



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO LA CONCEPCIÓN – EL CRUCERO
Y ANÁLISIS DE SUELO DEL TRAMO EN ESTUDIO Y POSIBLES BANCOS
DE MATERIALES.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Amanda Gabriela Canales Orozco
Br. María Francela González Sánchez
Br. Tamara Elizabeth Moreno Lezama

Tutor

Msc.Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Julio 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO LA CONCEPCIÓN – EL CRUCERO
Y ANÁLISIS DE SUELO DEL TRAMO EN ESTUDIO Y POSIBLES BANCOS
DE MATERIALES.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Amanda Gabriela Canales Orozco
Br. María Francela González Sánchez
Br. Tamara Elizabeth Moreno Lezama

Tutor

Msc.Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Julio 2017

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme vida día a día, cuando abro mis ojos al despertar, por haberme dado la oportunidad de estudiar y darme su amor, apoyo, fuerzas y sabiduría en todo el trayecto de la carrera. Bendigo y exalto su nombre por lo que Él es y lo que ha hecho por mí.

A mi madre.

Por su amor y apoyo incondicional en todo momento, gracias por ser ese empujón que nunca permitió que desistiera lo largo del camino, ella ha sido mi motivación para seguir adelante a pesar de las circunstancias que hemos vivido juntas. La amo.

A mi familia.

Mi abue, mi hermana, mis hermanos y mis abuelos paternos, por estar siempre ahí, cada uno con su forma especial de apoyarme, con alegría cuando los necesito.

A mis amigas y compañeras de estudio.

Tamara y Francela, más que excelentes compañeras de clases, son amigas en quienes he encontrado una amistad sincera, porque en las situaciones difíciles que pasamos en este viaje, durante estos seis años nos supimos comprender y apoyar.

Amanda Gabriela Canales Orozco.

DEDICATORIA

A Dios, quien me permitió el don de la vida. Él ya me conocía desde mi concepción, quien me otorgo la sabiduría, fortaleza, paciencia, salud, alegría, amor y dedicación para poder emprender y finalizar esta etapa de mi vida.

A los dos seres que me permitieron que viniera a este mundo, mi madre; Damaris Sánchez Guevara un ejemplo de madre y mujer luchadora, mi fuente de amor y alegría, a mi padre; Emigdio González Cerda (Q.P.D), a quien agradezco por ser mi Ángel desde el cielo y cuidarme durante estos 23 años de su partida.

A mi abuelo; José Emilio González (Q.P.D) quien siempre anheló verme finalizar una carrera universitaria, y me insto a salir adelante a pesar de las dificultades económicas, ejemplo de hombre trabajador del campo y un hombre de Fe.

A mis abuelas; Luz Amanda y Adilia, A mi hermano; Edwin, a mi novio; Rafael Guevara por su apoyo incondicional, A mis ti@s y prim@s.

A todos y cada uno de los que me ayudaron y apoyaron incondicionalmente en cada paso que di durante estos 5 años de universidad.

A mis amigas Tamara y Amanda por ser constantes, animosas y audaces en dicho trabajo.

Un día Dios habló,

Dos cosas yo entendí:

Que de Dios es la fuerza,

Y tuya, oh señor, también es la gracia.

Que eres tu quien retribuye

A cada cual según sus obras. (Salmo 62, 12)

María Francela González Sánchez.

DEDICATORIA

Dedico esta monografía primeramente a Dios porque me dio la fortaleza, inteligencia y la sabiduría para concluir mi carrera y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis dos grandes pilares; mis padres, Horacio Antonio Moreno Juárez y Rosa Esmeralda Lezama, por su apoyo incondicional, sus valores, su amor en todo momento, gracias infinitamente por haberme motivado siempre a salir adelante día tras día y que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida y sobre todo el esfuerzo que han hecho durante mi formación tanto personal como profesional, por ser ejemplo de perseverancia y lucha.

A mis hermanas Karen y Antonella que también son mis pilares, gracias por su comprensión, su infinito amor, y demás familiares por estar conmigo siempre y brindarme su apoyo y cariño.

A María Francela y Amanda por apoyarnos mutuamente en esta larga jornada de nuestra carrera profesional, por compartir momentos que fueron de gran aprendizaje incondicional para poder alcanzar esta meta.

Y a cada una de las personas que de una u otra manera ha contribuido para el logro de mis objetivos.

El éxito se alcanza convirtiendo
cada paso en una meta
y cada meta en un paso.

Tamara Elizabeth Moreno Lezama.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos permitido llegar a esta etapa de la vida, el cual nos dio la fortaleza y la sabiduría para concluir nuestros estudios profesionales, ya que sin Él no lo hubiésemos logrado.

A nuestros familiares por darnos su apoyo de manera integral durante el transcurso de nuestra vida, por motivarnos a luchar por nuestras metas día a día.

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.

Gracias al Msc. Ing. José Bustamante Arteaga, nuestro Tutor, quien desde un inicio nos dio su apoyo y la guía necesaria de realizar nuestro trabajo Monográfico.

RESUMEN

Capítulo I. Generalidades: La presente Monografía conlleva la elaboración de un proyecto de desarrollo del Municipio La Concepción – El Crucero, donde se realizaron diversas investigaciones del camino a diseñar y se agrupó toda la información necesaria, con el propósito de mostrar todo lo consecuente con las actividades para el diseño de esta obra civil.

Capítulo II. Estudio Topográfico: El levantamiento Topográfico comprende de 13.620 km en el tramo La Concepción – El Crucero. El cual fue realizado con una estación total, prisma y mojones de concreto. Los datos levantados en el terreno fueron introducidos al software de Civil 3D, para obtener el Diseño Geométrico del camino en estudio.

Capítulo III. Estudio de Transito: Para el estudio de transito se trabajó en campo con dos estaciones; la primera en la estación de buses “Parada El Reten, Est. km 0+000 del proyecto, la segunda en la entrada a la Comunidad Juan Dávila 1, Est. km 13+620 (fin del proyecto). Parte fundamental del análisis, consistió en hacer conteo vehicular durante tres días por un periodo de 12 horas, en ambas estaciones. Todo esto con el fin de conocer el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) del camino en estudio.

Capítulo IV. Diseño Geométrico: El Diseño Geométrico se realizó mediante el software Civil CAD 3D 2016, el cual se obtuvo a partir de los puntos topográficos levantados en el campo. Se inició con una superficie de terreno natural proveniente de dicho levantamiento, luego se creó un alineamiento horizontal, acto seguido se obtuvo un perfil de la superficie del terreno natural del cual se diseñó una sub-rasante; después se procedió a elaborar una sección típica que se posiciona perpendicular al alineamiento horizontal, en cada estación, con la altura de la sub-rasante en ese punto y con taludes que se extienden hasta la superficie de terreno natural. Todos los elementos anteriores se combinan para crear el elemento final llamado corredor, el cual representa un modelo en tercera dimensión de la carretera. Con base al corredor se crean secciones transversales de las cuales se obtienen las áreas de corte y de relleno. Por último se crean planos de las secciones transversales y de la planta perfil del proyecto.

Capítulo V. Estudio Geotécnico: Este capítulo refleja los resultados obtenidos del método DCP (Dynamic Cone Penetrometer) para encontrar un CBR (California Bearing Ratio) in situ que se pueda comparar con un CBR determinado en laboratorio. Se realizaron 27 sondeos sobre la línea del camino en estudio, donde se extrajeron muestras llevadas al laboratorio, los suelos resultaron ser de tipo arena limosa y limo arenoso con grava. 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.

Esto se realizó con el fin de tener las mismas condiciones que permitan una correcta comprobación de la correlación entre el CBR encontrado a través del DCP con el CBR determinado en laboratorio. Se detalla el proceso de análisis de resultados donde se verifica que los suelos seleccionados para el estudio, cumplen con la correlación del método del DCP con el CBR de laboratorio de acuerdo a las gráficas planteadas en anexo del mismo documento, para los suelos analizados. Las muestras son altamente representativas.

En cuanto al banco de material los resultados de laboratorio realizados a las muestras del banco, comprenden: la determinación del peso volumétrico la granulometría, clasificación AASHTO, Proctor modificado y CBR modificado de este, con el fin de conocer las características que interesen para definir o autorizar su uso y así dar criterio de diseño para la construcción.

Con los estudios de suelo y diseño geométrico se pretende dar solución al difícil acceso vehicular y peatonal, ya que esta es una de las grandes problemáticas que presentan las comunidades anexas a dicho tramo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN.	1
1.2. ANTECEDENTES.	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.	9
1.4. OBJETIVOS.	11
CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	12
2.1. INTRODUCCIÓN.	12
2.2. ACTIVIDADES DE CAMPO.	13
2.2.1. CONTROL HORIZONTAL.	13
2.2.2. CONTROL PLANIMÉTRICO.	14
2.2.3. CONTROL ALTIMÉTRICO.	15
2.2.3.1. NIVELACIÓN DE LOS PUNTOS DE LA LÍNEA BASE.	15
2.2.3.2. AJUSTE DE LA POLIGONAL TOPOGRÁFICA.....	15
2.2.3.3. LEVANTAMIENTO DEL EJE CENTRAL EXISTENTE.....	15
2.2.3.4. LEVANTAMIENTO DEL PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES.....	15
2.2.3.5. LEVANTAMIENTO DEL DERECHO DE VÍA Y OTROS DETALLES.....	16
CAPITULO III. ESTUDIO DE TRANSITO	19
3.1. TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	19
3.2. ESTUDIOS DE CAMPO.	19
3.2.1. PROCEDIMIENTO DE CAMPO.	20
CAPITULO IV. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	25
4.1. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL.....	27
4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.....	27
4.2. DISEÑO HORIZONTAL EN EL CIVILCAD 3D.	28
4.2.1. CONFIGURACIÓN INICIAL.....	28
4.2.2. SUPERFICIE (TERRENO NATURAL).	29
4.2.2.1. CURVAS DE NIVEL.....	30
4.2.3. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	30
4.2.4. VELOCIDAD DE DISEÑO DEL PROYECTO.....	32

4.2.5. RADIOS MÍNIMOS Y GRADOS MÁXIMOS DE CURVAS HORIZONTALES PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE DISEÑO, USANDO VALORES LÍMITES DE “E” Y “F”	33
4.2.5.1. SUPERELEVACIÓN MÁXIMA.....	33
4.2.5.2. COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL (30 Km/H)	33
4.2.5.3. RADIO DE CURVATURA MÍNIMO.....	34
4.2.5.4. GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (G).....	35
4.2.6. VEHÍCULO DE DISEÑO.....	36
4.2.7. NÚMERO DE CARRILES.....	37
4.2.8. ANCHO DE CARRIL.....	38
4.2.9. ANCHO DE RODAMIENTO.....	39
4.2.10. SOBREANCHO MÁXIMO.....	39
4.3. ALINEAMIENTO VERTICAL.....	41
4.3.1. PERFIL NATURAL.....	42
4.3.2. SUBRASANTE.....	42
4.3.3. TANGENTE VERTICAL.....	43
4.3.4. CURVA VERTICAL.....	43
4.3.5. PENDIENTE MÁXIMA Y MÍNIMA.....	45
4.3.5.1. PENDIENTE MÍNIMA.....	45
4.3.5.2. TRANSICIÓN DE PENDIENTE DE BOMBEO A PERALTE.....	46
4.3.6. VISIBILIDAD EN CARRETERAS.....	48
4.3.6.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.....	48
4.3.7. DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO.....	49
4.3.8. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	49
4.3.8.1. ANCHO DE CALZADA.....	51
4.3.8.2. CUNETAS.....	51
4.3.8.3. BORDILLOS.....	52
4.3.8.4. SECCIÓN TÍPICA.....	53
CAPITULO V. ESTUDIO GEOTÉCNICO	55
5.1. ENSAYO DCP.....	55
5.2. SONDEOS MANUALES SOBRE LA LÍNEA.....	58
5.3. SITUACIÓN ACTUAL.....	63

5.3.1. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS.....	63
5.4. TRABAJO DE LABORATORIO.....	64
5.4.1. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS (MÉTODO MECÁNICO). (ASTM D-422; AASHTO T 27-88).....	64
5.4.2. ENSAYE DE COMPACTACIÓN DE SUELOS “MÉTODO PROCTOR ESTÁNDAR” (ASTM D 698-91; AASHTO T 99-90).....	70
5.4.2.1. ENSAYE PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D 698.....	71
5.4.3. ENSAYE DE VALOR RELATIVO SOPORTE O RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.), (ASTM D 1883-73; AASHTO T 193-63).....	73
5.4.3.1. PROCEDIMIENTO.....	73
5.5. BANCO DE MATERIAL.....	76
5.5.1. LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE MATERIAL.....	77
5.5.2. PROCEDIMIENTO.....	79
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6.1. CONCLUSION.....	83
6.2. RECOMENDACIONES.....	88
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.....	89
7.1. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	89
ANEXOS	i

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PLANO DE MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	3
FIGURA 2. PLANO DE MICRO-LOCALIZACIÓN CARTOGRAFICA DEL PROYECTO.	4
FIGURA 3. MAPA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO (IMAGEN DE GOOGLE EARTH), SE LOGRA VER QUE SE ENCUENTRA UBICADO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE GASES DEL VOLCÁN MASAYA, ENTRE OTROS.....	5
FIGURA 4. EST. KM 0+000 DEL PROYECTO, HACIA COMUNIDAD SAN CARALAMPIO. ...	6
FIGURA 5. DE FONDO SE PROYECTA EN LÍNEAS DISCONTINUAS ROJAS EL TRAMO EN ESTUDIO. HACIA LA DERECHA; CARRETERA A TICUANTEPE, MANAGUA.	6
FIGURA 6. EST. KM 13+620 DEL PROYECTO, INICIO DE COMUNIDAD JUAN DÁVILA 1..	6
FIGURA 7. DE FONDO SE PROYECTA EN LÍNEAS DISCONTINUAS ROJAS EL FIN DEL TRAMO EN ESTUDIO. HACIA LA DERECHA; CARRETERA A DIRIAMBÁ, CARAZO.	6
FIGURA 8. RECONOCIMIENTO DEL SITIO. EST. 3+000.	12
FIGURA 9. GEOREFERENCIACIÓN CON GPS MANUAL. “BM1”.....	13
FIGURA 10. BM DE CONCRETO A UBICAR EN EL PROYECTO.....	14
FIGURA 11. UBICACIÓN E IDENTIFICACION DE BM. EST. 3+600.	14
FIGURA 12. LEVANTAMIENTO DE EJE CENTRAL, PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES. EST. 2+600.....	16
FIGURA 13. LEVANTAMIENTO DE CERCO. EST. 5+000.....	17
FIGURA 14. CONFIGURACIÓN INICIAL EN EL PROGRAMA CIVILCAD 3D.	28
FIGURA 15. CREACION DE SUPERFICIE EN ELPROGRAMA CIVILCAD 3D.....	29
FIGURA 16. SUPERFICIE DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR CIVILCAD.	30
FIGURA 17. PARÁMETROS PARA LA ELABORACIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL EN EL SOFTWARE CIVILCAD.....	31
FIGURA 18. ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR CIVILCAD.	32
FIGURA 19. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE DISEÑO, (C2).	37
FIGURA 20. SOBRE ANCHO TÍPICO EN CURVA HORIZONTAL.....	40
FIGURA 21. ALINEAMIENTO VERTICAL DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR EL SOFTWARE CIVILCAD.....	43
FIGURA 22. TIPOS DE CURVAS VERTICALES.	44
FIGURA 23. MÉTODOS PARA DESARROLLAR EL PERALTE.....	47
FIGURA 24. DIAGRAMA DE TRANSICIÓN DE PERALTE, GENERADO POR EL SOFTWARE CIVILCAD, ESTACIÓN 1+100 – 1+300.	47
FIGURA 25. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN TANGENTE EN CARRETERA EN DOS DIRECCIONES.	50
FIGURA 26. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN CURVA EN CARRETERA EN DOS DIRECCIONES.	50
FIGURA 27. SECCIONES TÍPICAS DE BORDILLOS – CUNETAS.	52

FIGURA 28. SECCIÓN TÍPICA EXTRAIDA DEL SOFTWARE CIVIL 3D 2016.	53
FIGURA 29. INSTRUMENTO DCP (DYNAMIC CONE PENETROMETER).....	57
FIGURA 30. RECORRIDO E IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES PARA REALIZAR ENSAYOS DCP.	59
FIGURA 31. LECTURAS DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS SONDEOS.	59
FIGURA 32. PENETRACIÓN DEL DCP, EST. 11+000.	60
FIGURA 33. REALIZACIÓN DE SONDEO EST. 11+500.	61
FIGURA 34. MEDICIÓN DE ESTRATO, EST.: 11+000.	62
FIGURA 35. EXTRACCIÓN DE MUESTRA, EST. 6+000.	62
FIGURA 36. INICIO DEL PROYECTO, EST. 0+000.	64
FIGURA 37. AGRUPACIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.	65
FIGURA 38. ENSAYE DE LABORATORIO, LAVADO DE MUESTRAS.	68
FIGURA 39. PESAJE DE MUESTRA A UTILIZAR EN EL ENSAYE DE PROCTOR ESTÁNDAR.	72
FIGURA 40. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA.	72
FIGURA 41. MUESTRAS PARA CBR.	74
FIGURA 42. ESPECÍMENES EN SATURACIÓN POR 4 DÍAS.	74
FIGURA 43. ENSAYO CBR.	75
FIGURA 44. ANOTACIÓN DE LECTURAS DE CBR.	76
FIGURA 45. BANCO DE MATERIAL. KM 34, CARRETERA LA CONCEPCIÓN – SAN MARCOS.	78
FIGURA 46. ACARREO DE MATERIAL AL LABORATORIO.	79
FIGURA 47. MOLDE Y MUESTRA A ENSAYAR (PVSS).	80
FIGURA 48. ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO.	80

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LÍMITES MUNICIPALES Y DEPARTAMENTALES.	2
TABLA 2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PROYECTO.....	2
TABLA 3. DERROTERO DE BM (BANCO MAESTRO DE NIVEL) UBICADOS EN EL TRAMO EN ESTUDIO, SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84.	17
TABLA 4. TABLA DE FACTORES TICUANTEPE – LA CONCEPCIÓN.....	20
TABLA 5. AFORO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS (12.0 HORAS).	21
TABLA 6. CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.	21
TABLA 7. TABLA DE FACTORES ENTRADA AL INCAE – EL CRUCERO DEL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL AÑO 2014, MES DE MAYO A AGOSTO.	22
TABLA 8. AFORO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS (12.0 HORAS).	22
TABLA 9. CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.	22
TABLA 10. PROYECCIÓN DEL TPDA, 1 AÑO.	23
TABLA 11. TRANSITO PROYECTADO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO EN UN PERIODO DE 10 AÑOS.	24
TABLA 12. RADIOS MÍNIMOS Y GRADOS MÁXIMOS DE CURVATURA PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE DISEÑO PARA UN PERALTE MÁXIMO DE 8%.	35
TABLA 13. CUADRO DIMENSIONES MÍNIMAS DE LAS CUNETAS.	51
TABLA 14. TABLA DE NORMAS DE DISEÑO A ADOPTAR EN EL PROYECTO.....	54
TABLA 15. AGRUPACIÓN DE LOS 17 GRUPOS.	66
TABLA 16. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO.....	69
TABLA 17. TABLA DE PENETRACIÓN PARA CBR.....	75
TABLA 18. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE MATERIAL.....	77
TABLA 19. CLASIFICACIÓN DE SUB-RASANTES SEGÚN EL VALOR DEL CBR.....	78
TABLA 20. TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LOS SONDEOS SOBRE LA LÍNEA.	81
TABLA 21. TABLA DE RESULTADOS DEL BANCO DE MATERIAL.....	82

ABREVIATURAS

BM: Banco Maestro de nivel.

GPS: Sistema de posicionamiento global.

UTM: Sistema de coordenadas; Universal Transversal De Mercator.

TPDA: Transito promedio diario anual.

PIB: Producto interno bruto.

i: Tasa de crecimiento anual.

n: Número de año en el periodo de diseño.

CR: Colectora Rural.

f: Coeficiente de fricción lateral.

V: Velocidad en kilómetros por hora.

R: Radio mínimo de curva, en metros.

e: Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

G: Grado Máximo De Curvatura.

Sa: Valor sobreaancho, metros.

N: Número de carriles de la superficie de rodamiento.

L: Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño.

K: Recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

P: Pendiente.

DCP: Cono de Penetración Dinámica.

PVSS: Peso volumétrico seco suelto.

PVSC: Peso volumétrico seco compacto.

CBR: Relación Soporte de California.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

Para poder diseñar y construir deben tomarse en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos, tales como: áreas de reserva silvestres y áreas de cultivo (pitahaya, piña, entre otros).

Descripción y localización del proyecto:

En términos generales los alcances del Proyecto consisten en los estudios topográficos, geotécnico, diseño vial y elaboración de planos constructivos de las obras a realizar, del camino “La Concepción (entrada el retén) - El Crucero (comunidad Juan Dávila 1)”.

Localización del Proyecto:

Este tramo cuenta con una longitud de 13.620 Km., inicia en el municipio de La Concepción, Masaya y finaliza en el municipio El Crucero, comunidad Juan Dávila 1, Managua.

Tiene su inicio sobre la carretera principal de la Concepción, (Nic - 20B), frente al barrio 19 de Julio, aproximadamente en la Est. km 31+750 y finaliza en la comunidad Juan Dávila 1, de la cabecera municipal del Crucero, (Nic - 2), aproximadamente en la Est. km 27+000.

Las figuras 1 y 2 presentan la Macro-localización y micro-localización topográfico del proyecto respectivamente. La figura 3 presenta la ubicación del proyecto mediante Google Earth.

TABLA 1. LÍMITES MUNICIPALES Y DEPARTAMENTALES.

	Origen	Destino
Departamento:	Masaya	Managua
Municipio:	La Concepción.	El Crucero.
Est. Referencia:	Km 31+750	Km 27+000
Nic.:	Nic – 20B	Nic - 2

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PROYECTO.

Sistema de coordenadas UTM WGS84			
Origen		Destino	
Estación de buses “El Reten”. km 0+000 (Inicio)		“Comunidad Juan Dávila”. km 13+620 (Fin)	
E: 588201.38 m	N: 1320360.62 m	E: 575679.65 m	N:1322427.11 m

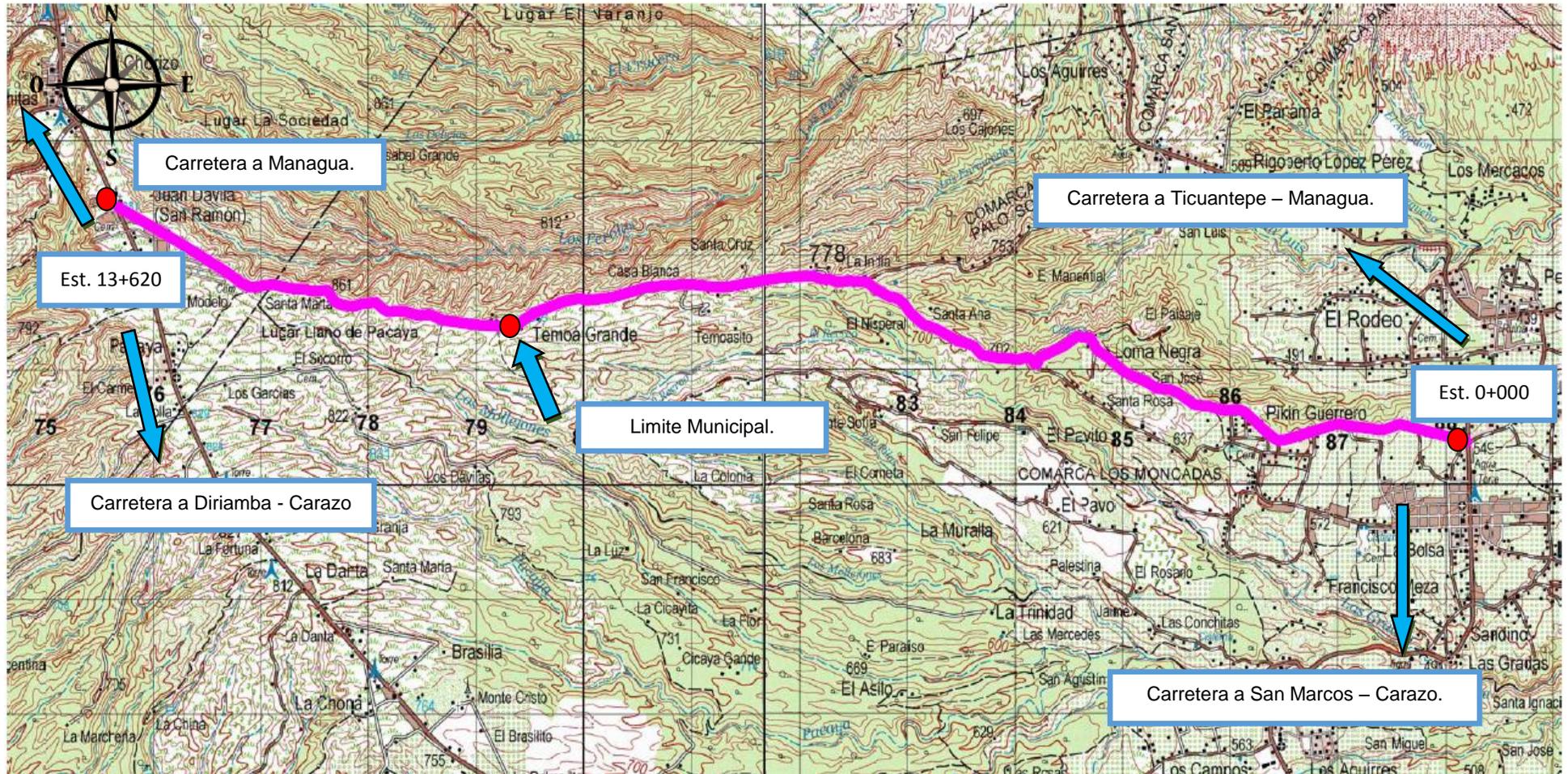
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 1. PLANO DE MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2. PLANO DE MICRO-LOCALIZACIÓN CARTOGRAFICA DEL PROYECTO.



Fuente: Elaboración Propia Mediante Google Earth.

FIGURA 3. MAPA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO (IMAGEN DE GOOGLE EARTH), SE LOGRA VER QUE SE ENCUENTRA UBICADO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE GASES DEL VOLCÁN MASAYA, ENTRE OTROS.



Fuente: Elaboración Propia Mediante Google Earth.

Las cuatro fotografías siguientes nos ubican con detalle en el punto de inicio (Est. km 0+000) y fin (Est. km 13+620) del proyecto.

FIGURA 4. Est. km 0+000 del proyecto, hacia comunidad San Caralampio.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 5. De fondo se proyecta en líneas discontinuas rojas el tramo en estudio. Hacia la derecha; Carretera a Ticuantepe, Managua.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 6. Est. km 13+620 del proyecto, inicio de Comunidad Juan Dávila 1.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 7. De fondo se proyecta en líneas discontinuas rojas el fin del tramo en estudio. Hacia la derecha; Carretera a Diriamba, Carazo.



Fuente: Elaboración Propia.

1.2. ANTECEDENTES.

A mediados del año 1,930 a los pobladores de la comunidad San Caralampio y lugares aledaños, les surgió la necesidad de tener una vía de acceso con el fin de mejorar su calidad de vida y así exportar productos de sus cosechas (naranjas, mandarinas, piña, pitahaya, yuca, quequisque y repollo) a los departamentos de Managua y Masaya, dando así inicio al camino que ahora se conoce como “La Concepción – El Crucero”, logrando el desarrollo socio económico de la zona.

En los años ochenta ocurrieron cambios en el camino, debido a que los dueños de parcelas localizadas a lo largo del eje del camino, cedieron pequeñas partes de sus terrenos para la ampliación de este. Por ello, las autoridades municipales de La Concepción – Masaya de esa época, utilizaron maquinarias para el mejoramiento del ancho de la vía.

La Alcaldía Municipal de La Concepción, en el año 2015, como parte de uno de sus proyectos, implementó la colocación de una capa de material selecto en los 12 km correspondientes a su jurisdicción. No obstante, debido a las temporadas de lluvias y deslizamiento de suelo en los taludes del camino este se ha venido deteriorando.

En la actualidad el estado de la superficie de rodamiento del camino se encuentra afectado por cárcavas, producto de las escorrentías superficiales, provocadas por el desequilibrio climático, ocasionando la erosión del suelo. Este tipo de problema afecta el tránsito peatonal y vehicular, generando incomodidades y posibilidades de accidentes a la población. (Muy bajo nivel de serviciabilidad).

La morfología del lugar en estudio, en gran parte, se encuentra afectada por la inestabilidad de los taludes, ocasionando así, deslizamiento de suelos en temporadas lluviosas. Parte de los taludes que se encuentran en el camino, perjudican la uniformidad del ancho del camino, donde los conductores son los principales afectados, ya que no pueden transitar dos vehículos en sentido diferentes a la vez.

La mala condición del camino puede afectar la atracción turística que se desee implementar a futuro, esto induce a que no haya explotación de los recursos naturales y atractivos paisajes de la ruta.

La Alcaldía de la Concepción, Masaya desea efectuar una obra horizontal, que conecte los municipios: Masatepe, La Concepción y El cruce para el crecimiento socio económico y turístico, el cual mejorará la circulación vehicular y peatonal.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo consiste esencialmente en la identificación y análisis de los problemas existentes; así como el estudio de las posibles soluciones para luego proceder a elegir la más rentable. Estos aspectos son tratados con más detalle en el desarrollo del mismo; pero es preciso anticipar los problemas que sufre la población: el difícil acceso vehicular y peatonal, deterioro del camino y la falta de un sistema de evacuación de las aguas pluviales.

La importancia de este estudio radica principalmente en el mejoramiento vial trayendo consigo la creación del turismo para el desarrollo socioeconómico de los habitantes. Por otro lado la agricultura de la zona tendría un mayor auge que en la actualidad, ya que así los comerciantes tendrían la oportunidad de vender sus productos de manera práctica y económica.

Un aspecto importante es la automatización de procesos, a través de programas de computadoras que han sido una de las herramientas más importantes en los últimos años, para la solución a problemas de infraestructura vial. El software Civil 3D versión 2016, es uno de los programas que ayuda a realizar diseños geométricos de carreteras, de una manera rápida y segura, en conjunto con los conocimientos del Ingeniero operante. Es por ello que en el presente trabajo monográfico se hará uso de dicho programa.

La solución de la problemática de las cárcavas, escorrentías y estancamientos que obstruyen el paso de peatones y vehículos, se cuenta con una alternativa:

La evacuación del agua pluvial por medio de un sistema superficial (cunetas). Este tiene la ventaja de un menor costo y un fácil mantenimiento.

Con el fin de obtener un buen diseño geométrico y potenciar las actividades productivas de la zona de influencia, se hace imperativo conocer las características y riquezas que posee el territorio en estudio, ya que nos proporcionara toda la información necesaria para determinar el diseño, buscando la optimización de la realidad física y funcional final.

Para conocer la capacidad del suelo, se ha tomado en cuenta a dicho trabajo el estudio y análisis de este a lo largo del tramo, mediante el ensayo DCP, (Cono de Penetración Dinámico) el cual es de gran ayuda para diseñar a futuro una estructura de pavimento, ya que proporciona valores de CBR in situ, los cuales posteriormente son comparados con CBR de laboratorio.

La correlación entre el ensayo de CBR y la prueba de DCP, varía en función de las condiciones de los ensayos, buscando como priorizar que ambos se realicen bajo las mismas condiciones de humedad y peso específico seco, así como la misma compactación.

1.4. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar la geometría y análisis de capacidad de suelo, aplicando el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA – 3ª edición 2011) y Asociación Americana de Carreteras y Transportación de los Funcionarios del Estado (AASHTO) del camino La Concepción – El Crucero con el programa Civil 3D y ensayo DCP.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Ejecutar el levantamiento topográfico de los 13.620 km del tramo en estudio, para definir la rasante óptima del tramo, mediante el software Civil 3D.
- Cuantificar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), para el año base y proyectarlo para la vida útil del Proyecto, a partir del tránsito actual.
- Proponer el diseño geométrico en base a la rasante óptima y su sección típica.
- Determinar la capacidad soporte in situ de los suelos mediante el ensayo de Cono de penetración Dinámico (DCP), a cada 500 metros a lo largo del camino para diseñar a futuro la estructura de pavimento.

CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.1. INTRODUCCIÓN.

El tramo se localiza en el municipio “**La Concepción – El Crucero**”, tiene una longitud de 13.620 km.

Se realizó un reconocimiento del sitio en el mes de enero de 2016, se inició el levantamiento topográfico el día 07 de marzo de 2016. El equipo de topografía estuvo conformado por una estación total, dos prismas, un GPS portátil, una cinta métrica y sus complementos esenciales.

FIGURA 8. RECONOCIMIENTO DEL SITIO. EST. 3+000.



Fuente: Elaboración Propia.

Es importante señalar que se hizo uso de la topografía planialtimétrica, ya que brinda los elementos adecuados para dar solución a la problemática del terreno a estudio.

2.2. ACTIVIDADES DE CAMPO.

2.2.1. CONTROL HORIZONTAL.

Se realizó a partir de la geo-referenciación con GPS manual del tipo navegador, con un período de tiempo estacionario mínimo de 30 minutos en un punto inmóvil (monumento ubicado en la entrada del Reten “**BM1**”) siendo un punto control horizontal del proyecto, pasados los 30 minutos se obtuvieron las coordenadas de dicho punto en el sistema **WGS84**, posteriormente se visualizó el norte magnético para seguidamente visar el “**BM2**” y detalles existentes como línea central de la carretera principal, bordes, cunetas, arboles e inicio del proyecto. Las secciones transversales de la vía se levantaron aproximadamente a cada 20 m, este levantamiento cubrió todos los detalles de propiedades, línea central, bordes, cercos, muros, postes de electricidad y cualquier detalle dentro del derecho de vía. Una vez obtenidas todas estas lecturas se trasladó el equipo (estación total) al “**BM2**” donde se visó el “**BM1**” para asegurar que las elevaciones coincidieran con las obtenidas con el GPS manual, establecidos y corroborados estos valores, se visó el “**BM3**” para posteriormente leer las secciones transversales comprendidas entre el **BM2** y el **BM3**. Este procedimiento se hizo para cada uno de los **BM** a lo largo del tramo.

FIGURA 9. GEO-REFERENCIACIÓN CON GPS MANUAL. “BM1”.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.2. CONTROL PLANIMÉTRICO.

Se colocaron mojones de concreto de 15 de diámetro por 30cm de altura, estos monumentos están separados entre 300 y 400 m., a lo largo de la vía, los que se ubicaron en sitios estratégicos para el emplazamiento de la Estación Total, a fin de asegurar la intervisibilidad entre cada tres mojones consecutivos (Uno antes y otro después). En total se colocaron 60 monumentos de BM.

Los mojones se colocaron manteniendo los siguientes criterios:

- La distancia de separación no debe ser mayor a 500 metros.
- Existencia de inter visibilidad entre los monumentos.
- De ser posible estar colocados fuera de la futura área de construcción.

FIGURA 10. BM DE CONCRETO A UBICAR EN EL PROYECTO.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 11. UBICACIÓN E IDENTIFICACION DE BM. EST. 3+600.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3. CONTROL ALTIMÉTRICO.

El proceso de control altimétrico llevado a cabo ha sido efectuado tomando en cuenta los siguientes procedimientos:

2.2.3.1. NIVELACIÓN DE LOS PUNTOS DE LA LÍNEA BASE.

La elevación de partida es la elevación del GPS que es de 554 m.

2.2.3.2. AJUSTE DE LA POLIGONAL TOPOGRÁFICA.

El trabajo por poligonal consistió en medir una poligonal abierta entre el primer mojón, ubicado al inicio de la poligonal y el último mojón ubicado aproximadamente a los 13.620 km.

2.2.3.3. LEVANTAMIENTO DEL EJE CENTRAL EXISTENTE.

Establecida la Red de Mojones de Replanteo, se procedió a levantar el Eje central del camino existente, en estacados próximos a los 20 m. y en coordenadas UTM X, Y, Z con el fin de conocer la geometría de la vía, en planta y perfil, estableciendo, los posibles sitios de mejora de la planimetría.

La información fue levantada con los equipos de Estación Total, bajándose la información, y guardando los respectivos datos.

2.2.3.4. LEVANTAMIENTO DEL PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES.

El levantamiento de las secciones transversales de la vía se hizo en intervalos de 20 metros; El levantado de las secciones transversales cubre todos los detalles de propiedades, cercos, cunetas, muros, postes de electricidad, postes telefónicos, corrales localizados y cualquier detalle dentro del derecho de vía.

FIGURA 12. LEVANTAMIENTO DE EJE CENTRAL, PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES. EST. 2+600.



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3.5. LEVANTAMIENTO DEL DERECHO DE VÍA Y OTROS DETALLES.

Auxiliados por la red de mojones de replanteo, se realizó el levantamiento de las construcciones privadas o públicas en las inmediaciones del derecho de vía o susceptibles a ser afectadas por la obra, con énfasis en cercos, casas, comercios, poste de energía eléctrica, entre otros, todo con el fin de plasmar en los planos del proyecto, los servicios e infraestructura existente a lo largo de la vía, y considerar, cuando sea el caso, los costos o indemnizaciones que se requieran cuando sea inevitable que el proyecto ocasione afectaciones.

FIGURA 13. LEVANTAMIENTO DE CERCO. EST. 5+000.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, con los datos del levantamiento obtenidos fueron introducidos al software Civil 3D (Ver ANEXO 1, pág. iii), donde en conjunto con las especificaciones de diseño geométrico, se realizó el diseño más óptimo y final del tramo en estudio.

TABLA 3. DERROTERO DE BM (BANCO MAESTRO DE NIVEL) UBICADOS EN EL TRAMO EN ESTUDIO, SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84.

Número	Norte (m)	Este(m)	Elevación (m)	Descripción
31	1321697.09	577612.11	847.882	BM51
80	1321580.63	577723.09	848.362	BM50
97	1321559.89	577838.13	844.312	BM49
157	1322427.11	575679.65	878.612	BM58
234	1322046.88	576387.89	867.292	BM56
288	1322176.3	576131.54	873.422	BM57
298	1321883.72	576623.53	864.052	BM55
366	1321747.48	576834.89	850.172	BM54
494	1321738.77	577176.05	856.042	BM53
529	1321697.791	577410.25	846.672	BM52
748	1320687.887	585663.84	654.542	BM10
1003	1320357.78	588212.6	567.372	BM1
1227	1320516.19	587557.57	585.342	BM2
1511	1321513.857	578322.81	850.052	BM48
1619	1321431.72	578684.25	848.32	BM47
1649	1321396.54	578949.54	858.052	BM46

1805	1321378.02	579347.25	858.12	BM45
1867	1321527.07	579607.54	844.022	BM44
1928	1321620.467	579916.3	824.252	BM43
1993	1321635.31	580251.2	797.212	BM42
2061	1321714.89	580558.46	797.552	BM41
2062	1321737.58	580782.19	786.862	BM40
2106	1321705.609	581214.6	779.912	BM39
2122	1321711.9	581301.19	780.102	BM38
2148	1321774.44	581668.11	766.342	BM37
2181	1321811.46	582053.76	756.512	BM36
2211	1321786.389	582206.54	751.682	BM35
2213	1321771.82	582346.45	752.022	BM34
2333	1321771.498	582587.74	777.462	BM33
2404	1321716.1	582679.01	778.792	BM32
2408	1321638.144	582830.9	772.672	BM31
2446	1321619.243	582917.19	772.582	BM30
2475	1321482.583	583057.17	755.502	BM29
2560	1321260.63	583463.26	729.402	BM28
2572	1321230.31	583578.88	720.472	BM27
2598	1321180.22	583646.49	709.982	BM26
2648	1321116.087	583768.437	697.542	BM25
2725	1321105.034	583886.31	697.652	BM24
2730	1320462.204	587383.573	585.542	BM3
2731	1320520.71	587014.18	599.542	BM4
2732	1320386.77	586548.61	613.542	BM5
2733	1320375.609	586422.627	625.502	BM6
2734	1320624.137	586155.196	645.322	BM7
2735	1320649.525	586063.19	647.542	BM8
2736	1320657.163	585820.52	653.082	BM9
2737	1320804.56	585497.05	662.732	BM11
2738	1320822.729	585381.076	671.542	BM12
2739	1320825.072	585323.503	680.542	BM13
2740	1320897.855	585170.306	690.592	BM14
2741	1321023.588	584937.024	680.542	BM15
2742	1321205.46	584741.962	700.692	BM16
2743	1321291.299	584646.944	720.942	BM17
2744	1321286.538	584561.676	732.792	BM18
2745	1321151.08	584331.876	736.532	BM19
2746	1321139.167	584304.951	742.312	BM20
2747	1321101.632	584230.48	732.442	BM21
2748	1321054.027	584194.766	718.322	BM22

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III: ESTUDIO DE TRANSITO

3.1. TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).

Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un año, dividido entre el número de días del año.

El TPDA se ha tomado como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos como por su facilidad de obtención; es muy valioso indicar la cantidad de vehículos de diferentes tipos y funciones que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y continuar haciendo uso de dicha carretera una vez que esta sea ampliada o mejorada. El cálculo del TPDA para cada uno de los corredores de Nicaragua sirve como parámetro para la planeación de las futuras intervenciones en la red vial.

Los estudios de tránsito sirven tanto para los análisis de ingeniería como para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Los estudios los dividiremos en dos categorías:

- a) Levantamiento o investigaciones de campo.
- b) Estudios de gabinete o de análisis de investigaciones

3.2. ESTUDIOS DE CAMPO.

En esta metodología, se detallan los procedimientos empleados en los estudios de campo, que se desarrolló para el estudio de Tránsito, los que incluyeron conteos volumétricos de tránsito, su clasificación y tiempos de recorridos en un periodo de 12 horas.

De acuerdo con los Términos de Referencia de los estudios, se realizaron tres días de conteo y clasificación vehicular, en dos estaciones una de ellas localizada sobre el camino en estudio El Reten – La Concepción y la segunda

sobre el tramo Juan Dávila 1 – El Crucero, comenzando la actividad el día lunes 11 de julio del 2016 y concluyeron el miércoles 13 de julio del 2016, durante 12.0 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas.

3.2.1. PROCEDIMIENTO DE CAMPO.

En las estaciones N^o1 y N^o 2, se realizaron conteos y clasificación por sentido del flujo vehicular, durante tres días consecutivos de los vehículos que circularon por dichas estaciones.

El volumen del tráfico presenta variaciones horarias y diarias, según las estaciones del año, ocasionales factores climatológicos, épocas de cosecha, lluvias, vacaciones, festividades, etc. Es por esta razón que se cuenta con la aplicación de los Factores; día, semana y expansión, que tiene por objeto eliminar el factor de estacionalidad que afecta los movimientos de carga y pasajeros.

TABLA 4. TABLA DE FACTORES TICUANTEPE – LA CONCEPCIÓN.

Del tercer cuatrimestre del año 2013, mes de Septiembre a Diciembre. Se uso esta tabla para calcular el TPDA debido a que en el anuario 2014, no se encuentra el tramo en estudio y el mes en que se ejecuto el conteo vehicular.

Camino: Nic - 20B Estación: 1104		Tramo: Ticuantepe- La Concepcion						Periodo: L			Dias: 3			Mes/Año: Septiembre 2013				Km: 20+285		
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga						Equipo Pesado						
		Autos	Jeep	Cam.	McBus<15 s	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s	Liv 2-5 t.	C2 5+t.	C3	Tx-Sx <= 4 e.	Tx-Sx >= 5 e.	Cx-Rx <= 4 e.	Cx-Rx >= 5 e.	V.A	V.C	Otros			
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21		
Factor Dia		1.26	1.43	1.34	1.35	1.44	1.26	1.31	1.25	1.31	1.11	1	1.24	1	1	1	1	1.25		
Factor Semana		0.97	1.03	1.09	1.02	0.95	0.96	0.97	0.92	0.87	0.82	1	0.86	1	1	1	1	1.45		
Factor Expansion		1.11	0.9	1.12	1.01	1.08	0.95	1.04	1.27	1.04	1.14	1	1.01	1	1	1	1	1.13		

Fuente: Anuario De Aforos De Trafico Año 2013.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del estudio de tránsito, realizado en la Est. 0+000 de nuestro proyecto. Se presentan los datos, una vez usados los factores.

SENTIDO: LA CONCEPCIÓN – EL CRUCERO.

$$TPDA = TPDiario * \text{factor semanal} * \text{factor expansión}$$

TABLA 5. AFORO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS (12.0 HORAS).

Estación: N° 1 (0+000) Sentido: Ambos sentidos																	
Hora	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros				Pesados de Carga					Veh. Pesados		TPDA (vpd)
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	mb>15	Bus	Camión C2	Liv C2	C2>5ton	C3	T3S2	T3S3	VC	Veh. Trac. Animal	
Lunes (TPD12hrs)	72	177	26	14	70	6	1	0	13	11	1	6	0	2	0	1	400
Martes (TPD12hrs)	78	140	46	9	61	3	0	1	27	18	1	1	1	1	5	0	392
Mierc. (TPD12hrs)	62	96	20	12	73	4	0	0	14	15	0	6	0	1	0	0	303
Total	212	413	92	35	204	13	1	1	54	44	2	13	1	4	5	1	1095

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 6. CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.

Grupo	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros				Pesados de Carga					Veh. Pesados		Totales
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	mb>15	Bus	Camión C2	Liv C2	C2>5ton	C3	T3S2	T3S3	VC	Veh. Trac. Animal	
TOTAL	212	413	92	35	204	13	1	1	54	44	2	13	1	4	5	1	1095
TPD	71	138	31	12	68	4	0	0	18	15	1	4	0	1	2	0	365
Factor Diario	1.25	1.26	1.43	1.34	1.35	1.44	1.26	1.31	1.31	1.25	1.31	1.11	1	1.24	1	1	
Factor Semanal	1.45	0.97	1.03	1.09	1.02	0.95	0.96	0.97	0.87	0.92	0.87	0.82	1	0.86	1	1	
Factor Expansión	1.13	1.11	0.9	1.12	1.01	1.08	0.95	1.04	1.04	1.27	1.04	1.14	1	1.01	1	1	
TP24hrs	88	173	44	16	92	6	0	0	24	18	1	5	0	2	2	0	
TPSEMANAL	128	168	45	17	94	6	0	0	21	17	1	4	0	1	2	0	
TPDA	145	187	41	19	95	6	0	0	21	21	1	4	0	1	2	0	545
%TPDA	0.27	0.34	0.07	0.04	0.17	0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

%Veh. Livianos =	0.89
%Veh. Pesados =	0.11

Fuente: Elaboración Propia.

SENTIDO: EL CRUCERO - LA CONCEPCIÓN .

TABLA 7. TABLA DE FACTORES ENTRADA AL INCAE – EL CRUCERO
del segundo cuatrimestre del año 2014, mes de Mayo a Agosto.

Camino: Nic-2		Estacion: 200		Tramo: Entrada al INCAE- El Crucero				Periodo: L		Dias: 3		Mes/Año: Mayo-Agosto 2014				Km: 20.000		
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado				
		Autos	Jeep	Cam.	McBus<15 s	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s	Liv 2-5 t.	C2 5 +t.	C3	Tx-Sx<=4 e.	Tx-Sx>=5 e.	Cx-Rx<=4 e.	Cx-Rx>=5 e.	V.A	V.C	Otros	
Factor Día	1.37	1.42	1.42	1.38	1.28	1.38	1.21	1.31	1.32	1.24	1.00	1.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.18	
Factor Semana	0.96	1.00	1.04	1.00	0.94	0.95	1.02	0.93	0.87	0.88	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	
Factor Expansión	0.88	1.05	0.96	0.97	0.95	0.83	0.96	0.93	0.97	0.81	2.67	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	

Fuente: Anuario De Aforos De Trafico Año 2014.

TABLA 8. AFORO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS (12.0 HORAS).

Estación: Nº 2 (13+620) Sentido: Ambos sentidos

Hora	Bicic.	Motos	Vehículos	Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			TPDA (vpd)
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Camión C2	Liv C2	C2>5ton	
Lunes (TPD12hrs)	20	28	3	0	9	2	0	0	0	62
Martes (TPD12hrs)	21	32	2	1	9	2	1	0	0	68
Mierc. (TPD12hrs)	15	26	1	2	3	1	0	1	1	50
Total	56	86	6	3	21	5	1	1	1	180

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 9. CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.

Grupo	Bicic.	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga		Totales
			Autos	Jeep	Cta	Mbus	Camion C2	Liv C2	C2>5ton	
TOTAL DE VEH.	56	86	6	3	21	5	1	1	1	180
TPD	19	29	2	1	7	2	0	0	0	60
Factor Diario	1.18	1.37	1.42	1.42	1.38	1.28	1.21	1.31	1.32	
Factor Semanal	1.1	0.96	1	1.04	1	0.94	1.02	0.93	0.87	
Factor Expansión	0.62	0.88	1.05	0.96	0.97	0.95	0.96	0.93	0.97	
TP24hrs	22	39	3	1	10	2	0	0	0	
TPSEMANAL	24	38	3	1	10	2	0	0	0	
TPDA	15	33	3	1	9	2	0	0	0	65
%TPDA	0.23	0.51	0.05	0.02	0.14	0.03	0.01	0.01	0.01	1.00

%Veh. Livianos =	0.95
%Veh. Pesados =	0.05

Fuente: Elaboración Propia.

En base a los estudios realizados en ambas estaciones, se escogió el TPDA de mayor fluencia vehicular, correspondiente a la estación No. 1, situada en el km 0+000 del proyecto, con un total de 545 vehículos por día.

Para el tránsito de diseño a futuro se consideró una tasa de crecimiento promedio de 12.35%, en un periodo de 10 años que es lo estipulado dentro del rango para una vía rural.

Para la proyección del tráfico del proyecto se llevó a cabo una revisión de las variables vinculadas al transporte de la Concepción siendo esta la estación maestra, se obtuvieron registros históricos del TPDA con un promedio de **31.20%** (estación corta No. 1104 del anuario de aforo de tráfico 2013 PAG 140); Ver ANEXO 3, pág. vi, producto interno bruto de **4.46%** (para este estudio tomamos registros históricos del PIB desde el año 2007, para poder apreciar el comportamiento del crecimiento o decrecimiento durante todos estos años.); Ver ANEXO 3, pág. v, y la tasa de crecimiento poblacional de **1.4%** del municipio de la Concepción (a partir del censo del año 2009); Ver ANEXO 3, pág. vi. Resultando un promedio de tasa de crecimiento igual a **12.35%** que se usó para la proyección del proyecto.

TABLA 10. PROYECCIÓN DEL TPDA, 1 AÑO.

Se proyectara al año 2017 porque nuestro aforo vehicular fue realizado en el mes del año 2016 por esa razón el valor de N es de 1 año.

Tipo de Vehículos	TPDA (2016)	Tasa de crecimiento	N	TPDA Proyectado 2017
Autos	41	0.1235	1	47
Jeep	19	0.1235	1	22
Camioneta	95	0.1235	1	107
Microbús	6	0.1235	1	7
C2	21	0.1235	1	24
Liviano C2	21	0.1235	1	24
C2. >5Ton	1	0.1235	1	2
C3	4	0.1235	1	5
T3S3	1	0.1235	1	2
Total, vpd	209			240

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 11. TRANSITO PROYECTADO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO EN UN PERIODO DE 10 AÑOS.

Definidas las variables como el tránsito del año base 2017, tasa anual de crecimiento y el periodo de diseño, se proyectó el tránsito al año horizonte que corresponde al 2027.

Tipo de Vehículos	TPDA 2017	Tasa de crecimiento	N	TPDA Proyectado 2027
Autos	47	0.1235	10	151
Jeep	22	0.1235	10	71
Camioneta	107	0.1235	10	343
Microbús	7	0.1235	10	23
C2	24	0.1235	10	77
Liviano C2	24	0.1235	10	77
C2. >5Ton	2	0.1235	10	7
C3	5	0.1235	10	17
T3S3	2	0.1235	10	7
Total, vpd	240			773

Fuente: Elaboración Propia.

FORMULAS UTILIZADAS EN LAS PROYECCIONES DEL TRÁNSITO:

➤ $TPDA_{2017} = TPDA_{2016} * (1 + i)^n$

➤ $TPDA_{2027} = TPDA_{2017} * (1 + i)^n$

Donde:

TPDA: Transito promedio diario anual.

i: tasa de crecimiento anual igual a 12.35%.

n: número de año en el periodo de diseño.

CAPITULO IV. DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño en contexto implica satisfacer al mismo tiempo las necesidades de seguridad, movilidad, armonía con el medio ambiente y preservación de los valores de las comunidades afectadas.

Para lograrlo, resulta esencial que el equipo diseñador se involucre con el público general, que este último conozca las intenciones del proyecto; pero sobre todo, que los diseñadores conozcan las necesidades particulares de las comunidades, antes de intentar soluciones estandarizadas y centralizadas.

La importancia de la ejecución del diseño de un camino, radica en la conexión de departamentos, municipios y comunidades de diferentes zonas del país, trayendo consigo beneficios socio-económicos y turísticos. El municipio de La Concepción (Masaya) pretende la construcción de un camino que lo conecte con el municipio El crucero (Managua), para su desarrollo como tal. Teniendo como objetivo primordial habilitar las condiciones actuales de esta vía clasificada como una Colectora Rural (CR) y transformar su estructura en una vía de características de todo tiempo, debidamente pavimentada, lo que permitirá la integración de las comunidades de su área de influencia a un mayor movimiento económico.

Con la materialización de este Proyecto se pretende fundamentalmente promover el desarrollo del rubro económico principal de los municipios de La Concepción y El Crucero que eminentemente son agrícolas.

En nuestro estudio hemos tomado en cuenta los siguientes aspectos que consideramos son de gran importancia para la sociedad.

- Conservar en todo lo posible el medio ambiente existente en el entorno de la zona y corredor de la ruta del Proyecto.
- Conservar en todo lo posible la trayectoria de la geometría planialtimétrica existente del camino actual, a excepción de los sitios donde sea necesaria

y obligatorio corregir los alineamientos tanto horizontal como vertical para mejorar las condiciones de transitabilidad de la vía.

- Conservar en todo lo posible el aspecto paisajístico del entorno del camino así como el medio ambiente de todo el corredor y el área de influencia.
- Evitar en todo lo posible, la proyección de obras de movimiento de tierra de grandes magnitudes (excavaciones y/o terraplenes) que conlleven a generar una deformación notoria en el aspecto paisajístico y en el medio ambiente en general de la vía.
- La vía a proyectar para su construcción contará con los elementos de infraestructura complementarios básicos para la rápida evacuación de las aguas.

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

4.1. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL.

Las clasificaciones funcionales de las vías 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 una **Colectora Rural** según el manual de la SIECA (edición 2011, pág. 25), debido a que las estaciones 0+000 y 13+620 (Inicio y fin respectivamente del proyecto), están junto a una carretera arterial, además se consideró una velocidad de diseño baja y servirá para realizar recorridos a zonas departamentales.

Las normas de diseño se deben provenir de los resultados que se obtengan del estudio de tráfico, los cuales, a su vez, se asocian a la clasificación funcional del camino en estudio.

Por ello, los parámetros más importantes de aplicación en el desarrollo del diseño geométrico, tales como velocidad, ancho de sección y vehículo de diseño.

4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.

Tomando en cuenta los criterios de clasificación de las carreteras en base al TPDA y número de carriles, se considera la funcionalidad del camino como **Colector Menor** debido a que se encuentra dentro de las características o descripciones que la definen.

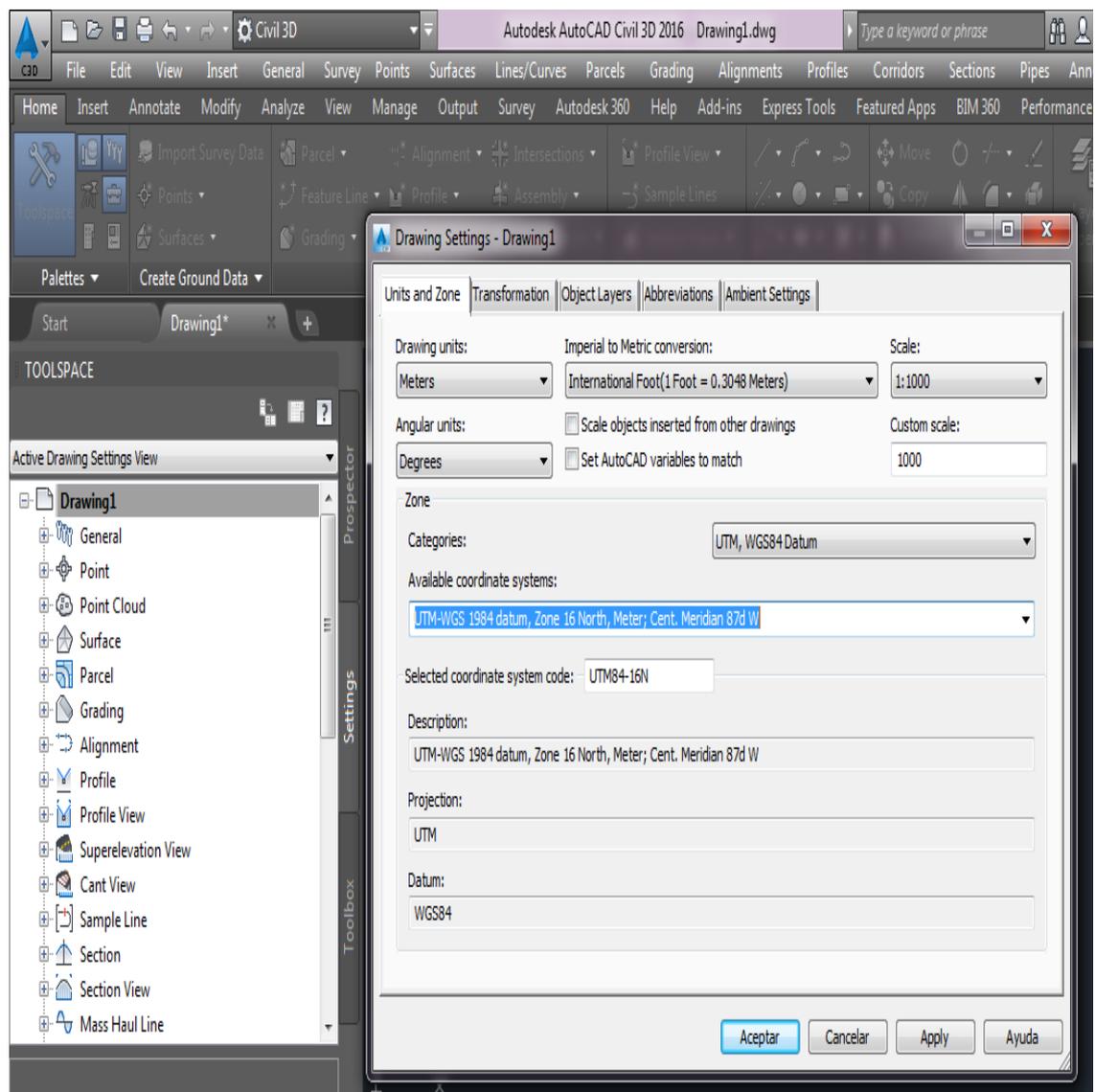
La clasificación del camino según la tabla de la pag.33 del Manual “SIECA 2011”, corresponde a **Colector Menor Rural (CR)**, de dos carriles (uno por sentido), ya que se encuentra en el interior del Municipio La Concepción (Ver FIGURA 3, pág. 5), cuenta con una población total de **31, 950 hab.** Censados en el año 2005 y con un TPDA de **545** vehículos.

4.2. DISEÑO HORIZONTAL EN EL CIVILCAD 3D.

4.2.1. CONFIGURACIÓN INICIAL.

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

FIGURA 14. CONFIGURACIÓN INICIAL EN EL PROGRAMA CIVILCAD 3D.



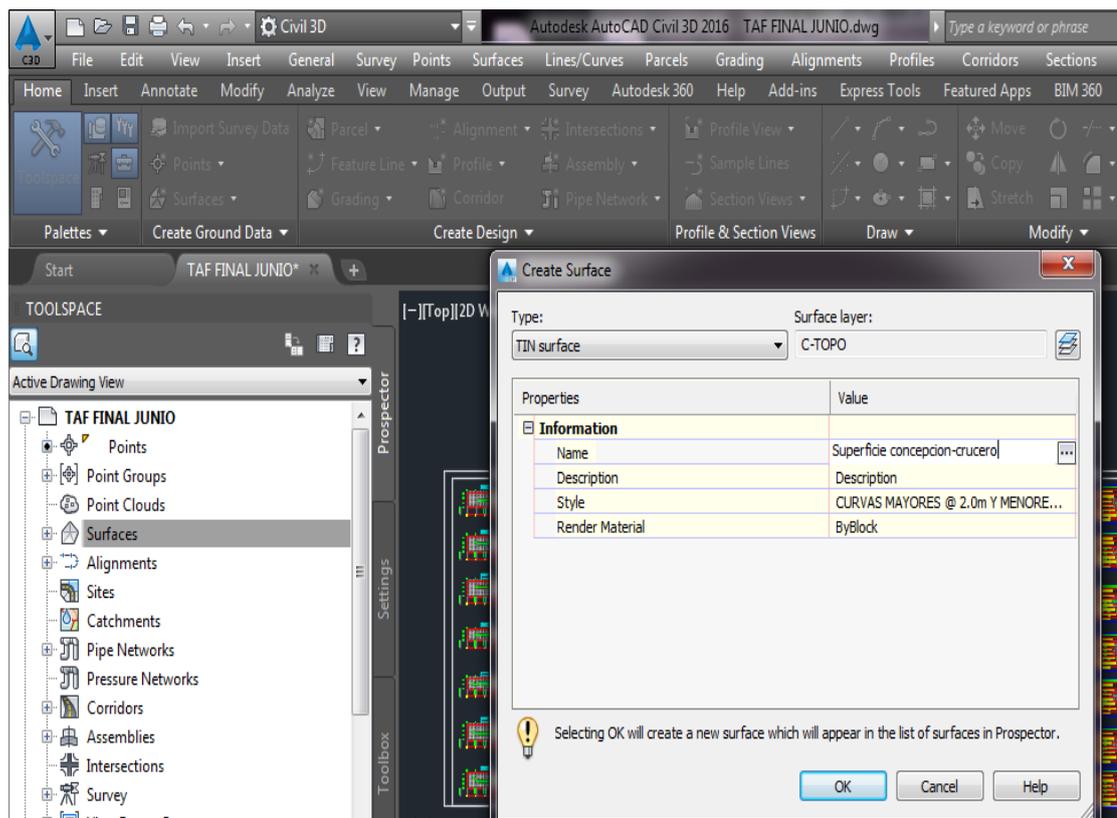
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2. SUPERFICIE (TERRENO NATURAL).

Una superficie destinada al diseño de una carretera se puede interpretar como una porción de la superficie de la tierra y el material que la conforma, la cual se desea modificar de tal manera que se acomode dentro o sobre ella una carretera.

La Superficie fue generada por el programa Civil CAD, tomando en cuenta como datos para su creación, primordialmente el levantamiento topográfico. Seguido de ciertos parámetros del diseñador, como por ejemplo la equidistancia entre curvas de nivel.

FIGURA 15. CREACION DE SUPERFICIE EN ELPROGRAMA CIVILCAD 3D.



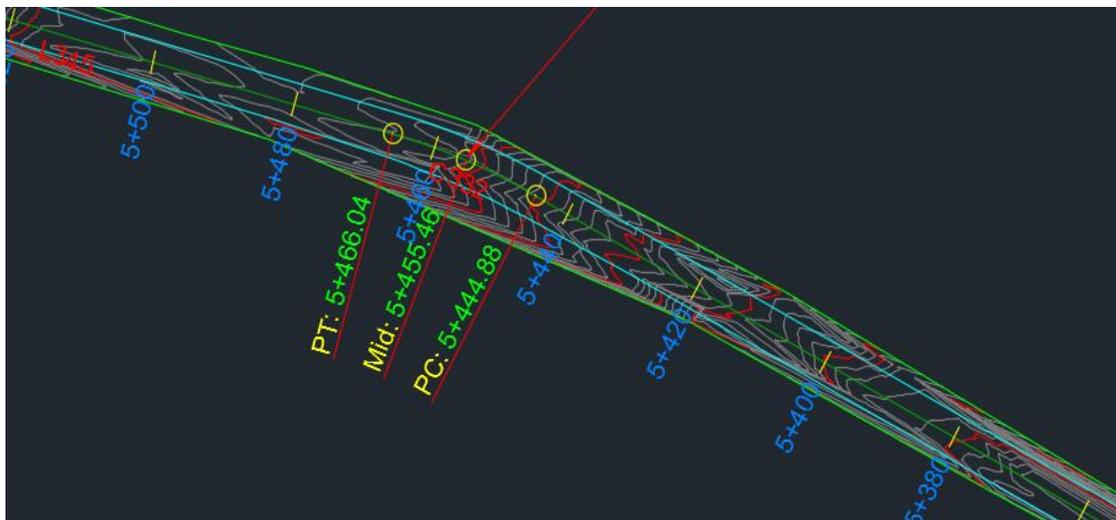
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2.1. 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 2 metros para las curvas principales y de 0.5 metros para las curvas secundarias, de tal manera que se puedan visualizar las diferentes curvas.

FIGURA 16. SUPERFICIE DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR CIVILCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Es la proyección sobre un plano horizontal de la línea central de la carretera, el cual se acomoda a las condiciones actuales del terreno, logrando una serie de propósitos que constituyen las bases de diseño.

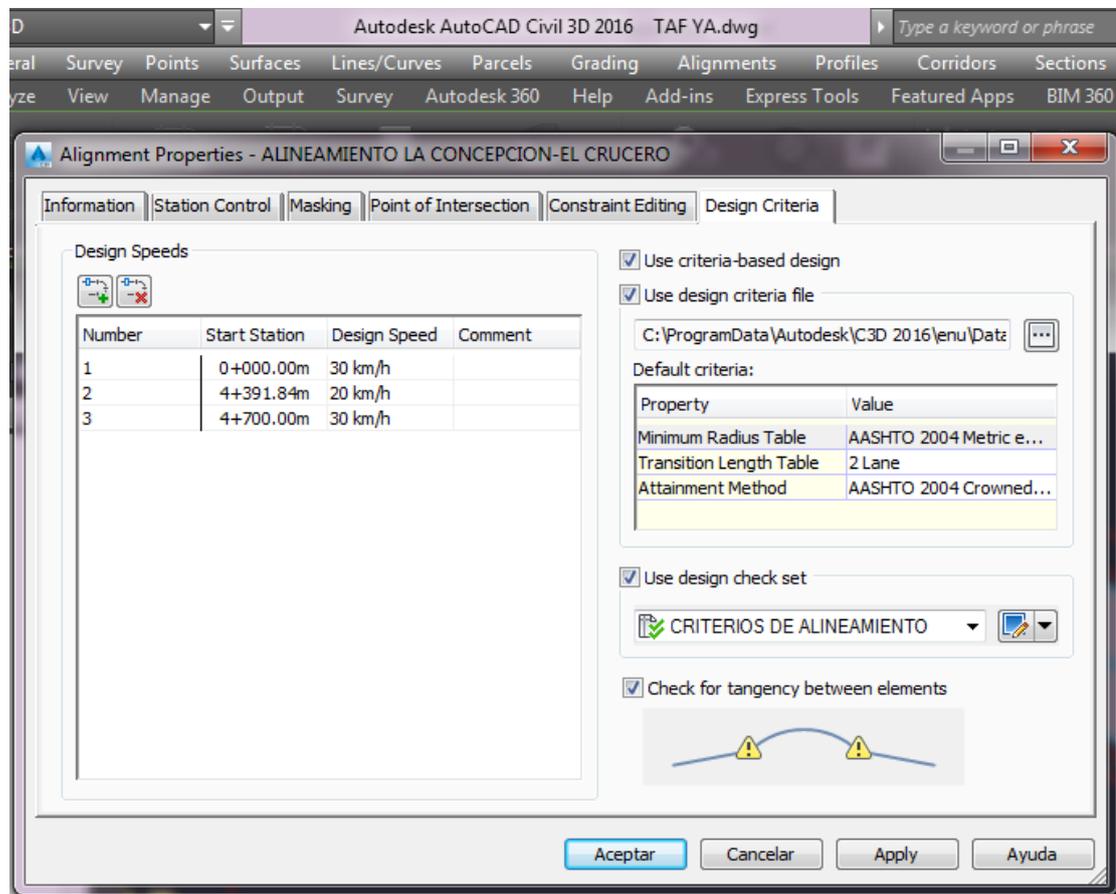
El principal propósito es de brindar seguridad y comodidad al usuario que se desplace a la velocidad de proyecto de la carretera.

Este alineamiento se representó por segmentos de línea recta llamados tangentes, curvas simples, y curvas simples más espirales, debido a la velocidad propuesta de 20 y 30 km/hora, se utilizó un radio mínimo de 7 m

para la curva ubicada en la Loma negra y 20 m para el resto de las curvas que se encuentran en el tramo, acomodándose así a las curvas existentes en el tramo. Cabe señalar que en este diseño se crearon curvas muy cerradas por las condiciones críticas que presenta dicho tramo.

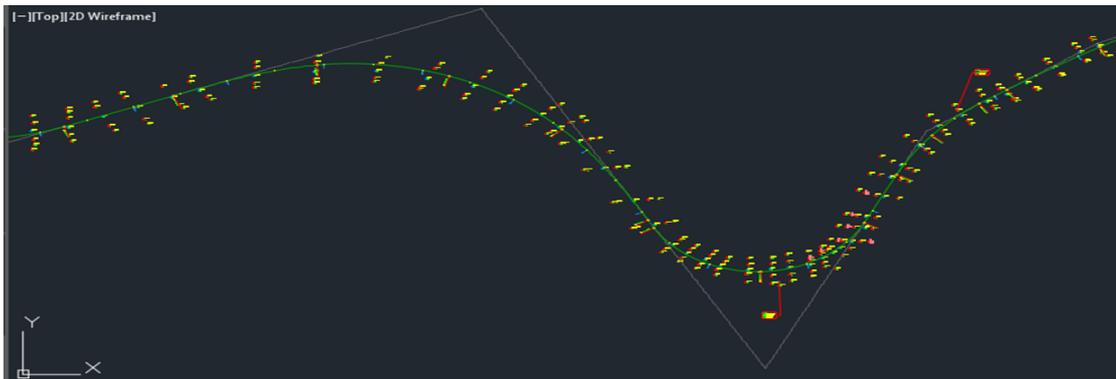
Para los estacionamientos del tramo se indicó que la distancia entre cada uno de ellos sería de 20 metros.

FIGURA 17. PARÁMETROS PARA LA ELABORACIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL EN EL SOFTWARE CIVILCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 18. ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR CIVILCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.4. VELOCIDAD DE DISEÑO DEL PROYECTO.

La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el Costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos. Todos los elementos del Proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacerse esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

Para el caso del Proyecto en estudio hemos 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 mejorar tanto la velocidad de recorrido actual como considerablemente la infraestructura existente, así como la confortabilidad de los usuarios del camino de toda el área de influencia del Proyecto, para lo cual hemos partido de las siguientes consideraciones.

- La velocidad de Diseño propuesta es de 20 Km/h y 30 Km/h, con una sobreelevación máxima de 8% (SIECA 2004 PAG 4-36), con longitudes de transición que fácilmente se acomodarán al trazo del camino existente; para valores mayores de estos parámetros (Velocidad, Radio de curvatura, etc.) implicaría afectaciones de consideración en terrenos de las propiedades aledañas al camino, al igual que en los aspectos de paisajismo y medio ambiente.

4.2.5. RADIOS MÍNIMOS Y GRADOS MÁXIMOS DE CURVAS HORIZONTALES PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE DISEÑO, USANDO VALORES LÍMITES DE “e” Y “f”.

4.2.5.1. SUPERELEVACIÓN MÁXIMA.

Al momento en que 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 desfavorable que se produce entre las llantas y el pavimento.

Debido a que las condiciones topográficas y climáticas de la zona de emplazamiento de la vía imponen condiciones particulares en el diseño, el Manual de Centroamericano (SIECA 2011, Pág. 83), recomienda la utilización 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%.

4.2.5.2. COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL (20 Km/h y 30 Km/h).

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de los neumáticos de los vehículos, del tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo. Para elegir el máximo factor de fricción lateral recomendado para el diseño debemos fijar su control en la falta de comodidad que percibe el conductor cuando recorre una curva a una velocidad determinada. La AASHTO ha adoptado un coeficiente que ofrece un buen margen de seguridad y su variación obedece a una función lineal en función de la velocidad de diseño:

$$f + 0.000626 V - 0.19 = 0$$

Donde:

f: coeficiente de fricción lateral

V: velocidad en kilómetros por hora.

Los valores de fricción lateral utilizados son: para 20 km/h el coeficiente de fricción lateral es 0.35 y para 30 km/h el coeficiente de fricción lateral es 0.28.

Este valor también se puede verificar en la AASHTO 2004, pág. 147, donde se presenta una tabla de coeficientes de fricción dependiendo de la velocidad de diseño y el peralte máximo.

4.2.5.3. RADIO DE CURVATURA MÍNIMO.

Los radios de curvatura mínimos son los valores límites de la curvatura para la velocidad de diseño adoptada 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:

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)}$$

Donde:

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.

En zona rural donde se implementará una velocidad de diseño de 20 Km/h y 30 Km/h, con una sobreelevación máxima del 8%, el radio mínimo propuesto es de 7.00 m y 20.00 m para dicha velocidad según AASHTO 2004, pág.147.

4.2.5.4. GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (G).

El grado máximo de curvatura, tiene estricta relación con el radio mínimo y la máxima fricción lateral escogida para el diseño. El grado de curvatura se calcula en función de la formula siguiente para arcos de 20m.

$$G_{20} = \frac{1145.92}{R}$$

TABLA 12. RADIOS MÍNIMOS Y GRADOS MÁXIMOS DE CURVATURA PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE DISEÑO PARA UN PERALTE MÁXIMO DE 8%.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
	RADIO (m)		
	CALCULADO	RECOMENDADO	
20	7.3	7	163°42'
30	19.7	20	57°18'

Fuente: AASHTO 2004, pág.147.

Para la velocidad de 20km/h y peralte de 8% el grado de curvatura a usarse es 163° 42' y para la velocidad de 30km/h es igual a 57° 18'.

4.2.6. VEHÍCULO DE DISEÑO.

Al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación de los vehículos de diseño, se brinda al diseñador los controles y elementos a los que se deben ajustar los diseños para posibilitar y facilitar su circulación irrestricta.

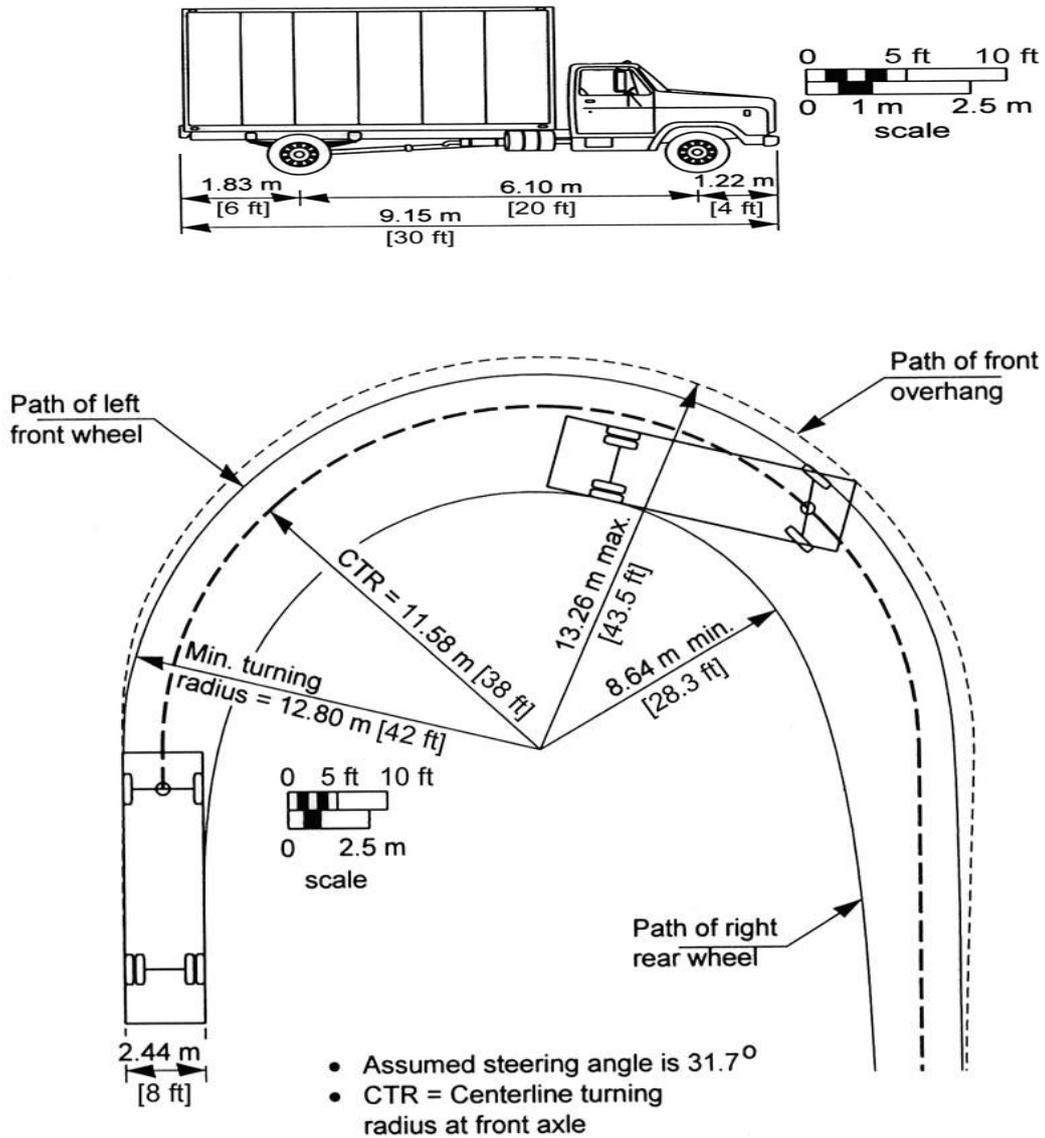
De conformidad con los resultados del conteo volumétrico de tráfico realizado, y tomando en cuenta el tráfico atraído que se pueda generar con las mejoras del tramo, el vehículo de diseño propuesto es el **C2**.

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 del pavimento.

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

FIGURA 19. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE DISEÑO, (C2).



Fuente: AASHTO 2004, pág. 22.

4.2.7. NÚMERO DE CARRILES.

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

4.2.8. ANCHO DE CARRIL.

El diseño de la sección transversal típica de un camino es un problema al que hay que prestarle bastante atención ya que ello influye grandemente en el costo de la obra como en su capacidad de tránsito y la 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. De aquí que el proyecto deba coordinar ambas necesidades para encontrar la solución más conveniente, posiblemente proyectando con visión del futuro y con miras a construir lo que sea estrictamente necesario en el presente, pero dejando una manera fácil y económica para la ampliación futura.

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: **20 km/h y 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.**

Con lo anterior hemos definido el ancho del vehículo de diseño que a su vez corresponde al espacio transversal que será necesario como mínimo en el carril de rodamiento; a esto habrá que agregar un espacio libre a ambos

lados que se requiere para el movimiento longitudinal del vehículo con una velocidad de 20 Km/h y 30 Km/h; para lo cual hemos considerado asumir un ancho adicional de 26 cm por carril de rodamiento.

Estableciendo un ancho de carril de; **2.44 m + 0.26 m = 2.70 m**; que corresponde al ancho de **carril de rodamiento mínimo que requiere el vehículo de Proyecto.**

Con lo antes establecido estamos limitando, 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.

4.2.9. ANCHO DE RODAMIENTO.

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

4.2.10. SOBREANCHO MÁXIMO.

Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

Dada la importancia que reviste la utilización del sobreancho en curvas de radios pequeños que se combinan con carriles angostos, se adoptará para el proyecto el sobreancho calculado; ya que la topografía lo permite.

Para el cálculo del sobreancho en curvas se utilizará la fórmula siguiente:

$$sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} + \frac{V}{10\sqrt{R}} \right)$$

Donde:

Sa = Valor sobree ancho, metros

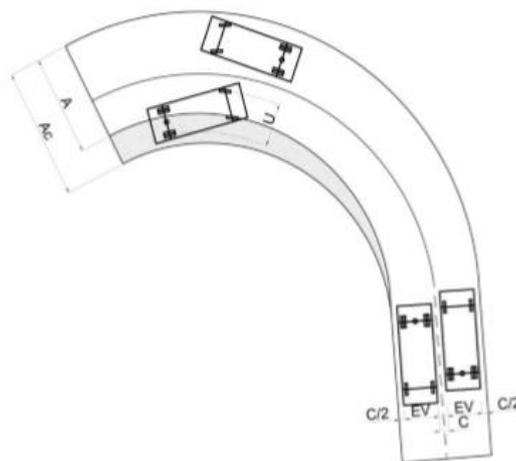
n= Número de carriles de la superficie de rodamiento

L= Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, 6.10 m

R= Radio de curvatura, metros

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

FIGURA 20. SOBRE ANCHO TÍPICO EN CURVA HORIZONTAL.



Fuente: Imagen Extraída de Google.

Cabe resaltar que AutoCAD Civil 3D 2016 diseña los sobree anchos basado en las Normas AASHTO 2004 tomando en cuenta la velocidad de diseño de la carretera.

4.3. ALINEAMIENTO VERTICAL.

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene del alineamiento vertical o perfil del eje de la carretera. En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o el perfil del eje terminado de la terracería, también conocido como sub-rasante. (Manual Centroamericano De Normas, SIECA, pág. 115)

El alineamiento vertical de una carretera está controlado principalmente por la:

- Clasificación Funcional del Camino y Composición del Tránsito.
- Topografía del área que atraviesa.
- Diseño del alineamiento horizontal y su velocidad de diseño correspondiente Distancias de Visibilidad.
- Drenaje.
- Valores Estéticos y Ambientales.
- Costos de Construcción.

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.

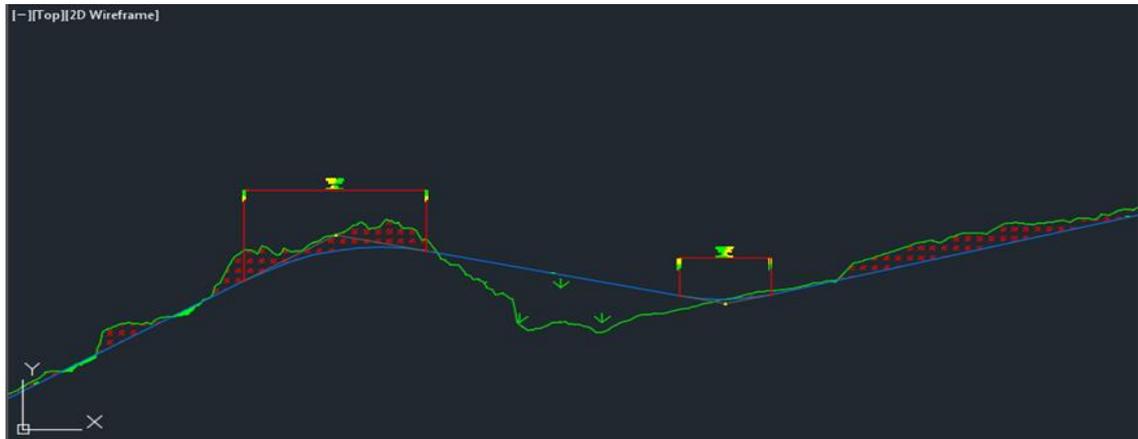
4.3.1. PERFIL NATURAL.

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.

4.3.2. 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.

FIGURA 21. ALINEAMIENTO VERTICAL DE LA ESTACIÓN 5+380 – 5+500, GENERADA POR EL SOFTWARE CIVILCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3. 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.

4.3.4. CURVA VERTICAL.

Las curvas verticales son las que enlazan 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. La curva matemática recomendada para emplearse en las curvas verticales es una parábola de la forma siguiente:

$$y = Kx^2 + Px$$

Donde:

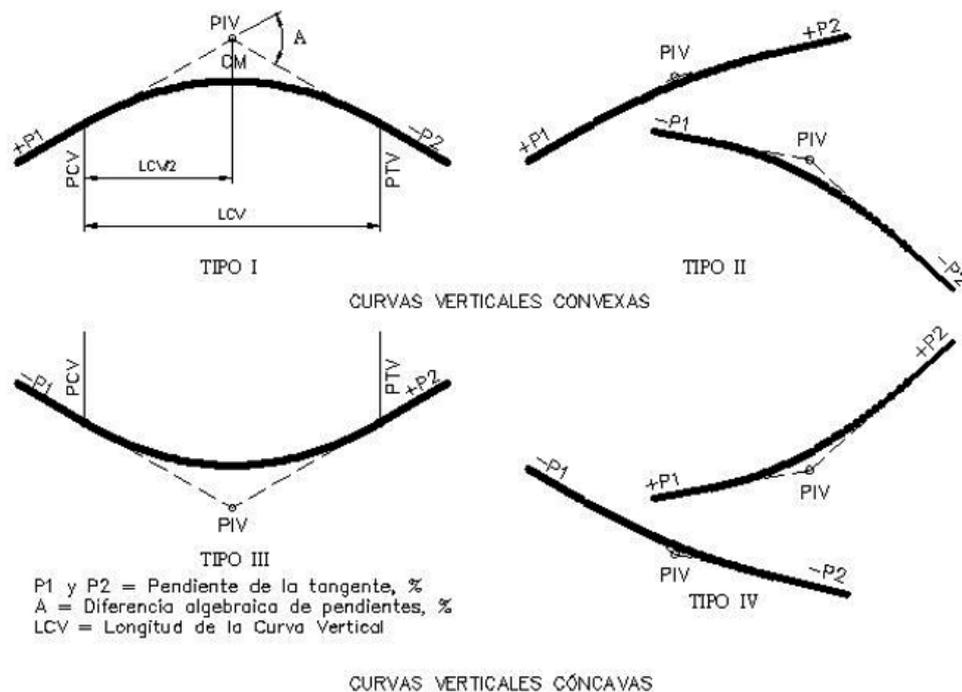
K = recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud

P = pendiente de la tangente de entrada

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

En las figuras siguientes se muestran los diferentes tipos de estas curvas utilizadas en el diseño del alineamiento vertical.

FIGURA 22. TIPOS DE CURVAS VERTICALES.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA). pág. 123.

La topografía del terreno atravesado tiene influencia en el alineamiento de calles y carreteras. Para caracterizar sus variaciones, generalmente se clasifican en tres tipos de acuerdo con la pendiente del terreno, así:

4.3.5. PENDIENTE MÁXIMA Y MÍNIMA.

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 P está dada por:

$$P = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}$$

El alineamiento vertical de una carretera depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. En nuestro caso la clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales sería ondulado con un rango de pendientes (%) de $5 > P \leq 15$, según el cuadro 3.15 del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2011) pág. 116.

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 corresponde al 10%, según el cuadro 3.18 del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2011). pág. 119.

4.3.5.1. 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%, permitiéndose, excepcionalmente, hasta 0.30%.

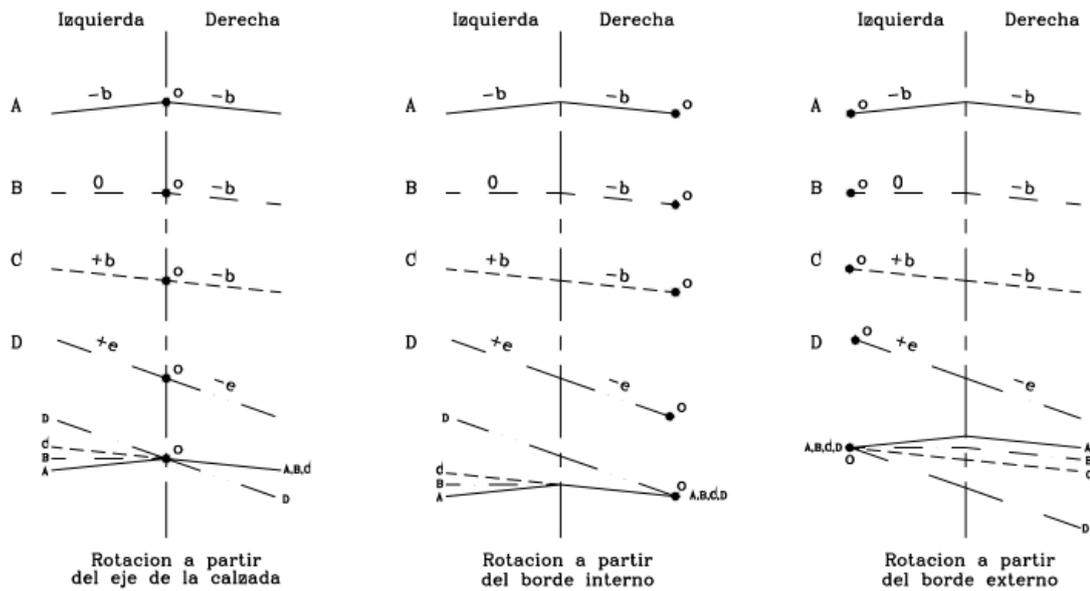
4.3.5.2. TRANSICIÓN DE PENDIENTE DE BOMBEO A PERALTE.

Transición del Bombeo al Peralte: Al pasar de un tramo en tangente a otro en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo en la tangente hasta el peralte que le corresponda a la curva horizontal. Este cambio se efectúa en dos distancias:

- **Distancia de Bombeo:** En esta distancia se hace girar el carril contrario al sentido de la curva desde el bombeo seleccionado para la tangente hasta 0%.
- **Distancia de Transición:** Esta distancia puede ser la longitud de transición del peralte en alineamiento del tipo tangente curva tangente, o la longitud de espiral en el alineamiento del tipo espiral-curva espiral. En esta distancia se continúa girando el carril contrario al sentido de la curva, desde 0%, hasta ser colineal con el otro carril, aplicándose luego el giro a toda la sección hasta alcanzar el peralte correspondiente a la curva circular.

Estos giros se aplican al eje de la corona, siendo este el método más conveniente porque se requieren menores longitudes de transición, lo cual no sucede cuando el giro se aplica sobre la orilla interior o sobre la orilla exterior de la corona. En calzadas separadas, la transición del bombeo al peralte puede hacerse mediante varios métodos como se muestran en la Figura:

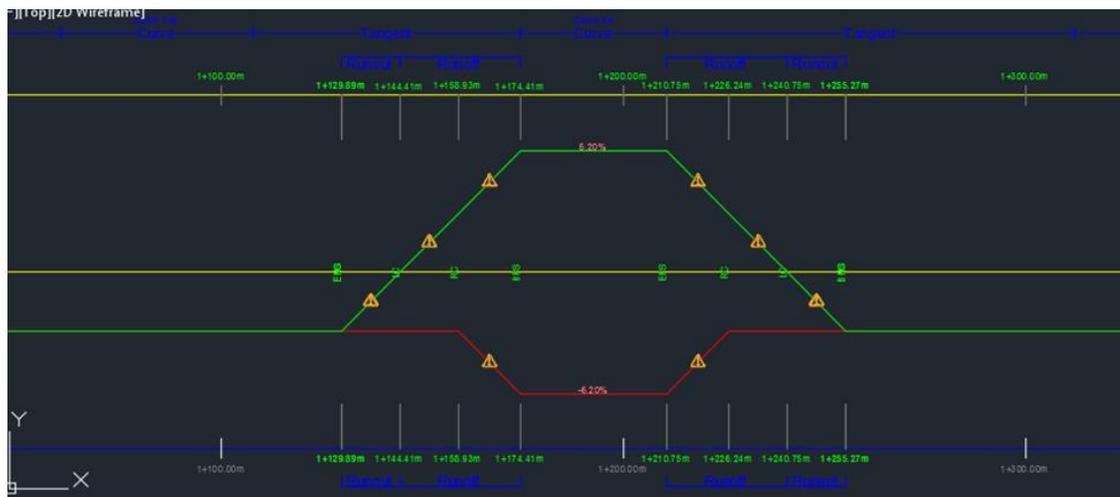
FIGURA 23. MÉTODOS PARA DESARROLLAR EL PERALTE.



Fuente: Diseño Geométrico De Vías, Universidad Nacional De Colombia. pág. 294.

La grafica primera representa el método de rotación a partir del eje de la calzada, el cual se usó en el diseño propuesto.

FIGURA 24. DIAGRAMA DE TRANSICIÓN DE PERALTE, GENERADO POR EL SOFTWARE CIVILCAD, ESTACIÓN 1+100 – 1+300.



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6. VISIBILIDAD EN CARRETERAS.

Se entiende por distancia de visibilidad al tramo de carretera que el conductor puede percibir hacia delante al transitar por esta. Aunque en el diseño vial existen diferentes tipos de distancia de visibilidad en el presente capítulo solo se estudiara la más importante para vías rurales como es la distancia de visibilidad de parada.

4.3.6.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

Cuando el vehículo circula en curva, sea esta horizontal o vertical, el factor visibilidad actúa en forma determinante en su normal circulación, por lo que la distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a/o cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.

Por lo tanto, es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.

En la AASHTO 2004; tabla 3-72, pág. 272, se consignan los diversos valores de diseño para las distancias de visibilidad de parada del vehículo, que se recomienda sean aplicados en el país, para una velocidad de 20 Km/h sería de 20 m, con una tasa de curvatura vertical "K" calculada de 0.6 y para diseño correspondiente a 1 y para la velocidad de 30 Km/h sería de 35 m, con una tasa de curvatura vertical "K" calculada de 1.9 y para diseño correspondiente a 2, esto depende del tipo de pendiente que se tenga a lo largo del tramo.

4.3.7. DERECHO DE VÍA DEL PROYECTO.

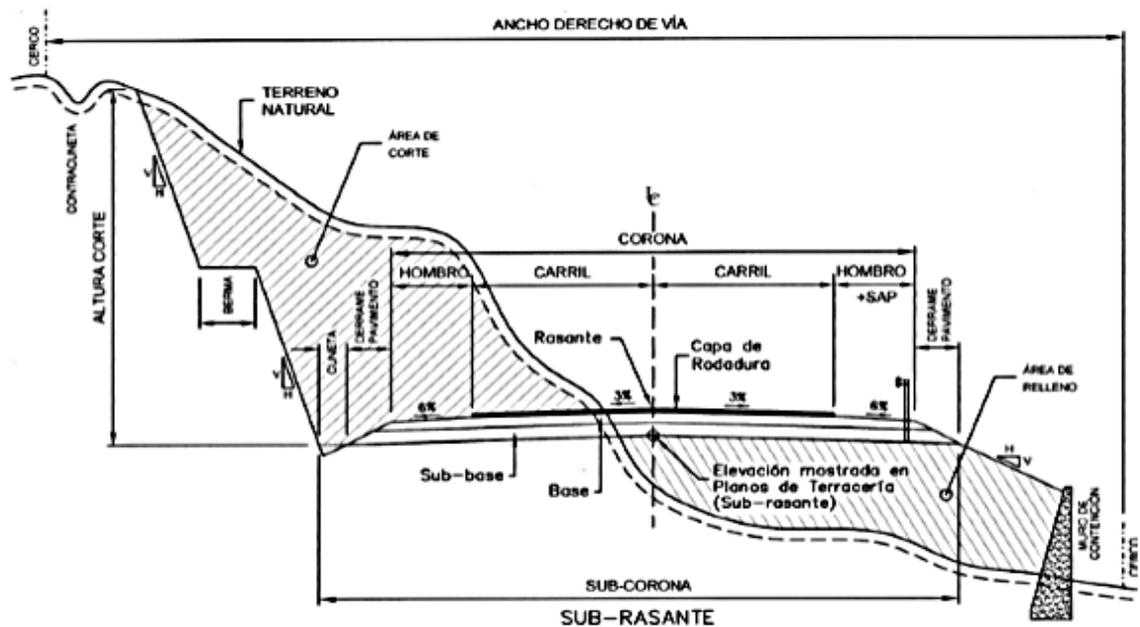
El derecho de vía es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el Estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño balanceado de la(s) calzada(s) con sus carriles proyectados, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente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

La franja del derecho de vía del camino actual es variable en casi toda su trayectoria, se observa en anchos desde 1.5 metros hasta los 2 metros en algunos sectores, en dicha franja se enmarca un ancho de rodamiento que de igual forma es variable entre 5.00 y 6.00 para un ancho promedio de 5.50 metros.

4.3.8. SECCIÓN TRANSVERSAL.

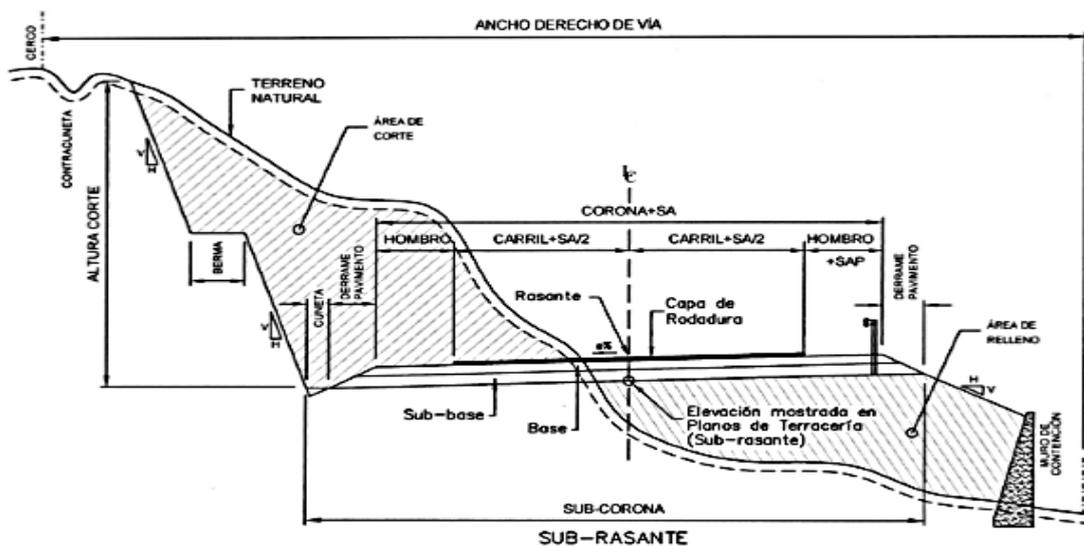
La sección transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la carretera ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplen y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados. Las dos figuras siguientes muestran los elementos fundamentales que normalmente se incluyen en una carretera: plataforma, corona, cunetas, taludes. Etc.

FIGURA 25. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN TANGENTE EN CARRETERA EN DOS DIRECCIONES.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2011). pág. 138.

FIGURA 26. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN CURVA EN CARRETERA EN DOS DIRECCIONES.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2011). pág. 138.

4.3.8.1. 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.

4.3.8.2. CUNETAS.

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros; para el revestimiento puede usarse: piedra bolón unida con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefabricado, suelo cemento o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

TABLA 13. CUADRO DIMENSIONES MÍNIMAS DE LAS CUNETAS.

REGIÓN (m)	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Manual para revisión estudios hidrotécnicos de drenaje menor (edición octubre, 2008. Página 41).

Las dimensiones de la cuneta diseñada en el software fueron:

Profundidad: 0.10 m

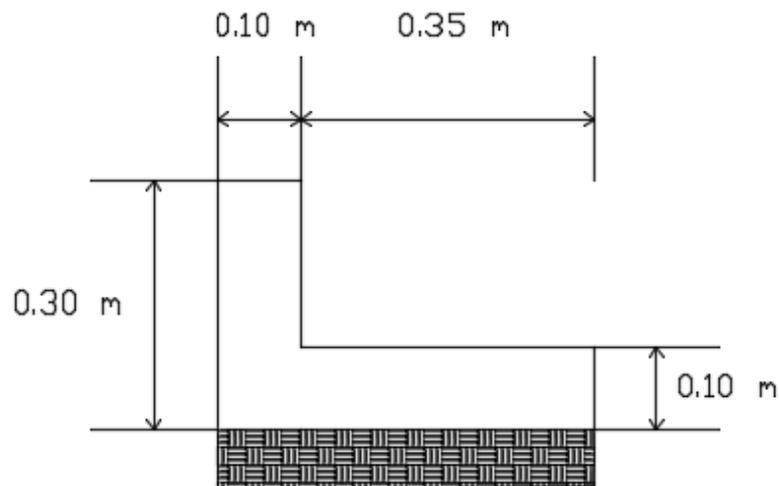
Ancho: 0.35 m

4.3.8.3. BORDILLOS.

El ancho del bordillo se considera un elemento de la sección transversal fuera del ancho de los carriles. Podría decirse que más bien debe estar situado a unos 0.30 – 0.60 metros del borde del carril en vías urbanas, y en el borde exterior del hombro en carreteras rurales. Combinados con una sección de cuneta, los bordillos pueden formar parte integral del sistema de drenaje superficial longitudinal de la carretera. El bordillo – cuneta se instala normalmente cuando la carretera discurre en un ambiente urbano y suburbano, para encauzar las aguas hacia los tragantes y tuberías de drenaje.

Debido a la falta de espacio para el diseño de cunetas se ha propuesto el uso de bordillos únicamente, con un ancho de 0.10 m y una altura de 0.30 m.

FIGURA 27. SECCIONES TÍPICAS DE BORDILLOS – CUNETAS.



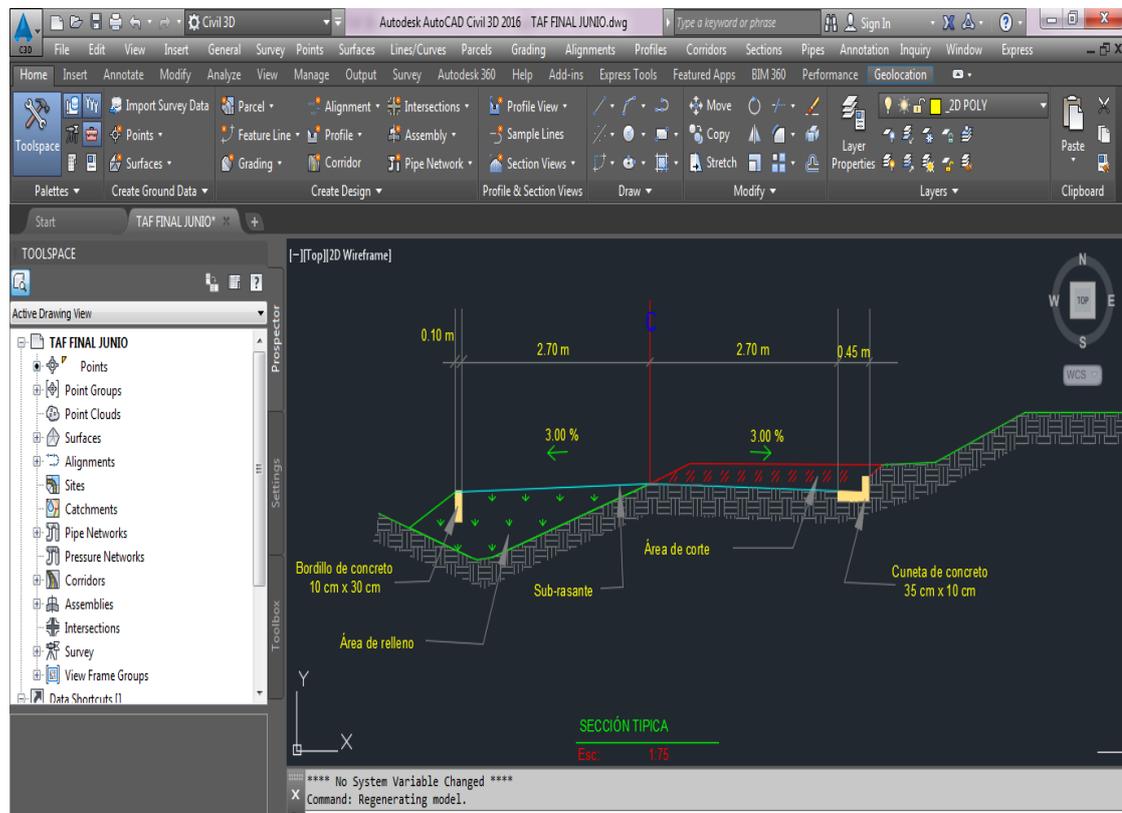
Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera (SIECA 2011).
pág. 148.

4.3.8.4. 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, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación.

FIGURA 28. SECCIÓN TÍPICA EXTRAIDA DEL SOFTWARE CIVIL 3D 2016.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 14. TABLA DE NORMAS DE DISEÑO A ADOPTAR EN EL PROYECTO.

RESUMEN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO

Descripción/Parámetro	Valores	
Derecho de vía	1.50 metros	
Ancho de corona/zona rural	5.40 metros	
Ancho de rodamiento rural	5.40 metros	
Ancho de carril	2.70 metros	
Vehículo de Diseño	C2	
Distancia entre Ejes	6.10 metros	
Pendiente máxima	Terreno ondulado	8% hasta 15%
Pendiente mínima	0.50%	
Velocidad de Diseño	Zona Rural	20 km/h y 30 km/h
Distancia de Visibilidad de parada	V = 20 Km/h V = 30 Km/h	20 metros 35 metros
Radios mínimos	V = 20 Km/h	07 metros
	V = 30 Km/h	20 metros
Taludes en terraplén	Menor de 5 metros	1,4/5 H : 1V
Taludes en corte	Poco denso de 5 a 10 m	1,1/5 H : 1 V
Peralte máximo	Terreno plano	8%
Bombeo	3%	

CAPITULO V. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El objetivo del Estudio Geotécnico es conocer las características físico-mecánicas del suelo a lo largo del camino, por medio de la realización de ensayo de Cono de Penetración Dinámica (DCP), ensayos de laboratorio y el análisis de la información obtenida, con la finalidad de determinar la capacidad soporte del suelo para diseñar a futuro la estructura de pavimento.

La investigación incluye la identificación y caracterización de fuente de materiales (Banco de Préstamo), para terracerías y la capa base de pavimento. Es importante señalar que dicho banco se localiza aproximadamente a 3.0 km del inicio del proyecto, en el Municipio de la Concepción, Masaya.

5.1. ENSAYO DCP.

Conocido por sus siglas en inglés como “DCP” por Dynamic Cone Penetrometer, es un instrumento diseñado para el rápido uso en pavimento que permite obtener las propiedades del suelo de manera fácil y en zonas difíciles de ingresar. Una de las facultades mecánicas del DCP es producir el valor de CBR en campo a través de mediciones del índice de penetración en suelos inalterados.

El DCP fue desarrollado en 1956 por Scala; estudios realizados en campo por Livneh e Ishali (1987) y Kleyn (1975), han sido básicos para la evaluación de pavimentos. Posteriormente se ha difundido su uso en Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

En Nicaragua, el DCP fue introducido por la Cooperación Danesa en la primera mitad de la década de los años 90, a través del programa REMECAL Y REMEVIAL.

Este instrumento es utilizado esencialmente para evaluar la resistencia de suelos tanto en estado natural, como compactado y estimar un valor de CBR

en campo. A diferencia de este último, el DCP presenta ventajas como su simplicidad y economía de uso. Implícitamente, el DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento, detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa.

Dicho equipo permite hacer medidas continuas hasta 85 cm de profundidad y con suplementos, pueden conseguirse medidas hasta 2 m, como valor máximo recomendado.

El DCP se utiliza para:

- Reconocimiento rápido del terreno.
- Verificación (indirecta) de la compactación en obra.
- Detección e identificación de anomalías en capas construidas.
- Evaluación de pavimentos existentes.
- Identificación de tramos homogéneos con características estructurales similares.

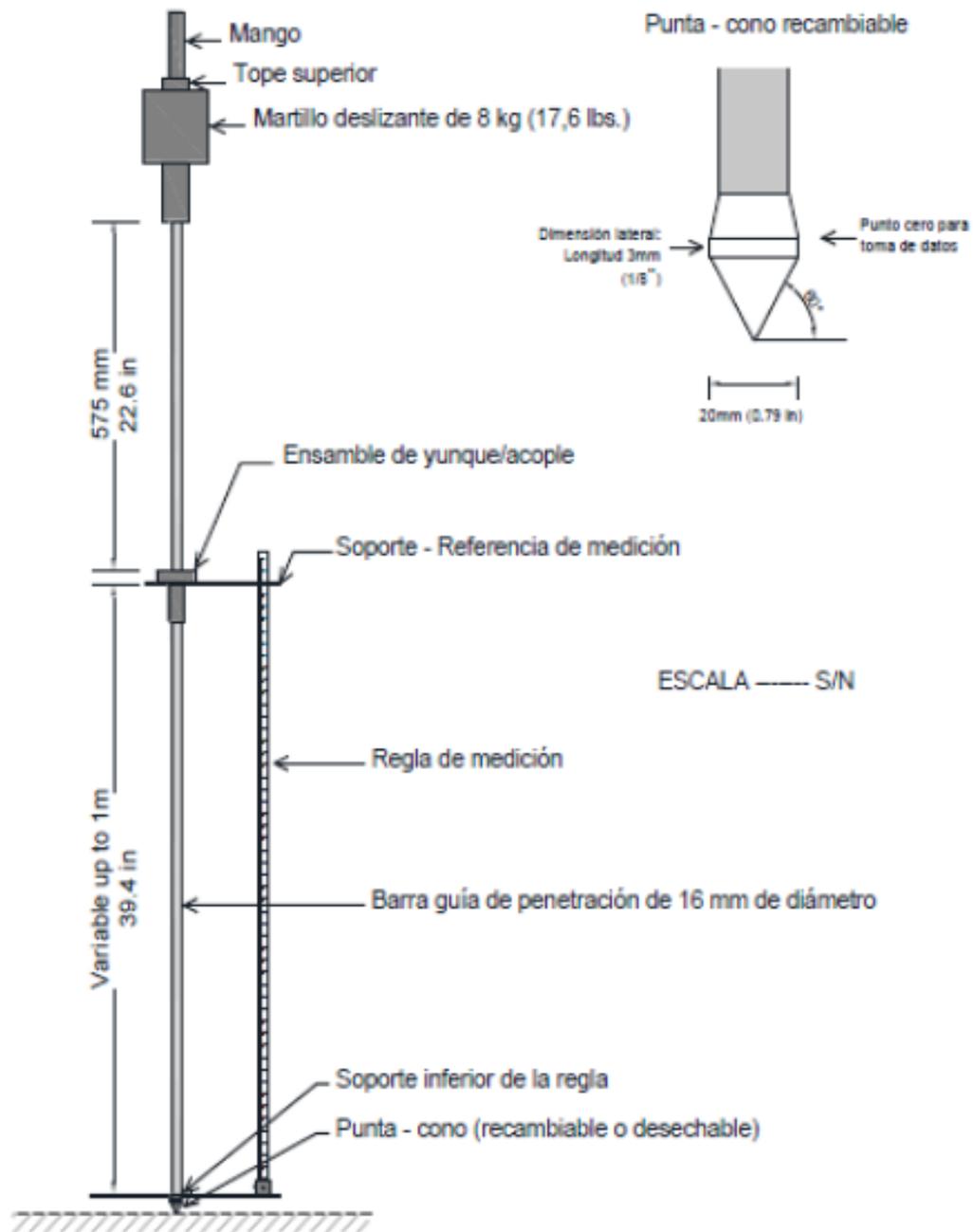
Este tiene como ventajas:

- Bajo costo operativo.
- Ensayo casi no destructivo.
- Repetitividad de resultados.

El Cono de Penetración Dinámica (DCP) está conformado por dos varillas de 0.63 pulgadas (16 mm) de diámetro. La varilla superior contiene un martillo de 17.6 lb (8kg) de peso que cae libremente 575 mm, en la conexión entre la varilla inferior y la varilla superior (yunque). La varilla inferior de 31.5 pulgadas (800mm) posee una punta cónica de 60° de inclinación con diámetro máximo de 20 mm; el yunque que conecta ambas varillas sostiene un marcador de profundidad o regla graduada para cada 0.04 pulgadas (1mm) hasta la base del cono (disco metálico atravesado por la varilla

inferior) que sostiene la parte inferior de la regla graduada y va apoyado en el suelo. Todos los materiales (excepto la varilla inferior) son de acero inoxidable para la resistencia de corrosión.

FIGURA 29. INSTRUMENTO DCP (DYNAMIC CONE PENETROMETER).



Fuente: Department Of Transportation Minnesota 93-05.

El equipo es liviano, fácilmente transportable por una persona y su operación es totalmente manual, no requiere de ningún otro dispositivo auxiliar para la ejecución de la prueba.

5.2. SONDEOS MANUALES SOBRE LA LÍNEA.

El muestreo de los suelos In Situ es tan importante, para el diseño de una estructura de pavimento, como lo son la clasificación y los ensayos de resistencia. Sí la información recopilada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de los ensayos no serán los correctos. Por esta razón la investigación y muestreo de los suelos se debe realizar con precisión.

Este Estudio Geotécnico incluyó el muestreo de suelos, a lo largo del eje del tramo “La Concepción, entrada el Reten- Juan Dávila, El Crucero, Longitud aproximada de 13.620 km”. La distancia entre cada sitio muestreado fue de 500 metros y la exploración se realizó hasta 1 metro de profundidad. El Procedimiento utilizado para la exploración y muestreo de los suelos corresponde al descrito en el procedimiento ASTM D 420-98 “Standard Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes”.

A través del procedimiento ASTM D 420-98 se determinaron las condiciones In Situ de las rocas y suelos. El objetivo de la investigación fue identificar y localizar horizontal y verticalmente, los diferentes estratos de materiales. El procedimiento utilizado consistió en los siguientes pasos:

a. Reconocimiento del área de estudio; ASTM D 420-98 Sección 4.

El reconocimiento del área se hizo mediante un recorrido a todo el tramo donde se realizarían; el ensayo DCP y los sondeos manuales.

Durante el recorrido se efectuó un levantamiento preliminar de las condiciones geotécnicas existentes, se identificaron los sitios más vulnerables, tales como Est. 4+433, Est. 9+800, entre otras.

FIGURA 30. RECORRIDO E IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES PARA REALIZAR ENSAYOS DCP.



Fuente: Elaboración Propia.

b. Identificación Horizontal de los puntos; ASTM D 420-98 Sección 1.

La identificación horizontal, de los sitios explorados, se realizaron a través de un GPS de mano que guardó las coordenadas geodésicas Este, Norte y Elevación. Es importante señalar los lugares muestreados que se localizaron de forma alternada en cada una de las dos bandas (Derecha e Izquierda) del tramo.

FIGURA 31. LECTURAS DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS SONDEOS.



Fuente: Elaboración Propia.

c. Realización de los ensayos DCP.

Posterior a la localización de la banda se realizó el ensayo DCP, ensamblando el aparato y posicionándolo verticalmente sobre la superficie del terreno, asegurando la regla graduada paralela a la varilla.

El marcador de profundidad debe ser 0 milímetros en la escala vertical. En suelos debiles, el peso propio del dispositivo hundira el cono con su cero lectura. En este caso, la lectura de cero – golpe de penetracion es registrada en milímetros, como lectura inicial de profundidad. El martillo se levanto hasta la base del asa ubicada a 575 mm y se dejo caer, permitiendo caer libremente con un movimiento descendente no influenciado por cualquier movimiento de la mano. Las mediciones fueron efectuadas por debajo de los 1000 mm (1 m), logrando obtener una capa homogénea la cual se desea estudiar.

FIGURA 32. PENETRACIÓN DEL DCP, EST. 11+000.



Fuente: Elaboración Propia.

Es importante señalar que los cálculos realizados de dicho ensayo y sus respectivos resultados se muestran con detalle en ANEXO 6, pág. xxviii, xxx y xxxi.

d. Excavación de pozos a cielo abierto; ASTM D 420-98 Sección 6.

La realización de los pozos a cielo abierto se ejecutaron con equipos manuales de excavación, que incluyen palas, cucharas y dispositivos de extracción de muestras. Las dimensiones de cada uno de los pozos fue de 30 cm x 30 cm x 100 cm de profundidad.

FIGURA 33. REALIZACIÓN DE SONDEO EST. 11+500.



Fuente: Elaboración Propia.

e. Localización Vertical de los Puntos; ASTM D 420-98 Sección 1.

La localización vertical se efectuó mediante la medición manual con cinta de cada estrato, determinando el inicio y fin de estos, además de sus respectivos espesores. El punto de referencia en todos los casos fue el nivel existente de la capa superior.

FIGURA 34. MEDICIÓN DE ESTRATO, EST.: 11+000.



Fuente: Elaboración Propia.

f. Muestreo; ASTM D 420-98 Sección 8.

Se obtuvieron muestras representativas de cada uno de los estratos encontrados, estas fueron cuidadosamente extraídas de forma tal que se evitara la contaminación con muestras de suelos adyacentes o subyacentes. El tamaño de cada muestra fue de 20 kg aproximadamente. La identificación de las muestras de suelo se plasmó inmediatamente luego de ser tomada.

FIGURA 35. EXTRACCIÓN DE MUESTRA, EST. 6+000.



Fuente: Elaboración Propia.

g. Clasificación visual de las muestras; ASTM D 420-98 Sección 9.

Todas las muestras fueron identificadas visualmente, la descripción anotada incluye, 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 del contenido de material plástico. Esta clasificación visual de campo posteriormente fue verificada mediante la clasificación dentro del sistema AASHTO.

5.3. SITUACIÓN ACTUAL.

5.3.1. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS.

En base a la situación actual del camino se observó en la entrada al proyecto que los primeros 96 m están adoquinados, sin embargo, es importante señalar que estos están cubiertos con un espesor de arena de aproximadamente 80 cm debido a las escorrentías que provienen de las partes altas de la zona.

Luego continúa un camino con algunos puntos intransitables por el efecto de las lluvias en invierno, debido a ello la población no cuenta con el beneficio de poder movilizarse mediante el servicio de moto taxi del municipio.

Para el caso de los productores de la zona se les dificulta poder trasladarse a sus respectivos lugares de producción, debido a que el camino no cuenta con un ancho de rodamiento adecuado para que puedan acceder dos vehículos en diferentes sentidos al mismo tiempo.

FIGURA 36. INICIO DEL PROYECTO, EST. 0+000.



Fuente: Elaboración Propia.

5.4. TRABAJO DE LABORATORIO.

5.4.1. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS (MÉTODO MECÁNICO). (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.

La forma de medir el tamaño de las partículas del suelo fino es mediante el cribado, consiste en pasar el material a través de una sucesión de mallas de

aberturas distintas, y pesar el material retenido en cada malla, expresándolo en forma de porcentaje respecto al peso total de la muestra.

De los sondeos manuales, se extrajeron 50 muestras las cuales fueron trasladadas al laboratorio de la UNI las cuales se cuartearon individualmente y se tomó 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.

Para clasificar el suelo sin equipo de laboratorio, el sistema de clasificación unificado dispone de un sistema de clasificación normalizado en base a métodos visuales y manuales denominado: Procedimiento Visual y Manual ASTM D - 2488, donde el suelo es descrito con claridad empleando la terminología apropiada.

Facilitando esta tarea se debe agrupar 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 anteriores: color y textura, resultando de ello 17 grupos.

FIGURA 37. AGRUPACIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 15. AGRUPACIÓN DE LOS 17 GRUPOS.

NO. GRUPO	NO. SONDEO	NO. MUESTRA	INICIA CAPA	FINALIZA CAPA	ESPESOR	COLOR
1	2	3	48	100	52	plomo
	3	2	42	62	20	
		3	62	100	38	
	4	2	43.5	71.5	28	
		3	71.5	100	28.5	
2	10	1	0	100	100	gris
	14	2	30	50	20	
		3	50	70	20	
		4	70	100	30	
	16	3	65	87	22	
3	18	1	15	42	27	café medio oscuro
	19	1	15	50.4	35.4	
		2	50.4	100	49.6	
	21	1	10	26	16	
	24	1	0	100	100	
27	1	0	35	35		
4	6	1	0	100	100	café
	16	1	10	40.8	30.8	
	17	1	20	42	22	
5	2	3	48	100	52	café medio oscuro
	12	2	47	60	13	
	21	3	50	100	50	
6	5	1	0	52	52	café claro
	8	1	0	100	100	
	11	1	0	100	100	
	21	2	26	50	24	
7	2	2	24	48	24	gris
	3	1	0	42	42	
	4	1	0	43.5	43.5	
	14	1	0	30	30	
8	13	2	27	100	73	café oscuro
	22	2	30	60	30	
	26	1	0	25	25	
		2	25	48	23	
9	15	1	24	45	21	café claro
		2	45	69	24	
10	13	1	0	27	27	café medio oscuro
	15	3	69	100	31	
	23	1	0	30	30	

11	22	1	0	30	30	café claro
	23	2	30	100	70	
	26	3	48	72	24	
12	1	1	0	28	28	café con gris
13	12	1	0	47	47	gris
14	2	1	0	24	24	gris con café
15	16	2	40.8	65	24.2	café
	25	2	30	52	22	
16	25	3	52	100	48	café
17	17	2	42	100	58	café
	27	2	35	100	65	

Fuente: Elaboración Propia.

Realizamos el análisis granulométrico simplificado de estos 17 grupos, el cual nos permitió eliminar una serie de mallas, cuyo tamaño es apreciablemente mayor al tamaño máximo del suelo. De esta forma utilizamos las mallas número $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y No 4.

Para afirmar que el suelo no tiene plasticidad (NP), se procedió a tamizarlo por la malla número 40, de lo que paso por dicho tamiz se tomó una pequeña muestra en la palma de la mano y se le esprayó agua, comenzando a rodillarse en seguida, si estos se formaban tenían plasticidad, de lo contrario serían NP, que es nuestro caso para los 17 grupos.

Se dejó saturando muestras representativas de los 17 grupos de suelos en taras, con el fin de que se puedan deshacer completamente los grumos por un periodo de 24 horas. Seguido de esto se realizó el lavado por la malla No. 200, luego de esto se procedió a secar la muestra en el horno por 24 horas.

FIGURA 38. ENSAYE DE LABORATORIO, LAVADO DE MUESTRAS.



Fuente: Elaboración Propia.

Con el material seco en el paso anterior, se colocó el juego de tamices en orden progresivo, No. 10, No. 40, No. 200 y al final el fondo, vaciando el material previamente pesado.

Con los datos obtenidos en la granulometría se clasificaron los 17 grupos por el método de la AASHTO como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 16. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (igual o menor a 35% pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso - arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPO:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: AASHTO Classification Of Soils And Soil – Aggregate Mixtures.

El material encontrado en los diferentes estratos de los sondeos realizados en el tramo, es de muy buena a regular calidad, ya que está clasificado en los siguientes grupos según la AASHTO: A-1-b, A-2-4 y A-4. El estudio contempla conocer los espesores de esta capa, sus propiedades índices y mecánicas, como la de los suelos de sub-rasante. Estos resultados se presentan en la TABLA 20. TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LOS SONDEOS SOBRE LA LÍNEA., Pág. 81.

5.4.2. ENSAYE DE COMPACTACIÓN DE SUELOS “MÉTODO PROCTOR ESTÁNDAR” (ASTM D 698-91; AASHTO T 99-90).

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos. Este proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volúmenes de importancia, fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire.

La compactación está relacionada con la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo del suelo que para producirse es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima.

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.

Por lo general las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortina de presa de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, muelles, pavimentos, etc. Algunas veces se hace necesario compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones sobre arena suelta. Las ventajas que representa una compactación adecuada son:

- El volumen de vacío se habrá reducido a un mínimo y consecuentemente, su capacidad de absorber humedad también se habrá reducido a un mínimo.
- La reducción de vacíos se debe a que las partículas de menor tamaño han sido forzadas a ocupar el vacío formado por las partículas más grandes. De allí que si una masa de suelos está bien graduada, los vacíos o poros se reducirán prácticamente a cero y se establecerá un contacto firme y sólido entre sus partículas, aumentando la capacidad del suelo para soportar mayores pesos.

Los métodos usados para la compactación de los suelos dependen del tipo de los materiales con los que se trabaje en cada caso. Los suelos puramente friccionantes como la arena se compactan eficientemente por métodos vibratorios y métodos estáticos; en cambio los suelos plásticos, el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso. Los métodos usados para determinar la densidad máxima y humedad óptima en trabajos de mantenimiento y construcción de carreteras son los siguientes:

- Proctor Standard.
- Proctor Modificado
- Prueba Estática

5.4.2.1. ENSAYE PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D 698.

Para la realización de este Ensayo se prepararon 3 kilogramos de muestra de los tres tipos de suelo, como se muestra en la FIGURA 39, pág. 72, los cuales se compactaron con humedades diferentes y con 25 golpes siendo estos constantes para cada uno, FIGURA 40, pág. 72.

La realización del ensayo Proctor fue para cada uno de los grupos de suelo hasta obtener un número de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.

FIGURA 39. PESAJE DE MUESTRA A UTILIZAR EN EL ENSAYE DE PROCTOR ESTÁNDAR.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 40. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA.



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.3. ENSAYE DE VALOR RELATIVO SOPORTE O RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.), (ASTM D 1883-73; AASHTO T 193-63).

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 emplearan 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.

5.4.3.1. PROCEDIMIENTO.

Se prepararon aproximadamente 6.0 Kg. de suelo de grano fino de los tres grupos, ver FIGURA 41, pág. 74. Estas muestras estaban secas y los terrones fueron disgregados evitando reducir el tamaño natural de las partículas.

Se compactó el suelo de acuerdo con la norma ASTM D 698 ó D 1557 con 10, 25 y 56 golpes para cada uno de los suelos: A -1 – b, A – 4 y A – 2 – 4 y se tomó una muestra representativa para cada uno de los grupos, para determinar el contenido de humedad.

FIGURA 41. MUESTRAS PARA CBR.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se colocaron los moldes dentro de un recipiente. Se llenó de agua el recipiente a una altura de 1" con respecto al vástago. Dejándolo así saturando por un periodo de 4 días. Ver FIGURA 42, pág. 74.

FIGURA 42. ESPECÍMENES EN SATURACIÓN POR 4 DÍAS.



Fuente: Elaboración Propia.

Posterior a ello se llevó la muestra a la máquina de ensaye y se colocó sobre ella una pesa para reproducir una sobrecarga igual a la que en teoría ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado. Aplicándose una carga inicial de 4.5 kg, se ajustó el deformímetro de carga y el deformímetro de penetración a cero. Ver FIGURA 43, pág. 75.

FIGURA 43. ENSAYO CBR.



Fuente: Elaboración Propia.

Las lecturas de carga realizadas en este ensayo (ver FIGURA 44. ANOTACIÓN DE LECTURAS DE CBR., pág. 76) a los distintos niveles de penetración, a una velocidad constante de 1.27 mm/minuto, son los siguientes:

TABLA 17. TABLA DE PENETRACIÓN PARA CBR.

PENETRACIÓN (in)	PENETRACIÓN (mm)
0.025	0.64
0.050	1.27
0.075	1.91
0.100	2.54
0.150	3.81
0.200	5.08
0.250	6.35
0.300	7.62
0.350	8.89
0.400	10.16
0.450	11.43
0.500	12.7

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 44. ANOTACIÓN DE LECTURAS DE CBR.



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en el laboratorio se presentan en la TABLA 20, pág. 81.

5.5. BANCO DE MATERIAL.

Localizar un banco es más que descubrir un lugar donde exista un volumen alcanzable y explorable de suelos o rocas que puedan emplearse en la construcción de una determinada parte de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad y los requerimientos de volumen del caso.

En total se localizó un banco, donde se extrajeron muestras para ser analizadas en el laboratorio, para confirmar con mayor exactitud su uso potencial que se pretenda hacer del suelo. Los resultados de laboratorio comprenden: peso volumétrico (PVSS, PVSC), granulometría, clasificación AASHTO, Proctor modificado, CBR modificado.

A continuación, se muestra tabla resumen con la información general del banco:

TABLA 18. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE MATERIAL.

INFORMACION	BANCO
PROPIETARIO	Dennis Hernández
TIPO DE MATERIAL	Grava bien graduada con arena color gris claro
ESTADO	En explotación
USO PONTENCIAL	Sub base
UBICACIÓN	Km 34, carretera La Concepción – San Marcos
ACCESO	Camino de tierra transitable en buen estado

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.1. LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE MATERIAL.

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de vías terrestres, corresponde a los materiales; rocas, gravas, arenas y otros suelos (de préstamo), por lo que su localización y selección se convierte en vital importancia.

Al localizar un banco, se debe garantizar que las fuentes de materiales cumplan con las especificaciones técnicas que rigen el proyecto en lo referente a la calidad, por otro lado tienen que ser lo más fácilmente accesibles y que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos y por último deben ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo.

FIGURA 45. BANCO DE MATERIAL. KM 34, CARRETERA LA CONCEPCIÓN – SAN MARCOS.



Fuente: Elaboración Propia.

Es importante señalar que se localizó un banco de préstamo para material a colocarse en las capas bases y sub-bases. Actualmente este se encuentra en estado de explotación, usado para material de relleno y prensado de adoquín. Dicho material de banco se encuentra clasificado dentro del grupo A-1-a (0).

TABLA 19. CLASIFICACIÓN DE SUB-RASANTES SEGÚN EL VALOR DEL CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN
0 – 5	Sub rasante muy mala
5 – 10	Sub rasante mala
10 – 20	Sub rasante regular a buena
20 – 30	Sub rasante muy buena
30 – 50	Sub base buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Universidad Industrial De Santander, Escuela De Ingeniería Civil 2006, Pág. 36.

5.5.2. PROCEDIMIENTO.

Una vez localizado el banco de materiales, se extrajeron tres sacos de dicho material (aproximadamente 100 kg cada uno). Los cuales fueron trasladados al Laboratorio de la UNI –RUPAP.

FIGURA 46. ACARREO DE MATERIAL AL LABORATORIO.



Fuente: Elaboración Propia.

Para poder iniciar los ensayos correspondientes en el laboratorio, el material se sometió a un proceso de secado natural. Posterior a ello se realizaron los ensayos de peso volumétrico suelto que se usa para la convención de peso a volumen y el peso volumétrico compacto que es para el conocimiento del volumen de materiales aplicados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos provocados por el tránsito o por la acción del tiempo, por tanto, el uso de uno y otro dependen de las condiciones a que estén sujetos los materiales. Ver FIGURA 47 y FIGURA 48, pág. 80.

Posteriormente se realizaron los ensayos: granulometría, usando las mallas 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No.4, No.10 y No.200, Proctor modificado y CBR, ejecutados de la misma manera que los ensayos anteriores. Los resultados de los ensayos se muestran en la TABLA 21, pág. 82.

FIGURA 47. MOLDE Y MUESTRA A ENSAYAR (PVSS).



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 48. ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 20. TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LOS SONDEOS SOBRE LA LÍNEA.

No. GRUPO	ENSAYO AASHTO T 27						ENSAYO ASTM D 4318			CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGÚN LA AASHTO	COLOR	MUESTRA	ENSAYO AASHTO T 99		ENSAYO AASHTO T 193		
	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA POR EL TAMIZ)						LIMITES DE ATTERBERG						PROCTOR ESTANDAR		CBR (%)		
	1/2 "	3/8 "	No 4	No 10	No 40	No 200	L.L %	L.P %	I.P %				$\gamma_{sec\ máx}$ (Kg/m ³)	Wopt. %	90	95	100
1	100	99	95	87	42	15	NP	NP	NP	A - 1 - b (0)	Plomo	A - 1 - b	1,445	12	87	92	102
7	98	97	93	80	42	15	NP	NP	NP	A - 1 - b (0)	Gris						
2	99	100	98	93	81	35	NP	NP	NP	A - 2 - 4 (0)	Gris	A - 2 - 4	1,530	17	81	90	104
4	99	98	95	88	75	33	NP	NP	NP	A - 2 - 4 (0)	Café						
6	100	99	94	89	71	28	NP	NP	NP	A - 2 - 4 (0)	Café claro						
12	99	98	93	86	63	24	NP	NP	NP	A - 2 - 4 (0)	Café con gris						
3	99	99	96	90	81	46	NP	NP	NP	A - 4 (2)	Café medio oscuro	A - 4	1,323	30	79	88	93
5	100	100	96	90	82	51	NP	NP	NP	A - 4 (3)	café medio oscuro						
8	100	100	99	98	94	66	NP	NP	NP	A - 4 (6)	Café oscuro						
9	100	100	98	95	86	44	NP	NP	NP	A - 4 (2)	Café claro						
10	98	97	96	91	81	50	NP	NP	NP	A - 4 (3)	Café medio oscuro						
11	-	-	100	89	77	46	NP	NP	NP	A - 4 (2)	Café claro						
13	98	96	89	86	74	47	NP	NP	NP	A - 4 (2)	Gris						
14	100	99	97	94	93	49	NP	NP	NP	A - 4 (3)	Gris con Café						
15	100	100	98	93	83	38	NP	NP	NP	A - 4 (1)	Café						
16	100	100	98	89	82	44	NP	NP	NP	A - 4 (2)	Café						
17	100	100	98	94	89	64	NP	NP	NP	A - 4 (6)	Café						

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 21. TABLA DE RESULTADOS DEL BANCO DE MATERIAL.

Tramo : Km 34, carretera La Concepción – San Marcos
 Banco : Banco de préstamo
 Observación : Grava bien graduada con arena color gris claro

FECHA	PESO VOLUM. (Kg/m ³)		ENSAYO ASTM D 4318			CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN LA AASHTO	ENSAYO AASHTO T 27										ENSAYO AASHTO T 99		ENSAYO AASHTO T 193		
			LIMITES DE ATTERBERG				GRANULOMETRÍA (% QUE PASA POR EL TAMIZ)										PROCTOR		CBR (%)		
			L.L %	L.P %	I.P %		1 1/2 "	1"	3/4"	1/2 "	3/8 "	No 4	10	40	200	γseca máx (Kg/m ³)	Wopt. %	90	95	100	
	PVSS	PVSC																			
28/07/2016	1,631	1,712	NP	NP	NP	A - 1 - a (0)	88	84	77	70	63	48	34	11	3	2,119	4	93	95	101	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSION

Los temas tratados en la presente monografía, constituyen la base y criterios con los cuales ha sido concebido el Diseño del camino La Concepción (Masaya) – El Crucero (Managua) y el análisis del suelo respectivamente.

Para el levantamiento topográfico realizado se tomó control, tanto de altimetría como de planimetría. Se ubicaron en el trayecto del tramo 60 BM (Cilindro de concreto de 15 cm de diámetro x 30 cm de alto.) esto con el fin de tener una mejor precisión en las lecturas realizadas. Los datos (Descripción, Elevación, coordenadas; Este y Norte) obtenidos del levantamiento fueron debidamente descargados de la estación total para posteriormente ser importados al programa Civil 3D con el fin de dar inicio al diseño geométrico.

Para dicho mejoramiento vial se conoció que esta ruta ofrece trayectos más cortos del Municipio de la Concepción hacia las zonas como: San Rafael del Sur, Managua, El Crucero, y del Municipio del Crucero hacia: San Marcos, Masaya, Masatepe y Ticuantepe, por lo cual fue necesario conocer el Trafico Promedio Diario Anual “TPDA” para saber con mayor detalle el trafico actual y el que se pueda generar con el mejoramiento de dicho camino.

Para ello se establecieron dos estaciones de conteos; una en el km 0+000 y la segunda en el km 13+620 del proyecto. Por tres días consecutivos se realizó el estudio de tráfico desde 06:00 am a 18:00 pm. Una vez obtenidos estos datos se conoció la cantidad real de vehículos que circulan en el tramo en estudio, con estos datos se procedió a realizar los cálculos correspondientes para saber el TPDA. Resultando un TPDA de 545 vehículos por día, resultando 0.89% de vehículos livianos y 0.11% vehículos pesados, para la Estación 1 (ubicada en La Concepción) y de 65 vehículos por día, resultando 0.95% de vehículos livianos y 0.05% vehículos pesados, para la estación 2 (ubicada en El Crucero), de ambos resultados se

seleccionó el TPDA mayor, el cual corresponde a la estación de conteo número 1. Es importante señalar que el TPDA es un factor de primordial importancia para el diseño geométrico dado que las normas de diseño se deben provenir de los resultados que se obtengan del estudio de tráfico, los cuales, a su vez, se asocian a la clasificación funcional del camino en estudio y también en el diseño de espesor de pavimento de carreteras, por lo que este dato serviría para el diseño futuro del mismo.

El software CivilCAD 3D, 2016 permite la generación del diseño geométrico de un proyecto de carretera a ejecutarse, de tal forma que ayuda al diseñador a realizar de manera eficaz, eficiente y de manera rápida, los cálculos necesarios para el diseño de obra horizontal. Los puntos levantados en el trabajo de campo topográfico, son de vital importancia para el diseño, ya que en base a estos se elabora el diseño geométrico de la vía a construir.

Los alineamientos tanto vertical como horizontal han sido propuestos en base al terreno natural existente, para que así el diseño realizado no tenga mucha variación con la situación actual del camino en estudio, y se conserven los cultivos de la zona en los que se produce esta, debido a que si se realiza modificación en la ampliación de la calzada en algunos sectores privados de siembra no afecten a los mismos.

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 5.70 m, sin hombro, debido a la carencia de espacio para la colocación de este. En la parte lateral de corte del camino se colocó cuneta con bordillo para que las aguas superficiales no tuvieran entrada alguna a la estructura de la calzada, para que así no dañe la superficie de la misma y en la parte lateral

de relleno se colocó bordillo para que sirva como confinamiento del camino en sí, y no se deteriore la superficie de rodamiento.

En este mejoramiento vial también se hace necesario conocer el tipo y las características del suelo que posee la ruta. Con este objetivo y con el de conocer la capacidad soporte in situ de los suelos se realizaron 27 pruebas de DCP a lo largo del tramo, a cada 500 metros y a una profundidad de 1 metro. Con el fin de encontrar valores de CBR en campo, se realizaron igual número de calicatas donde se obtuvieron muestras de suelo de los diferentes estratos encontrados, para determinar el CBR en laboratorio.

El total de muestras extraídas fue de 50, de la agrupación de éstas, resultaron 17 grupos en total, que representa el 100% de las muestras totales, a cada uno de estos se le realizó el análisis granulométrico, resultando según la clasificación AASHTO: el 12%; A – 1 – b (característica de Excelente a bueno), 23%; A – 2 – 4 (característica de Excelente a bueno) y 65%; A – 4 (característica de pobre a malo).

A estos suelos (Los 17 grupos) se les aplicó la prueba sencilla de hacer rollitos con agua en el campo y laboratorio, para confirmar su plasticidad, sin embargo, todas son NP (no plástico).

Los tres materiales clasificados (A – 1 – b, A – 2 – 4 y A – 4), fueron analizados con CBR al 90, 95 y 100 % respectivamente, el CBR al 90% desde el primero hasta el cuarto estrato de todas las calicatas a lo largo del tramo, van desde 87, 81 hasta 79% de grado de compactación (En ANEXO 7, pág. xxxi, se muestran los gráficos correspondientes a cada estrato a lo largo del camino y con el porcentaje de compactación al 90%).

Se realizó un análisis estadístico y de probabilidades a los resultados de CBR, de la primera capa, medido de forma indirecta mediante ensaye DCP (ASTM D 6951). Se comprobó que los resultados obtenidos obedecen a una distribución normal, con una media de 36.7 y una desviación estándar de 12.8.

Luego de realizar un análisis estadístico de los resultados de CBR medidos in situ, mediante DCP, y determinados en laboratorio (Método AASHTO T 193), se encontraron cuatro secciones homogéneas correspondientes a la capa de rodamiento. La primera está delimitada de la estación km 0+108.5 a km 4+000, la segunda se encuentra entre las estaciones km 4+000 a km 5+500, la tercera corresponde al sub-tramo km 5+500 hasta km 9+000 y el último segmento se localiza de la estación km 9+000 hasta la estación km 13+000, (ver gráfico ANEXO 5. GRÁFICOS DE ESTUDIO GEOTÉCNICO, SECCIONES HOMOGÉNEAS. Pág. xxiii). El procedimiento empleado para el cálculo de las secciones homogéneas es el de “diferencias acumulativas” establecido en el método de diseño para estructura de pavimentos AASHTO 1993, Apéndice J.

Se estableció una correlación de los valores de CBR, medidos in situ, versus los valores de CBR calculados en el laboratorio para cada una de las secciones homogéneas antes mencionadas. Se encontró que para los sub-tramos 1, 3 y 4 el valor de CBR de campo (DCP) corresponde al 42% del valor de CBR determinado en el laboratorio y en el sub-tramo 2 el valor de CBR de campo equivale al 67% del valor de CBR calculado en el laboratorio.

Las variaciones que existen en los resultados de CBR de campo y CBR de laboratorio, para todos los casos, se debe a que en el laboratorio las condiciones de humedad y compactación son controladas, por el contrario, in situ el ensayo se ejecutó a los suelos con sus condiciones existentes.

En base a todos los resultados obtenidos se concluye que los suelos encontrados son de excelente calidad como material de sub - rasante.

Para el estudio del banco de material, se incluyó pesos volumétricos (peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto), el análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR al 90, 95 100% de compactación.

Del análisis granulométrico del banco de material, resultó que el 52% es un material gravoso y el 48% corresponde a finos. El material del Banco “Dennis”, ubicado en el Km 34, carretera La Concepción – San Marcos se

caracteriza como un material de excelente a bueno, según la AASHTO como un A – 1 – a (0).

Los valores de CBR de laboratorio al 90, 95 y 100% corresponden a 93, 95 y 101% respectivamente. El porcentaje de compactación propuesto fue el calculado al 95%, debido a que es el más acertado a la realidad, ya que en el campo existen variaciones y factores que no pueden ser controlados.

Por tanto, en base a este porcentaje según, la **TABLA 19. CLASIFICACIÓN DE SUB-RASANTES SEGÚN EL VALOR DEL CBR. 78**, su uso corresponde a un material para Sub - base buena.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que a la hora de la construcción se deberá replantear la línea acorde al diseño propuesto, llevando controles planímetros (realizando poligonales cerradas de control) y altimétricos (realizando nivelación de ida y vuelta), para garantizar el nivel de rasante del diseño.
- Colocar señalización horizontal y vertical en las curvas de diseño establecidas.
- Realizar ensayos a la hora de la construcción, se deberá llevar un estricto control de la compactación, realizando ensayos correspondientes para comprobar dicha compactación.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.

7.1. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

1. Anuario De Estadísticas Macroeconómicas 2015. Banco Central De Nicaragua.
2. Asociación Americana de Carreteras y Transportación de los funcionarios del Estado (AASHTO). A Policy on Geometric Design of Highway and Streets 2004.
3. Caracterización del Departamento de Masaya. Asociación de Municipios del Departamento de Masaya, AMUDEMAS.
4. American Standard Testing Materials ASTM D-6951, Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications, D 6951, 2003.
5. Department of Transportation Minnesota. 93-05. Thomas R. Rurnham.
6. Diseño Geométrico De Vías, Universidad Nacional De Colombia. John Jairo Agudelo Ospina.
7. In situ foundation characterization using the Dynamic Cone Penetrometer (Mayo 1,993). Tam Burnham and Dave Johnson.
8. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. (SIECA, 2,004 – 2,011).
9. Manual Para La Revisión De Estudios De Tránsito (Nic, Octubre 2,008). Ministerio De Transporte E Infraestructura.
10. Mecánica de Suelos, Eulalio Juárez Badillo (Tomo I y II).
11. Anuario de Aforos de Transito, (2011, 2013 y 2014). Ministerio de Transporte e Infraestructura.

ANEXOS

**ANEXO
ESTUDIO
TOPOGRAFICO.**

ANEXO 1. DERROTERO DE LOS PUNTOS TOPOGRÁFICOS LEVANTADOS EN EL CAMPO, EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN TOTAL EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84.

Núm.	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
2	1321693.028	577562.755	846.875	CE
3	1321690.460	577562.340	846.982	B
4	1321688.620	577562.630	846.672	LC
5	1321686.771	577562.577	846.613	B
6	1321690.264	577589.165	847.486	B
7	1321692.200	577589.220	846.592	LC
8	1321694.151	577589.276	847.338	B
9	1321695.516	577618.421	848.682	B
10	1321693.590	577618.230	848.872	LC
11	1321691.886	577618.061	848.869	B
12	1321691.270	577632.963	850.162	B
13	1321693.460	577634.873	850.172	LC
14	1321695.420	577635.933	849.662	B
15	1321693.621	577643.624	850.664	B
16	1321691.800	577641.613	850.642	LC
17	1321690.080	577639.714	851.281	B
18	1321687.434	577645.015	852.225	B
19	1321681.855	577651.018	852.643	B
20	1321683.580	577652.923	852.762	LC
21	1321685.145	577654.651	853.116	B
22	1321678.192	577659.156	853.564	B
23	1321676.840	577657.663	854.142	LC
24	1321675.420	577655.663	854.092	B
25	1321672.249	577657.316	855.442	B
26	1321673.930	577659.173	855.072	LC
27	1321675.087	577660.451	855.327	B
28	1321655.550	577675.338	853.902	CE
29	1321644.405	577680.193	853.254	B
30	1321642.920	577678.553	852.572	LC
31	1321697.090	577612.110	847.882	BM51
34	1321659.597	577671.016	855.377	B
35	1321658.440	577669.738	855.122	LC
36	1321656.759	577667.881	855.492	B
37	1321640.156	577675.501	852.915	B
38	1321637.486	577683.963	852.242	B
39	1321634.576	577683.593	852.092	LC
40	1321632.296	577682.893	852.162	B
41	1321620.909	577692.870	850.070	B
42	1321618.440	577692.703	849.782	LC

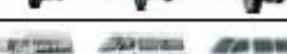
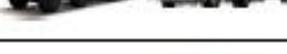
Núm.	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
43	1321615.800	577692.503	849.952	B
44	1321615.208	577700.867	849.193	CE
45	1321612.462	577700.657	848.925	B
46	1321610.040	577700.493	848.662	LC
47	1321607.610	577700.263	848.762	B
48	1321690.635	577648.550	851.607	B
49	1321600.074	577708.255	847.391	B
50	1321597.070	577708.048	847.502	LC
51	1321594.359	577707.865	847.952	B
52	1321589.679	577715.421	847.579	B
53	1321587.455	577715.270	848.382	LC
54	1321585.463	577715.135	848.480	B
55	1321581.425	577726.510	848.356	B
56	1321579.657	577726.390	848.252	LC
57	1321577.450	577726.241	848.410	B
58	1321577.777	577738.027	846.572	B
59	1321575.457	577737.870	846.572	LC
60	1321573.428	577737.733	846.662	B
61	1321620.870	577688.503	850.962	B
62	1321575.519	577746.046	847.240	B
63	1321573.976	577753.983	845.720	B
64	1321571.580	577753.820	845.502	LC
65	1321569.326	577753.668	845.632	B
66	1321566.210	577765.530	846.372	B
67	1321568.360	577766.190	846.282	LC
68	1321570.115	577766.309	845.883	B
69	1321568.821	577775.127	845.092	B
70	1321566.580	577775.350	845.112	LC
71	1321564.240	577775.583	845.142	B
72	1321570.850	577786.331	844.902	CE
73	1321568.320	577786.420	845.002	B
74	1321566.120	577786.780	844.902	LC
75	1321563.800	577787.470	844.922	B
76	1321565.249	577804.750	845.382	B
77	1321563.019	577805.280	845.202	LC
78	1321560.643	577805.517	845.192	B
79	1321561.376	577828.592	843.822	B
80	1321580.630	577723.090	848.362	BM50
81	1321559.490	577828.780	843.992	LC
82	1321557.435	577828.985	844.380	B
83	1321559.855	577843.525	843.587	CE
84	1321557.950	577843.450	844.062	B

Núm.	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
85	1321554.390	577844.310	843.852	B
86	1321555.221	577852.879	844.906	LC
87	1321553.312	577853.445	845.189	B
88	1321552.991	577859.786	844.664	B
89	1321555.091	577864.140	844.804	LC
90	1321556.320	577863.630	844.922	B
91	1321550.910	577865.380	845.392	CE
92	1321553.064	577864.741	844.589	B
93	1321557.889	577863.324	845.144	CE
94	1321558.183	577878.399	846.099	B
95	1321556.474	577878.905	845.714	LC
96	1321554.873	577879.380	846.059	B
97	1321559.890	577838.130	844.312	BM49
98	1321689.621	577472.210	848.282	B
99	1321687.691	577472.190	848.142	LC
100	1321685.991	577472.090	848.172	B
101	1321684.724	577487.765	847.103	B
102	1321688.262	577487.865	847.181	B
103	1321689.174	577535.578	847.321	B
104	1321687.500	577535.530	847.022	LC
105	1321685.845	577535.483	846.901	B
106	1321689.430	577550.990	847.132	B
107	1321687.680	577550.880	846.882	LC
108	1321685.950	577550.940	846.682	B
110	1322452.360	575635.340	878.922	ESQCARRE
111	1322427.660	575648.190	879.322	ESQCARRE
112	1322440.270	575660.290	879.072	CUNCARRETE
113	1322405.260	575679.820	879.202	CUNCARRETE
116	1322424.660	575690.000	878.582	CE
117	1322422.740	575688.310	878.662	B
118	1322419.370	575685.990	879.332	LC
119	1322416.430	575684.630	879.122	CE
120	1322417.180	575684.550	879.292	B
121	1322411.030	575712.550	879.262	CE
122	1322409.070	575711.680	878.872	B
123	1322407.480	575710.690	878.802	LC
124	1322405.550	575710.030	878.762	B
125	1322400.377	575734.832	878.332	CE
126	1322398.931	575733.828	877.925	B
127	1322396.840	575732.380	877.732	LC
128	1322394.176	575730.528	877.870	CE
129	1322395.181	575731.226	877.732	B
130	1322389.640	575753.412	878.330	CE

ANEXO ESTUDIO DE TRANSITO

ANEXO 2. TIPOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN VEHICULAR DE CONTEOS DE TRÁFICO.

Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes

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, Cuadracicl, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T ₁ -S ₁ R ₁ =4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T ₁ -S ₁ R ₁ =4.
	T ₁ -S ₁ R ₁ =5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C ₁ -R ₁ =4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C ₁ -R ₁ =4
	C ₁ -R ₁ =5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Bovinos).

Fuente: Anuario De Aforo De Tráficos Año 2014, pág. 32.

ANEXO 3. TABLAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO.

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito del tramo en estudio se analizaron las variables: PIB (producto interno bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito según datos del MTI.

1. PIB (producto interno bruto).

Cuadro - Table I-1

Producto interno bruto: enfoque de la producción - Gross domestic product: production approach

(millones de córdobas de 2006 - millions cordobas of 2006)

Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ^{pl}	2014 ^{pl}	2015 ^{pl}
Producto interno bruto - Gross domestic product	119,235.2	125,540.1	129,120.1	125,557.4	129,564.3	137,638.3	145,333.0	151,921.3	158,856.8	166,686.8
Menos - Minus : Imputaciones bancarias ^{pl} - Financial intermediation services indirectly measured ^{pl}										
Más - Plus: Impuestos netos a los productos - Net taxes on products	11,248.0	12,077.4	12,430.2	12,082.7	12,202.1	13,447.0	14,552.0	14,730.0	15,373.3	16,624.9

Fuente: Estadísticas microeconómicas, BCN. Anuario 2015. pág. 5.

Cuadro - Table I-5

Producto interno bruto: enfoque del gasto - Gross domestic product: expenditure approach

(tasas de crecimiento - Growth rate)

Conceptos - Concepts	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ^{pl}	2014 ^{pl}	2015 ^{pl}
Producto interno bruto - Gross domestic product	5.3	2.9	(2.8)	3.2	6.2	5.6	4.5	4.6	4.9

Fuente: Estadísticas microeconómicas, BCN. Anuario 2015. pág. 6.

2. Tasa De Crecimiento Poblacional.

Anexo No. 5: Tasa anual de crecimiento urbana y rural municipal

Municipio	Población						
	Año	Total	urbana	%	Rural	%	TAC
La Concepción	2005	31950	9828	30.76	21900	68.54	
	2009	33814	10401	30.76	23176	68.54	1.4
*Se considera población urbana a la población del casco urbano de La Concepción y San Juan de La Concepción.							

Fuente: AMUDEMAS (2009), Caracterización del Departamento de Masaya, Masaya, AMUDEMAS. pág. 216.

3. Historial Del Tránsito Según Datos del MTI.

135	NIC-20B	1104	ECD	Ent. Ticuantepe - La Concepción	Managua / Masaya	Asfalto/Adoquinado	Colectora Principal	2013	757	517	229	658	981	9	21	204	79	8						2	3,446
								2010	547	612	282	789	882	1	25	211	103	7		2				7	3,448
								2008	402	634	243	706	780	8	29	201	102	5		1				3	3,113
								2008	188	511	241	656	663	1	18	154	97	12						2	2,544
								2005	132	485	181	656	755	3	52	144	115	6		1				5	2,535
								2002	242	770	349	1,041	780	5	157	175	101	3		3				8	3,632

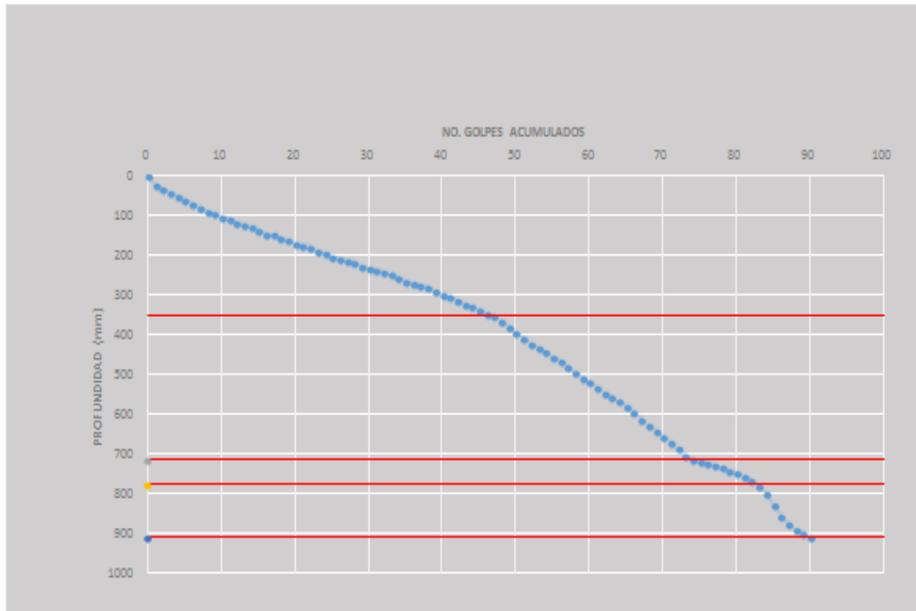
Fuente: Anuario De Aforo De Tráfico. Año 2013. pág.140.

ANEXO DISEÑO GEOMÉTRICO

ANEXO
ESTUDIO
GEOTÉCNICO

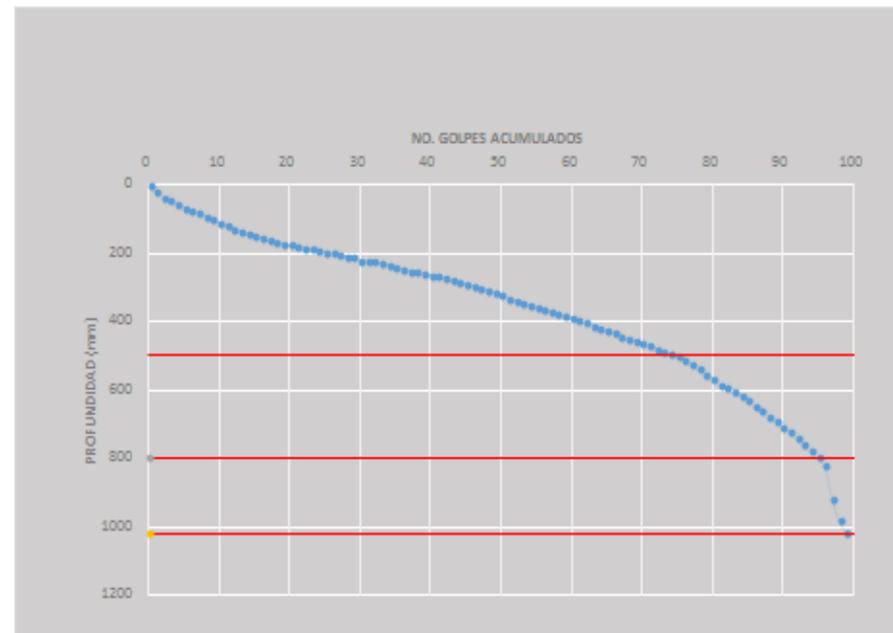
ANEXO 4. GRÁFICOS DE CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICA "DCP", PROFUNDIDAD VS NUMERO DE GOLPES ACUMULADOS, EN EL TRAMO LA CONCEPCIÓN Km 31 + 750 - EL CRUCERO Km 13 + 620, ENSAYO ASTM – D6951 – 03.

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	0+108.5	1	*		Nublado.



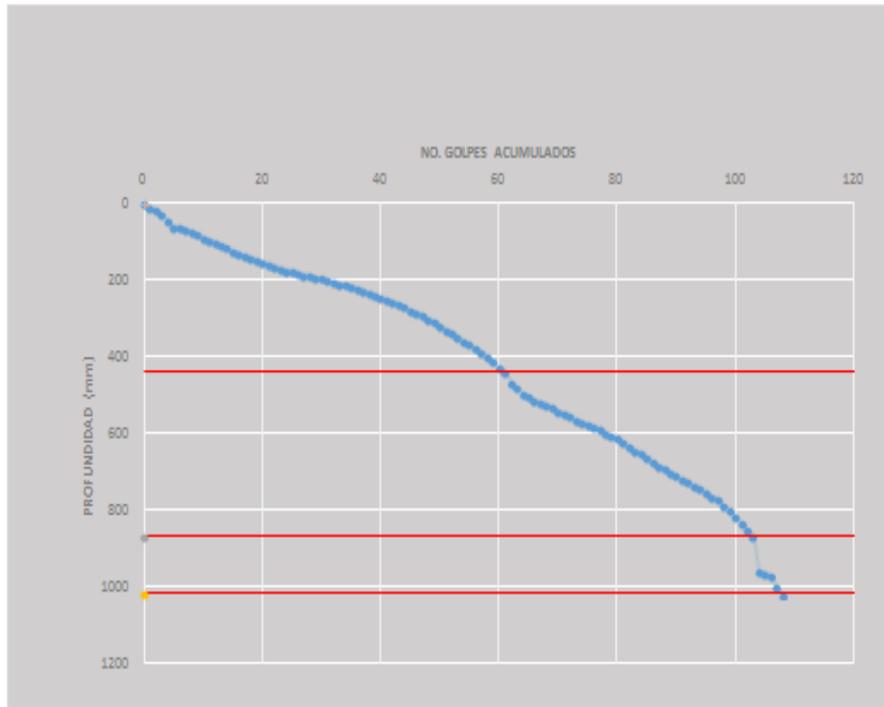
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	# GOLPES	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	ACUM	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	22	22	1	22	7
CAPA 1	22	352	330	47	7	32
CAPA 2	352	715	363	75	13	16
CAPA 3	715	776	61	83	8	30
CAPA 4	776	908	132	90	19	11
CAPA 5	908					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	0+500	2		*	Nublado.



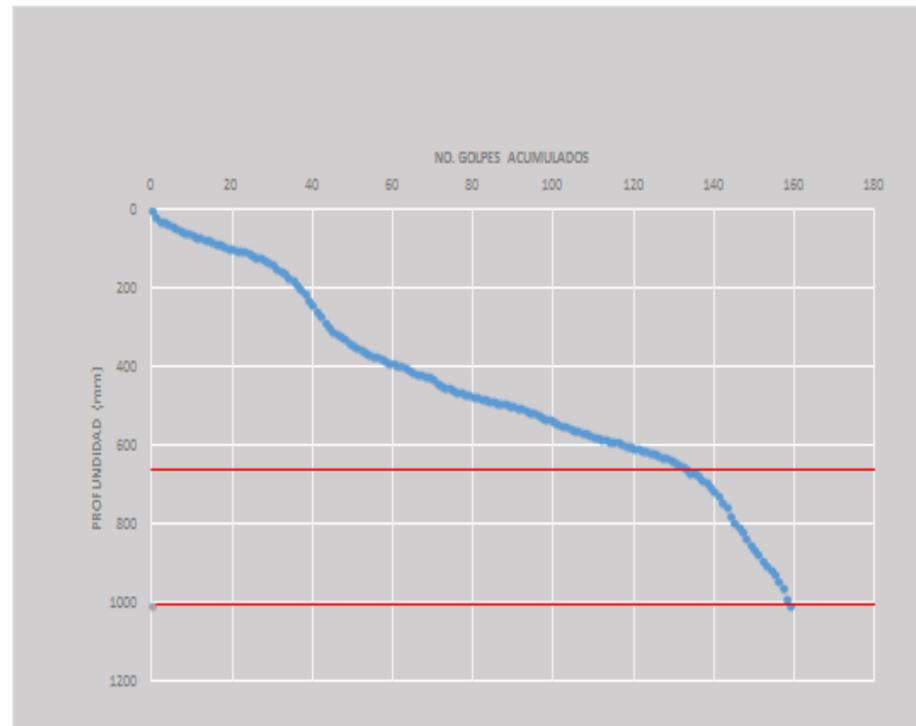
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	21	21	1	21	8
CAPA 1	21	496	475	74	7	35
CAPA 2	496	798	302	95	14	15
CAPA 3	798	1,021	223	99	56	1
CAPA 4	1,021					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	1+000	3	✘		Nublado.



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD		CBR
					GOLPES	mm/golpes	
-	mm	mm	mm				
CAPA SUELTA	0	6	6	1	6	39	
CAPA 1	6	436	430	61	7	32	
CAPA 2	436	867	431	103	10	21	
CAPA 3	867	1,018	151	108	30	4	
CAPA 4	1,018						

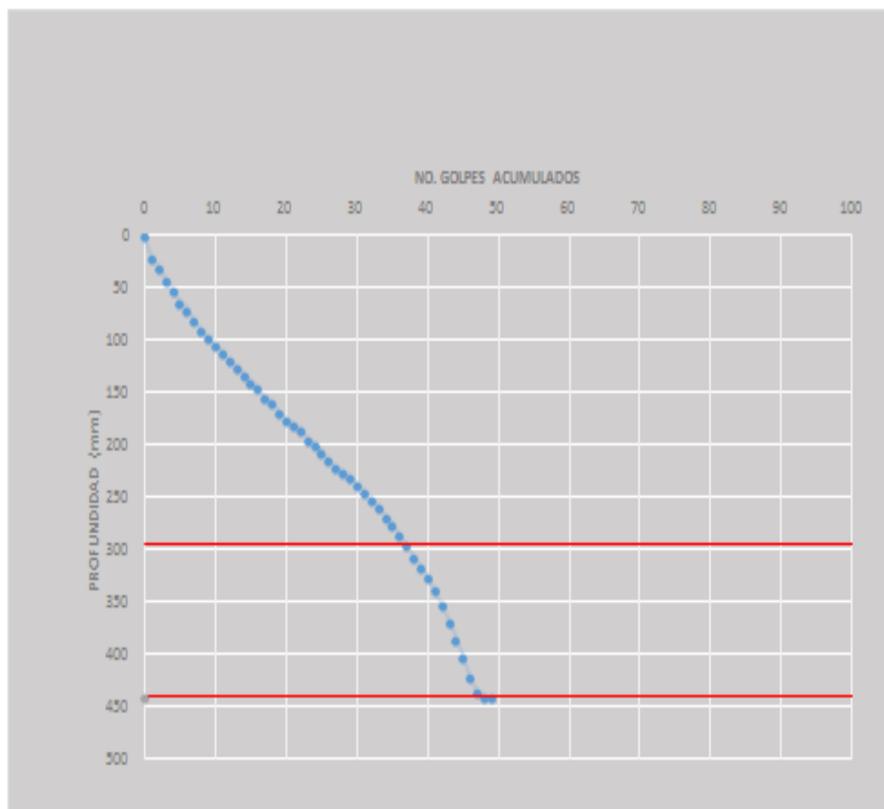
fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	1+500	4		✘	Parcialmente Nublado.



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD		CBR
					GOLPES	mm/golpes	
-	mm	mm	mm				
CAPA SUELTA	0	15	15	1	15	14	
CAPA 1	15	663	648	134	5	49	
CAPA 2	663	1,005	342	159	14	15	
CAPA 3	1,005						

fecha	Estación	Ensayo No	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	2+000	5	*		Parcialmente Nublado.

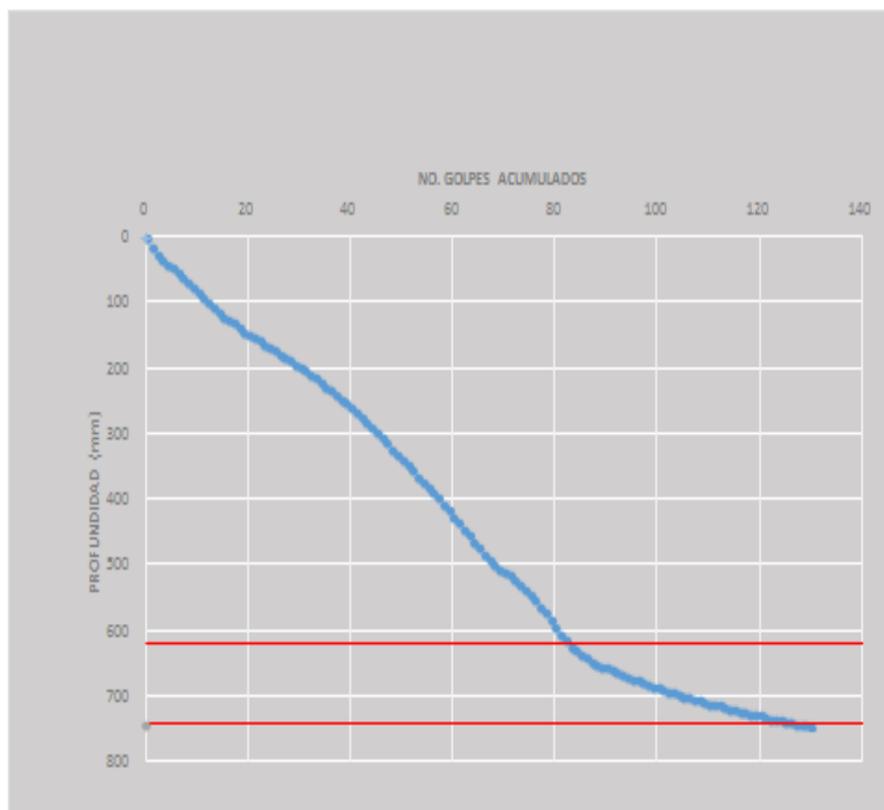
Observación: Se detuvo hasta lectura 605mm debido a que hay presencia de tubería.



CAPA	INICIA mm	FINALIZA mm	ESPESOR mm	# GOLPES	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	0	20	20	1	20	9
CAPA 1	20	294	274	37	8	30
CAPA 2	294	440	146	49	12	18
CAPA 3	440					

fecha	Estación	Ensayo No	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	2+500	6		*	Parcialmente Nublado.

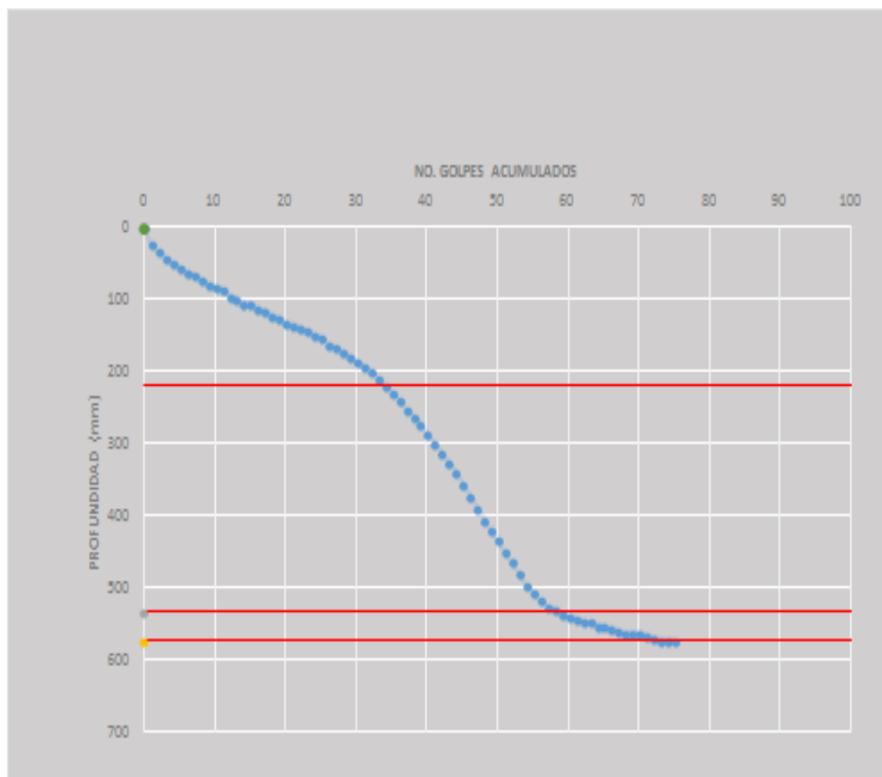
Observación: Se detuvo hasta lectura 911mm debido a que el equipo ya no penetraba más.



CAPA	INICIA mm	FINALIZA mm	ESPESOR mm	# GOLPES	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	0	13	13	1	13	16
CAPA 1	13	621	608	83	7	31
CAPA 2	621	743	122	130	3	99
CAPA 3	743					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	3+000	7	*		Parcialmente Nublado.

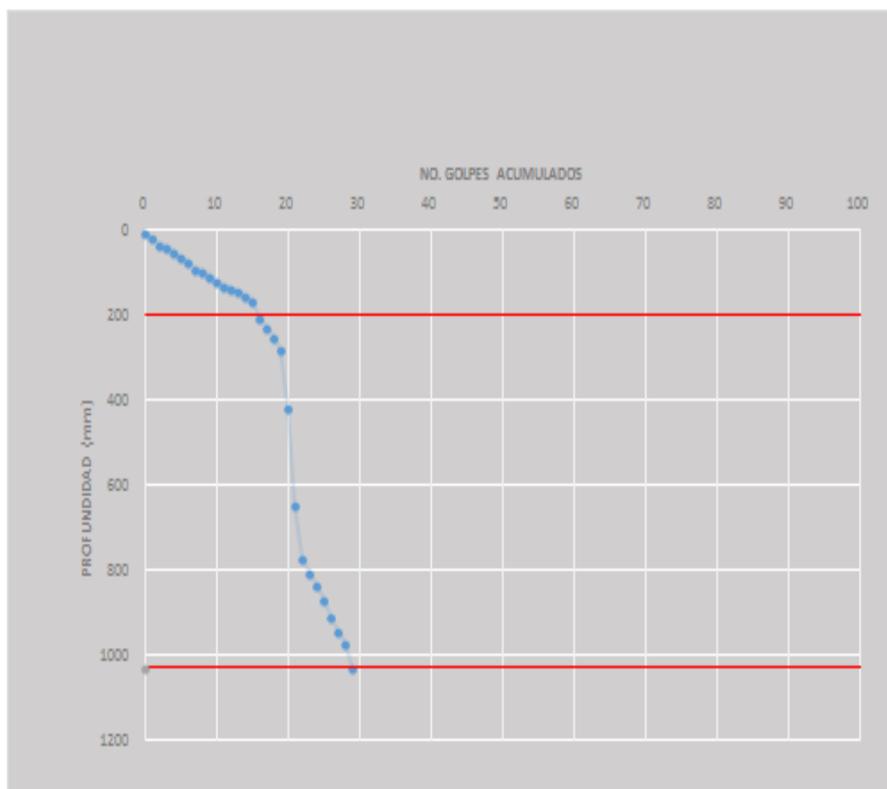
Observación: Se detuvo hasta lectura 757mm debido a que el equipo ya no penetraba mas.



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	mm	mm	mm	GOLPES		
CAPA SUELTA	0	20	20	1	20	9
CAPA 1	20	219	199	34	6	39
CAPA 2	219	534	315	59	13	17
CAPA 3	534	572	38	75	2	109
CAPA 4	572					

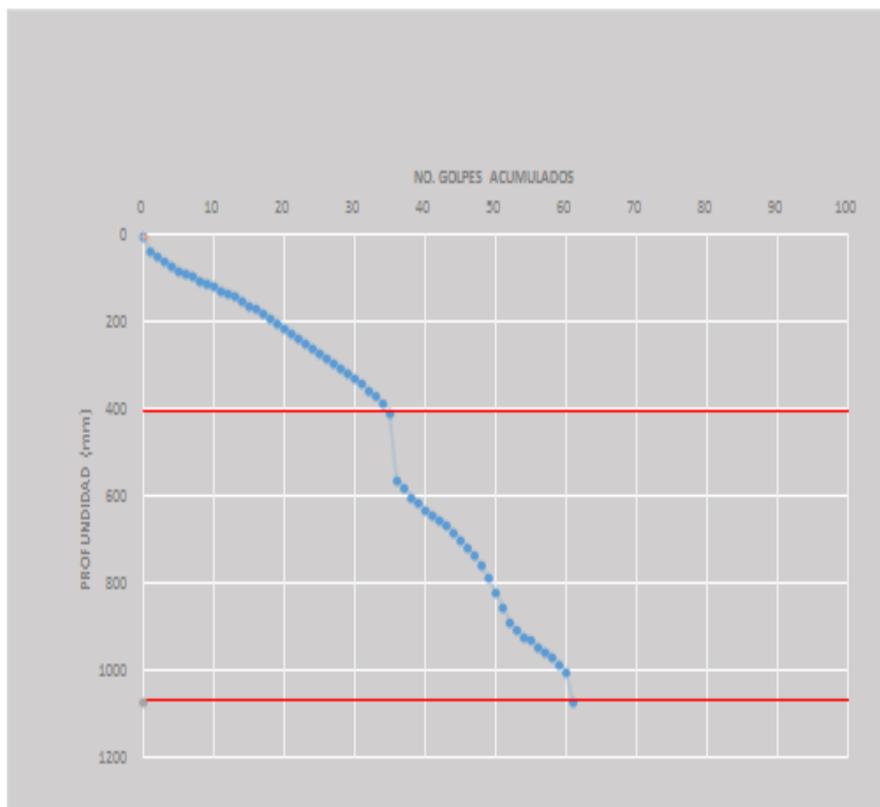
fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	3+500	8		*	Parcialmente Nublado.

Observación: A partir de la lectura 595mm se observó que la punta del instrumento penetró con mayor facilidad



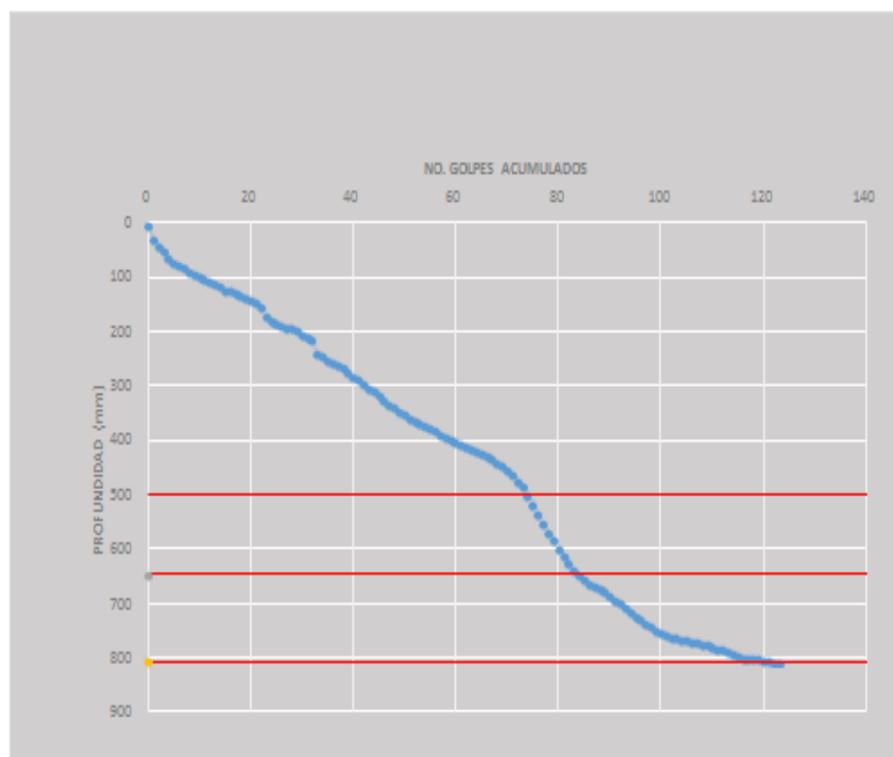
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	mm	mm	mm	GOLPES		
CAPA SUELTA	0	17	17	1	17	12
CAPA 1	17	201	184	16	12	17
CAPA 2	201	1,027	826	29	64	1
CAPA 3	1,027					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	4+000	9	✘		Parcialmente Nublado.



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	31	31	1	31	4
CAPA 1	31	402	371	35	11	20
CAPA 2	402	1,067	665	61	26	5
CAPA 3	1,067					

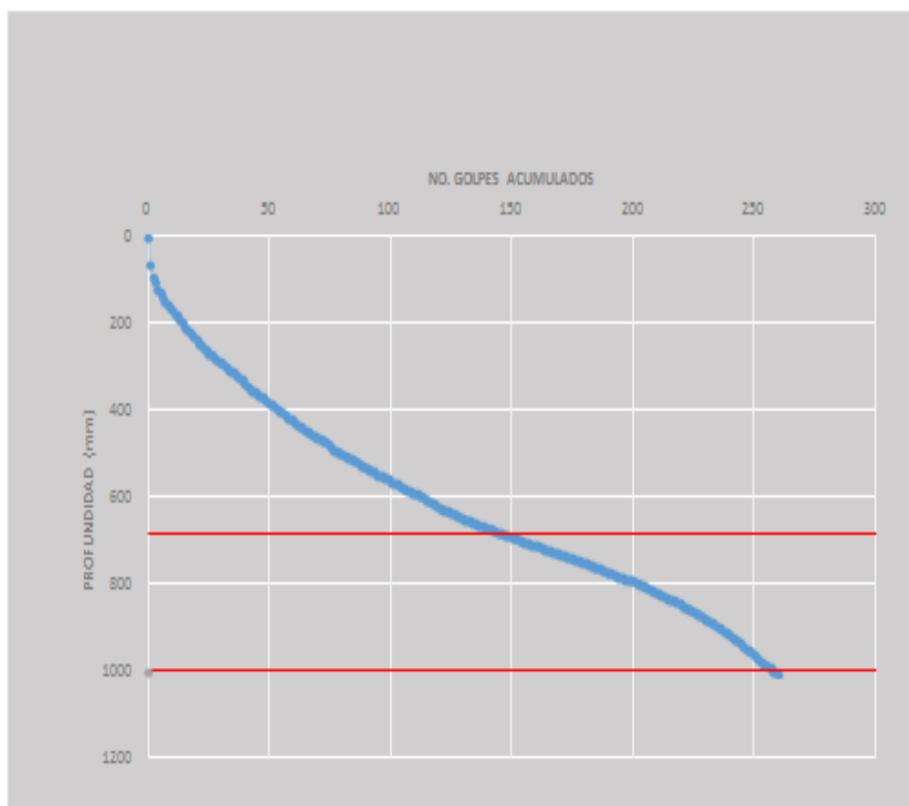
fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
29/04/2016	4+445.7	10		✘	Parcialmente Nublado.
Observación:	Se detuvo el ensayo debido a que la punta del instrumento ya no penetró, aparentemente había presencia de un manto rocoso.				



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	26	26	1	26	5
CAPA 1	26	500	474	74	6	35
CAPA 2	500	646	146	84	15	14
CAPA 3	646	807	161	123	4	59
CAPA 4	807					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	5+000	11	*		Nublado.

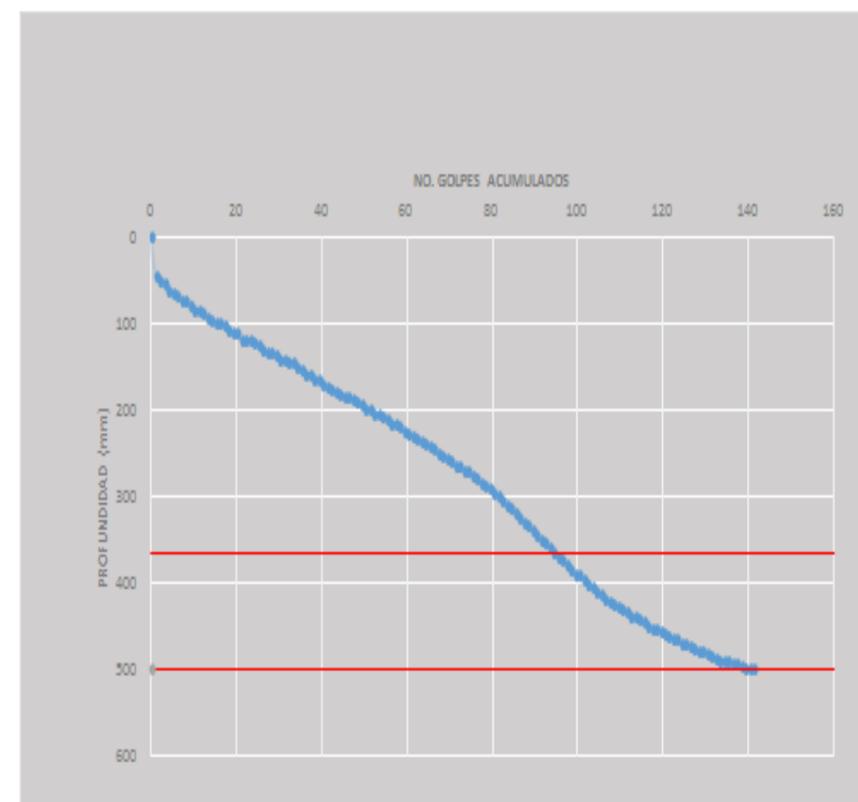
Observación:



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					GOLPES	
-	mm	mm	mm			
CAPA SUELTA	0	60	60	1	60	1
CAPA 1	60	687	627	151	4	58
CAPA 2	687	1,000	313	260	3	88
CAPA 3	1,000					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/04/2016	5+500	12		*	Nublado

Observación: Se detuvo hasta lectura 676mm debido a que el equipo ya no penetraba mas.

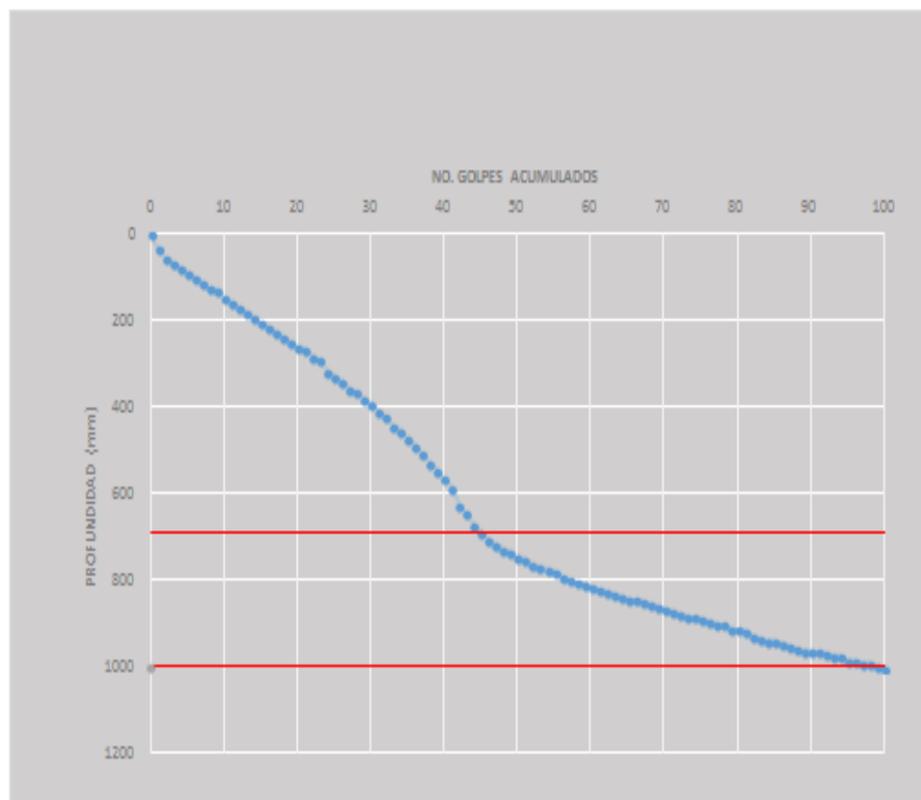


CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					GOLPES	
-	mm	mm	mm			
CAPA SUELTA	0	45	45	1	45	2
CAPA 1	45	366	321	94	3	72
CAPA 2	366	501	135	141	3	88
CAPA 3	501					

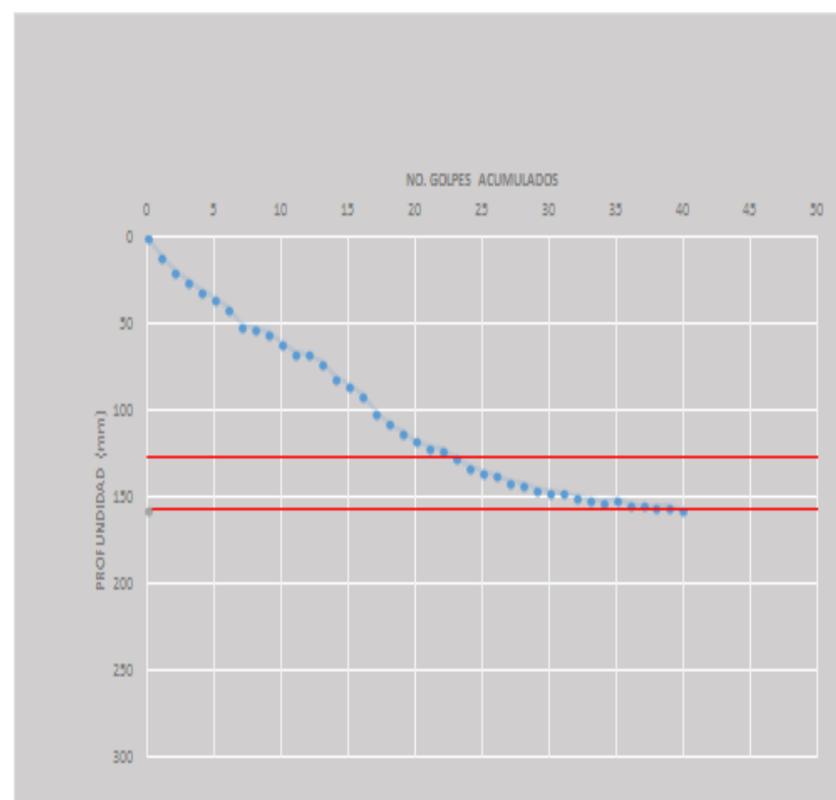
fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/04/2016	6+000	13	✘		Parcialmente Nublado.

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	6+500	14		✘	Parcialmente Nublado.

Observación: Se detuvo hasta lectura 320 mm debido a que el equipo ya no penetraba más.

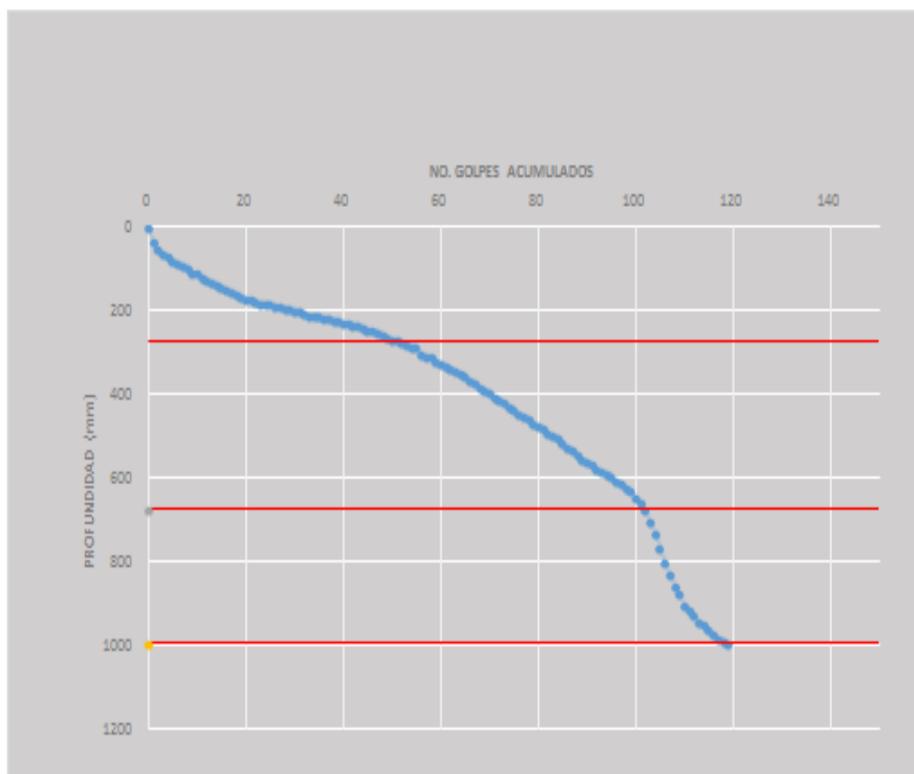


CAPA	INICIA mm	FINALIZA mm	ESPESOR mm	# GOLPES	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	0	31	31	1	31	4
CAPA 1	31	690	659	45	15	14
CAPA 2	690	1,000	310	100	6	42
CAPA 3	1,000					



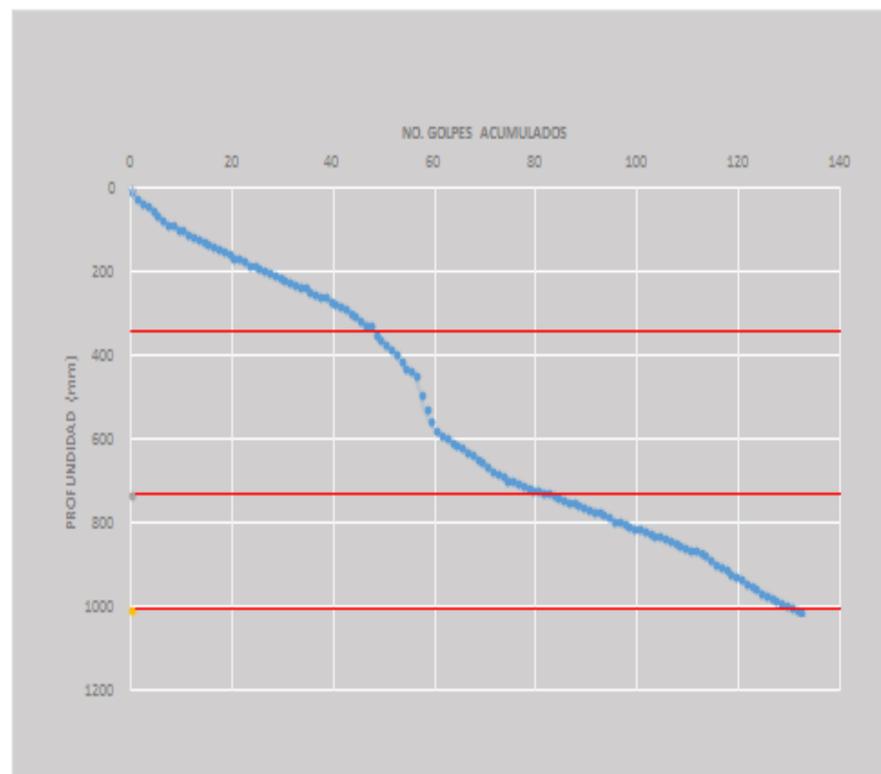
CAPA	INICIA mm	FINALIZA mm	ESPESOR mm	# GOLPES	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	0	10	10	1	10	22
CAPA 1	10	127	117	23	5	44
CAPA 2	127	157	30	40	2	153
CAPA 3	157					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	7+000	15	✘		Parcialmente Nublado.



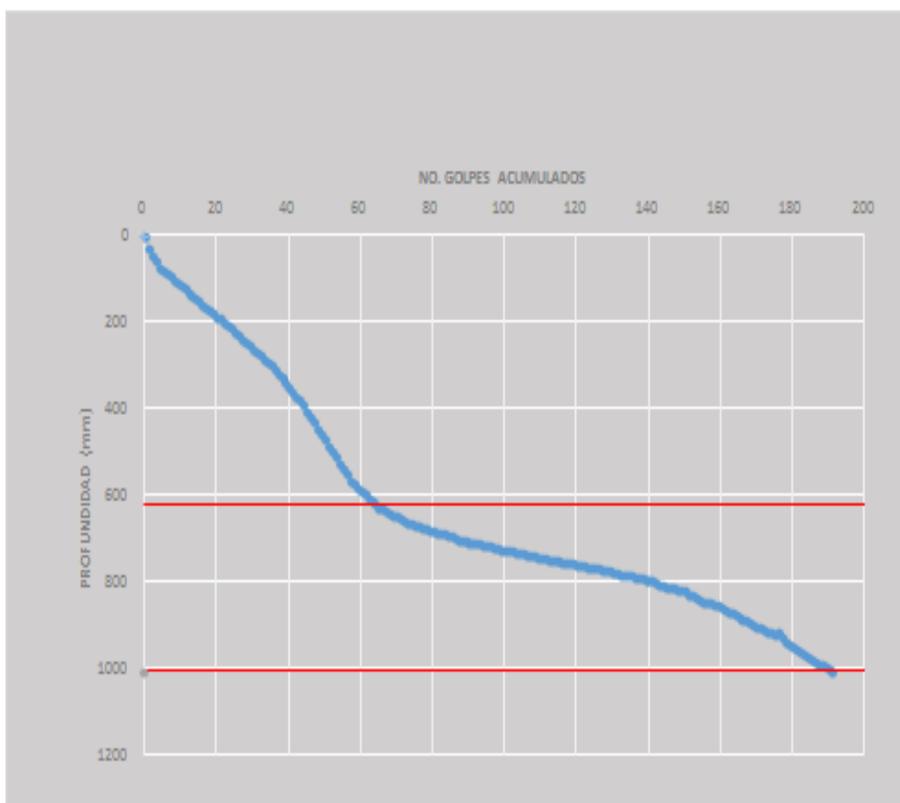
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	0	33	33	1	33	3
CAPA 1	33	275	242	53	5	52
CAPA 2	275	673	398	102	8	28
CAPA 3	673	993	320	119	19	11
CAPA 4	993					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	7+500	16		✘	Parcialmente Nublado.



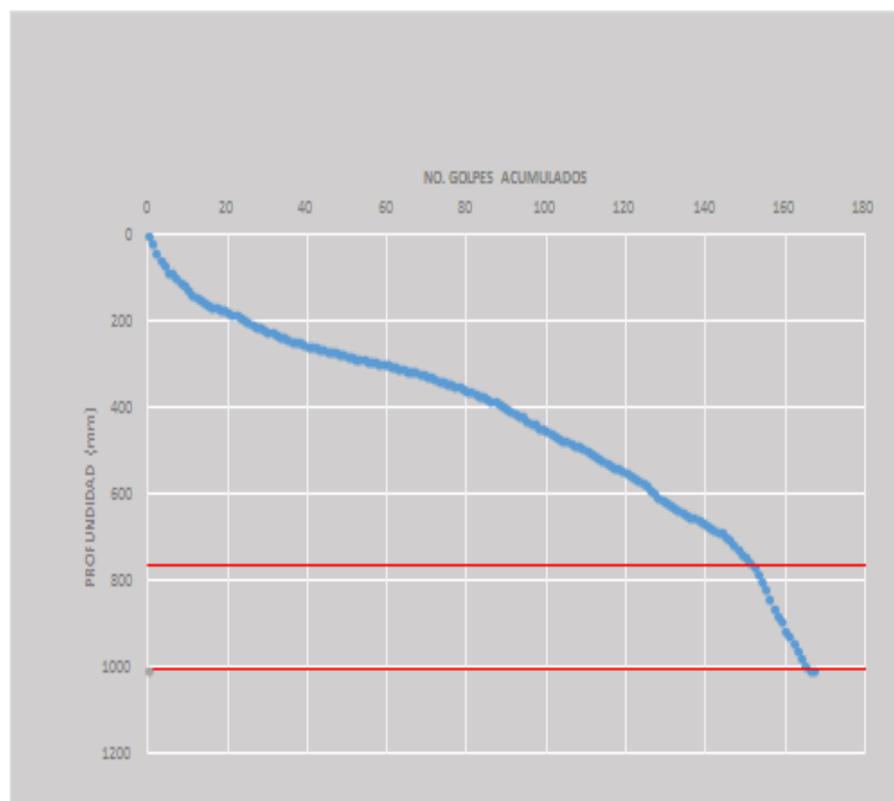
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	0	18	18	1	18	11
CAPA 1	18	343	325	48	7	33
CAPA 2	343	730	387	83	11	20
CAPA 3	730	1,007	277	132	6	41
CAPA 4	1,007					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	8+000	17	✘		Parcialmente Nublado.



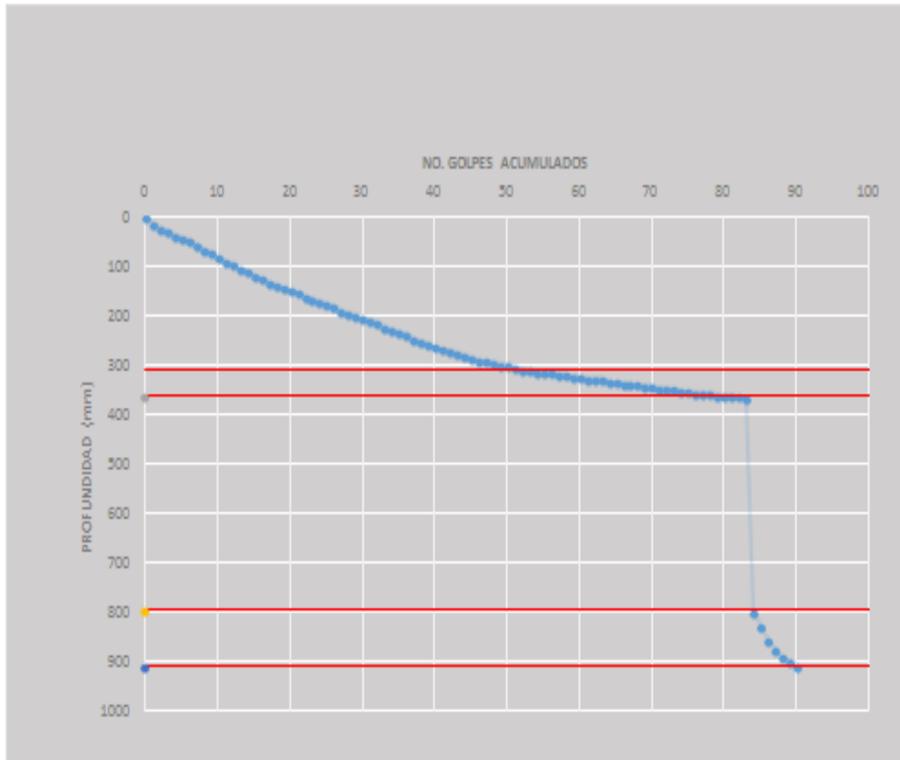
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	26	26	1	26	5
CAPA 1	26	623	597	65	9	24
CAPA 2	623	1,005	382	191	3	83
CAPA 3	1,005					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	8+500	18		✘	Parcialmente Nublado.



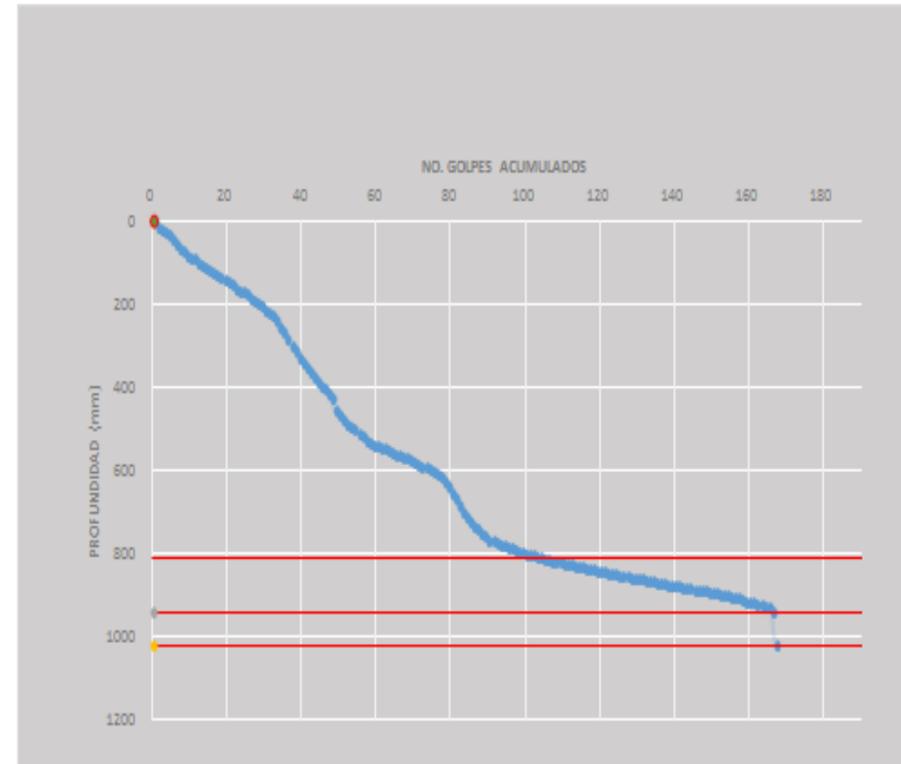
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	12	12	1	12	18
CAPA 1	12	765	753	152	5	48
CAPA 2	765	1,005	240	167	16	13
CAPA 3	1,005					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	9+000	19	✘		Parcialmente Nublado.



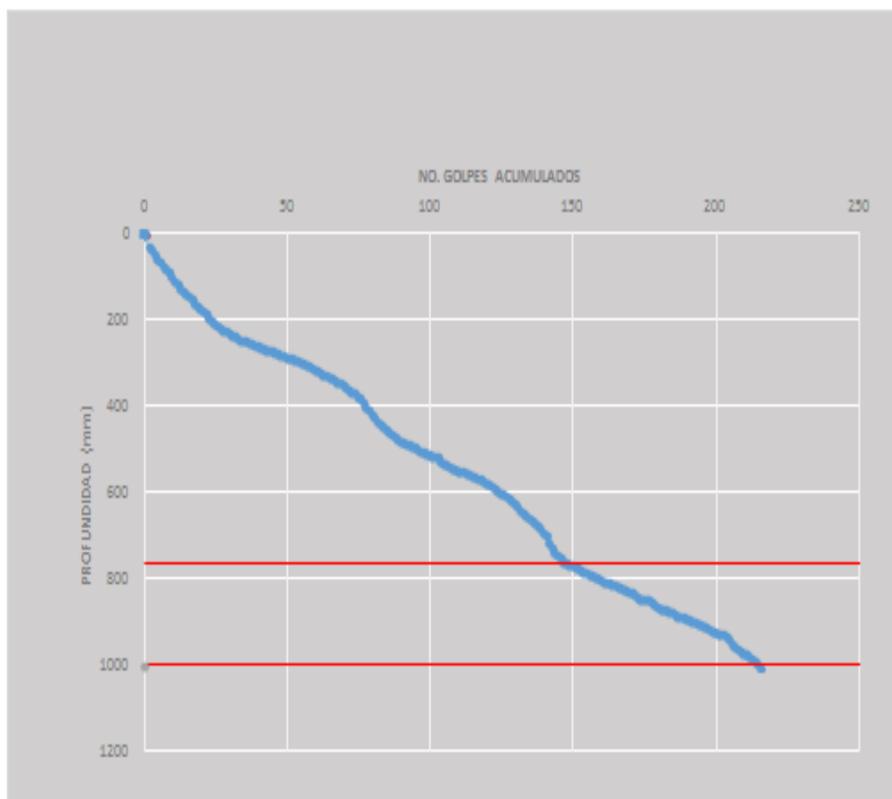
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	11	11	1	11	20
CAPA 1	11	308	297	53	6	41
CAPA 2	308	362	54	83	2	149
CAPA 3	362	796	434	84	434	0
CAPA 4	796	908	112	90	19	11
CAPA 5	908					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
02/05/2016	9+500	20		✘	Parcialmente Nublado.



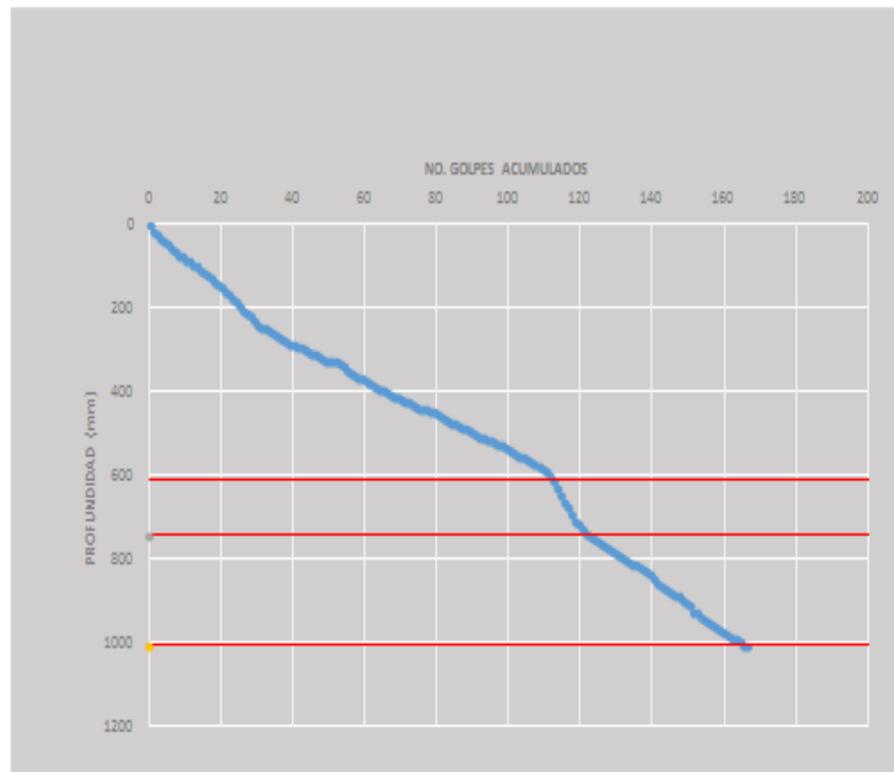
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	15	15	1	15	14
CAPA 1	15	810	795	103	8	29
CAPA 2	810	945	135	166	2	123
CAPA 3	945	1,025	80	167	80	1
CAPA 4	1,025					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	10+021	21	✘		Parcialmente Nublado.



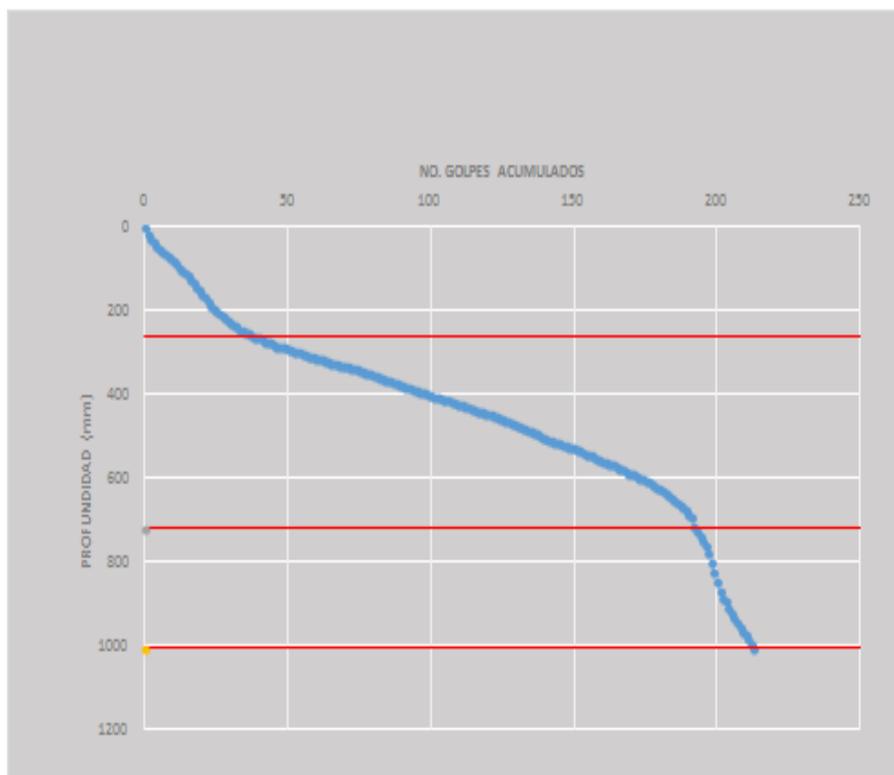
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					GOLPES	
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	23	23	1	23	7
CAPA 1	23	765	742	149	5	47
CAPA 2	765	1,000	235	215	4	70
CAPA 3	1,000					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	10+500	22		✘	Parcialmente Nublado.



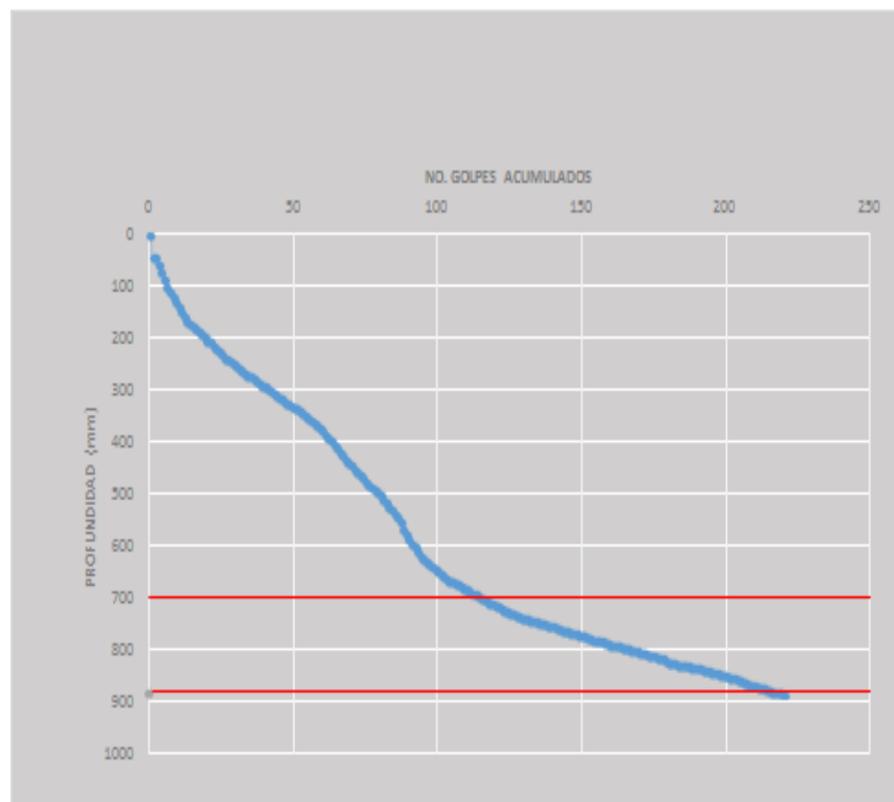
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
					GOLPES	
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	12	12	1	12	18
CAPA 1	12	608	596	112	5	44
CAPA 2	608	740	132	122	13	16
CAPA 3	740	1,003	263	166	6	39
CAPA 4	1,003					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	11+000	23	✖		Parcialmente Nublado.



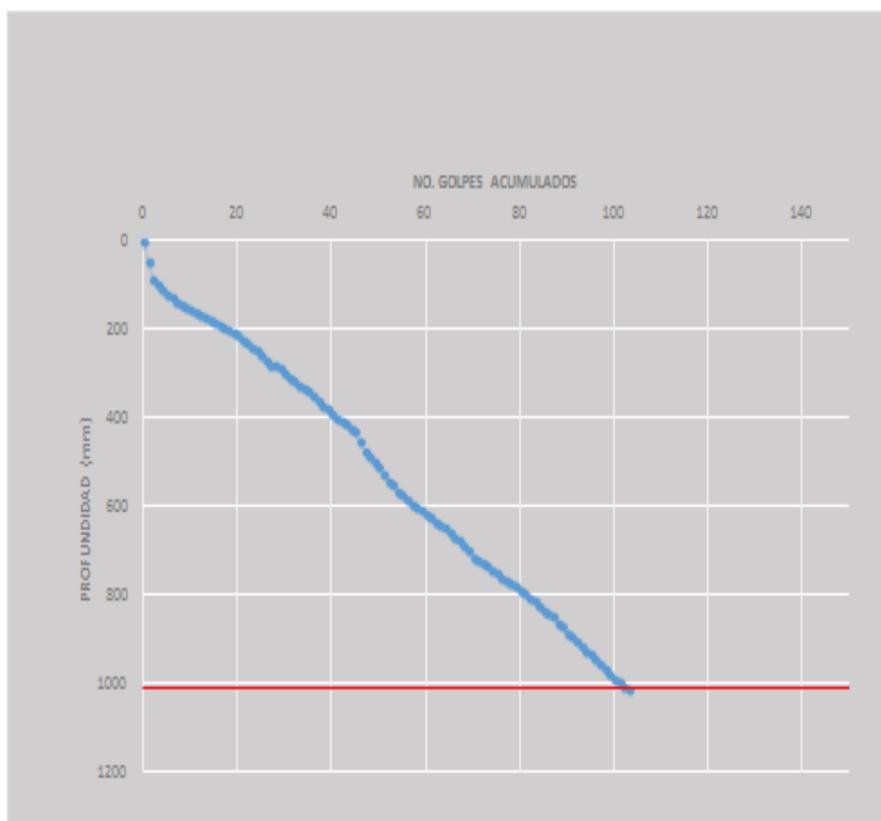
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	16	16	1	16	13
CAPA 1	16	259	243	39	6	36
CAPA 2	259	720	461	193	3	84
CAPA 3	720	1,003	283	213	14	15
CAPA 4	1,003					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	11+500	24		✖	Parcialmente Nublado.



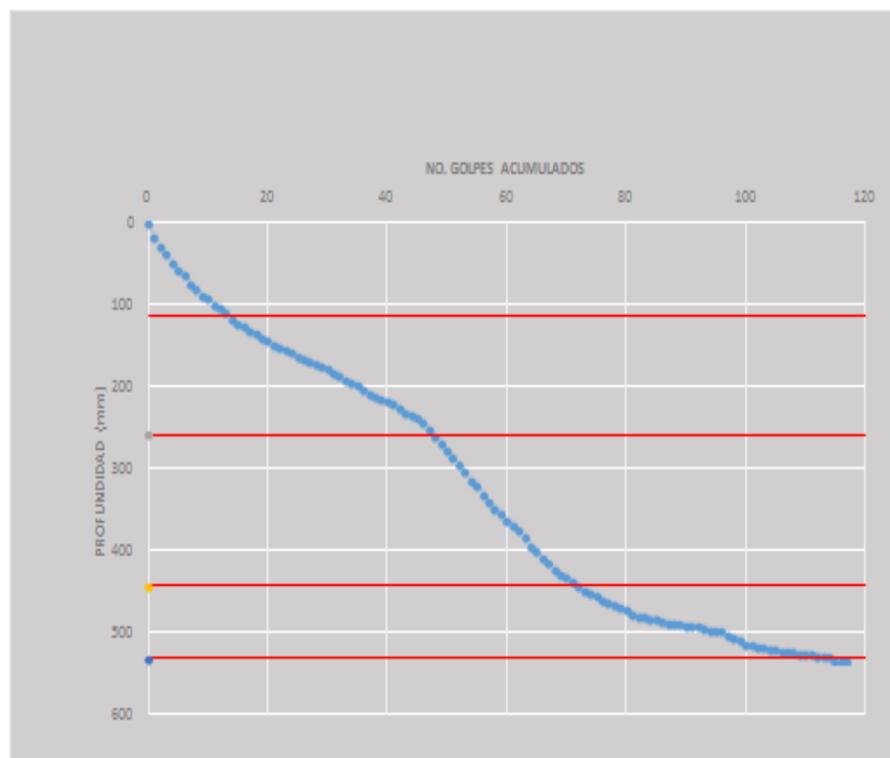
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	39	39	1	39	2
CAPA 1	39	699	660	116	6	41
CAPA 2	699	882	183	220	2	153
CAPA 3	882					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	12+000	25	✘		Parcialmente Nublado.



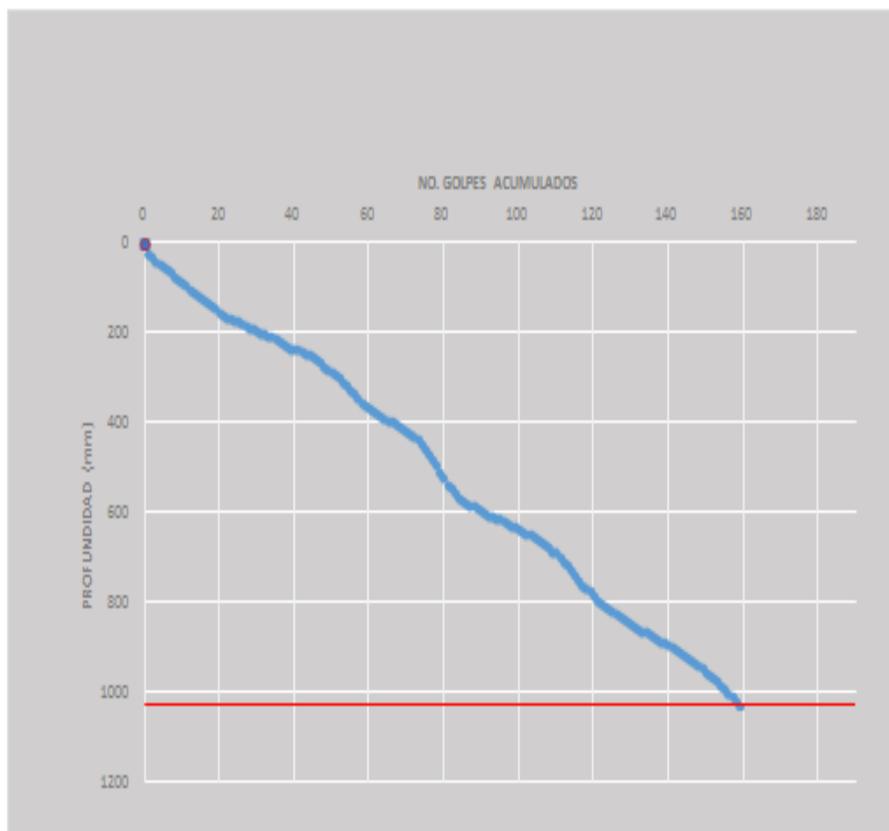
CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	40	40	1	40	2
CAPA 1	40	1,009	969	103	10	23
CAPA 2	1,009					

fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	12+500	26		✘	Parcialmente Nublado.



CAPA	INICIA	FINALIZA	ESPESOR	#	IPD	CBR
-	mm	mm	mm	GOLPES	mm/golpes	
CAPA SUELTA	0	16	16	1	16	13
CAPA 1	16	115	99	14	8	30
CAPA 2	115	258	143	48	4	58
CAPA 3	258	442	184	72	8	29
CAPA 4	442	532	90	115	2	126
CAPA 5	532					

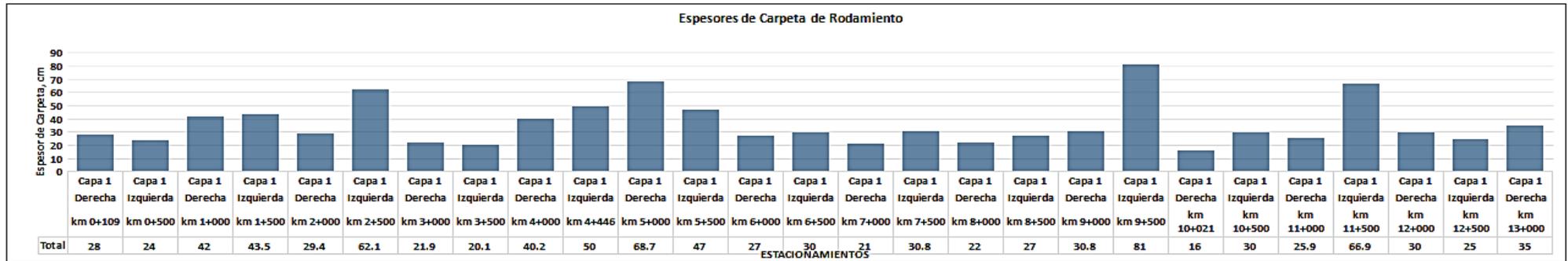
fecha	Estación	Ensayo No.	Banda		Condición del clima
			BD	BI	
03/05/2016	13+000	27	✘		Parcialmente Nublado.



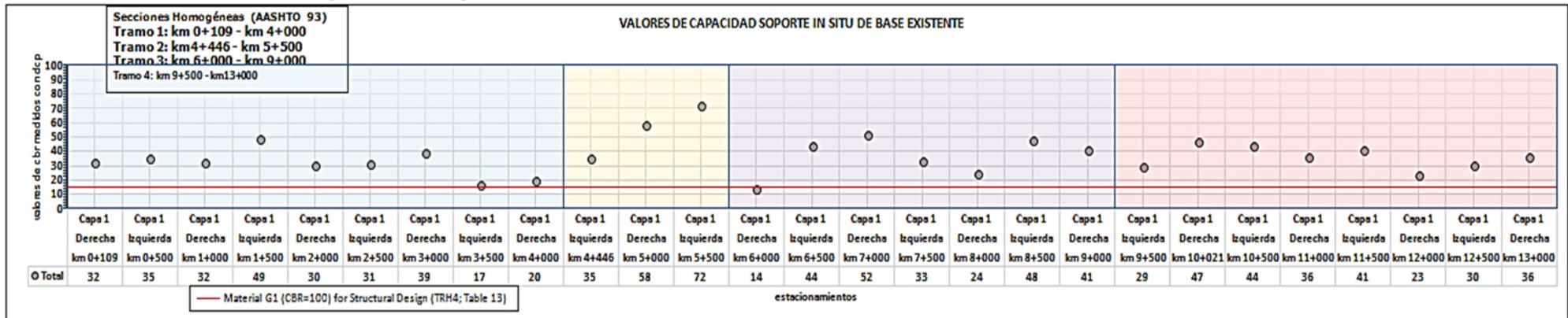
CAPA	INICIA mm	FINALIZA mm	ESPESOR mm	# GOLPES	IPD	CBR
					mm/golpes	
-	0	18	18	1	18	11
CAPA 1	18	1,025	1,007	159	6	36
CAPA 2	1,025					

ANEXO 5. GRÁFICOS DE ESTUDIO GEOTÉCNICO, SECCIONES HOMOGÉNEAS.

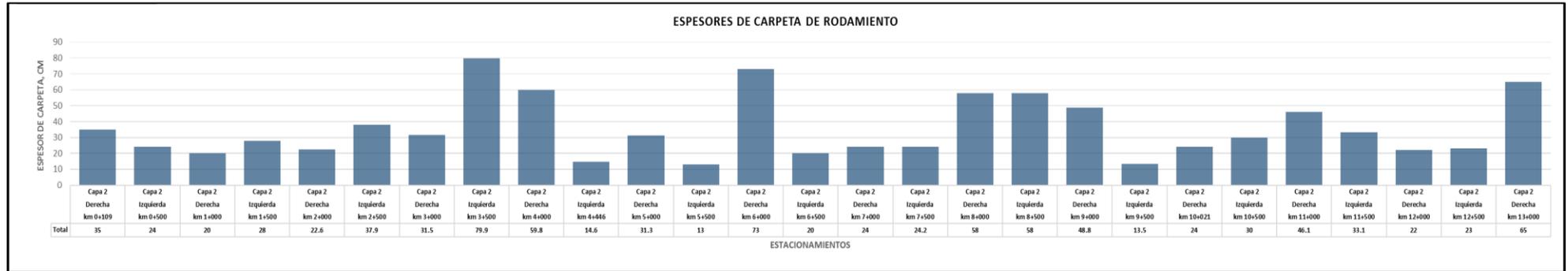
1. Grafica de espesores de carpeta de rodamiento, correspondiente a la primera capa de la Estación 0+108.5 hasta la Estación 13+000.



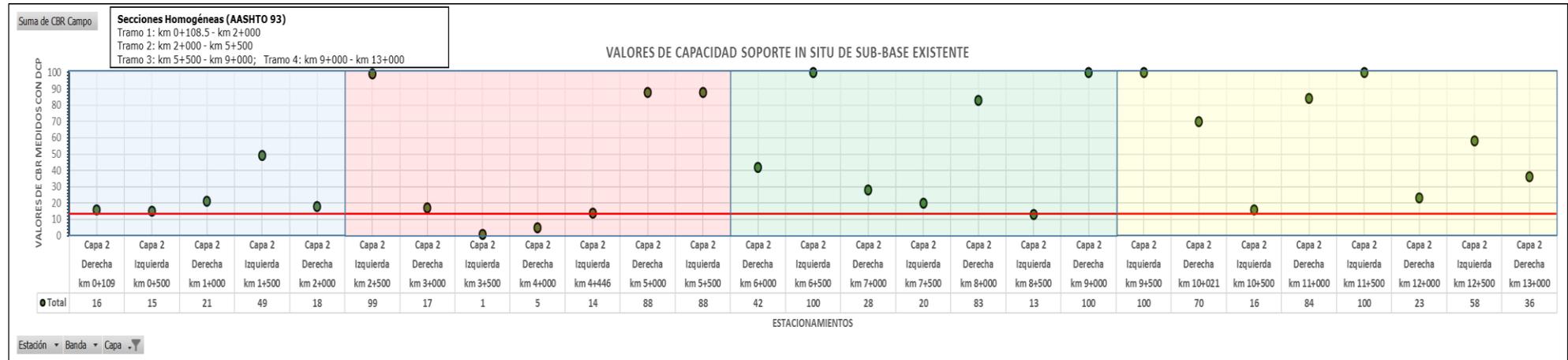
2. Grafica de valores de capacidad soporte in situ de base existente.



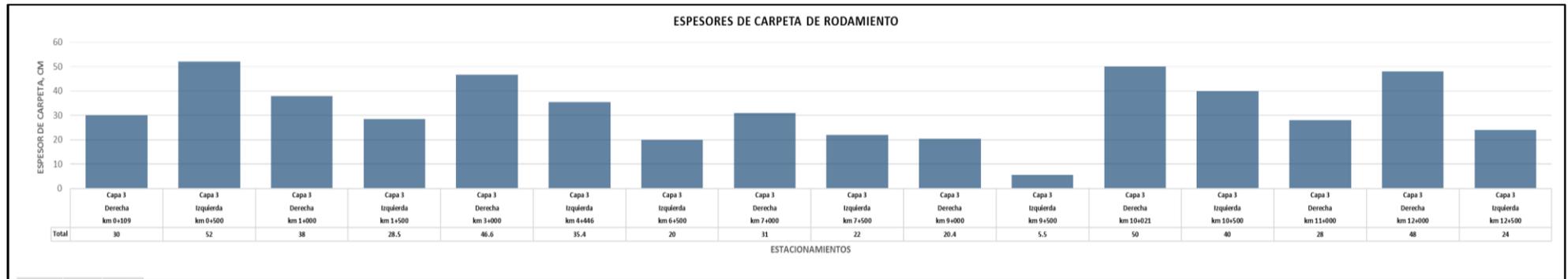
3. Grafica de espesores de carpeta de rodamiento, correspondiente a la segunda capa de la Estación 0+108.5 hasta la Estación 13+000.



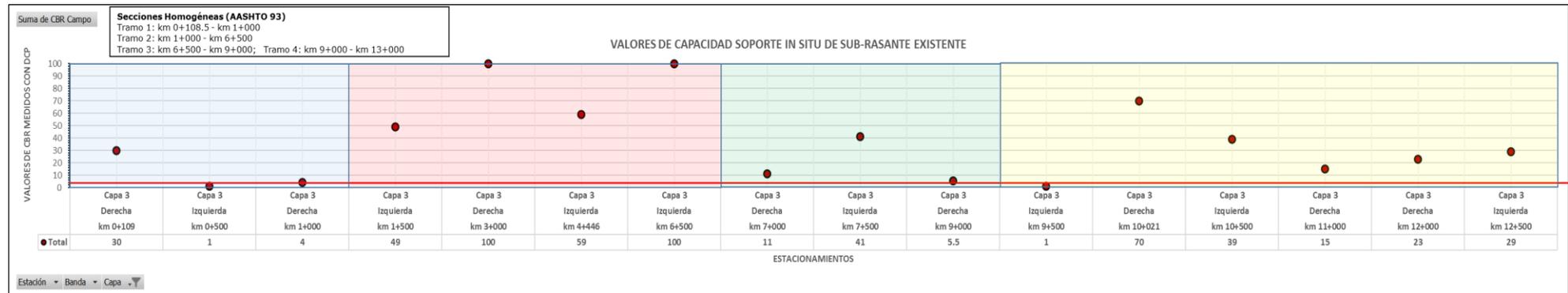
4. Grafica de valores de capacidad soporte in situ de sub - base existente.



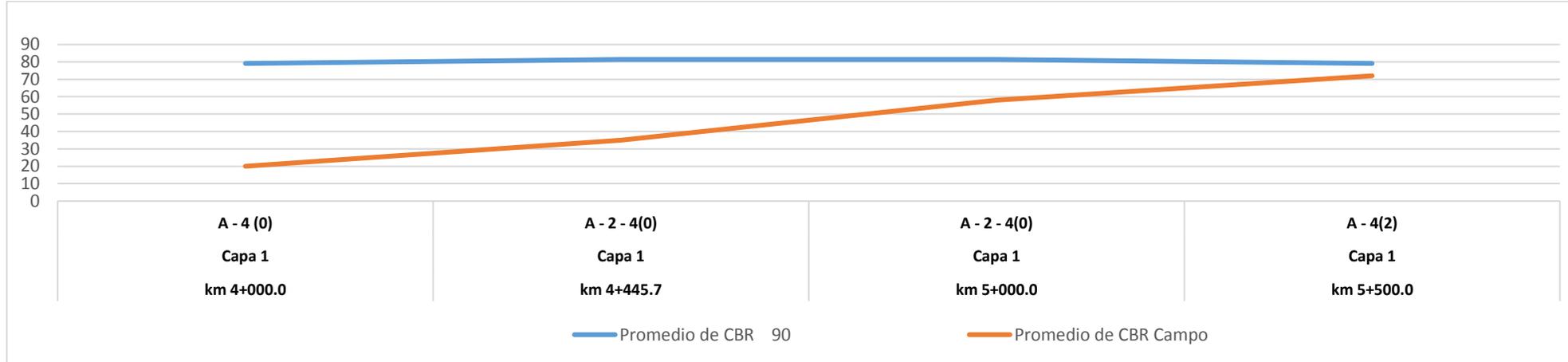
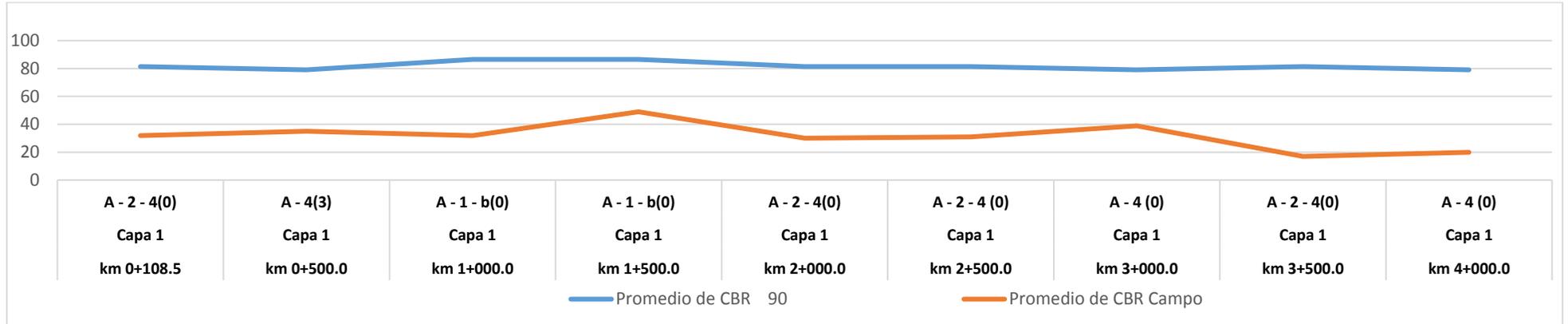
5. Grafica de espesores de carpeta de rodamiento, correspondiente a la tercera capa de la Estación 0+108.5 hasta la Estación 13+000.

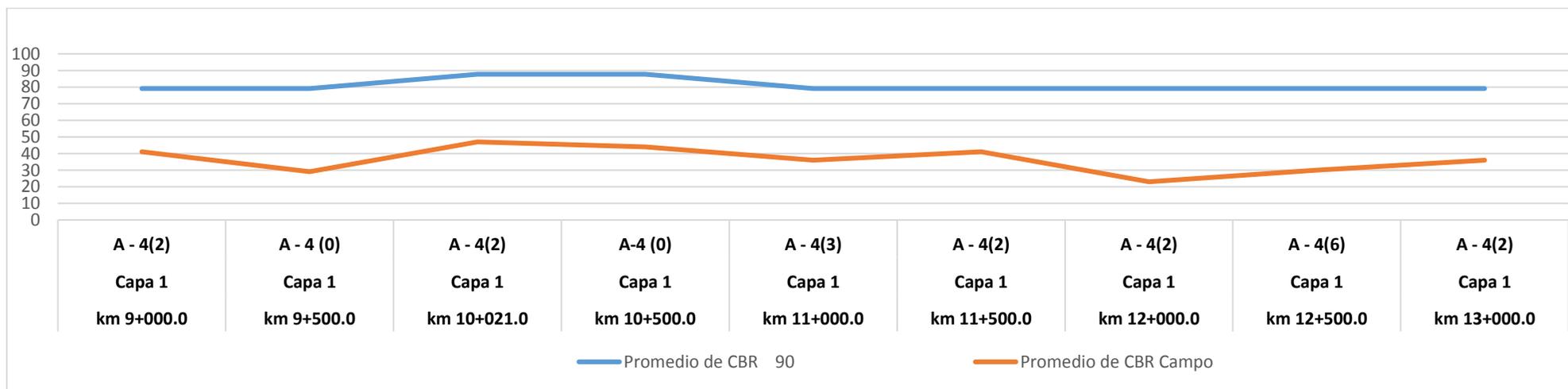
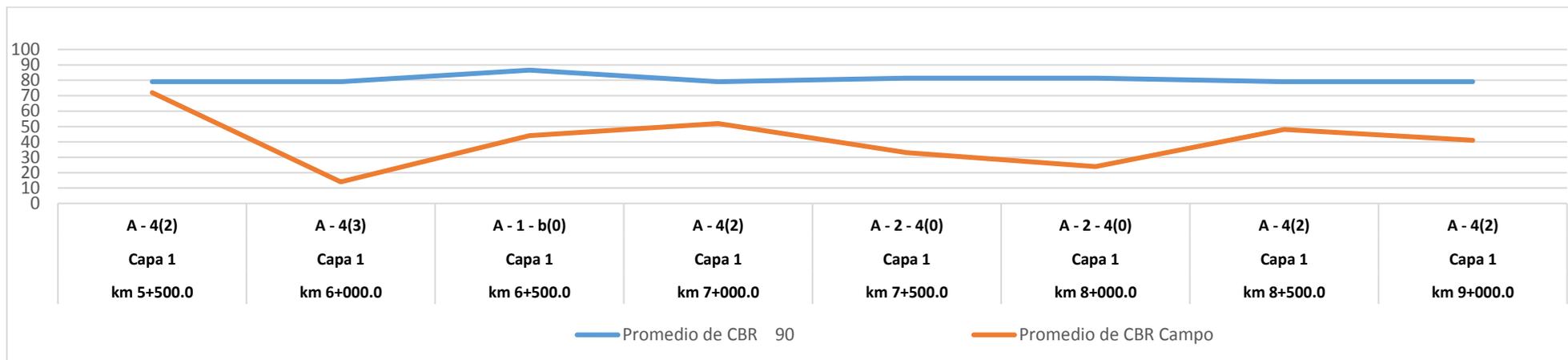


6. Grafica de valores de capacidad soporte in situ de la sub - rasante existente.



7. Grafica de valores promedio de CBR in situ y laboratorio.





ANEXO 6. TABLA DE RESULTADOS DE LOS 27 SONDEOS REALIZADOS EN EL TRAMO:” LA CONCEPCIÓN – EL CRUCERO, 13.620KM”.

Estación	Banda	Capa	Inicio cm	Finaliza cm	Espesor cm	Ensayo ASTM D 4318			Clasificación de suelos	Ensayo AASHTO T 27						Color	Ensayo AASHTO T 99		Ensayo AASHTO T 193			CBR DCP (%)
						Límites de Atterberg				AASHTO	Granulometría (% que pasa por el tamiz)						Proctor		CBR (%)			
						L.L %	L.P %	I.P %	1/2 "		3/8 "	No 4	10	40	200		γsec máx (Kg/m³)	Wopt. %	90	95	100	
0+108.5	BD	Capa 1	0	28	28	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	98	93	86	63	24	Café con gris	1,530	17	81	91	104	32
		Capa 2	28	63	35	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	100	99	94	89	71	28	Café	1,530	17	81	91	104	16
		Capa 3	63	93	30	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Café con gris	1,445	12	87	92	102	30
		Capa 4	93	113	20	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Café con gris	1,445	12	87	92	102	11
		Capa 5	113	123	10	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	100	99	94	89	71	28	Café con gris	1,530	17	81	91	104	11
0+500	BI	Capa 1	0	24	24	NP	NP	NP	A - 4(3)	100	99	97	94	93	49	Gris con café	1,323	30	79	88	93	35
		Capa 2	24	48	24	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Gris	1,145	12	87	92	102	15
		Capa 3	48	100	52	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	100	99	95	87	42	15	Plomo	1,445	12	87	92	102	1
1+000	BD	Capa 1	0	42	42	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Gris	1,445	12	87	92	102	32
		Capa 2	42	62	20	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	100	99	95	87	42	15	Plomo	1,445	12	87	92	102	21
		Capa 3	62	100	38	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	100	99	95	87	42	15	Plomo	1,445	12	87	92	102	4
1+500	BI	Capa 1	0	43.5	43.5	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Gris	1,445	12	87	92	102	49
		Capa 2	43.5	71.5	28	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	100	99	95	87	42	15	Plomo	1,445	12	87	92	102	49
		Capa 3	71.5	100	28.5	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	100	99	95	87	42	15	Plomo	1,445	12	87	92	102	49
2+000	BD	Capa 1	0	52	52	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	100	99	94	89	71	28	Café claro	1,530	17	81	91	104	30
2+500	BI	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	100	99	94	89	71	28	Gris con café claro.	1,530	17	81	91	104	31
3+000	BD	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Gris con café	1,323	30	79	88	93	39
3+500	BI	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Gris	1,530	17	81	91	104	17
4+000	BD	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Gris claro.	1,323	30	79	88	93	20
4+445.7	BI	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Gris	1,530	17	81	91	104	35

Estación	Banda	Capa	Inicio cm	Finaliza cm	Espesor cm	Ensayo ASTM D 4318			Clasificación de suelos	Ensayo AASHTO T 27						Color	Ensayo AASHTO T 99		Ensayo AASHTO T 193		
						Límites de Atterberg				AASHTO	Granulometría (% que pasa por el tamiz)						Proctor		CBR (%)		
						L.L. %	L.P. %	I.P. %	1/2 "		3/8 "	No 4	10	40	200		γsec máx (Kg/m³)	Wopt. %	90	95	100
5+000	BD	Capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	98	95	88	75	33	Gris Oscuro.	1,530	17	81	91	104
5+500	BI	Capa 1	0	47	47	NP	NP	NP	A - 4(2)	98	96	89	86	74	47	Gris	1,323	30	79	88	93
		Capa 2	47	60	13	NP	NP	NP	A - 4(3)	100	100	96	90	82	51	café medio oscuro	1,323	30	79	88	93
6+000	BD	Capa 1	0	27	27	NP	NP	NP	A - 4(3)	98	97	96	91	81	50	Café medio oscuro	1,323	30	79	88	93
		Capa 2	27	100	73	NP	NP	NP	A - 4(6)	100	100	99	98	94	66	Café oscuro	1,323	30	79	88	93
6+500	BI	capa 1	0	30	30	NP	NP	NP	A - 1 - b(0)	98	97	93	80	42	15	Gris	1,445	12	87	92	102
		capa 2	30	50	20	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Gris	1,530	17	81	91	104
		capa 3	50	70	20	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Gris	1,530	17	81	91	104
		capa 4	70	100	30	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Gris	1,530	17	81	91	104
7+000	BD	capa 1	24	45	21	NP	NP	NP	A - 4(2)	100	100	98	95	86	44	Café claro	1,323	30	79	88	93
		capa 2	45	69	24	NP	NP	NP	A - 4(2)	100	100	98	95	86	44	Café claro	1,323	30	79	88	93
		capa 3	69	100	31	NP	NP	NP	A - 4(3)	98	97	96	91	81	50	Café medio oscuro	1,323	30	79	88	93
7+500	BI	capa 1	10	40.8	30.8	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	98	95	88	75	33	Café	1,530	17	81	91	104
		capa 2	40.8	65	24.2	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café	1,323	30	79	88	93
		capa 3	65	87	22	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	100	98	93	81	35	Café con gris	1,530	17	81	91	104
8+000	BD	capa 1	20	42	22	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	99	98	95	88	75	33	Café y medio gris.	1,530	17	81	91	104
		capa 2	42	100	58	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café con gris.	1,323	30	79	88	93
8+500	BI	capa 1	15	42	27	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Café claro.	1,323	30	79	88	93
		capa 2	42	100	58	NP	NP	NP	A - 4	100	100	98	93	83	38	Café.	1,323	30	79	88	93

Estación	Banda	Capa	Inicio cm	Finaliza cm	Espesor cm	Ensayo ASTM D 4318			Clasificación de suelos	Ensayo AASHTO T 27						Color	Ensayo AASHTO T 99		Ensayo AASHTO T 193			CBR DCP (%)
						Límites de Atterberg				AASHTO	Granulometría (% que pasa por el tamiz)						Proctor		CBR (%)			
						L.L %	L.P %	I.P %	1/2 "		3/8 "	No 4	10	40	200		γsec máx (Kg/m ³)	Wopt. %	90	95	100	
9+000	BD	capa 1	15	50.4	35.4	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Café medio oscuro	1,323	30	79	88	93	41
		capa 2	50.4	100	49.6	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Café medio oscuro	1,323	30	79	88	93	149
9+500	BI	capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café claro	1,323	30	79	88	93	29
10+021	BD	capa 1	10	26	16	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Café muy claro	1,323	30	79	88	93	47
		capa 2	26	50	24	NP	NP	NP	A - 2 - 4(0)	100	99	94	89	71	28	Café claro	1,530	17	79	88	93	70
		capa 3	50	100	50	NP	NP	NP	A - 4(3)	100	100	96	90	82	51	Café claro	1,323	30	79	88	93	70
10+500	BI	capa 1	0	30	30	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café oscuro	1,323	30	79	88	93	44
		capa 2	30	60	30	NP	NP	NP	A - 4(6)	100	100	99	98	94	66	Café oscuro	1,323	30	79	88	93	16
		capa 3	60	100	40	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café oscuro	1,323	30	79	88	93	39
11+000	BD	capa 1	0	30	30	NP	NP	NP	A - 4(3)	98	97	96	91	81	50	Café medio oscuro	1,323	30	79	88	93	36
		capa 2	30	100	70	NP	NP	NP	A - 4(2)	0	0	100	89	77	46	Café claro	1,323	30	79	88	93	84
11+500	BI	capa 1	0	100	100	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Gris	1,323	30	79	88	93	41
12+000	BD	capa 1	0	30	30	NP	NP	NP	A - 4(2)	0	0	100	89	77	46	Café claro	1,323	30	79	88	93	23
		capa 2	30	52	22	NP	NP	NP	A - 4(1)	100	100	98	93	83	38	Café	1,323	30	79	88	93	23
		capa 3	52	100	48	NP	NP	NP	A - 4(2)	100	100	98	89	82	44	Café	1,323	30	79	88	93	23
12+500	BI	capa 1	0	25	25	NP	NP	NP	A - 4(6)	100	100	99	98	94	66	Café oscuro	1,323	30	79	88	93	30
		capa 2	25	48	23	NP	NP	NP	A - 4(6)	100	100	99	98	94	66	Café oscuro	1,323	30	79	88	93	58
		capa 3	48	72	24	NP	NP	NP	A - 4(2)	0	0	100	89	77	46	Café claro	1,323	30	79	88	93	29
13+000	BD	capa 1	0	35	35	NP	NP	NP	A - 4(2)	99	99	96	90	81	46	Café	1,323	30	79	88	93	36
		capa 2	35	100	65	NP	NP	NP	A - 4(6)	100	100	98	94	89	64	Café	1,323	30	79	88	93	36

**ANEXO 7. PERFIL LONGITUDINAL ESTRATIGRÁFICO DE LOS SONDEOS REALIZADOS EN
EL TRAMO LA CONCEPCIÓN – EL CRUCERO.**

ANEXO 8. FORMULAS UTILIZADAS EN LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

1. Para la realización de los cálculos del DCP.

$$\text{Log CBR} = A - B * \text{LOG PI}$$

$$\text{CBR} = 10^{3.54 - B * \text{LOG}(PI)^2}$$

A = 3.54 Si la tasa de penetración es mayor a 20.

$$\text{CBR} = 10^{2.46 - B * \text{LOG}(PI)^{1.12}}$$

A = 2.46 Si la tasa de penetración es menor a 20.

2. Para la realización de los ensayos de suelos en laboratorio.

Granulometría:

$$\% \text{Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso retenido parcial por tamiz}}{\text{peso seco total}} * 100$$

$$\% \text{Que pasa por tamiz} = 100\% - \% \text{Retenido acumulado}$$

3. Determinación del peso volumétrico húmedo y el peso volumétrico seco:

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_c} = \frac{W_{me} - W_e}{V_c}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

Donde:

γ_h = Peso volumétrico húmedo.

γ_d = Peso volumétrico seco.

W_m = Peso de la muestra compactada.

W_e = Peso del molde cilíndrico

V_c = Volumen del cilindro

W = Contenido de humedad al tanto por uno.

W_{me} = Peso de muestra compactada + Peso del Cilindro

4. Determinación de la humedad en los suelos:

$$W = \frac{W_{mht} - W_{mst}}{W_{mst} - W_{mtv}}$$

Donde:

W_{mht} : Peso de la muestra húmeda con tara.

W_{mst} : Peso de la muestra seca con tara.

W_{mtv} : Peso de la tara vacía

5. Determinación del ensaye del CBR:

$$\% \text{compactación} = \frac{PVS_{\text{CBR}}}{\gamma_{\text{dmax del proctor}}}$$

$$\sigma = \frac{\text{Carga (lbs)}}{\text{Area (pulg}^2\text{)}}, \quad \text{PSI}$$

$$\text{CBR } 0.1'' = \frac{\text{Presion de penetracion para } 0.1''}{\text{Carga unitaria patron para } 0.1'' \text{ de penetracion}} * 100$$

$$\text{CBR } 0.2'' = \frac{\text{Presion de penetracion para } 0.2''}{\text{Carga unitaria patron para } 0.2'' \text{ de penetracion}} * 100$$

