente
- Taras
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

Imagen 10 Rollos de 3 mm de diámetro para determinar el límite plástico



Fuente: Geología y Geotecnia, 2005, Pag 1

5.3.2.3. Determinación del Índice de plasticidad (I.P)

Una vez obtenido los datos de humedades o determinados los contenidos de Límite Líquido y Límite Plástico se calculó el Índice de Plasticidad este dato es el rango de humedades que tienen las muestras de suelos, es la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico.

Presentación de resultados de límites de consistencia

Cuando se obtuvieron todos los datos de las 17 muestras ensayadas incluyendo en ellas el banco de material se procedió a la realización de cálculos haciendo uso del programa Microsoft Excel el cual fue una herramienta muy importante para el procesamiento de estos datos. El límite líquido se calculó con la **ecuación 15** mencionada anteriormente, para cada muestra se realizaron tres ensayos obteniendo el promedio del límite líquido con la siguiente ecuación:

$$\text{Límite líquido} = \frac{\text{Sumatoria del límite líquido de cada ensaye}}{\text{Numero de ensayes}} \quad \text{Ecuación 16}$$

En el caso del límite plástico a cada muestra se le realizaron dos ensayos y se calculó su promedio. A continuación, se muestran los resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la muestra número uno.

Tabla 20 Resultados de límites de consistencia muestra No.1

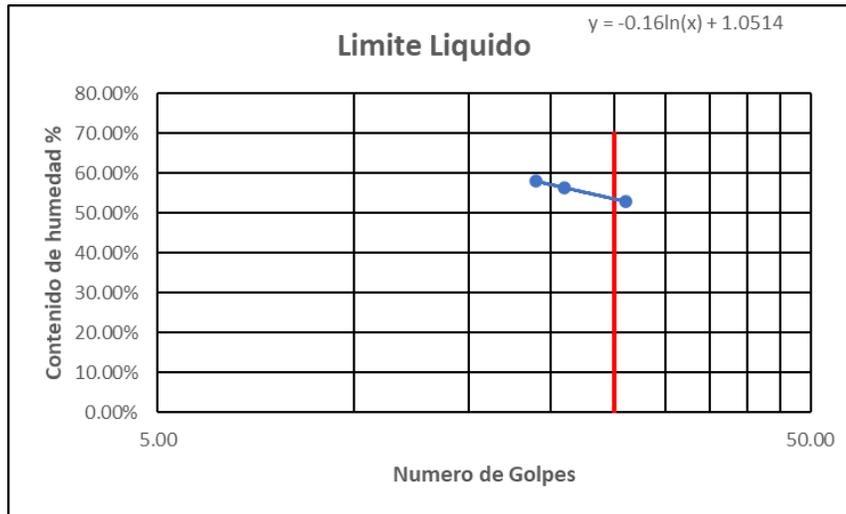
Universidad Nacional de Ingeniería			
facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. julio padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla no.40			
Proyecto			
Muestra no.	M-1	sondeo No.	4
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	B-04	A-20	A-19
No. de golpes	26.00	21.00	19.00
Peso de tara	21.70	21.60	22.70
Peso muestra húmeda + tara(grs)	32.10	32.85	30.60
Peso muestra seca + tara(grs)	28.50	28.80	27.70
Peso de agua	3.60	4.05	2.90
Peso muestra seca	6.80	7.20	5.00
Limite Liquido			
Contenido de humedad (%)	52.94%	56.25%	58.00%
Factor k	1.005	0.974	0.967
Limite liquido	53.21%	54.79%	56.09%
Limite plástico			
Tara	b-128	a-14	
Peso muestra húmeda + tara(grs)	46.20	44.20	
Peso muestra seca + tara(grs)	39.30	38.00	
Peso de agua	6.90	6.20	
Peso de la tara	21.77	21.78	
Peso seco	17.53	16.22	
Limite plástico	39.36%	38.22%	
Resultados			
limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
54.69%	38.79%	15.90%	

Fuente: Elaboración propia

El límite líquido se puede obtener de igual forma por medio de una gráfica conocida comúnmente como “diagrama de fluidez” en la cual en el eje de las “X” se grafican el número de golpes de un determinado número de veces que la

muestra es sometida al ensayo y en el eje de las “Y” los rangos de humedades obtenidos. Se calculó el límite líquido de forma gráfica para el caso de la muestra número uno.

Gráfico 3 Diagrama de fluidez para determinar el límite líquido muestra No.1



Fuente: Elaboración propia

Como se logra observar el límite líquido calculado por medio del diagrama de fluidez proporciona un dato de **LL= 53.64%** el cual se determinó haciendo uso de la ecuación que facilita el grafico en el programa Microsoft Excel la cual es la siguiente **$Y = -0.16 \cdot \ln(x) + 1.0514$** , donde el valor de X corresponde a los 25 golpes, dicho resultado obtenido a través de la gráfica se aproxima en un 98.08% al dato que muestra la tabla 15 que fue calculado por medio de la **Ecuación 16**. Por lo tanto, se decidió que será un dato altamente aceptable para hacer uso de la **ecuación 16** Para el cálculo del límite líquido de las muestras restantes cuyos datos se pueden observar en **(Ver Anexo, Tablas 17-32, pág. XXVIII-XLIII)**.

5.3.3. Clasificación de muestras (Norma Técnica AASHTO M-145)

Se procedió a la clasificación de las muestras haciendo uso de la norma técnica AASHTO M-145, “clasificación de suelos y muestras de agregados de suelos para propósitos de construcción de carreteras”, en este método se logra obtener su índice de grupo.

Este método clasifica los suelos de acuerdo a su composición las cuales son: su granulometría, Límite Líquido y su Índice de Plasticidad, en siete grupos de A-1 a A-7. Los suelos cuyas partículas pasan el tamiz No. 200 (0,075 mm) en un porcentaje menor al 35 %, forman los Grupos A1, A2, A3 y los subgrupos que corresponden.

En cambio, los suelos finos limo-arcillosos que contienen más del 35 % de material fino que pasa el Tamiz No. 200, constituyen los Grupos A-4, A-5, A-6, A-7 y los correspondientes subgrupos. Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos-Arcillosos en el caso del grupo A-4 es menor o igual a 8, grupos A-5 menor o igual a 12, y los grupos A-6 y A-7 menor o igual a 20 ó un número mayor.

El índice de grupo se calculó haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$IG = 0.20 (a) + 0.005 (a)(c) + 0.01 (b)(d) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde

a= Porcentaje que pasa por la malla No.200 – 35%

b= Porcentaje que pasa por la malla No.200 – 15%

c= Limite liquido – 40%

d = Índice de plasticidad – 10%

Tabla 21 Formato utilizado para clasificar Suelos AASHTO M-145 (Material Granular)

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

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

Tabla 22 Formato Utilizado para clasificar Suelos AASHTO M-145 (Material Limo-Arcilloso)

Clasificación general	Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Grupo de clasificación				
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, $IP < LL - 30$				
(b) Para A-7-6, $IP > LL - 30$				

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

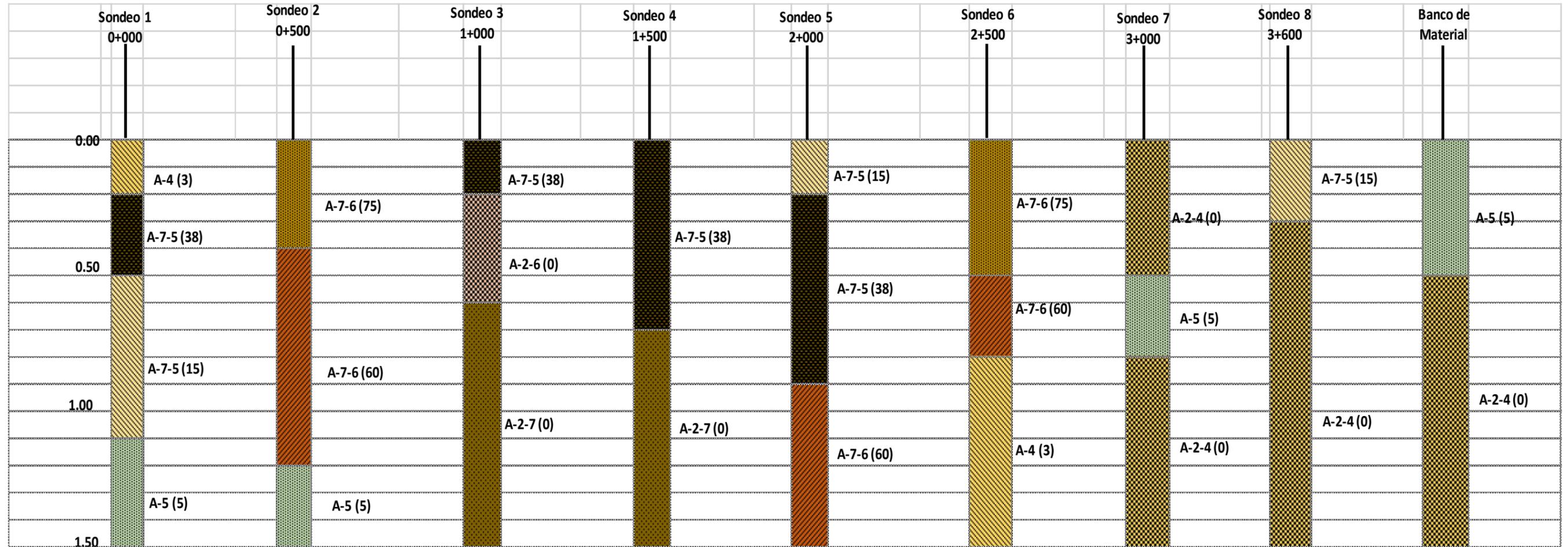
Utilizando el formato de las tablas 20 y 21 se procedió al agrupamiento o clasificación de las muestras con los datos de granulometría y límites de consistencia, haciendo uso de la norma técnica (AASHTO M-145).

Tabla 23 Clasificación de muestras de suelo Método AASHTO M-145

CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS (NORMA TECNICA, AASHTO M-145)										
Estacion	Sondeo No.	No. Muestra	% Pasa por la malla			L.Atterberg			AASHTO (IG)	Descripción del suelo
			No.4	No.40	No.200	LL	LP	IP		
0+000	1	2	84.68%	93.84%	85.28%	68.29%	45.54%	22.76%	A-7-5 (26)	Arcilloso
		3	93.53%	94.78%	83.91%	79.88%	43.68%	36.20%	A-7-5 (38)	Granulado arcilloso
		13	46.97%	79.10%	47.75%	36.18%	30.93%	5.24%	A-4 (3)	Limoso baja compresion
0+500	2	6	100.00%	96.22%	90.54%	89.14%	12.25%	76.89%	A-7-6 (75)	Arcilloso
1+000	3	7	58.70%	58.98%	6.98%	23.36%	12.64%	10.72%	A-2-6 (0)	Granulado arcilloso
1+500	4	1	74.79%	76.39%	29.94%	54.69%	38.79%	15.90%	A-2-7 (0)	Granulado arcilloso
2+000	5	11	59.31%	81.76%	48.99%	43.67%	28.68%	14.99%	A-7-5 (5)	Arcilloso
2+000 Y 2+500	5 Y 6	9	97.91%	97.29%	92.97%	72.41%	12.75%	59.67%	A-7-6 (60)	Arcilloso
3+000	7	8	14.89%	66.33%	29.09%	35.71%	29.64%	6.07%	A-2-4 (0)	Granulado arcilloso
		10	70.10%	83.12%	44.59%	41.16%	37.04%	4.12%	A-5 (2)	Limoso alta compresion
3+000 Y 3+600	7 Y 8	12	24.80%	81.15%	55.64%	43.64%	37.24%	6.40%	A-5 (5)	Limoso alta compresion
3+600	8	4	24.64%	61.95%	22.25%	41.95%	28.50%	13.46%	A-2-7 (0)	Granulado arcilloso
		14	79.46%	93.26%	83.99%	54.30%	41.40%	12.89%	A-7-5 (15)	Arcilloso
		15	100.00%	98.54%	51.60%	50.53%	46.50%	4.03%	A-5 (4)	Limoso alta compresion
		16	71.34%	53.10%	5.10%	31.78%	25.28%	6.49%	A-2-4 (0)	Granulado arcilloso
		17	99.88%	86.41%	61.71%	62.96%	48.18%	14.77%	A-7-5 (11)	Arcilloso
	BM	5 BM	8.49%	66.32%	25.94%	30.84%	26.67%	4.17%	A-2-4 (0)	Granulado arcilloso

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Perfil Estratigráfico estación 0+000-3+600.



Fuente: Elaboración Propia.

Se logra observar en la mayoría de muestras ensayadas la presencia de suelo Arcilloso-Limoso, de igual manera se logra apreciar la presencia de material Granulado-arcilloso siendo parte de esta clasificación el banco de material el cual de acuerdo a la tabla de clasificación de suelos gruesos se califica como un suelo excelente para fines de construcción de carreteras

5.3.4. Compactación de suelos (Método Proctor Estándar Norma ASTM D-698.91)

Según Lazo (2010) “Se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Mediante este ensayo se buscó mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo de deformación de las muestras tomadas en la línea y banco de material la cual es la que se pretende que forme la estructura de pavimento del diseño.

La importancia de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

Como principal objetivo de este ensayo es determinar la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo que para producirse este estado en una muestra de suelo es necesario que esta tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima.

El equipo utilizado para la realización de este ensaye fue el siguiente:

- Un molde de compactación, constituido por un cilindro metálico de 4” de diámetro interior por 4 ½ de altura y una extensión de 2 ½” de altura y de 4” de diámetro interior.
- Un pistón metálico (Martillo Proctor) de 5.5 lbs de peso (2.5 kg) de 5 cm (2”) de diámetro.
- Una guía metálica de forma tabular de 35 cm de largo aproximadamente.
- Una balanza de 29 kg de capacidad y 1.0 gr de sensibilidad.

- Una balanza de 500 gr de capacidad y de 0.01 gr de sensibilidad.
- Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100-110 ° C.
- Charolas metálicas
- Probetas graduadas de 500 cm³
- Extractor de muestras.
- Tara para determinar humedad.

Imagen 11 Preparación del equipo para ensaye de Proctor



Fuente: *Elaboración propia*

Procedimiento

En base a lo que se describe en las Guías de laboratorio de suelos UNI-RUPAP, y de acuerdo a lo establecido en la norma técnica ASTM D-698.91, se prepararon 3 kilogramos de muestra de los seis tipos de suelo, los cuales se compactaron

con humedades diferentes y con 25 golpes siendo estos constantes para cada uno.

Imagen 12 Proceso de compactación



Fuente: *Elaboración propia*

Los datos que se obtienen durante el ensayo para la obtención de resultados se anotaron en el formato correspondiente el cual fue proporcionado en el laboratorio.

Resultados

Para realizar los cálculos del ensayo Proctor estándar por cada muestra se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{peso humedo+tara-peso tara})-(\text{peso seco+tara-peso tara})}{(\text{peso seco+tara})-(\text{peso tara})} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$\text{Peso volumetrico humedo } (\gamma_h) = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del cilindro}} \quad \text{Ecuación 19}$$

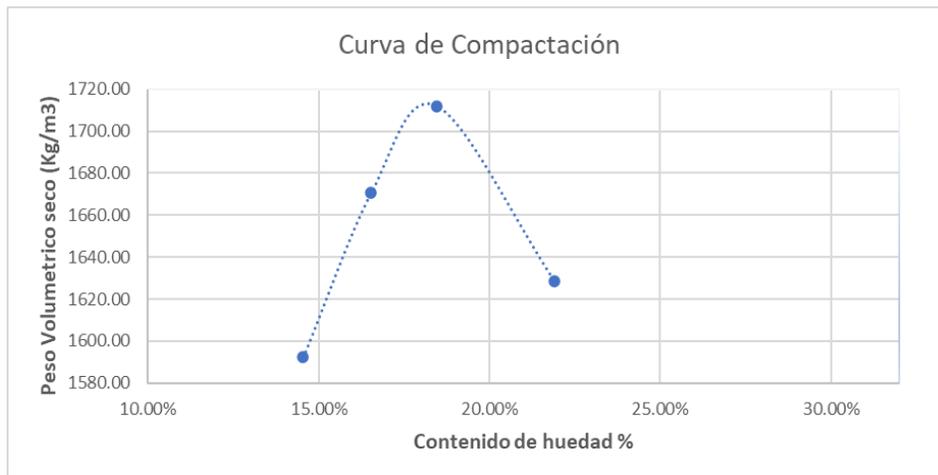
$$\text{Peso volumetrico seco } (\gamma_d) = \frac{\text{Peso volumetrico humedo } (\gamma_h)}{(1+\% \text{ Humedad})} \quad \text{Ecuación 20}$$

Tabla 24 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-2-6

Volumen de molde				
peso (Kg)	4.2093			
Altura (m)	0.115			
Diametro (m)	0.1			
Volumen m3	0.0009032			
TIPO DE SUELO	A-2-6 (GRANULADO ARCILLOSO)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.00090321	0.00090321	0.00090321	0.00090321
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (Kg)	5.86	5.97	6.04	6.00
Peso del material (kg)	1.65	1.76	1.83	1.79
Tara No.	C-175	E-YO	D-33	KR-10
Peso de tara (gr)	53.80	47.10	53.40	53.80
Peso seco + Tara (gr)	139.45	134.20	146.70	136.90
Peso Humedo + Tara (gr)	151.90	148.60	163.90	155.10
% de Humedad	14.54%	16.53%	18.44%	21.90%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1823.72	1946.73	2027.44	1985.04
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1592.27	1670.54	1711.86	1628.40
Densidad seca maxima				1719 kg/m3
Humedad optima				19.10%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 Determinación de la densidad máxima y humedad óptima para el suelo A-2-6



Fuente: Elaboración propia

Como se logra observar en el grafico 5, la densidad seca máxima es 1,719 kg/m³ y la humedad optima es de 19.10%, para el caso del suelo A-2-6, usando la misma metodología de cálculo se realizó para los demás grupos de suelos. **(Ver anexo, Tablas 33-37 Pág. XLIV - XLVIII).**

5.3.5. Ensayo de Valor relativo de soporte (CBR) Norma técnica (ASTM D 1883-73)

Según Lazo(2010) El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos.

Es decir, mide la resistencia al cortante que poseen los estratos que conformaran los cimientos de la carretera en construcción y ayuda a dimensionar los elementos que la conforma: Subrasante, sub base y base de la vía. (pág. 63).

El ensaye de valor relativo soporte, se emplea en la caracterización de la resistencia del material de cimiento de una vía o de los diferentes materiales que se emplearán en un pavimento, con vista a dimensionar los espesores de los suelos que formarán parte del mismo empleando el método de diseño de pavimentos basado en dicho ensayo.

El C.B.R. se determina como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para la penetración de 0.25 cm (0.1 pulgada) con un vástago de 19.35 cm² (3 pulg²) de área con una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos (0.05 pulg/min) y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración.

- **Fórmula para el cálculo de CBR**

$$CBR \% = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ patron} * 100$$

Ecuación 21

Tabla 25 Cargas Unitarias patrón

PENETRACION			CARGA UNITARIA PATRON		
Milímetros (mm)	Centímetros (cm)	Pulgadas (pulg.)	Kilogramos/cm ² (Kg/cm ²)	MPa	PSI
2.5	0.25	0.10	70.31	6.9	1,000
5.0	0.50	0.20	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.30	133.58	13.0	1,900
10.0	1.00	0.40	161.71	16.0	2,300
12.7	1.27	0.50	182.80	18.0	2,600

Fuente: Guías de laboratorios de suelos UNI

Los equipos utilizados para la realización de este ensayo fueron los siguientes:

- Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.
- Disco espaciador (fondo falso) de 15.1 cm de diámetro y 6.14 cm de altura.
- Martillo de compactación Proctor Estándar o Modificado.
- Aparato para medir la expansión con deformímetro de carátula con precisión de 0.01 mm.
- Pesas para sobrecargas, una metálica anular y varias metálicas ranuradas con un peso de 2.27 kg cada una y 14.9 cm de diámetro, con una perforación central de 5.04 cm de diámetro.
- Máquina C.B.R., equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm²) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/minutos y con anillo de carga de 50kN y un deformímetro de 0.02mm.
- Papel filtro circular, Horno con temperatura constante de 110± 5°C, Herramientas y accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de ¾ y No. 4.

Imagen 13 Equipo utilizado para CBR



Fuente: Elaboración propia

Las muestras fueron preparadas con el contenido de humedad óptima calculada con anterioridad en la prueba de compactación. Después de añadirle agua se introdujo en el molde previamente preparado y pesado a un número de capas determinada como lo indica la norma usada. Se le dieron 25 golpes a cada capa con el pisón para cada una de las muestras ensayadas.

Colocando los filtros en los moldes según lo establece la norma las muestras se sometieron a saturación por 96 horas esto con el fin de simular las condiciones más desfavorables que se puede encontrar.

Pasadas las 96 horas las muestras se sacaron del sitio de saturación y se prepararon para la prueba de penetración por medio de un pistón de diámetro conocido y una velocidad de penetración estandarizada conocida comúnmente en el laboratorio como “maquina CBR”.

Tabla 26 Distancias de penetración de pistón ensayo CBR

PENETRACIONES		
	mm	Pulgadas
Primera	0.635	0.025
Segunda	1.27	0.05
Tercera	2.54	0.10
Cuarta	3.81	0.15
Quinta	5.08	0.20
Sexta	7.62	0.30
Séptima	10.16	0.40
Octava	12.70	0.50

Fuente: Guías de laboratorio de suelos UNI

- **Resultados**

Tabla 27 Resultado de lectura ensayo de CBR suelo A-2-4

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-2-4							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area piston de de penetracion	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	5.00	52.95	264.75	120.34	19.35	6.22
0.10	2.54	8.00	52.95	423.60	192.55	19.35	9.95
0.15	3.81	11.00	52.95	582.45	264.75	19.35	13.68
0.20	5.08	20.00	52.95	1059.00	481.36	19.35	24.88
0.30	7.62	25.00	52.95	1323.75	601.70	19.35	31.10
0.40	10.16	30.00	52.95	1588.50	722.05	19.35	37.32
0.50	12.70	45.00	52.95	2382.75	1083.07	19.35	55.97

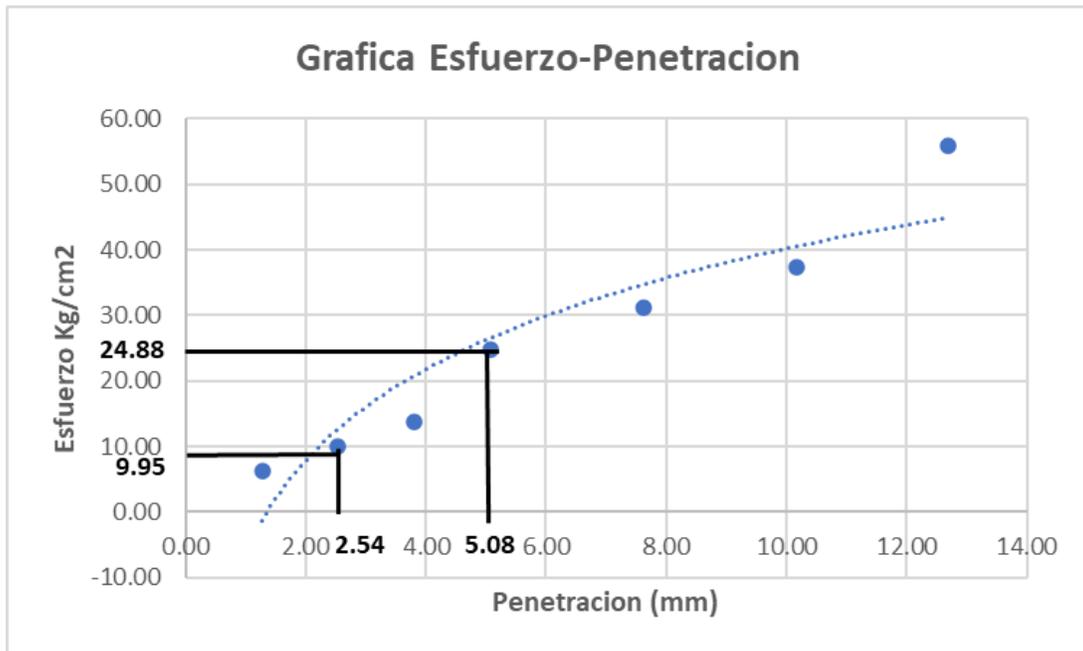
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Calculo de CBR para 0.1" y 0.2" para suelo A-2-4

Calculo de CBR Suelo A-2-4				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	9.95	70.31	14
0.20	5.08	24.88	105.46	24
Valor de CBR				24

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6 Esfuerzo penetración para suelo A-2-4.



Fuente: Elaboración propia.

Como se logra observar en la tabla 23 se refleja el valor de CBR para un 95% de compactación para el suelo A-2-4, suelo que forma parte de la clasificación de las muestras del banco de material y muestras extraídas de la línea, el cual se muestra en la gráfica CBR= 24.

Este valor se encuentra dentro del rango de bueno para ser usado como material de base o Sub-base, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 29 Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento

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

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

Siguiendo esta misma metodología se obtuvieron los resultados de CBR para los demás tipos de suelo. **(Ver anexo, Tablas 38-47, pág. XLIX- LIII).**

En anexos se presenta un consolidado de los resultados del estudio de suelo para cada tipo de suelo **(Ver anexo, tabla 48, pág. XCVII).**

6.1. Definición de Estructura de Macadam

Técnica de construcción de calzadas que consiste en aplicar piedra machacada o grava natural mezclada con arena y comprimir el conjunto mediante rodillos o rulos compresores. (McAdam, s.f.).

Caminos revestidos

Son caminos cuyo trazado geométrico obedece a normas de diseño para este tipo de superficie vial, tienen drenaje suficiente para permitir el tráfico durante la estación lluviosa. La superficie es de grava o suelos estables cuyo espesor mínimo es de 15 cm. Posee un ancho de corona entre 4 y 8 m. (Red vial de Nicaragua, 2017, pág. 22).

6.2. Metodología de John Loudon McAdam

El método de McAdam creado por John Loudon McAdam es efectivo para proteger las carreteras: descubrió que los cimientos masivos de roca sobre roca eran innecesarios, y afirmó que el suelo nativo solo sostendría la carretera y el tráfico en ella, siempre que estuviera cubierto por una costra de carretera que protegería el suelo debajo del agua y el desgaste.

Los pavimentos realizados con material de macadam proporcionan una alta resistencia al corte, el desarrollo de la estructura de pavimento macadam presenta un drenaje óptimo en las diversas capas construidas mejorando las condiciones de la estructura y permitiendo que no se sature.

El renombre de McAdam se debe a su construcción eficaz y económica, que supuso una gran mejora con respecto a los métodos utilizados por su generación. Hizo hincapié en que se podían construir carreteras para cualquier tipo de tráfico, (Macadam, 2013).

La construcción del pavimento con macadam presenta como estructura la realización de capas de piedra y grava triturada puesta de forma adecuada y recreando un esqueleto de piedra en conjunto, dejando unos espacios vacíos los

cuales se llenan de material con una Granulometría específica, llamado recebo o material fino, esto se hace con el fin de proporcionar cohesión a la estructura para que no presente vacíos, los cuales pueden llegar a incidir en la superficie y presentar un desgaste.

El espesor de macadam está considerado bajo espesores de 15-30 cm, en el proceso constructivo antes de comenzar la ejecución del macadam se deberá comprobar que la capa de subrasante este previamente compactada.

6.3. Especificaciones del Agregado grueso y material de recebo del Macadam.

6.3.1. Agregado grueso

La piedra para este trabajo consistirá en partículas limpias, tenaces y durables, y estará exenta de fragmentos laminares, alargados o material blando, y deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- El árido grueso procederá de la trituración de piedra de cantera o grava natural, en cuyo caso deberá contener como mínimo un 75% en peso de elementos machacados que presenten dos o más caras de fracturas.
- La curva granulométrica del árido grueso estará comprendida dentro de uno de los usos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 30 Granulometría del árido grueso

CEDAZOS UNE	Cernido Ponderal Acumulado %			
	M1	M2	M3	M4
100	100	-	-	-
90	90-100	-	-	-
80	-	100	-	-
63	-	90-100	100	-
50	-	-	90-100	100
40	0-10	0-10	-	80-90
25	-	-	0-10	-
20	0-5	0-5	-	0-10
12,5	-	-	0-5	0-5

Fuente: Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3, Pag -19

6.3.2. Agregado Fino (Recebo)

El recebo será en general una arena natural, suelo seleccionado, de machaqueo o material local, el cual como característica presenta dentro de sus rasgos una baja plasticidad, y es utilizado para llenar los espacios de vacíos entre el macadam.

Tabla 31 Requisitos de Granulometría del Recebo.

Tamices (mm)	Requisito PG-3
9.52	100%
4.75	>85%
2.00	-
0.85	-
0.42	-
0.25	-
0.14	-
0.10	-
0.07	10%-25%
Fondo	-

Fuente: Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3, Pag -34

El recebo cumplirá la condición de ser un suelo bajo en plasticidad, el equivalente de arena será superior a 30.

6.4. Caracterización Físico-Mecánicas de los materiales

- **Agregado Grueso**

El agregado grueso a utilizar en la estructura de macadam se tomará del banco de material cercano al proyecto al cual se le analizaron las propiedades físico-mecánicas, que se detallan a continuación:

Tabla 32 Análisis granulométrico del banco de material para estructura de Macadam

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
NOMBRE	PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3.6 KM DE CAMINO DE PENETRACION			
LOCALIZACION	EMPALME COBANO II-COMUNIDAD EL COBANO II, MUNICIPIO DE JUIGALPA CHONTALES			
MUESTRA	M-5 (Banco de material)	FECHA		SONDEO No.
TAMIZ No	PESO RETENIDO PARCIAL grs	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA POR EL TAMIZ
1 1/2"	256.70	15.17%	15.17%	84.83%
1"	504.00	29.78%	44.94%	55.06%
3/4"	532.80	31.48%	76.42%	23.58%
1/2"	126.20	7.46%	83.88%	16.12%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Características Físico-Mecánicas del Banco de material para estructura de Macadam

No. Muestra	Ensayo ASTM D 4318			Suelo	Ensayo ASTM D 698-91		Ensayo ASTM D 1883-73
	L. Atterberg				Proctor Estándar		CBR %
	LL	LP	IP		ysec máx (Kg/m ³)	Wopt. %	95%
5 BM	30.84%	26.67%	4.17%	A-2-4	1868.00	15.00	24.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la Granulometría del agregado grueso de estudio tiene una distribución prácticamente similar a la del M-4 del PG-3 según la tabla 29, pag-59, el tamaño máximo es de 40 mm (1 1/2") y el mínimo es de 12.50 mm (1/2"), El porcentaje que pasa en el tamiz de 1 1/2" es de 84.83% el cual está en el rango de límites de 80%-90% de la M4 del PG-3, de igual forma sucede con el tamiz de 1/2" donde pasa el 16.12% y los límites son 0% y 5%.

Por lo tanto, este material cumple con las características granulométricas según las especificaciones del árido grueso para Macadam, aparte que es un material granular con un índice de plasticidad $IP= 4.17\%$ lo cual indica que es un suelo ligeramente plástico, con una densidad seca máxima de 1868 kg/m^3 , una humedad óptima del 15% y un CBR de 24% , siendo un material calificado como bueno y que puede ser utilizado como base o Sub-base.

- **Agregado fino**

El recebo o material fino utilizado para llenar los espacios vacíos entre el macadam (Agregado grueso), de acuerdo a la metodología de macadam este material debe de ser un material granulado arenoso, el cual como característica presenta baja plasticidad. Las características físico-mecánicas del material a utilizar como recebo o agregado fino entre el macadam cumplen con las especificaciones de material de recebo, las cuales son las siguientes:

Tabla 34 Granulometría Agregado Fino

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIO DE MATERIALES Y SUELOS				
ANALISIS GRANULOMETRICO				
NOMBRE	PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE 3.6 KM DE CAMINO DE PENETRACION			
LOCALIZACION	EMPALME COBANO II-COMUNIDAD EL COBANO II, MUNICIPIO DE JUIGALPA CHONTALES			
MUESTRA	M-15	FECHA		SONDEO No.8
TAMIZ No	PESO RETENIDO PARCIAL grs	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA POR EL TAMIZ
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Pasa No.4	620.80	100.00%	100.00%	0.00%
SUMA	620.80	100.00%		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASA EL TAMIZ No.4 (LAVADO)				
TAMIZ No	PESO RETENIDO PARCIAL grs	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA POR EL TAMIZ
10.00	0.40	0.37%	0.37%	99.63%
40.00	1.20	1.10%	1.46%	98.54%
200.00	51.30	46.94%	48.40%	51.60%
Pasa No.200	56.40	51.60%	100.00%	0.00%
SUMA	109.30	100.00%		
TARA No	I-P	PESO SECO	107.70	
PESO SECO LAVADO	51.30	PASA No.200	56.4	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 Índice de Plasticidad del material utilizado como recebo

No. Muestra	Ensayo ASTM D 4318			Suelo	Ensayo ASTM D 698-91		Ensayo ASTM D 1883-73
	L. Atterberg				Proctor Estándar		CBR %
	LL	LP	IP		ysec máx (Kg/m3)	Wopt. %	95%
15.00	50.53%	46.50%	4.03%	A-5	1255.00	20.85	24

Fuente: Elaboración propia

Como se logra observar en la **tabla 33, pag-62**, todas las partículas del recebo en estudio que pasan por el tamiz 3/8" y por el tamiz No.4 corresponden al 100%, de igual manera el tamiz No.200 que corresponde al 51.60% cumpliendo con el requerimiento antes descrito en la **tabla 30, Pag-60**, esto quiere decir que el recebo en estudio es un agregado fino y cumple con lo especificado, estas partículas son consideradas Filler o material llenante que brinda una mayor densidad al Macadam.

6.5. Propuesta de Estructura de Macadam

Una vez obtenido los resultados del estudio de suelo tanto del banco de material como del tramo de estudio y conociendo sus propiedades físico-Mecánicas, se considera necesario una propuesta de estructura de macadam con 25 cm de espesor en dicho tramo, el agregado grueso se extenderá en dos capas de 10 cm

cada una con piedras de tamaño de 2.95 pulgadas (7.50 cm) y la capa de rodadura o la superficie de la carretera tendrá una capa de 5 cm con piedras de tamaño de 0.79 pulgadas (2cm), compactadas longitudinalmente comenzando por los bordes exteriores y progresando hacia el centro, la compactación se continua hasta que el agregado grueso quede perfectamente trabado y no sé produzcan corrimientos, ondulaciones o desplazamiento delante del compactador, procediendo a llenar los espacios vacíos con el recebo.

El material utilizado para la estructura de macadam propuesta, será del banco de material cercano al proyecto con un CBR de 24% el cual cumple como material Base o subbase para ser utilizado.

Este diseño comprende las necesidades de movilidad, seguridad y armonía con el medio ambiente. Para lograr lo antes mencionado, es fundamental que el equipo de diseño se involucre con la comunidad, para que este último conozca las intenciones del proyecto; pero, sobre todo, que los diseñadores puedan tener conocimiento de las necesidades particulares de la comunidad, antes de pretender dar soluciones estandarizadas.

La importancia de la realización del diseño de un camino, reside en la conexión vial de la comunidad el Còbano 2, trayendo consigo beneficios socio-económicos. Esto se logrará con la construcción de un camino que conecte la comunidad con la carretera Juigalpa-Puerto Díaz para su desarrollo como tal. Teniendo como objetivo básico habilitar las condiciones actuales de esta vía, un nivel de servicio de clasificación D. (SIECA, 2004, págs. 2-17), la que tendrá una estructura de macadán.

Hemos tomado en cuenta los siguientes aspectos que se consideran de gran valor para la comunidad:

- Mantener la trayectoria existente del camino actual, ajustándose a las limitaciones de espacios impuestos por los propietarios en todo el trayecto del camino.
- Conservar en lo posible el medio ambiente existente entorno a toda la zona del trayecto establecido.
- Evitar en todo lo posible, la proyección obras de movimiento de tierra de grandes magnitudes (excavaciones y/o terraplenes) que pudiesen generar una deformación notoria en el aspecto paisajístico y en el medio ambiente en general de la vía.
- Proyectar para su construcción los elementos complementarios básicos para la evacuación de las aguas pluviales y domesticas de la vía.

El Diseño Geométrico se efectuó con la herramienta de CivilCAD 3D 2018, que permite agilizar y observar de forma más acertada el uso y manejo de vistas en tres dimensiones por modelado, para la ejecución de los procedimientos y la implementación de la norma SIECA 2004. Sin embargo, se requiere de principios básicos en el manejo de Autodesk y el conocimiento de definiciones de los proyectos gestionados con el programa, como son: el ambiente del software, los puntos, superficies, assambles y corridors. Cada uno de estos elementos fueron debidamente abordados a medida que se requería su utilización.

7.1. Clasificación Funcional

Estas varían de un país a otro según la importancia de la vía, sus características geométricas, volumen vehicular, entre otros aspectos, estas clasificaciones se pueden analizar en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA).

El tramo en estudio ha sido clasificado como un Camino Vecinal según el manual de la SIECA; (SIECA, 2004, págs. 3-8), en las estaciones 0+000 y 3+600 (Inicio y fin respectivamente del proyecto), debido a que este tramo está por debajo de 500 vehículos en promedio diario. También se tomaron los valores mínimos para los criterios de diseño correspondiente a su estudio de tránsito y tipo de terreno natural del tramo en función de la norma.

La clasificación funcional de las carreteras regionales, atendiendo a los criterios sustentados y a las referencias mencionadas en los párrafos precedentes de este capítulo, admite el establecimiento de cinco tipos de carreteras entre rurales y suburbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño,

^{9.} "A Review of Highway Design Practices in Developing Countries", the World Bank, mayo 1975.

Cap. 3, CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS REGIONALES

3-8

que por el rango inferior no deben ser inferiores a los 500 vehículos promedio diario. Por consiguiente, están fuera de consideración las carreteras urbanas, al igual que los caminos vecinales o locales. Estos últimos caminos son del ámbito

7.1.1. Camino de penetración

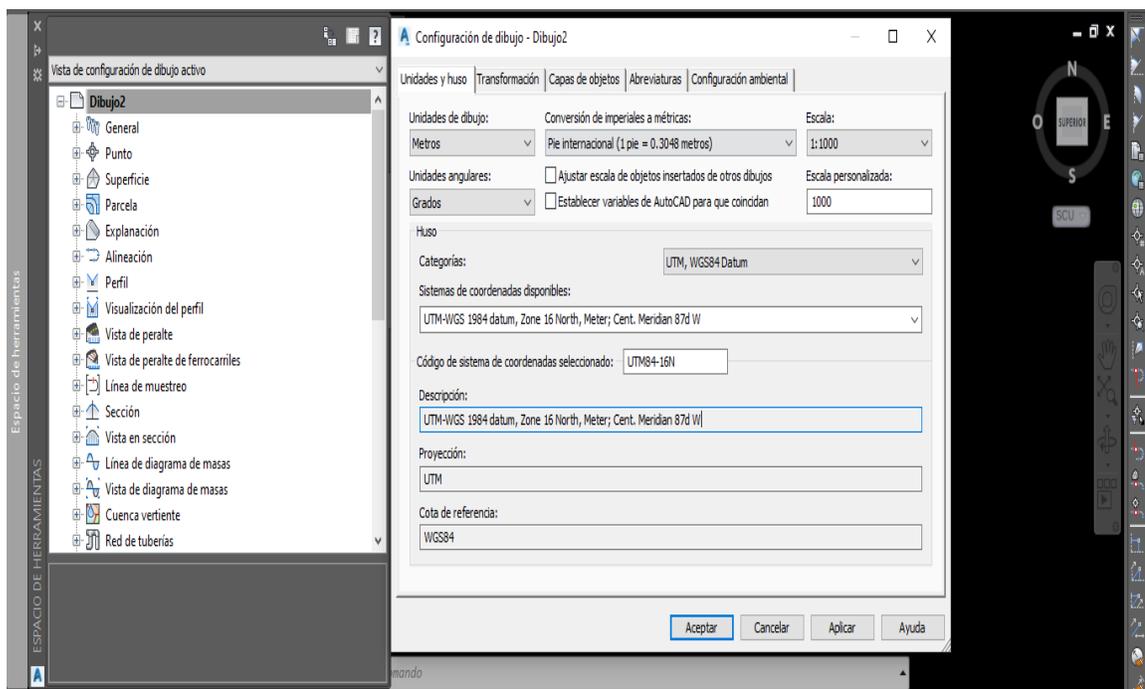
Los caminos de penetración, son vías de comunicación que unen a diferentes poblados y facilita el traslado de las personas a más servicios y actividades sociales, por lo que se les llama también **caminos vecinales**. La principal función de un camino vecinal además de brindar acceso a propiedades adyacentes, es proporcionar el acceso a zonas remotas del país que carecen de facilidades de transportes, generalmente las zonas que conectan tienen menos de 1000 habitantes y volúmenes de tráfico menores de 500 veh. /día. (Red vial de Nicaragua, 2017, pág. 28).

7.2. Diseño Horizontal en Civil 3D

7.2.1. Configuración inicial

Configuramos la plantilla de diseño; y establecemos las unidades del dibujo en metros, las unidades angulares en grados y el sistema de coordenadas como UTM-WGS84 zona 16 norte.

Imagen 14 Configuración inicial en CIVILCAD 3D



Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Importación de puntos y creación de superficie

La Superficie fue creada por el programa Civil CAD, tomando en cuenta como datos para su creación los puntos tomados el levantamiento topográfico. Continúo de ciertos parámetros del diseñador, como por ejemplo la equidistancia entre curvas de nivel.

Imagen 15 Importación de puntos en CIVILCAD 3D

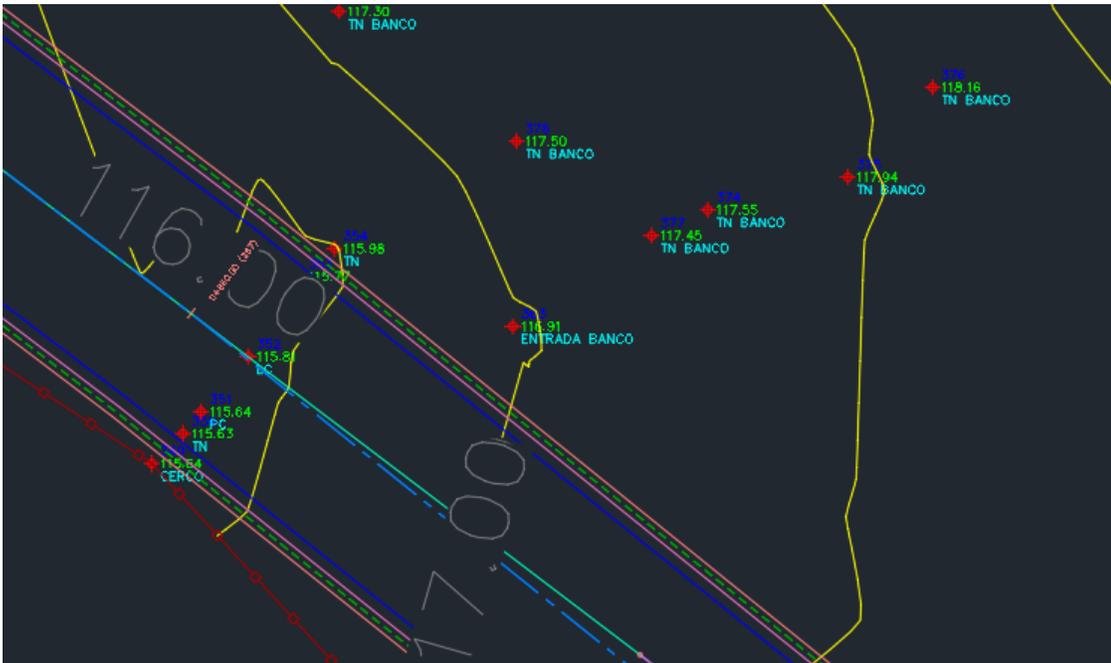


Fuente: *Elaboración propia*

7.2.2.1. Curvas de Nivel

Una curva de nivel es una línea que une todos los puntos de una superficie que tienen la misma elevación. El intervalo de las curvas de nivel depende del diseñador, en este caso se utilizó de 5 metros para las curvas principales y de 1 metro para las curvas secundarias, de tal manera que se puedan visualizar las diferentes curvas.

Imagen 16 Superficie de la estación 0+780-0+840, generada por CIVIL-CAD 3D



Fuente: Elaboración propia

7.2.3. Alineamiento Horizontal

El vital propósito es de brindar seguridad y comodidad al usuario que se desplace a la velocidad de proyecto de la carretera en lo posible de las limitaciones de terreno.

El alineamiento se representó por segmentos de línea recta llamados tangentes, curvas simples, y curvas simples más espirales, debido a la velocidad propuesta de 30 km/hora, se utilizó un radio mínimo de 28.5 m acomodándose así al espacio establecido en el tramo.

Cabe señalar que en este diseño se crearon curvas cerradas por las condiciones críticas de espacio que presenta en varios puntos de dicho recorrido. Para los estacionamientos del tramo se indicó que la distancia entre cada uno de ellos sería de 20 metros.

7.2.4. Velocidad de Diseño del proyecto

La velocidad de diseño es un elemento de importancia que por lo general establece el costo del camino y es por el cual debe restringirse para adquirir costos bajos. Los criterios de diseño del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Esto con el fin de no ofrecer sorpresas al conductor en el trayecto del camino.

Para el caso del Proyecto en estudio se ha considerado establecer la Velocidad de Proyecto que se ajuste en todo lo posible a las necesidades, características y condiciones existentes en el corredor del camino, y que a la vez nos permita proveer la confortabilidad de los usuarios del camino de toda el área de influencia del Proyecto, para lo cual se procedió de los siguientes criterios.

Las velocidades de diseño se van reduciendo con la gradualidad que impone la tipología utilizada, hasta los niveles inferiores que corresponden a los caminos vecinales o locales, donde dicha velocidad se reduce hasta 40 kilómetros por hora en terreno montañoso según las normas de Costa Rica y hasta 30 kilómetros por hora en las condiciones más restrictivas que aceptan El Salvador, Honduras y Nicaragua. (SIECA, 2004, págs. 4-3).

La velocidad de Diseño propuesta es de **30 Km/h** con longitudes de transición restringidas debido a las limitaciones de espacio, para valores mayores de estos parámetros (Velocidad, Radio de curvatura, etc.) se ajustarán en la medida de lo posible al trayecto del camino.

7.2.5. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño usando los valores límites de “e” y “f”.

7.2.5.1. Superelevación máxima

Cuando un vehículo circula en una curva cerrada y con determinada velocidad se hace necesaria la existencia de una sobreelevación o peralte que le permita contrarrestar la fuerza centrífuga y el efecto perjudicial que se genera entre las llantas y la superficie rodamiento. Debido a que las condiciones topográficas y

climáticas de la zona en la vía imponen condiciones particulares en el diseño, el Manual de Centroamericano (SIECA, 2004, págs. 4-36), recomienda el uso de factores de sobreelevación para diferentes tipos de área, analizando que el tramo en estudio se encuentra en una zona rural, a esta le corresponde una tasa de sobre elevación máxima “e” del 8%.

Tabla 36 Tasa de sobreelevación "e"

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: SIECA 2004, Pag 4-36

7.2.5.2. Coeficiente de fricción lateral (30 km/h)

Este depende especialmente de las condiciones de los neumáticos de los vehículos, del tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo. La AASHTO presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras, con variaciones entre 0.17 y 0.10 en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras rurales y urbanas con velocidades comprendidas entre 30 y 110 kilómetros por hora, (SIECA, 2004, págs. 4-34).

El valor del coeficiente de fricción lateral utilizado es de **0.17 para 30 km/h.**

Tabla 37 Coeficiente de fricción lateral para una velocidad de 30 km/h

Velocidad de Diseño(Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'
40	0.17	50.4	50	22° 55'
50	0.16	82.0	80	14° 19'
60	0.15	123.2	120	9° 33'
70	0.14	175.4	175	6° 33'
80	0.14	229.1	230	4° 59'
90	0.13	303.7	305	3° 46'
100	0.12	393.7	395	2° 54'
110	0.11	501.5	500	2° 17'
120	0.09	667.0	665	1° 43'

Fuente: SIECA 2004, Pág. 4-41

7.2.5.3. Radio de curvatura mínimo

Son los valores límites de la curvatura para la velocidad de diseño elegida y está relacionada con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Utilizando los valores de fricción lateral recomendados y la superelevación máxima en función de la velocidad de diseño los radios mínimos de curvatura horizontal pueden calcularse utilizando la formula descrita a continuación:

$$R = \frac{V^2}{127.14(e_{max} + f_{max})} \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

R: Radio mínimo de curva, en metros.

e: Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f: factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V: Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

$$R = \frac{30^2}{127.14(0.08+0.17)} = 28.3 \text{ m}$$

La zona del tramo en estudio es rural donde se implementará una velocidad de diseño de 30 Km/h, con una sobreelevación máxima del 8%, el radio mínimo propuesto es de 28.3 m para dicha velocidad.

7.2.5.4. Grado máximo de curvatura (G)

Este tiene estricta relación con el radio mínimo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. El grado de curvatura se calcula en función de la formula siguiente para arcos de 28.3 m, SIECA 2004, pág.4-40.

$$D = \frac{1145.92}{R} \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

D: El grado de curva o de curvatura

R: Radio

$$D = \frac{1145.92}{28.3} = 40^{\circ} 29'$$

Lo que para la velocidad de 30km/h es igual a 40° 29'

7.2.6. Número de carriles

Para proporcionar a la vía de una circulación vehicular en ambos sentidos, el número de carriles a utilizar será de 2.

7.2.7. Vehículo de diseño

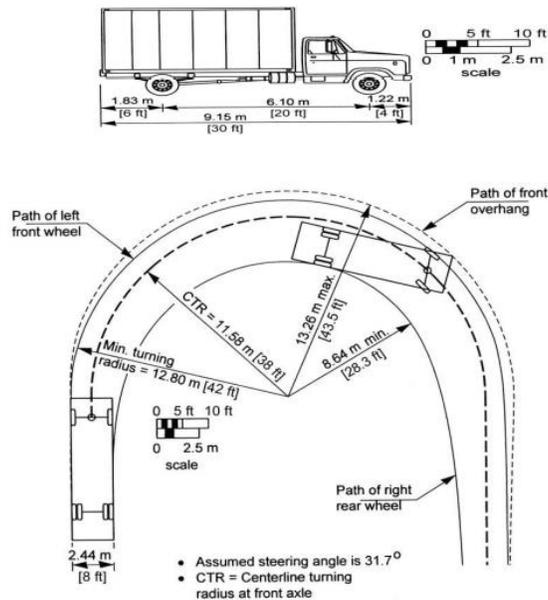
Tomando en cuenta el tráfico atraído que se pueda generar con las mejoras del tramo, el vehículo de diseño propuesto es el C2.

Las características de los vehículos de diseño condicionan los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en el ancho del carril, los hombros.
- La distancia entre los ejes del vehículo influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- Las características de los vehículos, además de condicionar los aspectos referidos en la norma, a través del peso bruto admisible conjugado con la configuración de los ejes; influyen en las dimensiones de la superficie de rodamiento.

A continuación, se muestra el vehículo tipo seleccionado para el proyecto. Las características del vehículo C2 tomadas del manual de la AASHTO 2004.

Imagen 17 Características del vehículo de diseño (C2)



Fuente: AASHTO 2004, pág. 22.

7.2.8. Ancho de Carril

La sección transversal típica de un camino es un factor relevante en el diseño ya que influye considerablemente en el costo de la obra como en su capacidad de movilidad y seguridad. Una Sección reducida será económica, pero su capacidad de tránsito será reducida al igual que los elementos de seguridad. Por otro lado, una amplia sección tendrá magnífica capacidad de tránsito y se contará con la seguridad vial adecuada a las necesidades, pero será costosa. Procurando en la medida de lo permisible que el proyecto deba coordinar ambas necesidades para encontrar la solución más factible, y proyectando con visión del futuro para una posible extensión del tramo.

En el ambiente vial centroamericano, un ancho de carril de 3.6 metros se considera como el ideal para las condiciones físicas más exigentes de la vía y el tránsito, en coincidencia con las normas norteamericanas vigentes, variando según el tipo de carretera hasta un mínimo tolerable de 2.7 metros en caminos rurales de poco tránsito (SIECA 2004, pag.4-6).

El ancho de carril que se propone para este diseño geométrico es de 2.70 metros, basándose en el ancho del vehículo de diseño y en el derecho de vía existente en dicho tramo.

A continuación, se muestra un resumen de los parámetros a adoptar:

- Velocidad de Diseño: **30 km/h**
- Vehículo de Proyecto: **C2.**

El Tipo de vehículo C2 de la AASHTO le corresponden las siguientes dimensiones de vehículo.

- Ancho de su parte frontal: **2.44 m.**
- Voladizo delantero: **1.22m.**
- Voladizo Trasero: **1.83m.**
- Distancia entre eje extremos: **6.10 m**

Estableciendo un ancho de carril de $2.44 \text{ m} + 0.26 \text{ m} = 2.70 \text{ m}$; que corresponde al ancho de carril de rodamiento mínimo que requiere el vehículo de Proyecto.

Con lo antes establecido estamos delimitando, a las diferentes categorías de vehículos con un ancho similar a la del vehículo prototipo aquí seleccionado, a una reducción considerable en sus maniobras dentro del carril a la velocidad de diseño previamente establecido.

7.2.9. Calculo de Sobreancho

Los sobreanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera o, alternativamente, dejar los detalles finales al Ingeniero residente de campo. (SIECA, 2004, págs. 4-50).

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobreancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S = n[R - (\sqrt{R^2 - L^2})] + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

S = Valor sobreebanco, metros

n = Número de carriles de la superficie de rodamiento

L = Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros

R = Radio de curvatura, metros

V = Velocidad de diseño de la carretera, kilómetros por hora

Sustituyendo los valores en la **ecuación 25** tenemos el siguiente resultado:

$$S = 2[28.3 - (\sqrt{28.3^2 - 6.10^2})] + \frac{30}{10\sqrt{28.3}} = 1.80 \text{ m}$$

7.2.10. Ancho de Rodamiento

El ancho total de rodamiento de la sección de vía es de 5.40 m. para un ancho de 2.70 m. por carril.

7.2.11. Cálculo de Curva Circular

Datos de la Curva C1		
Angulo de deflección Δ	21.23	(d)
Coefficiente de fricción máxima	0.17	-
Peralte Máximo	8.00	%
Grado de curvatura G °c	40° 29'	(d)
Velocidad de diseño	30.00	KPH
Est. PI	0+010.96	m

- **Cálculo de la subtangente**

$$ST = R * \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$ST = 28.3 * \tan \frac{21.23}{2} = 5.30 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de la curva de diseño

$$LC = \frac{\pi * R * \Delta}{180} \quad \text{Ecuación 26}$$

$$LC = \frac{\pi * 28.3 * 21.23}{180} = 10.48 \text{ m}$$

- Cálculo de los estacionamientos tangencia donde comienza la curva PC y tangencia donde termina la curva PT.

$$EST.PC = EST.PI - ST \quad \text{Ecuación 27}$$

$$EST.PC = 0 + 010.96 - 5.30 = 0 + 005.66$$

$$EST.PT = EST.PC + LC \quad \text{Ecuación 28}$$

$$EST.PT = 0 + 005.66 + 10.48 = 0 + 016.14$$

- Cálculo de Cuerda máxima

$$Cl = 2 \left(R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right) \quad \text{Ecuación 29}$$

$$Cl = 2 \left(28.3 * \sin\left(\frac{21.23}{2}\right) \right) = 10.42 \text{ m}$$

- Cálculo de la Externa

$$E = \left(\frac{R}{\cos\frac{\Delta}{2}} - R \right) \quad \text{Ecuación 30}$$

$$E = \left(\frac{28.3}{\cos\frac{21.23}{2}} - 28.3 \right) = 0.52 \text{ m}$$

- **Cálculo de la ordenada media**

$$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

Ecuación 31

$$M = 28.3 * \left(1 - \cos \frac{21.23}{2}\right) = 0.48 \text{ m}$$

Rumbo= S 72°6`19.15`` E

7.3. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos y según la norma de diseño SIECA 2004(pág. 4-62), siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad.
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo

Algunos Criterios para el Diseño del Alineamiento Vertical La AASHTO presentan algunos consejos valiosos entorno al diseño del alineamiento vertical, de donde cabe entresacar algunos por su relevancia para la práctica vial centroamericana:

- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte, a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.
- En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias para facilitar el ascenso.

- En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.
- Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momentum, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que pueden incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- Hay que evitar el “efecto de montaña rusa”, que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.

Para este diseño se selecciono un factor K de diseño de 4 y un coeficiente de fricción de 0.40, respecto a la velocidad de diseño de 30 KPH.

Cuadro 4.22

Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP

Velocidad de diseño Km/h	Rango de velocidad de marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)		Factor K de diseño *
			Menores	Mayores	
30	30-30	0.40	30	30	4-4
40	40-40	0.38	45	45	8-8
50	47-50	0.35	60	65	11-12
60	55-60	0.33	75	85	15-18
70	63-70	0.31	95	110	20-25
80	70-80	0.30	115	140	25-32
90	77-90	0.30	130	170	30-40
100	85-100	0.29	160	205	37-51
110	91-110	0.28	180	245	43-62

* Cifras redondeadas

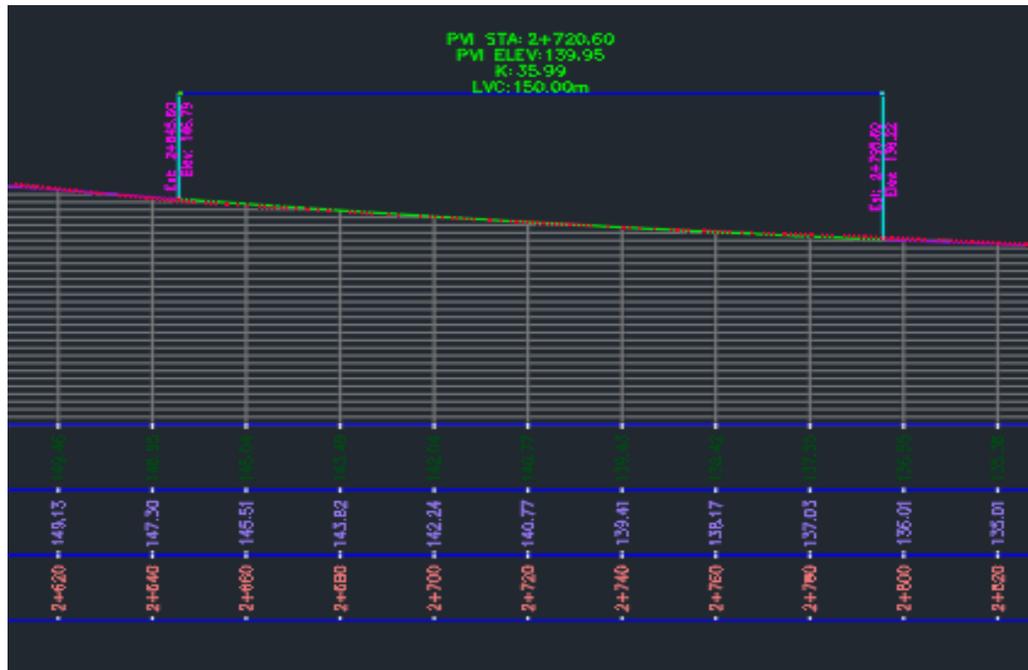
7.3.1. Perfil Natural

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo de la superficie, a lo largo del eje longitudinal de la carretera y es la base para el diseño de la sub - rasante de la misma.

7.3.2. Subrasante

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la carretera, sobre la superficie modificada por los cortes y rellenos y sin ninguna capa adicional.

Imagen 18 Alineamiento Vertical generado por el software CIVILCAD 3D



Fuente: *Elaboración Propia.*

7.3.3. Tangente Vertical

Una tangente vertical es un segmento de línea recta que une el final de una curva vertical y el principio de la siguiente. Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de una curva y el principio de la curva siguiente, se representa como T.

7.3.4. Distancia de Visibilidad de Parada.

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido. Esta distancia se calcula para que un conductor y su vehículo por debajo del promedio, alcance a detenerse ante el peligro u obstáculo. Es la distancia de visibilidad mínima con que debe diseñarse la geometría de una

carretera, cualquiera que sea su tipo, (SIECA 2004, pág. 4-22). La distancia de visibilidad de parada en su primer componente, d_1 , se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:

$$d_1 = 0.278 vt \text{ (metros)}$$

Donde:

v = Velocidad inicial, kilómetros por hora.

t = Tiempo de percepción y reacción, que es de 2.5 seg, según el SIECA 2004 (pág. 4-22).

7.3.5. Curva Vertical

Las curvas verticales son las que unen dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. La condición que se considera óptima para la conducción de un vehículo, corresponde a un movimiento cuya componente horizontal de velocidad sea constante.

Las curvas verticales, siendo parábolas, pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente.

7.3.5.1. Cálculo de curva vertical en Columpio.

Datos de la Curva Vertical 1 en Columpio		
Pendiente de entrada	-4.98	%
Pendiente de salida	-1.65	%
Coeficiente de fricción longitudinal	0.40	
Velocidad de diseño	30.00	KPH
Estacionamiento EST.PIV	0+415.18	m
Elevación ELEV.PIV	93.12	m

- **Distancia algebraica de las pendientes**

$$G = (P1 - P2) \quad \text{Ecuación 32}$$

$$G = (-4.98) - (-1.65) = -3.33$$

Dado que la diferencia algebraica es negativa entonces la curva está en columpio.

- **Cálculo de longitud de la curva**

Para el cálculo de la longitud de la curva, se necesita el valor de K.

$$K=4$$

$$L = K * G \quad \text{Ecuación 33}$$

$$L = 4 * -3.33 = 13.32 \text{ m}$$

Distancia que podrá ser redondeada a los 100 m, del cálculo referencia.

- **Cálculo de la distancia de visibilidad de parada**

$$D1 = 0.278 * V * t \quad \text{Ecuación 34}$$

$$D1 = 0.278 * 30 * 2.5 = 20.85m$$

- **Cálculo de distancia de frenado**

$$D2 = \frac{v^2}{254*(f \pm G)} \quad \text{Ecuación 35}$$

$$D2 = \frac{30^2}{254*(0.40 \pm \frac{3.33}{100})} = 9.66m$$

$$DVP = D1 + D2$$

$$DVP = 20.85 + 9.66m = 30.51m \sim 30 \text{ m}$$

En el diseño se propuso una distancia de visibilidad de parada de 30 m para una velocidad de diseño de 30 km/h, según el Manual Centroamericano de normas para diseño Geométrico SIECA 2004.

Tabla 38 Distancia de Visibilidad de parada

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de Marcha Km/h	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción f	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Parada para (m)
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA, edición 2004, pág. 4-28).

- Cálculo de la longitud mínima de la curva

$$L = \left| \frac{G \cdot DVP^2}{404.25} \right| \quad \text{Ecuación 36}$$

$$L = \left| \frac{3.33 \cdot 30^2}{404.25} \right| = 7.41m$$

Como L es menor que la distancia de visibilidad de parada se aplica el siguiente cálculo:

$$L = 2 \cdot DVP - \frac{404}{G} \quad \text{Ecuación 37}$$

$$L = 2 \cdot 30 - \frac{404}{3.33} = 61.32m$$

- Cálculo de los estacionamientos

$$EST.PCV = EST.PIV - \frac{L}{2} \quad \text{Ecuación 38}$$

$$EST.PCV = 0 + 415.18 - \frac{61.32}{2} = 0 + 384.52$$

$$EST.PCV = EST.PIV + \frac{L}{2}$$

Ecuación 39

$$EST.PCV = 0 + 415.18 + \frac{61.32}{2} = 0 + 445.84$$

- **Cálculo de las elevaciones**

$$ELV.PCV = ELV.PIV - P1 * \frac{L}{2}$$

Ecuación 40

$$ELV.PCV = 93.12 - \left(-4.98\% * \frac{61.32}{2}\right) = 94.64m$$

$$ELV.PTV = ELV.PIV + P2 * \frac{L}{2}$$

Ecuación 41

$$ELV.PTV = 93.12 + \left(-1.65\% * \frac{61.32}{2}\right) = 92.61m$$

$$E = \frac{P2-P1}{200L} * \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

Ecuación 42

$$E = \frac{-1.65-(-4.98)}{200*61.32} * \left(\frac{61.32}{2}\right)^2 = 0.255m$$

7.3.6. Derecho de vía del proyecto.

El derecho de vía es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño balanceado de la(s) calzada(s) con sus carriles proyectados, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional.

No obstante, la conveniencia de contar con una franja de terreno de ancho uniforme para cada tipo de carretera, en la práctica dicha franja es variable y determinada en función de cada proyecto en particular, dicho esto a fines y condiciones del proyecto este varía al punto de limitarse al ancho de la calzada.

7.3.7. Pendiente máxima

En el caso de las pendientes máximas para carreteras colectoras (rurales), según el tipo de terreno mencionado anteriormente como ondulado (lomerío) para una velocidad de 30 km/h su pendiente máxima recomendada aproximadamente corresponde al 15%, según el cuadro 4.20 del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2004, pág. 4-65)

Cuadro No. 4.20
Pendientes Máximas y Mínimas por Tipo de Carreteras

Clasificación Funcional	Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (Km/h)						Pendiente Mínima (%)
		Pendiente Máxima (%)						
		32	48	64	80	96	112	
AR Autopistas Regionales	Plano	-	-	-	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	-	5	4	4	
	Montañoso	-	-	-	6	6	5	
TS Troncales Suburbanas	Plano	-	8	7	6	5	-	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	9	8	7	6	-	
	Montañoso	-	11	10	9	8	-	
TR Troncales Rurales	Plano	-	-	5	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	6	5	4	4	
	Montañoso	-	-	8	7	6	5	
CS Colectoras Suburbanas	Plano	9	9	9	7	6	5	0.3 – 0.5
	Ondulado	12	11	10	8	7	6	
	Montañoso	14	12	12	10	9	7	
CR Colectoras Rurales	Plano	-	7	7	6	5	-	0.5
	Ondulado	11	10	9	8	6	-	
	Montañoso	16	14	12	10	-	-	

Fuente: ITE, *Geometric Design and Operational Considerations for Trucks, 1992.*

7.3.8. Pendiente mínima.

Es la pendiente que se fija para permitir un drenaje adecuado. En los tramos en relleno puede ser nula, efectuándose el drenaje de la carretera mediante el bombeo transversal, pero en los tramos en corte se recomienda usar 0.50%.

7.3.9. Sección Transversal

Las etapas iniciales del diseño de las carreteras, siempre es conveniente dar la debida consideración al uso de componentes de dimensiones normales o mejoradas en la sección transversal, por estar comprobado que, con un bajo costo relativo, reducen sustancialmente los riesgos de accidentes o, inversamente, contribuyen al mejoramiento de los niveles de seguridad. Cualesquiera que sean estos elementos de la sección transversal, deben mantenerse a lo largo de todo el proceso de diseño de una carretera o de un segmento dado de dicha carretera (SIECA 2004, pág. 4-3).

7.3.9.1. Ancho de calzada

Es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo. Divididas o no, las carreteras pueden estar formadas por dos o más carriles de circulación por sentido. Permitiendo así las operaciones de adelantamiento o el encuentro seguro de dos vehículos en sentidos opuestos.

Tabla 39 *Tabla de normas de diseño a adoptar en el proyecto*

Resumen de los criterios de diseño

Descripción/Parámetro	Valores
Derecho de Vía	6.00 metros
Hombro	0.30 metros
Ancho de calzada/Zona rural	5.40 metros
Ancho de carril	2.70 metros
Vehículo de Diseño	C2
Distancia entre ejes	6.10 metros
Pendiente máxima	15%
Pendiente mínima	0.50%
Velocidad de Diseño	30 km/h
Distancia de visibilidad de parada	30 metros
Radio mínimo	28.5
Peralte máximo	8%
Bombeo	3%

Fuente: Elaboración Propia

7.3.9.2. Sección Típica

La sección típica de una carretera en un punto cualquiera de ésta es un corte transversal: normal al eje longitudinal. En ella se define la disposición y dimensiones de los elementos que forman la estructura de la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros.

VIII. CONCLUSIONES

Se culminó con el objetivo de este trabajo Monográfico el cual fue **“Proponer un diseño Geométrico de 3.6 km de camino de penetración con estructura de macadam, empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, Municipio de Juigalpa-Chontales”**. Las conclusiones de los resultados obtenidos son las siguientes:

Estudio de Población

- En las encuestas realizadas de un total de 125 personas encuestadas el 78.62% expuso que el estado actual del camino es Malo, el 40.32% indicó que es pésimo y el 7.60% que lo consideran en buen estado, teniendo como resultado la necesidad que tiene la realización de este proyecto.
- Del total de personas encuestadas el 60.48 % expuso que la realización de este proyecto traerá consigo el desarrollo económico, el 35.28% expuso que este proyecto beneficiara el sector salud, y el 30.24% de los encuestados fundamentaron que, con la realización de este proyecto, los pobladores tendrán mayores posibilidades de recibir una digna educación en su misma localidad, sin tener que recurrir a otras ciudades. Por lo que esta propuesta de diseño geométrico en esta comunidad es de mucha importancia social y económica ya que al contar con una mejor ruta de acceso los pobladores de esta comunidad podrán comercializar de manera más accesible al mercado sus cosechas, y desarrollar aún más la Agricultura y la Ganadería en este sector.

Estudio de Tránsito

Con los datos del conteo vehicular realizado por siete días con duraciones de 12 horas se obtuvieron datos de Tránsito Promedio Diurno de 1912 vehículos de diferentes categorías, este dato se incrementó al calcular el Tránsito Promedio Diario con sus respectivos valores de ajuste dando un total de 2,500 vehículos/día.

El Flujo vehicular está compuesto por un 94.45% de vehículos livianos y 5.55% de vehículos pesados, la tasa de crecimiento de tránsito es de 2.89%, esta se calculó a partir de valores como Tasa de crecimiento poblacional 1.5%, Porcentaje de crecimiento vehicular de 4.52% y Crecimiento económico 2.58%.

Se tomó un periodo de diseño para 15 años ya que el tramo en estudio está dentro de la clasificación colectoras rurales, se pretende que el Tránsito Promedio Diario proyectado al año 2036 incremente de 412 vehículos/día que actualmente se calculó a 632 vehículos/día.

Estudio Topográfico

Para el levantamiento topográfico realizado se tomó control tanto de la altimetría como de la planimetría, se ubicaron en el trayecto del tramo 6 BM georreferenciados (Mojones de concreto de 10 cm de diámetro y 40 cm de altura), esto con el fin de tener una mejor precisión en las lecturas realizadas. Los datos (descripción, elevación, coordenadas Este y Norte), obtenidos del levantamiento se descargaron de la estación total para posteriormente ser importados al programa Civil 3D, con el fin de dar inicio al Diseño Geométrico.

Estudio de suelo

En total se extrajeron 40 muestras, de la agrupación de éstas, resultaron 17 grupos en total, que representa el 100% de las muestras totales, a cada uno de estas se le realizó el análisis granulométrico, resultando según la clasificación AASHTO: el 41.17%; suelo granulado arcilloso (A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-7-5) (característica de Excelente a bueno), 35.29% Suelo arcilloso (A-7-5, A-7-6) (característica de Regular a Pobre), 17.64% suelo limoso de alta compresión (A-5), y el 5.88% a suelos limosos de baja compresión.

A los seis materiales clasificados, se les realizó la prueba de compactación (Proctor estándar) con el fin de obtener la densidad seca máxima y la humedad óptima de cada una de las muestras. De igual forma se muestran los valores de CBR que fueron analizados únicamente al 95% para cada una de las muestras de suelo clasificadas incluyendo el banco de material, debido a que es el más

acertado a la realidad, ya que en el campo existen variaciones y factores que no pueden ser controlados.

Una vez obtenido los resultados de CBR para cada una de las muestras de suelo se determinó el CBR de diseño el cual fue de 24 para el banco de material el cual puede ser utilizado como material de base y el CBR de la subrasante fue de 5 a un 95% de compactación.

Estructura de Macadam

Se propuso una estructura de macadam con 25 cm de espesor en dicho tramo la cual consistirá en dos capas de 10 cm cada una con piedras de tamaño de 2.95 pulg y la capa de rodadura o la superficie de la carretera tendrá una capa de 5 cm con piedras de tamaño de 0.79 pulgada como máximo, debidamente compactadas longitudinalmente.

Diseño Geométrico

Haciendo uso del software CivilCAD 3D se generó el diseño geométrico del Tramo de camino de penetración en la comunidad el Còbano 2, siendo esta una herramienta que ayuda al diseñador a realizar de manera eficaz, eficiente y de manera rápida, los cálculos necesarios para el diseño de obra horizontal.

El alineamiento horizontal se representó por segmentos de línea recta llamados tangentes, curvas simples, y curvas simples más espirales, debido a la velocidad propuesta de 30 km/hora, se utilizó un radio mínimo de 28.5 m acomodándose así al espacio establecido en el tramo de estudio, se crearon curvas cerradas por las condiciones críticas de espacio que se presentan en ciertos puntos a lo largo del tramo. Por otro lado, se trata de evitar los altos costos de construcción en base a los volúmenes de corte y relleno. Debido a esto la sub - rasante óptima propuesta en el diseño se adaptó lo más cercano posible al terreno natural, con pendiente mínima de 0.50 % y pendiente máxima de 15 %, dado que en casos de corte y relleno el volumen es variable, compensando respectivamente. Con respecto a la sección típica se ha dejado un ancho de calzada de 5.40 m, con un hombro de 0.60 m, se consideraron cunetas triangulares de concreto pobre, para que las aguas superficiales no tengan entrada alguna a la estructura de la calzada, para que así no dañe la superficie de la misma.

IX. RECOMENDACIONES

- Utilizar el material del banco ensayado, existente en la zona del proyecto, para la estructura de Macadam, ya que presento buenas propiedades físico-mecánicas en las pruebas realizadas.
- Controlar la compactación en el sitio realizando pruebas por el método de cono de arena, el cual permite calcular in situ el valor de la densidad natural del suelo, se recomienda que la compactación este en un 95%.
- Se debe constatar que el material la capa base (macadam) esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto podría afectar la resistencia de la estructura.
- El material cortado producto de la excavación en la vía deberá ser desalojado en su totalidad y depositado en los botaderos debidamente autorizados.
- Antes de colocarse el material de préstamo de base, se recomienda limpiar y escarificar la superficie de subrasante o rodamiento existente al menos en 15 cm de profundidad y compactarla a un mínimo de 95% Proctor Estándar.
- En caso de que se encontrara suelo inestable, debe ser sub-excavado y se deberá reponer con material de préstamo del banco de material analizado en el estudio.

X. BIBLIOGRAFIA

- *Alcaldia Municipal de Juigalpa, r. 1.-1. (s.f.). WWW.BVSDE.NICARAGUA-CURSOS.*
- *Blanco Rodriguez, M. (s.f.). Guia de laboratorio de Mecanica de suelos I.*
- *Blanco, M., & Matuz, I. (s.f.). Guías de laboratorio de mecanicas de suelo UNI.*
- *Bowles, J. (1981). Manual de laboratorios de suelo en Ingenieria Civil.*
- *Casanova, L. (2002). Topografia Plana.*
- *E. Bowles, J. (1981). Manual de laboratorio de suelos en Ingenieria Civil.*
- *Ivan, M., & Blanco, M. (s.f.). Clasificacion de suelos metodo AASHTO.*
- *Macadam. (2013). <https://gaz.wiki/wiki/es/Macadam>.*
- *McAdam, J. L. (s.f.). Obtenido de <http://tesauros.mecd.es/tesauros/tecnicas/1006357.html>*
- *Ministerio de Transporte e infraestructura. (Octubre de 2008). Manual para revision de estudios de transito . Division general de planificacion (DGP).*
- *MTI. (s.f.). Manual para la revision de estudios Geotecnicos .*
- *(MTI), M. p. (s.f.). Guia metodologica para revision de estudios Geotecnicos.*
- *MTI NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.*
- *MTI. (2018). Anuario de Aforos de Tráfico. Managua: División de Administración vial (DAV).*
- *Navarro Hudiel, S. J. (2008). Manual de topografia-planimetria. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf>*
- *Red vial de Nicaragua. (2017). Ministerio de Transporte e Infraestructura, 28.*
- *SIECA. (2004). Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*

ANEXOS

ESTUDIO DE POBLACIÓN.

ANEXO 1. ENCUESTA A POBLACION



Encuesta a población Universidad Nacional de Ingeniería

I. Introducción

Nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería civil, estamos aplicando esta encuesta para conocer la opinión de la población sobre la realización de un diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración con estructura de macadam, en la comunidad el Còbano II, Juigalpa-Chontales.

II. Objetivo

Aplicar una encuesta a la población del Còbano II que determine los datos que aporten a la sistematización de un Diseño Geométrico de camino de Penetración en la comunidad, así como la población que será beneficiada con el proyecto.

III. Desarrollo

1. ¿Cuántos habitan en casa?

Hombres_____

Mujeres_____

Niños_____

2. ¿Cuántos de los que habitan en casa trabajan?

3. ¿La casa que habita es?

Propia__
Alquilada__
Posando__

4. ¿De ser propietario, posee título de propiedad?

Poseo__
No Poseo__
En trámite__

5. ¿Las paredes de la vivienda que habita son de?

Mampostería__
Madera__
Zinc__
Plástico__

6. ¿Con que tipo de servicios cuenta la comunidad?

Agua__
Energía eléctrica__
Puesto de salud__
Escuela__
Transporte Colectivo__
Ninguna__
Todas las anteriores__

7. ¿Cómo considera el estado actual del camino?

Bueno__
Intermedio__
Malo__
Pésimo__

8. ¿Con que frecuencia es transitado este camino?

Muy Poco__
Poco__
Intermedio__
Muy Frecuente__

9. ¿Qué medio utiliza para tener acceso a la comunidad?

A pie__
Bicicleta__
Motocicleta__
Carro__
Camioneta__
Jep__

10. ¿Cuánto tiempo demora en salir o entrar a la comunidad?

15 min__
30 min__
45 min__
1 hora__
2 horas__
Otra__

11. ¿Este camino es accesible en época de invierno?

Si__
No__

Argumente:

12. ¿Qué actividad económica se realiza en su familia?

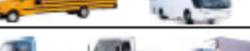
Agricultura__
Ganadería__
Negocio propio__ Especifique:
Empleo__

13. ¿Qué beneficios cree usted que traerá a la comunidad la realización de este proyecto?

Económico__
Salud__
Educación__
Todas las anteriores__

ESTUDIO DE TRÁNSITO.

ANEXO 2. TIPOLOGIA Y DESCRIPCION VEHICULAR DE CONTEOS DE TRAFICO.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracilos, 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 coupe 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 lina 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	LVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T1-S1x=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T1-S1x=4.
	T1-S1x=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C1-R1x=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C1-R1x=4
	C1-R1x=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes).

Fuente: Anuario de aforo de tráfico Año 2018, Pag 34.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

ANEXO 3. DERROTERO DE LOS PUNTOS TOPOGRAFICOS LEVANTADOS EN CAMPO, EXTRAIDOS DE LA ESTACION TOTAL EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84.

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
1	673623.545	1333795.112	100	BM-1
2	673623.545	1333795.112	100	NORTE
3	673594.628	1333836.968	99.23	CERCO
4	673593.26	1333836.146	99.424	TN
5	673591.45	1333834.946	99.577	PC
6	673588.747	1333833.16	99.754	LC
7	673585.93	1333831.081	99.845	PC
8	673584.373	1333830.131	99.662	TN
9	673582.128	1333828.5	99.918	CERCO
10	673610.786	1333815.476	99.661	CERCO
11	673609.377	1333813.912	99.662	TN
12	673607.83	1333812.712	99.92	PC
13	673604.544	1333809.945	99.972	LC
14	673601.256	1333807.647	99.977	PC
15	673599.672	1333806.907	100.212	TN
16	673598.26	1333805.995	100.275	CERCO
17	673620.986	1333800.977	99.841	CERCO
18	673619.474	1333799.996	99.841	TN
19	673617.677	1333798.964	100.003	PC
20	673614.524	1333796.853	100.085	LC
21	673611.41	1333794.527	100.041	PC
22	673609.798	1333793.691	100.203	TN
23	673608.3	1333792.56	100.52	CERCO
24	673632.485	1333774.971	100.506	CERCO
25	673631.392	1333775.012	100.653	TN
26	673629.556	1333774.62	100.888	PC
27	673626.601	1333773.86	100.685	LC
28	673622.728	1333772.996	100.453	PC
29	673621.51	1333772.458	100.853	TN
30	673619.817	1333772.069	101.541	CERCO
31	673621.439	1333752.594	101.385	CERCO
32	673622.496	1333752.424	101.105	TN
33	673624.14	1333751.993	100.809	PC

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
34	673626.749	1333751.634	100.947	LC
35	673629.915	1333751.227	101.078	PC
36	673631.273	1333750.892	100.762	TN
37	673632.476	1333750.974	100.683	CERCO
38	673620.535	1333734.139	101.312	TN
39	673622.085	1333733.687	101.025	PC
40	673624.91	1333733.016	101.148	LC
41	673628.121	1333732.406	101.172	PC
42	673629.678	1333731.937	100.939	TN
43	673631.484	1333731.814	100.661	CERCO
44	673632.082	1333785.562	100.342	CERCO
45	673623.847	1333797.252	99.876	CERCO
46	673625.537	1333795.815	99.869	CERCO
47	673626.499	1333785.239	100.406	PC
48	673626.643	1333786.37	100.136	PC
49	673633.312	1333794.051	99.649	CERCO
50	673627.615	1333785.517	100.434	MOJON 0+000
51	673625.873	1333789.853	100.126	LC
52	673646.709	1333786.384	99.411	CERCO
53	673646.276	1333785.476	99.45	PC
54	673645.528	1333783.867	99.563	LC
55	673644.624	1333782.068	99.481	PC
56	673644.213	1333781.057	99.416	TN
57	673643.356	1333779.715	99.376	CERCO
58	673668.773	1333774.49	98.421	CERCO
59	673668.206	1333773.562	98.231	PC
60	673667.589	1333771.815	98.357	LC
61	673666.846	1333769.965	98.198	PC
62	673666.374	1333768.6	98.389	TN
63	673686.347	1333760.906	96.912	CERCO
64	673686.721	1333761.579	96.822	PC
65	673687.05	1333762.296	96.864	PC
66	673687.631	1333763.945	96.995	LC
67	673688.235	1333766.388	96.917	PC
68	673706.981	1333754.562	95.159	CERCO
69	673707.22	1333755.503	95.121	PC
70	673683.596	1333767.014	97.306	BM-2
71	673688.414	1333767.056	97.266	CERCO
72	673712.811	1333759.613	95.407	CERCO

ESTUDIO DE SUELOS.

ANEXO 4. RESULTADOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS (ASTM D-422; AASHTO T 27-88)

Tabla 1 Resultados de Granulometría muestra No.2

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
laboratorio de materiales y suelos				
Análisis Granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño Geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-2	Fecha		Sondeo No.1
Tamiz no	Peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	88.70	5.50%	5.50%	94.50%
1/2"	44.00	2.73%	8.22%	91.78%
3/8"	27.00	1.67%	9.90%	90.10%
no.4	87.60	5.43%	15.32%	84.68%
pasa no.4	1366.60	84.68%	100.00%	0.00%
suma	1613.90	100.00%		
Análisis Granulométrico de materiales que pasa el tamiz no.4 (lavado)				
tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% QUE PASA POR EL TAMIZ
10.00	6.30	3.77%	3.77%	96.23%
40.00	4.00	2.39%	6.16%	93.84%
200.00	14.30	8.56%	14.72%	85.28%
pasa no.200	142.50	85.28%	100.00%	0.00%
suma	167.10	100.00%		
tara no	A-06	peso seco	156.80	
peso seco lavado	14.30	pasa no.200	142.50	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Resultados de Granulometría muestra No.3

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-3	Fecha		Sondeo No.1
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	7.80	0.62%	0.62%	99.38%
3/8"	4.20	0.33%	0.95%	99.05%
no.4	69.50	5.51%	6.47%	93.53%
pasa no.4	1178.80	93.53%	100.00%	0.00%
suma	1260.30	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz no.4 (lavado)				
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	2.80	2.36%	2.36%	97.64%
40.00	3.40	2.86%	5.22%	94.78%
200.00	12.90	10.87%	16.09%	83.91%
pasa no.200	99.60	83.91%	100.00%	0.00%
suma	118.70	100.00%		
Tara no	D-12	peso seco	112.50	
Peso seco lavado	12.90	pasa No.200	99.6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Resultados de Granulometría muestra No.4

Universidad Nacional De Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de Materiales y Suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-4	fecha		sondeo no.8
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	46.50	4.31%	4.31%	95.69%
3/4"	160.90	14.92%	19.23%	80.77%
1/2"	150.20	13.92%	33.15%	66.85%
3/8"	107.90	10.00%	43.15%	56.85%
no.4	347.40	32.21%	75.36%	24.64%
pasa no.4	265.80	24.64%	100.00%	0.00%
suma	1078.70	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz no.4 (lavado)				
Tamiz No.	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	58.40	26.68%	26.68%	73.32%
40.00	24.90	11.38%	38.05%	61.95%
200.00	86.90	39.70%	77.75%	22.25%
pasa No.200	48.70	22.25%	100.00%	0.00%
Suma	218.90	100.00%		
tara no	A-54	peso seco	135.60	
peso seco lavado	86.90	pasa No.200	48.7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Resultados de Granulometría Muestra No.5 Banco de material

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-5 (banco de material)	fecha		sondeo no.
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	256.70	15.17%	15.17%	84.83%
1"	504.00	29.78%	44.94%	55.06%
3/4"	532.80	31.48%	76.42%	23.58%
1/2"	126.20	7.46%	83.88%	16.12%
3/8"	63.90	3.78%	87.65%	12.35%
no.4	65.30	3.86%	91.51%	8.49%
pasa no.4	143.70	8.49%	100.00%	0.00%
suma	1692.60	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz no.4 (lavado)				
Tamiz No.	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	29.20	21.52%	21.52%	78.48%
40.00	16.50	12.16%	33.68%	66.32%
200.00	54.80	40.38%	74.06%	25.94%
pasa no.200	35.20	25.94%	100.00%	0.00%
Suma	135.70	100.00%		
Tara No.	A-70	peso seco	90.00	
Peso seco lavado	54.80	pasa No.200	35.2	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Resultados de Granulometría muestra No.6

Universidad Nacional de Ingeniería				
facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-6	fecha		sondeo no.2
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
no.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
pasa no.4	1088.00	100.00%	100.00%	0.00%
Suma	1088.00	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No.	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	3.60	2.06%	2.06%	97.94%
40.00	3.00	1.72%	3.78%	96.22%
200.00	9.90	5.68%	9.46%	90.54%
pasa No.200	157.90	90.54%	100.00%	0.00%
Suma	174.40	100.00%		
Tara No	A-01	peso seco	167.80	
peso seco lavado	9.90	pasa No.200	157.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Resultados de Granulometría muestra No.7

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-7	fecha		sondeo no.3
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	26.00	1.63%	1.63%	98.37%
3/4"	78.90	4.96%	6.60%	93.40%
1/2"	77.80	4.89%	11.49%	88.51%
3/8"	130.60	8.21%	19.70%	80.30%
no.4	343.50	21.60%	41.30%	58.70%
pasa No.4	933.70	58.70%	100.00%	0.00%
suma	1590.50	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	35.80	17.71%	17.71%	82.29%
40.00	47.10	23.31%	41.02%	58.98%
200.00	105.10	52.00%	93.02%	6.98%
pasa No.200	14.10	6.98%	100.00%	0.00%
suma	202.10	100.00%		
Tara No	A-15	peso seco	119.20	
peso seco lavado	105.10	pasa No.200	14.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Resultados de Granulometría muestra No.8

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de Materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-8	fecha		sondeo no.7
Tamiz No	Peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	118.80	8.44%	8.44%	91.56%
3/4"	271.70	19.29%	27.73%	72.27%
1/2"	477.90	33.94%	61.67%	38.33%
3/8"	138.40	9.83%	71.50%	28.50%
no.4	191.70	13.61%	85.11%	14.89%
pasa No.4	209.70	14.89%	100.00%	0.00%
suma	1408.20	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	30.20	13.68%	13.68%	86.32%
40.00	44.10	19.98%	33.67%	66.33%
200.00	82.20	37.25%	70.91%	29.09%
pasa No.200	64.20	29.09%	100.00%	0.00%
suma	220.70	100.00%		
Tara No	A-17	peso seco	146.40	
peso seco lavado	82.20	pasa No.200	64.2	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Resultados de Granulometría muestra No.9

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de Materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa Chontales			
Muestra	M-9	fecha		sondeo No. 5 y 6
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	20.70	1.60%	1.60%	98.40%
no.4	6.30	0.49%	2.09%	97.91%
pasa No.4	1264.80	97.91%	100.00%	0.00%
suma	1291.80	100.00%		
Análisis Granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	1.50	0.97%	0.97%	99.03%
40.00	2.70	1.74%	2.71%	97.29%
200.00	6.70	4.32%	7.03%	92.97%
pasa No.200	144.10	92.97%	100.00%	0.00%
suma	155.00	100.00%		
Tara No	C-175	peso seco	150.80	
peso seco lavado	6.70	pasa No.200	144.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Resultados de Granulometría muestra No.10

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-10	fecha		sondeo No.7
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	62.70	4.23%	4.23%	95.77%
3/8"	116.80	7.88%	12.11%	87.89%
No.4	263.50	17.78%	29.90%	70.10%
pasa No.4	1038.80	70.10%	100.00%	0.00%
suma	1481.80	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	3.80	2.15%	2.15%	97.85%
40.00	26.00	14.73%	16.88%	83.12%
200.00	68.00	38.53%	55.41%	44.59%
pasa no.200	78.70	44.59%	100.00%	0.00%
suma	176.50	100.00%		
tara No	A-50	peso seco	146.70	
peso seco lavado	68.00	pasa No.200	78.7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Resultado de granulometría muestra No.11

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-11	fecha		Sondeo No.5
Tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	105.50	14.50%	14.50%	85.50%
1"	0.00	0.00%	14.50%	85.50%
3/4"	51.50	7.08%	21.58%	78.42%
1/2"	43.50	5.98%	27.56%	72.44%
3/8"	37.00	5.09%	32.65%	67.35%
no.4	58.50	8.04%	40.69%	59.31%
pasa No.4	431.50	59.31%	100.00%	0.00%
suma	727.50	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	6.80	5.49%	5.49%	94.51%
40.00	15.80	12.75%	18.24%	81.76%
200.00	40.60	32.77%	51.01%	48.99%
pasa No.200	60.70	48.99%	100.00%	0.00%
Suma	123.90	100.00%		
Tara No	A-08	peso seco	101.30	
Peso seco lavado	40.60	pasa No.200	60.7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Resultados de granulometría muestra No.12

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-12	fecha		sondeo No.7 y 8
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	175.40	5.93%	5.93%	94.07%
3/4"	578.70	19.56%	25.49%	74.51%
1/2"	743.50	25.13%	50.62%	49.38%
3/8"	367.10	12.41%	63.02%	36.98%
no.4	360.10	12.17%	75.20%	24.80%
pasa No.4	733.90	24.80%	100.00%	0.00%
suma	2958.70	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	16.50	10.00%	10.00%	90.00%
40.00	14.60	8.85%	18.85%	81.15%
200.00	42.10	25.52%	44.36%	55.64%
pasa no.200	91.80	55.64%	100.00%	0.00%
suma	165.00	100.00%		
tara No	a-6	peso seco	133.90	
peso seco lavado	42.10	pasa No.200	91.8	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Resultados de Granulometría muestra No.13

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-13	fecha		sondeo No.1
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	51.00	4.74%	4.74%	95.26%
3/4"	141.20	13.11%	17.85%	82.15%
1/2"	110.80	10.29%	28.14%	71.86%
3/8"	96.90	9.00%	37.13%	62.87%
No.4	171.20	15.90%	53.03%	46.97%
pasa No.4	505.80	46.97%	100.00%	0.00%
suma	1076.90	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
tamiz no	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	20.60	11.57%	11.57%	88.43%
40.00	16.60	9.33%	20.90%	79.10%
200.00	55.80	31.35%	52.25%	47.75%
Pasa No.200	85.00	47.75%	100.00%	0.00%
suma	178.00	100.00%		
Tara No	CH-13	peso seco	140.80	
peso seco lavado	55.80	pasa No.200	85	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Resultados de Granulometría muestra No.14

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-14	fecha		sondeo No.8
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	46.40	7.02%	7.02%	92.98%
1/2"	25.40	3.84%	10.87%	89.13%
3/8"	26.50	4.01%	14.88%	85.12%
No.4	37.40	5.66%	20.54%	79.46%
pasa No.4	524.90	79.46%	100.00%	0.00%
suma	660.60	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No.	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	2.80	2.45%	2.45%	97.55%
40.00	4.90	4.29%	6.74%	93.26%
200.00	10.60	9.27%	16.01%	83.99%
pasa No.200	96.00	83.99%	100.00%	0.00%
suma	114.30	100.00%		
Tara no	H-K	peso seco	106.60	
peso seco lavado	10.60	pasa No.200	96	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Resultados de Granulometría muestra No.15

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-15	fecha		sondeo No.8
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
pasa No.4	620.80	100.00%	100.00%	0.00%
suma	620.80	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	0.40	0.37%	0.37%	99.63%
40.00	1.20	1.10%	1.46%	98.54%
200.00	51.30	46.94%	48.40%	51.60%
pasa No.200	56.40	51.60%	100.00%	0.00%
suma	109.30	100.00%		
tara No	I-P	peso seco	107.70	
peso seco lavado	51.30	pasa No.200	56.4	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Resultados de Granulometría muestra No.16

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	Propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-Comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-16	fecha		sondeo No.8
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	30.10	3.21%	3.21%	96.79%
3/4"	0.00	0.00%	3.21%	96.79%
1/2"	51.30	5.48%	8.69%	91.31%
3/8"	35.80	3.82%	12.51%	87.49%
No.4	151.20	16.15%	28.66%	71.34%
pasa No.4	668.10	71.34%	100.00%	0.00%
suma	936.50	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	97.80	35.64%	35.64%	64.36%
40.00	30.90	11.26%	46.90%	53.10%
200.00	131.70	48.00%	94.90%	5.10%
pasa No.200	14.00	5.10%	100.00%	0.00%
suma	274.40	100.00%		
Tara No	A-03	peso seco	145.70	
Peso seco lavado	131.70	pasa No.200	14	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Resultados de Granulometría muestra No.17

Universidad Nacional de Ingeniería				
Facultad de Tecnología de la Construcción				
Laboratorio de materiales y suelos				
Análisis granulométrico				
Nombre	propuesta de diseño geométrico de 3.6 km de camino de penetración			
Localización	Empalme Còbano 2-comunidad el Còbano 2, municipio de Juigalpa chontales			
Muestra	M-17	fecha		sondeo No.8
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.4	1.00	0.12%	0.12%	99.88%
pasa No.4	868.40	99.88%	100.00%	0.00%
suma	869.40	100.00%		
Análisis granulométrico de materiales que pasa el tamiz No.4 (lavado)				
Tamiz No	peso retenido parcial grs	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa por el tamiz
10.00	1.00	0.71%	0.71%	99.29%
40.00	18.10	12.88%	13.59%	86.41%
200.00	34.70	24.70%	38.29%	61.71%
pasa No.200	86.70	61.71%	100.00%	0.00%
Suma	140.50	100.00%		
Tara No	D-33	peso seco	121.40	
peso seco lavado	34.70	pasa No.200	86.7	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. RESULTADOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA TECNICA ASTM 4318)

Tabla 17 Resultados límites de consistencia muestra No.2

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. julio padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
Proyecto			
Muestra No.	M-2	sondeo No.	1
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	A-22	A-19	A-02
No. de golpes	33.00	27.00	20.00
Peso de tara	21.90	21.60	21.30
Peso muestra húmeda + tara(grs)	28.90	27.60	35.80
Peso muestra seca + tara(grs)	26.10	25.20	29.80
Peso de agua	2.80	2.40	6.00
Peso muestra seca	4.20	3.60	8.50
Contenido de humedad (%)	66.67%	66.67%	70.59%
Factor k	1.034	1.009	0.973
Limite liquido	68.93%	67.27%	68.68%
Limite Plástico			
Tara	A-321	R-129	
Peso muestra húmeda + tara(grs)	44.90	44.40	
Peso muestra seca + tara(grs)	37.60	37.40	
Peso de agua	7.30	7.00	
Peso de la tara	21.70	21.90	
Peso seco	15.90	15.50	
Limite plástico	45.91%	45.16%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
68.29%	45.54%	22.76%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Resultados límites de consistencia muestra No.3

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
Proyecto			
muestra no.	M-3	Sondeo no.	1
Procedencia del material	Comunidad el Còbano II		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	A-48	A-47	R-120
No. de golpes	30.00	24.00	18.00
Peso de tara	21.20	21.90	21.90
Peso muestra húmeda + tara(grs)	28.50	26.60	26.40
Peso muestra seca + tara(grs)	25.60	24.50	24.20
Peso de agua	2.90	2.10	2.20
Peso muestra seca	4.40	2.60	2.30
Contenido de humedad (%)	65.91%	80.77%	95.65%
Factor K	1.022	0.995	0.961
Limite Liquido	67.36%	80.37%	91.92%
Limite Plástico			
Tara	B-02LH	R-132	
Peso muestra húmeda + tara(grs)	41.40	42.00	
Peso muestra seca + tara(grs)	35.40	35.90	
Peso de agua	6.00	6.10	
Peso de la tara	21.60	22.00	
Peso seco	13.80	13.90	
Limite plástico	43.48%	43.88%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
79.88%	43.68%	36.20%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Resultados límites de consistencia muestra No.4

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de Materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
Proyecto			
Muestra no.	M-4	sondeo no.	8
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	A-25	R-530	A-31
No. de golpes	34.00	28.00	19.00
Peso de tara	21.50	21.40	21.50
peso muestra húmeda + tara(grs)	27.10	27.60	25.40
peso muestra seca + tara(grs)	25.50	25.80	24.20
peso de agua	1.60	1.80	1.20
peso muestra seca	4.00	4.40	2.70
contenido de humedad (%)	40.00%	40.91%	44.44%
Factor k	1.035	1.014	0.967
Limite liquido	41.40%	41.48%	42.98%
Limite plástico			
Tara	A-31	H-001	
peso muestra húmeda + tara(grs)	33.80	34.40	
peso muestra seca + tara(grs)	31.00	31.70	
peso de agua	2.80	2.70	
peso de la tara	21.30	22.10	
peso seco	9.70	9.60	
Limite plástico	28.87%	28.13%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
41.95%	28.50%	13.46%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Resultados de límite de consistencia muestra No.5 Banco de materiales

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
Muestra no.	M-5 (banco de materiales)	sondeo no.	
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite liquido			
Tara	b-56	b-04	mi-1
No. de golpes	30.00	21.00	16.00
peso de tara	21.30	21.80	22.10
peso muestra húmeda + tara(grs)	32.70	30.20	28.30
peso muestra seca + tara(grs)	30.00	28.20	26.80
peso de agua	2.70	2.00	1.50
peso muestra seca	8.70	6.40	4.70
contenido de humedad (%)	31.03%	31.25%	31.91%
factor k	1.022	0.979	0.947
Limite liquido	31.72%	30.59%	30.22%
Limite plástico			
Tara	A-30	R-132	
Peso muestra húmeda + tara(grs)	37.00	37.10	
peso muestra seca + tara(grs)	33.80	33.90	
peso de agua	3.20	3.20	
peso de la tara	21.60	22.10	
peso seco	12.20	11.80	
Limite plástico	26.23%	27.12%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	índice plástico (%)	
30.84%	26.67%	4.17%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Resultados de límite de consistencia muestra No.6

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
Proyecto			
Muestra No.	M-6	sondeo No.	2
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite liquido			
Tara	R-129	R-21	R-104
No. de golpes	30.00	27.00	20.00
Peso de tara	22.00	22.10	22.30
Peso muestra húmeda + tara(grs)	28.10	26.40	26.60
Peso muestra seca + tara(grs)	25.30	24.40	24.50
Peso de agua	2.80	2.00	2.10
Peso muestra seca	3.30	2.30	2.20
Contenido de humedad (%)	84.85%	86.96%	95.45%
Factor k	1.022	1.009	0.974
Limite liquido	86.72%	87.74%	92.97%
Limite plástico			
Tara	A-47	A-48	
Peso muestra húmeda + tara(grs)	41.20	41.10	
Peso muestra seca + tara(grs)	39.00	39.10	
Peso de agua	2.20	2.00	
Peso de la tara	22.00	21.80	
Peso seco	17.00	17.30	
Limite plástico	12.94%	11.56%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
89.14%	12.25%	76.89%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Resultados de límite de consistencia muestra No.7

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de Límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
Proyecto			
Muestra no.	M-7	sondeo no.	3
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	H-001	B-114	A-48
No. de golpes	30.00	24.00	16.00
Peso de tara	21.10	22.50	21.90
peso muestra húmeda + tara(grs)	42.00	38.50	34.90
peso muestra seca + tara(grs)	38.10	35.50	32.30
peso de agua	3.90	3.00	2.60
peso muestra seca	17.00	13.00	10.40
contenido de humedad (%)	22.94%	23.08%	25.00%
factor k	1.022	0.995	0.947
Limite liquido	23.45%	22.96%	23.68%
Limite plástico			
Tara	A-30	B-128	
peso muestra húmeda + tara(grs)	45.90	45.40	
peso muestra seca + tara(grs)	43.00	42.90	
peso de agua	2.90	2.50	
peso de la tara	21.60	21.57	
peso seco	21.40	21.33	
Limite plástico	13.55%	11.72%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
23.36%	12.64%	10.72%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Resultados de límites de consistencia muestra No.8

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de Límites de Consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla no.40			
Proyecto			
Muestra no.	M-8	sondeo no.	7
Procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
Operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	B-01	R-103	R-132
No. de golpes	32.00	22.00	18.00
peso de tara	21.70	21.90	22.30
peso muestra húmeda + tara(grs)	33.40	32.30	27.90
peso muestra seca + tara(grs)	30.60	29.50	26.30
peso de agua	2.80	2.80	1.60
peso muestra seca	8.90	7.60	4.00
contenido de humedad (%)	31.46%	36.84%	40.00%
factor k	1.030	0.985	0.961
limite liquido	32.40%	36.29%	38.44%
Limite plástico			
Tara	R-103	A-48	
peso muestra húmeda + tara(grs)	45.90	45.00	
peso muestra seca + tara(grs)	40.50	39.70	
peso de agua	5.40	5.30	
peso de la tara	22.30	21.80	
peso seco	18.20	17.90	
Limite plástico	29.67%	29.61%	
resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
35.71%	29.64%	6.07%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Resultados de límites de consistencia muestra No.9

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de Límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
Muestra No.	M-9	sondeo no.	5 y 6
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. freddy Oscary Suárez Gaitán		
Límite líquido			
Tara	A-47	A-48	R-120
No. de golpes	34.00	27.00	23.00
peso de tara	22.00	21.80	21.10
peso muestra húmeda + tara(gr)	35.00	35.10	35.50
peso muestra seca + tara(gr)	29.70	29.60	29.30
peso de agua	5.30	5.50	6.20
peso muestra seca	7.70	7.80	8.20
contenido de humedad (%)	68.83%	70.51%	75.61%
factor k	1.04	1.01	0.99
límite líquido	71.24%	71.15%	74.85%
Límite plástico			
Tara	a-30	a-25	
peso muestra húmeda + tara(gr)	38.90	39.50	
peso muestra seca + tara(gr)	36.90	37.50	
peso de agua	2.00	2.00	
peso de la tara	21.60	21.40	
peso seco	15.30	16.10	
límite plástico	13.07%	12.42%	
Resultados			
Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)	
72.41%	12.75%	59.67%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Resultados de límites de consistencia muestra No.10

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-10	sondeo no.	7
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Limite Liquido			
Tara	R-129	A-20	R-104
No. de golpes	26.00	20.00	16.00
Peso de tara	21.90	22.70	22.20
Peso muestra húmeda + tara(gr)	33.70	35.80	39.80
peso muestra seca + tara(gr)	30.30	32.00	34.30
peso de agua	3.40	3.80	5.50
peso muestra seca	8.40	9.30	12.10
contenido de humedad (%)	40.48%	40.86%	45.45%
factor k	1.005	0.973	0.947
Limite Liquido	40.68%	39.76%	43.05%
Limite Plástico			
Tara	A-02	R-104	
Peso muestra húmeda + tara(gr)	45.40	46.20	
Peso muestra seca + tara(gr)	38.80	39.80	
peso de agua	6.60	6.40	
peso de la tara	21.40	22.10	
peso seco	17.40	17.70	
Limite Plástico	37.93%	36.16%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
41.16%	37.04%	4.12%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Resultados de límites de consistencia muestra No.11

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de Límites de Consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-11	sondeo no.	5
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
límite liquido			
Tara	R-116	A-02	A-22
No. de golpes	33.00	23.00	19.00
peso de tara	21.60	21.30	21.90
peso muestra húmeda + tara(gr)	32.30	32.30	34.60
peso muestra seca + tara(gr)	29.10	29.00	30.60
peso de agua	3.20	3.30	4.00
peso muestra seca	7.50	7.70	8.70
contenido de humedad (%)	42.67%	42.86%	45.98%
factor k	1.034	0.990	0.967
Límite liquido	44.12%	42.43%	44.46%
Límite plástico			
Tara	R-103	B-114	
peso muestra húmeda + tara(gr)	44.90	43.40	
peso muestra seca + tara(gr)	39.80	38.80	
peso de agua	5.10	4.60	
peso de la tara	22.40	22.40	
peso seco	17.40	16.40	
Límite plástico	29.31%	28.05%	
Resultados			
Límite liquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)	
43.67%	28.68%	14.99%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Resultados de límites de consistencia muestra No.12

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-12	sondeo no.	7 y 8
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Limite liquido			
Tara	B-04	R-21	R-116
No. de golpes	31.00	27.00	17.00
peso de tara	21.70	22.00	21.50
peso muestra húmeda + tara(gr)	31.10	30.20	38.50
peso muestra seca + tara(gr)	28.30	27.70	33.20
peso de agua	2.80	2.50	5.30
peso muestra seca	6.60	5.70	11.70
contenido de humedad (%)	42.42%	43.86%	45.30%
factor k	1.024	1.009	0.954
limite liquido	43.44%	44.25%	43.22%
Limite plástico			
Tara	H-001	A-31	
peso muestra húmeda + tara(gr)	45.80	44.30	
peso muestra seca + tara(gr)	39.30	38.10	
peso de agua	6.50	6.20	
peso de la tara	22.10	21.20	
peso seco	17.20	16.90	
Limite plástico	37.79%	36.69%	
Resultados			
Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
43.64%	37.24%	6.40%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Resultados de límites de consistencia muestra No.13

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la Construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-13	sondeo No.	1
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Limite liquido			
Tara	A-42	A-b	B-03
No. de golpes	33.00	27.00	22.00
peso de tara	21.80	21.60	21.80
peso muestra húmeda + tara(grs)	29.60	32.00	27.90
peso muestra seca + tara(grs)	27.70	29.20	26.20
peso de agua	1.90	2.80	1.70
peso muestra seca	5.90	7.60	4.40
contenido de humedad (%)	32.20%	36.84%	38.64%
factor k	1.034	1.009	0.985
limite liquido	33.30%	37.17%	38.06%
Limite plástico			
Tara	A-30	B-02	
peso muestra húmeda + tara(grs)	44.10	44.40	
peso muestra seca + tara(grs)	38.70	39.10	
peso de agua	5.40	5.30	
peso de la tara	21.60	21.60	
peso seco	17.10	17.50	
limite plástico	31.58%	30.29%	
Resultados			
limite liquido (%)	limite plástico (%)	Índice plástico (%)	
36.18%	30.93%	5.24%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Resultados de límites de consistencia muestra No.14

Universidad Nacional de Ingeniería			
facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-14	sondeo no.	8
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Limite liquido			
Tara	B-128	A-14	R-117
No. de golpes	34.00	23.00	18.00
peso de tara	21.40	21.70	21.70
peso muestra húmeda + tara(grs)	25.80	30.40	29.20
peso muestra seca + tara(grs)	24.30	27.40	26.40
peso de agua	1.50	3.00	2.80
peso muestra seca	2.90	5.70	4.70
contenido de humedad (%)	51.72%	52.63%	59.57%
factor k	1.035	0.990	0.961
limite liquido	53.53%	52.11%	57.25%
Limite plástico			
Tara	B-02	A-25	
peso muestra húmeda + tara(grs)	42.80	42.90	
peso muestra seca + tara(grs)	36.50	36.70	
peso de agua	6.30	6.20	
peso de la tara	21.60	21.40	
peso seco	14.90	15.30	
limite plástico	42.28%	40.52%	
Resultados			
limite liquido (%)	limite plástico (%)	índice plástico (%)	
54.30%	41.40%	12.89%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Resultados de límites de consistencia muestra No.15

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-15	sondeo no.	8
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suarez Gaitán		
limite liquido			
Tara	A-13	A-39	B-02
No. de golpes	34.00	23.00	20.00
peso de tara	21.60	21.60	22.20
peso muestra húmeda + tara(grs)	27.50	27.40	28.10
peso muestra seca + tara(grs)	25.70	25.50	25.90
peso de agua	1.80	1.90	2.20
peso muestra seca	4.10	3.90	3.70
contenido de humedad (%)	43.90%	48.72%	59.46%
factor k	1.035	0.990	0.974
limite liquido	45.44%	48.23%	57.91%
Limite plástico			
Tara	A-25	A-321	
peso muestra húmeda + tara(grs)	42.10	48.10	
peso muestra seca + tara(grs)	35.50	39.80	
peso de agua	6.60	8.30	
peso de la tara	21.50	21.70	
peso seco	14.00	18.10	
Limite plástico	47.14%	45.86%	
Resultados			
limite liquido (%)	limite plástico (%)	índice plástico (%)	
50.53%	46.50%	4.03%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Resultados de límites de consistencia muestra No.16

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de Tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio padilla			
Ensaye de límites de consistencia			
Prueba sobre material tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-16	sondeo no.	8
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
limite liquido			
Tara	A-321	B-02LH	A-38
No. de golpes	28.00	24.00	16.00
peso de tara	21.70	21.60	21.60
peso muestra húmeda + tara(grs)	33.80	28.90	27.90
peso muestra seca + tara(grs)	31.00	27.10	26.30
peso de agua	2.80	1.80	1.60
peso muestra seca	9.30	5.50	4.70
contenido de humedad (%)	30.11%	32.73%	34.04%
factor k	1.014	0.995	0.947
limite liquido	30.53%	32.56%	32.24%
Limite plástico			
Tara	A-47	R-120	
peso muestra húmeda + tara(grs)	38.80	37.50	
peso muestra seca + tara(grs)	35.40	34.20	
peso de agua	3.40	3.30	
peso de la tara	21.90	21.20	
peso seco	13.50	13.00	
limite plástico	25.19%	25.38%	
Resultados			
limite liquido (%)	limite plástico (%)	índice plástico (%)	
31.78%	25.28%	6.49%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 Resultados de límites de consistencia muestra No.17

Universidad Nacional de Ingeniería			
Facultad de tecnología de la construcción			
Laboratorio de materiales y suelos			
Ing. Julio Padilla			
Ensaye de Límites de Consistencia			
Prueba sobre material Tamizado por la malla No.40			
proyecto			
muestra no.	M-17	sondeo no.	8
procedencia del material	Comunidad el Còbano 2		
operador	Br. Gretel Jumara Bonilla Espinoza		
	Br. Freddy Oscary Suárez Gaitán		
Límite líquido			
Tara	A-30	H-26	A-07
No. de golpes	34.00	26.00	19.00
peso de tara	22.00	21.90	21.90
peso muestra húmeda + tara(grs)	32.20	32.40	33.30
peso muestra seca + tara(grs)	28.30	28.50	28.70
peso de agua	3.90	3.90	4.60
peso muestra seca	6.30	6.60	6.80
contenido de humedad (%)	61.90%	59.09%	67.65%
factor k	1.035	1.005	0.967
límite líquido	64.07%	59.39%	65.41%
Límite plástico			
Tara	H-26	A-38	
peso muestra húmeda + tara(grs)	49.70	51.10	
peso muestra seca + tara(grs)	40.70	41.50	
peso de agua	9.00	9.60	
peso de la tara	22.00	21.60	
peso seco	18.70	19.90	
Límite plástico	48.13%	48.24%	
Resultados			
Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	índice plástico (%)	
62.96%	48.18%	14.77%	

Fuente: Elaboración propia

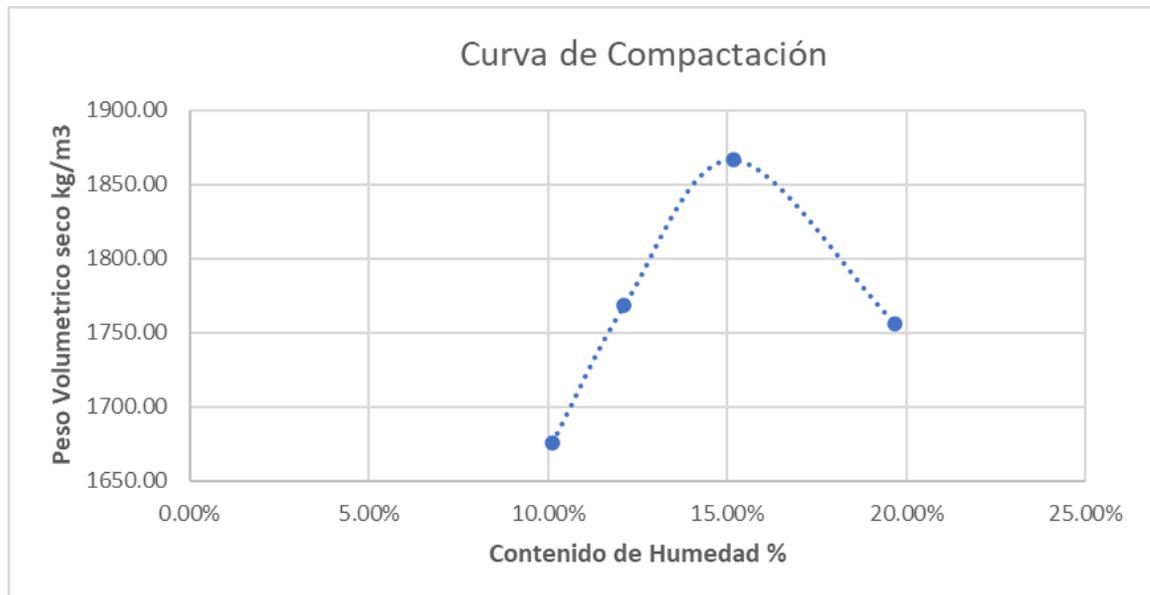
**ANEXO 6. RESULTADOS DE ENSAYE DE COMPACTACION DE SUELOS
“METODO PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698-91).**

Tabla 33 Resultados de ensaye Proctor estándar para el suelo A-2-4

TIPO DE SUELO	A-2-4 (GRANULADO ARCILLOSO)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.00090321	0.00090321	0.00090321	0.00090321
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (kg)	5.88	6.00	6.15	6.11
Peso del material (kg)	1.67	1.79	1.94	1.90
Tara No.	B-14	O-73	N-27	G-111
Peso de tara (gr)	27.60	31.80	48.40	47.60
Peso seco + Tara (gr)	98.77	94.30	102.50	95.80
Peso Humedo + Tara (gr)	105.96	101.87	110.70	105.28
% de Humedad	10.10%	12.11%	15.16%	19.67%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1844.76	1982.43	2149.56	2101.73
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1675.49	1768.26	1866.63	1756.30
Densidad seca maxima				1,868 kg/m3
Humedad optima				15.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1 Determinación de la densidad seca máxima y humedad óptima para el suelo A-2-4



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-7-5

TIPO DE SUELO	A-7-5 (ARCILLOSO)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.00090321	0.00090321	0.00090321	0.00090321
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (Kg)	5.66	5.74	5.77	5.75
Peso del material (kg)	1.45	1.53	1.56	1.54
Tara No.	T-2	H-K	A-06	I-C
Peso de tara (gr)	47.70	46.80	41.20	41.40
Peso seco + Tara (gr)	137.10	136.00	126.10	151.40
Peso Humedo + Tara (gr)	150.10	150.90	141.70	176.20
% de Humedad	14.54%	16.70%	18.37%	22.55%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1609.26	1691.30	1729.39	1708.13
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1404.96	1449.23	1460.95	1393.88
Densidad seca maxima				1,463 kg/m3
Humedad optima				18.40%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 2 Determinación de densidad seca máxima y humedad óptima para el suelo A-7-5



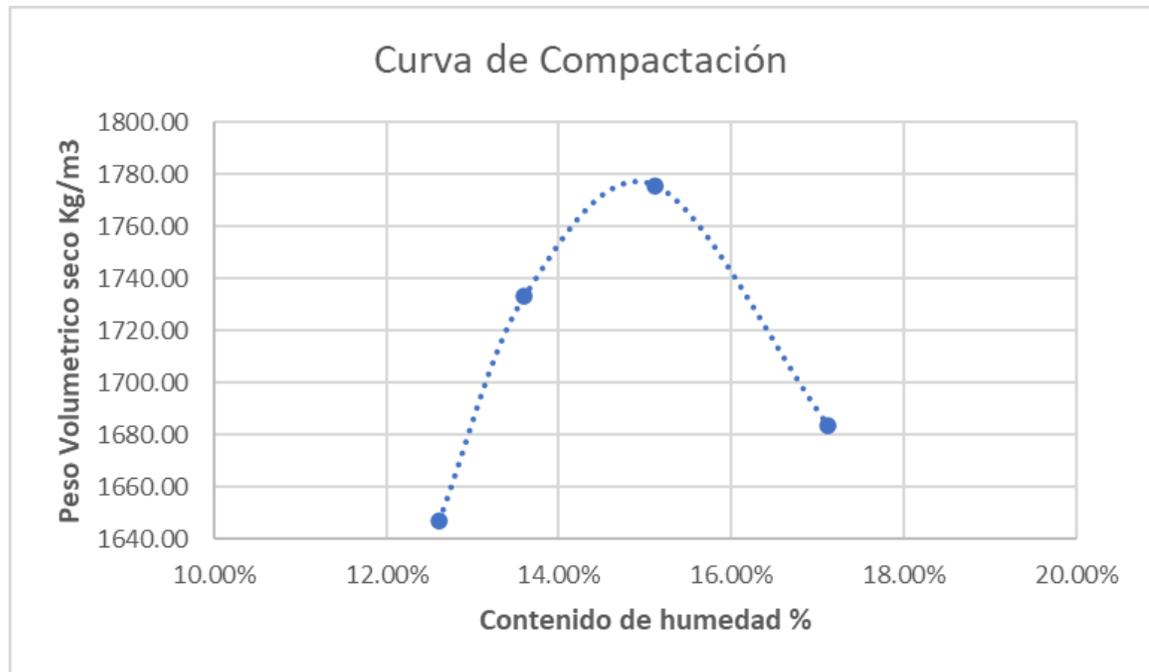
Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 35 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-2-7

TIPO DE SUELO	A-2-7 (GRANULADO ARCILLOSO)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.0009032	0.0009032	0.0009032	0.000903208
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (Kg)	5.88	5.99	6.06	5.99
Peso del material (kg)	1.68	1.78	1.85	1.78
Tara No.	18.00	R-100	S-11	B-1
Peso de tara (gr)	52.90	57.70	53.50	35.20
Peso seco + Tara (gr)	362.45	164.30	162.80	178.90
Peso Humedo + Tara (gr)	401.49	178.80	179.32	203.50
% de Humedad	12.61%	13.60%	15.11%	17.12%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1854.83	1968.87	2044.10	1971.97
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1647.10	1733.13	1775.72	1683.73
Densidad seca maxima				1,778 kg/m3
Humedad optima				15.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 Determinación de densidad seca máxima y humedad óptima para el suelo A-2-7



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-7-6

TIPO DE SUELO	A-7-6 (ARCILLOSO)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.00090321	0.00090321	0.00090321	0.00090321
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (Kg)	5.40	5.49	5.52	5.43
Peso del material (kg)	1.19	1.28	1.31	1.22
Tara No.	A-11	A-100	A-12	A-16
Peso de tara (gr)	40.90	32.00	41.70	42.20
Peso seco + Tara (gr)	128.15	99.50	124.80	125.10
Peso Humedo + Tara (gr)	142.90	111.58	140.68	142.35
% de Humedad	16.91%	17.90%	19.11%	20.81%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1319.63	1413.41	1452.16	1347.09
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1128.80	1198.86	1219.18	1115.06
Densidad seca maxima				1,225 kg/m3
Humedad optima				18.80%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Determinación de densidad seca máxima y humedad óptima para el suelo A-7-6



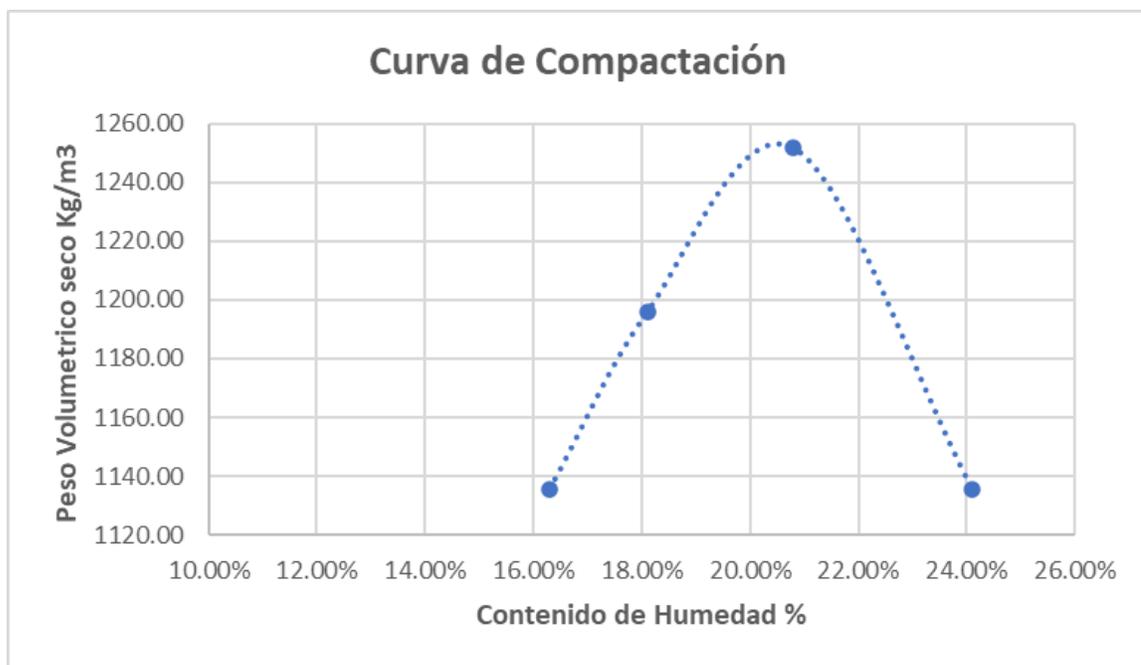
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Resultados de ensaye Proctor estándar para suelo A-5

TIPO DE SUELO	A-5 (LIMOSO ALTA COMPRESION)			
ENSAYE No.	1	2	3	4
Volumen del Cilindro (m3)	0.00090321	0.00090321	0.00090321	0.00090321
Peso del molde Cilindrico (Kg)	4.2093	4.2093	4.2093	4.2093
Peso del material + molde cilindrico (Kg)	5.40	5.49	5.58	5.48
Peso del material (kg)	1.19	1.28	1.37	1.27
Tara No.	18.00	B-1	S-11	R-100
Peso de tara (gr)	53.00	35.10	53.50	53.50
Peso seco + Tara (gr)	135.80	131.20	132.90	134.00
Peso Humedo + Tara (gr)	149.30	148.60	149.42	153.40
% de Humedad	16.30%	18.11%	20.80%	24.10%
Peso Volumetrico humedo (yh) kg/m3	1320.42	1412.63	1512.28	1409.20
Peso volumetrico seco (yd) kg/m3	1135.31	1196.07	1251.89	1135.54
Densidad seca maxima				1,255 kg/m3
Humedad optima				20.85%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 Determinación de densidad seca máxima y humedad óptima para el suelo A-5



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7. RESULTADOS DE ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR) NORMA TÉCNICA (ASTM D 1883-73)

Tabla 38 Resultados de ensaye CBR para suelo A-2-6 al 95% de compactación

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-2-6							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area de piston de penetracion en cm2	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.10	2.54	2.00	52.95	105.90	48.14	19.35	2.49
0.15	3.81	3.00	52.95	158.85	72.20	19.35	3.73
0.20	5.08	4.00	52.95	211.80	96.27	19.35	4.98
0.30	7.62	4.00	52.95	211.80	96.27	19.35	4.98
0.40	10.16	5.00	52.95	264.75	120.34	19.35	6.22
0.50	12.70	7.00	52.95	370.65	168.48	19.35	8.71

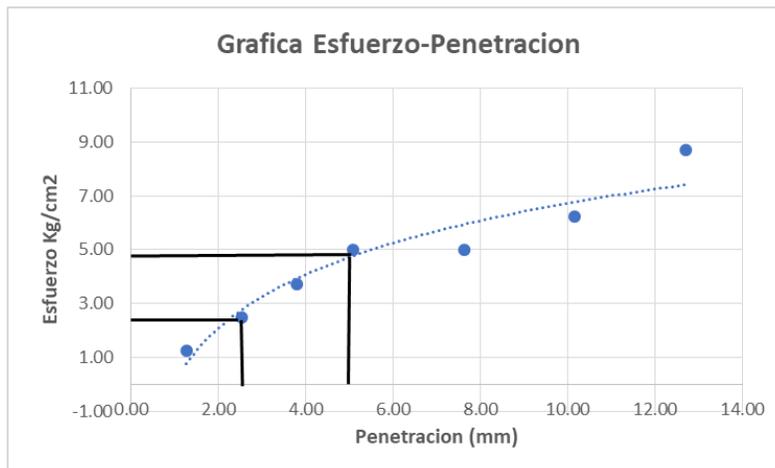
Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Determinación de CBR a 0.10" y 0.20" para suelo A-2-6

Calculo de CBR Suelo A-2-6				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	2.49	70.31	4
0.20	5.08	4.98	105.46	5
Valor de CBR				5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Esfuerzo-penetración para el suelo A-2-6



Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Resultados de ensaye CBR para suelo A-7-5 al 95% de compactación

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-7-5							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area de piston de penetracion en cm2	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.10	2.54	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.15	3.81	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.20	5.08	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.30	7.62	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.40	10.16	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.50	12.70	2.00	52.95	105.90	48.14	19.35	2.49

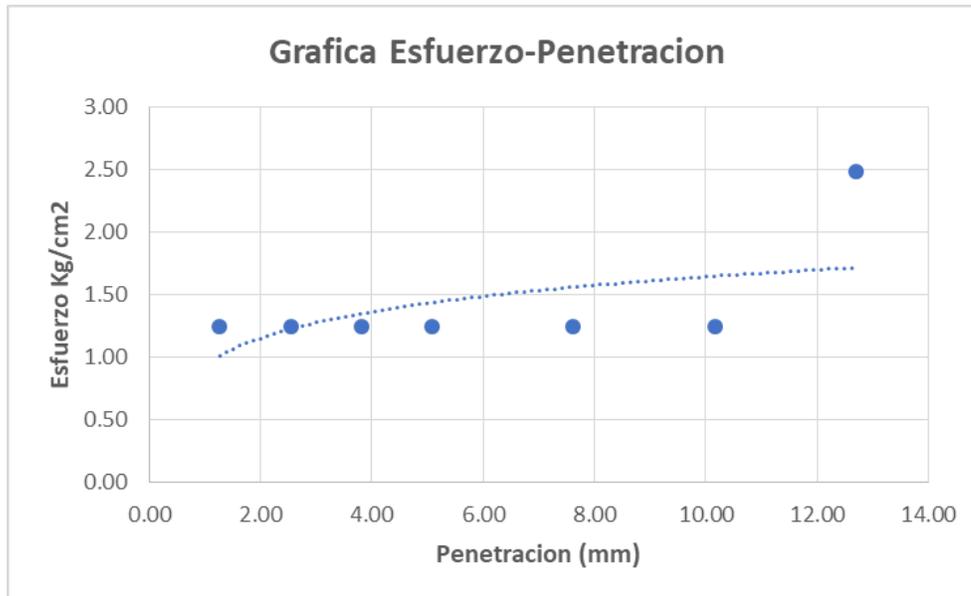
Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Determinación de CBR a 0.10" y 0.20" para suelo A-7-5

Calculo de CBR Suelo A-7-5				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	1.24	70.31	2
0.20	5.08	1.24	105.46	1
Valor de CBR				2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7 Esfuerzo-penetración para el suelo A-7-5



Fuente: Elaboración propia

Tabla 42 Resultados de ensaye CBR para suelo A-2-7 al 95% de compactación

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-2-7							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area de piston de penetracion en cm2	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.10	2.54	2.00	52.95	105.90	48.14	19.35	2.49
0.15	3.81	2.00	52.95	105.90	48.14	19.35	2.49
0.20	5.08	3.00	52.95	158.85	72.20	19.35	3.73
0.30	7.62	3.00	52.95	158.85	72.20	19.35	3.73
0.40	10.16	4.00	52.95	211.80	96.27	19.35	4.98
0.50	12.70	4.00	52.95	211.80	96.27	19.35	4.98

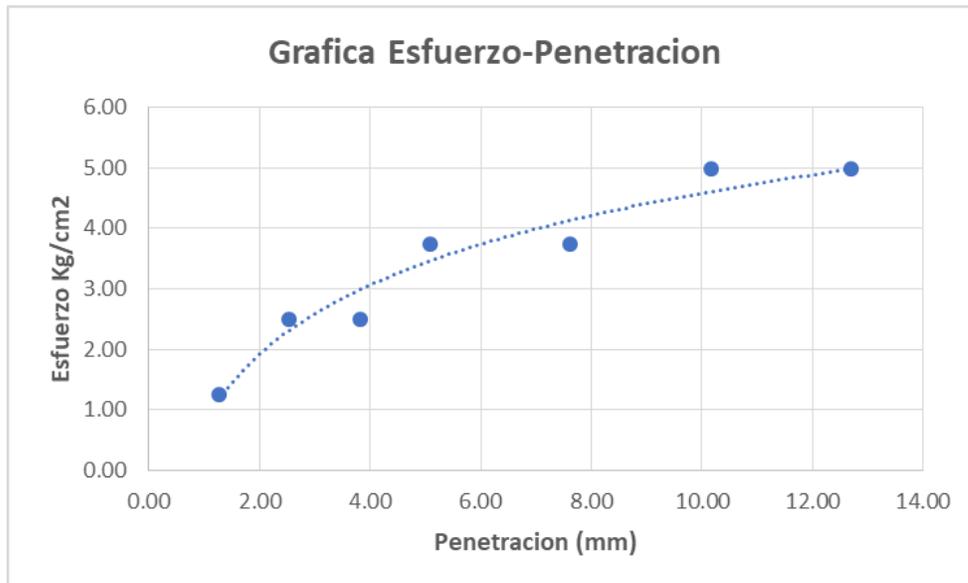
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 Determinación de CBR a 0.10" y 0.20" para suelo A-2-7

Calculo de CBR Suelo A-2-7				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	2.49	70.31	4
0.20	5.08	3.73	105.46	4
Valor de CBR				4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Esfuerzo-penetración para el suelo A-2-7



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44 Resultados de ensaye CBR para suelo A-7-6 al 95% de compactación

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-7-6							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area de piston de penetracion en cm2	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.10	2.54	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.15	3.81	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.20	5.08	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.30	7.62	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.40	10.16	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.50	12.70	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45 Determinación de CBR a 0.10" y 0.20" para suelo A-2-7

Calculo de CBR Suelo A-7-6				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	0.00	70.31	0
0.20	5.08	0.00	105.46	0
Valor de CBR				0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46 Resultados de ensaye CBR para suelo A-5 al 95% de compactación

Ensayo para 25 Golpes al 95% de compactacion Suelo A-5							
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52.95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area de piston de penetracion en cm2	Esfuerzo en Kg/cm2
0.05	1.27	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.10	2.54	0.00	52.95	0.00	0.00	19.35	0.00
0.15	3.81	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.20	5.08	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.30	7.62	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.40	10.16	1.00	52.95	52.95	24.07	19.35	1.24
0.50	12.70	2.00	52.95	105.90	48.14	19.35	2.49

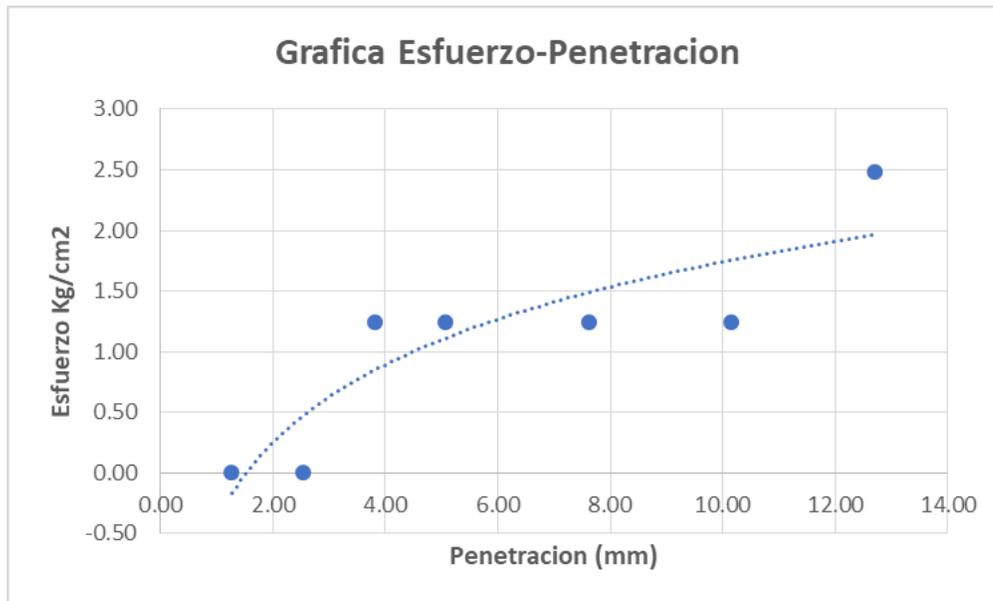
Fuente: Elaboración propia

Tabla 47 Determinación de CBR a 0.10" y 0.20" para suelo A-5

Calculo de CBR Suelo A-5				
Penetracion en pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en Kg/cm2	Esfuerzo patron	CBR
0.10	2.54	0.00	70.31	0
0.20	5.08	1.24	105.46	1
Valor de CBR				1

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9 Esfuerzo-penetración para el suelo A-5



Fuente: Elaboración propia

Tabla 48 Tabla de Resultados de los ensayos sobre la línea y banco de material

No. Muestra	ENSAYO AASHTO T 27						ENSAYO ASTM D 4318			CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO	ENSAYO ASTM D 698-91		ENSAYO ASTM D 1883-73
	Granulometría % Pasa por la malla						L.Atterberg				Proctor Estándar		CBR %
	1/2"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	LL	LP	IP		γsec máx. (Kg/m3)	Wopt. %	95%
5 BM	16.12%	12.35%	8.49%	78.48%	66.32%	25.94%	30.84%	26.67%	4.17%	A-2-4(0)	1868.00	15.00	24.00
8.00	38.33%	28.50%	14.89%	86.32%	66.33%	29.09%	35.71%	29.64%	6.07%	A-2-4 (0)			
16.00	91.31%	87.49%	71.34%	64.36%	53.10%	5.10%	31.78%	25.28%	6.49%	A-2-4 (0)			
7.00	88.51%	80.30%	58.70%	82.29%	58.98%	6.98%	23.36%	12.64%	10.72%	A-2-6 (0)	1719.00	19.10	5.00
1.00	90.85%	86.46%	74.79%	93.07%	76.39%	29.94%	54.69%	38.79%	15.90%	A-2-7 (0)	1778.00	15.00	4.00
4.00	66.85%	56.85%	24.64%	73.32%	61.95%	22.25%	41.95%	28.50%	13.46%	A-2-7 (0)			
10.00	95.77%	87.89%	70.10%	97.85%	83.12%	44.59%	41.16%	37.04%	4.12%	A-5 (2)	1255.00	20.85	1.00
12.00	49.38%	36.98%	24.80%	90.00%	81.15%	55.64%	43.64%	37.24%	6.40%	A-5 (5)			
15.00	100.00%	100.00%	100.00%	99.63%	98.54%	51.60%	50.53%	46.50%	4.03%	A-5 (4)			
2.00	91.78%	90.10%	84.68%	96.23%	93.84%	85.28%	68.29%	45.54%	22.76%	A-7-5 (26)	1463.00	18.40	2.00
3.00	99.38%	99.05%	93.53%	97.64%	94.78%	83.91%	79.88%	43.68%	36.20%	A-7-5 (38)			
11.00	72.44%	67.35%	59.31%	94.51%	81.76%	48.99%	43.67%	28.68%	14.99%	A-7-5 (5)			
14.00	89.13%	85.12%	79.46%	97.55%	93.26%	83.99%	54.30%	41.40%	12.89%	A-7-5 (15)			
17.00	100.00%	100.00%	99.88%	99.29%	86.41%	61.71%	62.96%	48.18%	14.77%	A-7-5 (11)			
6.00	100.00%	100.00%	100.00%	97.94%	96.22%	90.54%	89.14%	12.25%	76.89%	A-7-6 (75)	1225.00	18.80	0.00
9.00	100.00%	98.40%	97.91%	99.03%	97.29%	92.97%	72.41%	12.75%	59.67%	A-7-6 (60)			

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMETRICO.

PLANOS

PLANTA-PERFIL

SECCIÒN TIPICA

SECCIONES TRANSVERSALES