

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR INGENIERÍA EN LA
CONSTRUCTORA PEREZ S.A.S. PARA EL DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL
PAVIMENTO RIGIDO EN LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDADELA RESIDENCIAL
EL POBLADO EN LA CIUDAD DE PAMPLONA.**

DIEGO FERNANDO RODRIGUEZ ALFONSO

Director

ALBA SÁNCHEZ DELGADO
M.sc en INGENIERIA CON ENFASIS EN TRANSPORTE

Codirector

DIEGO SÁNCHEZ TAPIERO
M.sc en INGENIERIA AMBIENTAL

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química
Programa Ingeniería Civil
Pamplona
2024

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR INGENIERÍA EN LA
CONSTRUCTORA PEREZ S.A.S. PARA EL DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL
PAVIMENTO RIGIDO EN LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDADELA RESIDENCIAL
EL POBLADO EN LA CIUDAD DE PAMPLONA.**

DIEGO FERNANDO RODRIGUEZ ALFONSO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

ALBA SÁNCHEZ DELGADO

M.sc en INGENIERIA CON ENFASIS EN TRANSPORTE

Codirector

DIEGO SÁNCHEZ TAPIERO

M.sc en INGENIERIA AMBIENTAL

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

Año

Tabla de Contenido

RESUMEN	10
Abstrac.....	11
 INTRODUCCIÓN.....	 12
OBJETIVOS	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
 MARCO REFERENCIAL	 15
Marco de antecedentes.....	15
Antecedentes Internacionales	15
Antecedentes Nacionales	17
Antecedentes Regionales	19
Marco teórico.....	22
Pavimento Rígido:	22
Capas de un Pavimento Rígido.....	23
Ventajas e inconvenientes de los pavimentos de concreto	24
Ventajas de los Pavimentos de Concreto:.....	24
Desventajas de los Pavimentos de Concreto:	24
Modelado mediante metodología BIM.....	25
AutoCAD Civil 3D.....	25
Funciones de AutoCAD Civil 3D:.....	25
Software ArcGIS:	26
Marco Legal.....	26

Marco Contextual	29
Lugar de Proyecto.....	29
Generalidades	30
Extensión	30
Límites	30
Economía	31
Demografía	31
Cultura	31
 METODOLOGÍA.....	 33
1.Recolección de datos para la clasificación del tránsito y tipo de suelo.	33
1.1. Evaluación del Transito:	33
1.2. Clasificación de la Subrasante:	35
2.Diseño del Pavimento.	37
2.1. Variables de Diseño:	37
2.2. Cálculo de espesor de losa:	39
2.3. Diseño de Juntas:	40
3.Selección de Alternativa Optima.	42
3.1. Estimación de Costos constructivos:	42
3.2. Costos de Vida Útil.....	42
3.3. Comparación de Alternativas:	43
3.4. Mantenimiento y monitoreo:	43
4.Implementación del software para modelado de diseño estructural del pavimento. .	43
4.1. Entrada de Datos:	43

4.2. Modelado sectorizado:.....	45
4.3. Esquema Estructural del pavimento:	46
RESULTADOS	47
Evaluación del Transito:	47
Clasificación de la Subrasante:	47
Material de Soporte:	50
Diseño del Pavimento.	50
Variables de Diseño	51
Selección de Alternativa Optima.	52
Implementación del software para modelado de diseño estructural del pavimento.	53
Entrada de Datos:.....	53
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
APÉNDICES	74

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Categorías de tránsito para la selección de espesores.</i>	35
Tabla 2. <i>Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.</i>	36
Tabla 3. <i>Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.</i>	37
Tabla 4. <i>Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).</i>	38
Tabla 5. <i>Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral.</i>	38
Tabla 6. <i>Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables.</i>	40
Tabla 7. <i>Recomendación para las barras de anclaje.</i>	41
Tabla 8. <i>Actividades y frecuencias para el mantenimiento de los pavimentos de concreto.</i>	42
Tabla 9. <i>Variables de Diseño Seleccionadas.</i>	51

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Ubicación del municipio pamplona dentro de Colombia.</i>	29
Figura 2. <i>Ubicación de Ciudadela Residencial El Poblado</i>	30
Figura 3. <i>TPDs Posible de la Urbanización el Poblado.</i>	47
Figura 4. <i>Informe suministrado con información de estudio por SPT.</i>	48
Figura 5. <i>Cálculo de CBR por estudio SPT.</i>	49
Figura 6. <i>Selección de Variables de Diseño</i>	50
Figura 7. <i>Tabla de espesores para espesores de losas.</i>	51
Figura 8. <i>Ecuación de automatización de Espesor de Losas.</i>	52
Figura 9. <i>Selección Optima de Alternativa.</i>	52
Figura 10. <i>Punto Exportado desde ArcGIS a Civil 3D.</i>	53
Figura 11. <i>Creación de Alineamiento Horizontal.</i>	54
Figura 12. <i>Alineamientos Horizontales Acotados.</i>	55
Figura 13. <i>Creación de Perfil en base a el alineamiento.</i>	56
Figura 14. <i>Creación de Guitarras de Perfil.</i>	57
Figura 15. <i>Perfil de Terreno a lo largo de alineación horizontal.</i>	57
Figura 16. <i>Alineamiento Vertical.</i>	58
Figura 17. <i>Perfiles de Vías Urbanización el Poblado.</i>	59
Figura 18. <i>Creación de Ensamble para modelo de Estructura Vial.</i>	60
Figura 19. <i>Creación de Modelado, selección de Alineamientos, ensamble y perfil.</i>	61
Figura 20. <i>Conjunto de Modelado malla vial El Poblado.</i>	61
Figura 21. <i>Creación de Intersección entre la Vía 4 y la Vía Principal.</i>	62

Figura 22. <i>Creación de Ensamblados necesarios para las intersecciones.</i>	63
Figura 23. <i>Modelo en Planta, intersecciones terminadas y nombradas.</i>	63
Figura 24. <i>Secciones a lo largo de la vía principal, con Absisa, Cota negra, Cota Roja, y áreas y Volúmenes.</i>	64
Figura 25. <i>Vista de Modelo Realista de la Vía en la Urbanización El Poblado.</i>	65

Lista de Apéndices

Apéndice A. Proyección Poblacional, Obtención de TPDs PROYECCION POBLACIONAL EL POBLADO	74
Apéndice B. Diseño de Pavimento Urbanización El Poblado DISEÑO DE PAVIMENTO	74
Apéndice C. Curvas Generadas y exportadas a ArcGis CURVAS DE NIVEL EL POBLADO .	74
Apéndice D. Presupuesto de Construcción y Mantenimiento del Pavimento PRESUPUESTO..	74
Apéndice E. Ejes Viales exportados desde ArcGis a Civil 3D EJES VIAS	74
Apéndice F. Modelado, perfiles y secciones del diseño de pavimento de Urbanización el Poblado MODELO EL POBLADO	74
Apéndice G. Informe Geotecnia EL POBLADO Geotecnia EL POBLADO	74
Apéndice H. Certificado de Practicas CERTIFICADO	74

RESUMEN

El presente anteproyecto tiene como objetivo principal desempeñar el rol de auxiliar de diseño en el desarrollo de un pavimento rígido para la Ciudadela Residencial El Poblado, ubicada en la ciudad de Pamplona. Esta ciudadela es un proyecto de gran envergadura que busca ofrecer viviendas de alta calidad, así como servicios y espacios públicos bien planificados. El diseño del pavimento es una parte esencial del proyecto, ya que impacta directamente en la accesibilidad, seguridad y durabilidad de las vías internas del desarrollo.

La propuesta se centra en la creación de un diseño de pavimento rígido que cumpla con los más altos estándares de calidad y durabilidad. Para ello, se llevó a cabo un estudio de suelos que permitirá identificar las características geotécnicas del terreno, tales como su capacidad de carga, composición y comportamiento ante diferentes condiciones climáticas. Estos estudios son esenciales para asegurar que el pavimento tenga una base sólida y se mantenga en buen estado a lo largo del tiempo, soportando el tráfico y las condiciones ambientales específicas de la región.

El rol de auxiliar de diseño implica colaborar estrechamente con el equipo de ingenieros y constructores, participando en la elaboración de planos, especificaciones técnicas y supervisando la correcta implementación del diseño en campo. Además, se buscará incorporar materiales innovadores que contribuyan a la durabilidad del proyecto.

Abstrac

The main objective of this preliminary project is to play the role of design assistant in the development of a rigid pavement for the Ciudadela Residencial El Poblado, located in the city of Pamplona. This is a large-scale project that seeks to offer high quality housing, as well as well-planned services and public spaces. The pavement design is an essential part of the project, as it directly impacts the accessibility, safety and durability of the development's internal roads.

The proposal focuses on the creation of a rigid pavement design that meets the highest standards of quality and durability. To this end, an exhaustive soil study will be carried out to identify the geotechnical characteristics of the terrain, such as its bearing capacity, composition and behavior under different climatic conditions. These studies are essential to ensure that the pavement has a solid base and remains in good condition over time, withstanding the traffic and environmental conditions specific to the region.

The role of design assistant involves working closely with the engineering and construction team, participating in the preparation of plans, technical specifications and supervising the correct implementation of the design in the field. In addition, you will seek to incorporate innovative technologies and materials that optimize pavement performance and contribute to the sustainability of the project.

INTRODUCCIÓN

Para el proyecto Ciudadela Residencial El Poblado es de vital importancia el tener un diseño de pavimento rígido para garantizar a sus habitantes un transporte seguro y cómodo, de la misma forma es fundamental el pavimento rígido por su durabilidad y su poca exigencia en mantenimiento, garantizando así a sus habitantes comodidad y calidad de vida, este diseño tiene como objetivo el uso de herramientas ingenieriles como dispositivos de georreferenciación, software de posicionamiento espacial, y así mismo software para el modelado detallado del pavimento, permitiendo dar a conocer estas tecnologías y además garantizando la elaboración detallada de zonas viales, perfiles y vistas seccionadas del mismo, se logra previsualizar la apariencia del diseño a su finalización, dando a conocer una idea del futuro cuando se dé por terminado el diseño del pavimento.

Para la elaboración de este proyecto se planteó una metodología de 4 Fases, Recolección de datos para la clasificación del tránsito y tipo de suelo, Diseño del pavimento, Alternativa optima, Implementación del software para modelado del diseño del pavimento.

La metodología de Diseño del Pavimento que se uso fue la Propuesta por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para el diseño de Pavimentos Rígidos en Colombia.

Las Fases se llevaron a cabo en secuencia, la primera Fase se llevó a cabo mediante datos suministrados por la empresa para realizar la clasificación del tránsito y el suelo, en esta se recogieron datos de la cantidad de viviendas y vehículos que van a transitar por la vía a diseñar, así mismo se obtuvieron datos de estudios de suelos realizados en la zona prevista para el diseño de la vía. La segunda Fase se recopilaron los datos obtenidos en la primera, además de analizar y seleccionar las variables de diseño necesaria para el cálculo de espesor de las losas que constituyen la vía a diseñar, aquí se tuvo en cuenta el terreno, la carga, la calidad del Concreto y

la transferencia de energía entre losas. La tercera fase se ejecutó mediante la selección de la alternativa más balanceada a la hora de elegir y analizar las variables y los refuerzos del pavimento, además de un análisis de los tiempos de mantenimiento propuestos por la normativa. La cuarta Fase se ejecutó con la ayuda de software de geoposicionamiento y modelado 3D, se usó principalmente el software Civil 3D, con la ayuda del software ArcGIS se logró la entrada de datos de posición de las vías con información obtenida con una herramienta de posicionamiento (GPS) para la posición de los ejes de las vías en el espacio de modelo del software Civil 3D. con estos datos de entrada en el software se especifican anchos de carril, tipo de material, grosor según el diseño y los ejes de las vías para así obtener trazada por donde se creara el modelado, secciones, perfiles, secciones viales y además cuantificaciones de material del diseño realizado.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar la practica empresarial como auxiliar ingeniería en la Constructora Pérez S.AS. para el diseño y modelamiento del pavimento en las vías urbanas de la ciudadela residencial el poblado en la ciudad de pamplona.

Objetivos Específicos

1. Recolectar los datos para la clasificación del tránsito y tipo de suelo, analizando la población urbana estimada y parámetros adecuados de cargas para el diseño según la normativa invias.

2. Diseñar un pavimento rígido para las vías internas de la ciudadela residencial el poblado garantizando el cumplimiento de los parámetros de diseño según la normativa invias.

3. Evaluar diferentes diseños para obtener la opción más óptima de acuerdo al tipo de suelo y sus requerimientos, garantizando su durabilidad con un programa de mantenimiento.

4. Desarrollar el modelo del pavimento de la ciudadela residencial El Poblado en Pamplona utilizando el software AutoCAD Civil 3D, para asegurar la, facilitar la creación de planos detallados y permitir la evaluación de diferentes escenarios de construcción.

MARCO REFERENCIAL

Marco de antecedentes

Antecedentes Internacionales

“El "Manual práctico de optimización para la revisión de estudio de diseño de pavimentos" ofrece una sección teórica exhaustiva sobre los fundamentos del diseño de pavimentos, incluyendo aspectos como la capacidad de la sub-rasante, el estudio de tráfico, drenaje, período de diseño, capas de rodadura, y materiales de base y subbase. También incluye diagramas de flujo que facilitan la comprensión y programación del diseño de pavimentos, herramientas para la revisión de parámetros de diseño, y evaluación del desempeño, así como formularios para la revisión de estudios y métodos de diseño. Este manual está diseñado como una guía útil para los profesionales involucrados en proyectos de pavimentación”.(Villacís Machuca, 2014)

“El documento detalla el diseño de pavimento rígido para el tramo El Empalme (abscisa 0+000) – Celica (abscisa 20+300) de la vía El Empalme – Celica – Alamor. Explica cómo el gobierno nacional ha priorizado la rehabilitación de la red vial provincial para mejorar la calidad de vida en comunidades marginadas, facilitando el transporte económico de productos y reduciendo la especulación de precios. Tras construir aproximadamente 1.118,54 kilómetros de vías con pavimento rígido, se ha demostrado su eficacia debido a su bajo costo de mantenimiento y mayor durabilidad en comparación con el pavimento flexible. Por estos motivos, el Gobierno Nacional ha instruido al Ministerio de Transporte y Obras Públicas a utilizar pavimento rígido en futuras rehabilitaciones y construcciones de vías en todo el país”.(Padilla Topón, 2011)

“Desarrollo de un sistema constructivo de reparación de pavimentos de hormigón con losas prefabricadas”, El proyecto exploró el uso de losas prefabricadas de hormigón para reparar pavimentos urbanos agrietados con mínima interrupción del tráfico. Se investigaron soluciones internacionales, se diseñaron y modelaron dos opciones estructurales usando ANSYS. En colaboración con Constructora Pehuenche y IDIEM, se fabricaron y probaron ocho losas en un tramo de prueba en Cerrillos. Se encontró que el sistema barra-ranura ofreció una buena transferencia de carga, pero hubo desafíos durante la instalación debido a problemas de dimensiones. Este estudio preliminar demostró la factibilidad de considerar las losas prefabricadas para futuras reparaciones de pavimentos rígidos, aunque se recomienda ajustes en el proceso de fabricación e instalación.(Miranda & Gustavo, 2012)

“Estudio definitivo para la ampliación y apertura de la vía Guano - Riobamba $L = 4.7$ km, cantón Guano, provincia de Chimborazo”, El trabajo de investigación se enfoca en analizar las condiciones de circulación vehicular para mejorar la seguridad y comodidad de los trayectos. Se consideran uno o dos sentidos de circulación con múltiples carriles según las necesidades del tráfico, con el objetivo de satisfacer las demandas de la población y mejorar su calidad de vida. Se realiza un análisis socioeconómico para identificar la mejor solución posible. El proyecto incluye el diseño vial, estudios de tráfico, topografía, análisis de suelos con software como AutoCAD Civil 3D y programas de cálculo de pavimentos ASSHTO. Se incorpora también un estudio hidráulico y obras de drenaje para un mantenimiento efectivo y durabilidad de la vía. La señalización es crucial para la seguridad vial, y se elabora un presupuesto preliminar y un cronograma de trabajo para planificar la ejecución del proyecto.(Hidalgo Zuñiga, 2015)

“Estudio geotécnico - vial para el diseño estructural de la vía que conduce desde San Luis de la Carbonería hasta la acequia de Peribuela y hacia los tanques de agua de abastecimiento del sector, ubicada en la parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura”, La investigación se enfocó en diseñar la vía principal hacia San Luis de la Carbonería para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Se realizaron ensayos DCP y CBR al suelo de la subrasante para determinar su capacidad de soporte, crucial para calcular los espesores de las capas de la estructura vial. Se aplicaron dos métodos de diseño: AASHTO 93 y un método racional desarrollado por LNEC Portugal. Además, se realizó el levantamiento topográfico del área con AutoCAD Civil 3D (2013) para verificar y rediseñar el trazado de la vía, integrando un sistema de drenaje adecuado.(Vargas Villafuerte, 2015)

Antecedentes Nacionales

“Estudio y diseño de pavimento rígido para la vía urbana de bajo tránsito en la carrera 5 entre las calles 1,2, Y 3 del municipio de Nilo Cundinamarca”, en el documento se expresa como actualmente, el municipio de Nilo-Cundinamarca enfrenta problemas de baja movilidad y mal servicio en algunas de sus vías urbanas. Para abordar esta situación, se proponen nuevas alternativas de diseño para las estructuras de pavimentos rígidos, centrando el estudio e investigación en este tema. Este trabajo evalúa los métodos INVIAS y PCA para comparar y confrontar sus conceptos técnicos, académicos y parámetros, identificando las diferencias que surgen y su impacto en los resultados cuando se aplican a situaciones reales. El área de intervención es la carrera 5 entre las calles 1, 2 y 3, con una longitud de 1250 metros, que se encuentra en mal estado, con

puntos críticos debido al alto deterioro de la superficie de rodadura”.(Vasquez Ortiz et al., 2019)

“Diagnóstico, optimización, diseño de pavimento rígido y flexible de la vía San Nicolás en la vereda Barzalosa”, el documento expresa como las vías son esenciales para el desarrollo regional, ya que facilitan el transporte, comercio, comunicación y turismo. En Colombia, se han desarrollado proyectos para mejorar las vías primarias y secundarias, pero son escasos en las vías terciarias, como el caso del camellón San Nicolás en la vereda Barzalosa del municipio de Girardot. Por ello, se han planteado estudios de diagnóstico y optimización del estado de esta vía para determinar la estructura de pavimento más adecuada, ya sea flexible o rígido. Utilizando métodos empíricos y mecanizados, basados en datos de campo y laboratorio, se emplearon los lineamientos del método AASHTO 1993 para pavimento flexible y del PCA para pavimento rígido”.(Tarquino León et al., 2019)

“El proyecto se enfoca en el diseño de una estructura de pavimento rígido para la calle del barrio Villas del Nuevo Siglo en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, entre los kilómetros k0+101.6 y k0+301.6. Este municipio, aunque promueve el desarrollo, enfrenta un déficit en infraestructura, con muchas vías internas en mal estado debido a la falta de mantenimiento. Los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Minuto de Dios han propuesto un proyecto para diagnosticar el estado actual de esta vía y presentar una alternativa de diseño que asegure el acceso y bienestar de la comunidad.”(Bernal Urrego et al., 2018)

“El proyecto consiste en el diseño para la pavimentación de la calle 7 entre la avenida 14 y 15 del barrio Torcoroma 2, en Cúcuta, Norte de Santander. Se realiza una investigación descriptiva y aplicada en un tramo de 102 metros lineales donde residen 34 familias. Incluye levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio como granulometría, límites de Atterberg, peso unitario, humedad natural y CBR. Con esta información, se diseña el pavimento utilizando el método de INVIAS para pavimentos rígidos y flexibles. Se presentan dos alternativas de diseño para determinar la opción más viable, incluyendo señalización y cálculo del presupuesto para el mejoramiento de la vía”.(Peñaranda Pabón, 2017)

“El trabajo se enfocó en brindar apoyo y supervisión en la construcción de vías urbanas con pavimento rígido en el corregimiento de Rincón Hondo, municipio de Chiriguaná, departamento del Cesar. Las actividades incluyeron la supervisión y revisión de procesos constructivos para asegurar el cumplimiento de las especificaciones. Durante el proyecto, se cumplió con todas las responsabilidades asignadas por el supervisor, garantizando un monitoreo efectivo y apoyo adecuado en las actividades de obra”.(Parada Moreno & Arévalo Moreno, 2022)

Antecedentes Regionales

“El documento "Diseño de la estructura del pavimento rígido y ajuste de la geometría según guía de diseño de pavimento con placa huellas del INVIAS del tramo de vía K5+000 al K6+000 de la vía terciaria Salazar de las Palmas – Montecristo en el

departamento Norte de Santander". Describe como se realizó un reconocimiento del terreno y un levantamiento topográfico del tramo mencionado. Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas del suelo, identificando el tipo de suelo y su capacidad de subrasante. Con estos datos, se diseñó un pavimento de concreto hidráulico con estructura en placa huella, siguiendo las directrices del Manual de INVIAS y la Norma Técnica Colombiana "NTC"”.(Omaña Rueda, 2019)

“Propuesta de diseño para la construcción de pavimento rígido mediante dos métodos: AASTHO e envías, en el barrio Valles del Mirador entre las manzanas l, k, e, a y calle 20, municipio de Los Patios, Norte de Santander”, Con este proyecto se presentó una propuesta de diseño para la construcción de pavimento rígido utilizando dos métodos: AASHTO e INVIAS. Esto se debe al mal estado actual de las vías del barrio Valles del Mirador, que abarcan aproximadamente 3 kilómetros en el municipio de Los Patios.(Ortiz Parra & Núñez Soto, 2021)

“El trabajo se centra en la propuesta de diseño de pavimento rígido y flexible para la avenida 1 entre las calles 14 y 24 del barrio Mariano Ospina Pérez, en Cúcuta, Norte de Santander. Se realizaron estudios topográficos para establecer las condiciones de la rasante y estudios de suelos para determinar la capacidad de soporte de la subrasante mediante ensayos como humedad natural, análisis granulométrico, límites de Atterberg y CBR. Con las muestras tomadas del tramo, se elaboró el diseño del perfil de la rasante para garantizar una superficie homogénea, cómoda y segura. Además, se estudiaron los volúmenes de tránsito y se proyectó el periodo de diseño del pavimento. La investigación

se enfoca en el barrio Mariano Ospina Pérez, beneficiando a aproximadamente 200 casas con entre 4 y 5 personas por hogar.(Jaimes Martinez & Villamizar Mendoza, 2019)

“Diseño de pavimento rígido de las vías del sector urbano del barrio Villas de Mejue del municipio de Chinácota. Norte de Santander”, en el proyecto de diseño se realizó el levantamiento topográfico de la vía y los ensayos de laboratorio necesarios para el diseño del pavimento, incluyendo humedad natural, peso unitario, granulometría con lavado, clasificación del suelo, límites de Atterberg y CBR inalterado. Luego, se desarrollaron dos alternativas de diseño de pavimento rígido usando los métodos de la Portland Cement Association y de INVIAS para diferentes volúmenes de tránsito, con el objetivo de identificar la opción más económica y viable. Se elaboró el presupuesto para ambas alternativas y se programó la obra para la opción de diseño seleccionada.(Umbarila Bolivar & Moncada Benitez, 2016)

“El proyecto se centra en el estudio y diseño de pavimento rígido y flexible en el sector "La Joya del Diablo", en la vía que conecta Lourdes-Gramalote con Cúcuta. Se utiliza una investigación descriptiva basada en trabajo de campo, con toma de muestras de suelo y observación del tramo. Se realizan conteos vehiculares para obtener el TPD y los parámetros necesarios para el diseño de las capas de rodadura. El espesor del pavimento rígido se establece según la guía del Instituto Nacional de Vías, y el pavimento flexible se diseña con el método AASHTO. Se presenta la modulación de las losas del pavimento rígido y la demarcación de la vía. Finalmente, se elabora el presupuesto del tramo, incluyendo la memoria de cálculo, análisis unitarios, presupuesto general y programación de obra en Project.(Parada Torres, 2017)

Marco teórico

El pavimento es una estructura diseñada para soportar y distribuir cargas generadas por el tráfico, está compuesto por capas de materiales, el propósito principal del pavimento es crear una superficie segura y cómoda para los vehículos que transiten por la superficie, distribuyendo las cargas de manera eficiente y protegiendo la subrasante, conocido como suelo natural de posibles daños.

Como se expresa en el libro, Ingeniería de Pavimentos, según (Montejo Fonseca, 1998):

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

En la ingeniería los pavimentos se clasifican en 4 tipos: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, pavimentos articulados y pavimentos semirrígidos o semiflexibles.

Pavimento Rígido:

En el Libro Ingeniería de Pavimentos, (Montejo Fonseca, 1998) defines el pavimento rígido:

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la

cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.(p. 5)

Capas de un Pavimento Rígido

Subbase: La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas. Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento, Facilitar los trabajos de pavimentación. Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento y Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.(Montejo Fonseca, 1998, pp. 5-7)

Losa de Concreto: Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.(Montejo Fonseca, 1998, pp. 5-7)

Ventajas e inconvenientes de los pavimentos de concreto

Ventajas de los Pavimentos de Concreto:

La característica que identifica los pavimentos de concreto y de la cual derivan buena parte de sus propiedades y ventajas es su alta rigidez, por la cual le transmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes. Esta característica hace que con frecuencia los costos de construcción compitan con los de otras alternativas cuando el suelo tiene baja capacidad de soporte o cuando se trata de vías con tráfico pesado o intenso, además de carreteras con tráfico muy bajo, en las cuales el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se huellan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 9)

Desventajas de los Pavimentos de Concreto:

En su contra está que la presencia de juntas y la alta rigidez hace que cuando se construyen sobre materiales erosionables se dé el fenómeno del bombeo que ocurre por la acción conjunta del paso de los vehículos y del agua, sobre todo, cuando las vías están destinadas a tránsitos medios y altos. El deterioro se puede atenuar y aun controlar cambiando el material de soporte de las losas, con una buena concepción de juntas y dotándolas de barras de transferencia de carga de acero liso (dovelas) e implementando un buen sistema de drenaje. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 9)

Modelado mediante metodología BIM

Se realizará un modelo mediante la metodología BIM, usando el programa AutoCAD Civil 3D, además se usará una extensión del mismo programa con el fin de visualizar las capas del modelado del pavimento.

AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es un software o programa, el cual permite llevar a cabo procesos de diseño y de documentación, en cuanto diferentes proyectos de ingeniería civil, los cuales pueden resistir flujos de trabajo en términos de BIM, es un software que ofrece la posibilidad de hacer que los procesos tengan mayor coherencia, a generar respuestas más rápidas ante cualquier cambio y a ver el rendimiento de cada proyecto de mejor manera.(Autodesk, 2020)

Además, en la ingeniería tiene un amplio uso de gran importancia, “En la ingeniería civil, el dibujo de componentes tiene una enorme importancia, AutoCAD Civil 3D es un programa que resulta simplemente esencial para ello, ofrece los elementos necesarios para materializar sus ideas con el mayor nivel de precisión.”(Autodesk, 2020)

Funciones de AutoCAD Civil 3D:

Las principales actividades del software Civil 3D, entre las más comunes son:

Funciones de análisis geoespacial: estas ofrecen la asistencia necesaria para los procesos de documentación de los estudios de planificación.

Funciones de creación topográfica: estas aceptan diversos datos de superficie, por ejemplo, LIDAR, SHP, DEM, entre otros.

Funciones de diseño de tránsito y raíles: consiste en un conjunto de herramientas para diseñar en el ámbito del tránsito y raíles, tiene que ver con perfiles, espirales, peraltes, alineaciones, entre otros.

Producción y documentación de planos, Cree rápidamente documentos de construcción a partir de dibujos, incluidos planos de planta y perfil, de solo planta, de solo perfil y de sección. (Autodesk, 2020)

Software ArcGIS:

ArcGIS es un software sistema que recopila, administra y analiza información geográfica, en este se puede crear y utilizar mapas, en ArcGIS dichos mapas muestran información para la consulta, análisis y administración de información geográfica precisa, también cuenta con bases de datos geográficas muy precisas, las cuales hacen posibles la administración de información en hidrografía, elevaciones y suelos.(¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center, s. f.)

Marco Legal

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO (1998, 2Vol);

AASHTO es la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales. La AASHTO proporciona liderazgo, servicios técnicos y apoyo para el desarrollo y mantenimiento de un sistema de transporte seguro y eficiente. Su labor se centra en la investigación, el desarrollo de políticas, la asistencia técnica y la formación en temas como las autopistas, los puentes, el tránsito y la gestión del tráfico. La AASHTO elabora una amplia gama de normas y especificaciones relacionadas con el transporte.(Normas AASHTO | Normas AASHTO en español, 1996)

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, (INVIAS 2007);

El Instituto Nacional de Vías -INVIAS- es una entidad del orden nacional, adscrita al Ministerio de Transporte, encargada de ejecutar políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de infraestructura de transporte carretero, férreo, fluvial y marítimo, de acuerdo con los lineamientos dados por el Gobierno Nacional, para solucionar necesidades de conectividad, transitabilidad y movilidad de los usuarios, con tecnología sostenible y un talento humano calificado, íntegro, visionario y comprometido, contribuyendo a la competitividad y modernización de la infraestructura del país. *(Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, 2007)*

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, (PCA,2001);

El propósito de este método de diseño es el mismo del de otras estructuras de ingeniería, es decir, hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales, Por tanto, un criterio sano de ingeniería, implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento. *(PCA - The Portland Cement Association - America's Cement Manufacturer, s. f.)*

AMERICAN PAVEMENT CONCRETE ASSOCIATION, (ACPA,2002);

La asociación americana de Pavimentos de Concreto tiene como fin principal el promover y mejorar la calidad de los pavimentos de concreto y sus múltiples aplicaciones, así como incrementar las oportunidades de negocio para cada uno de sus miembros a través de la innovación, avances tecnológicos, información, educación, entre otros. ACPA se encuentra en constante contacto con diversas empresas involucradas tanto en la colocación de pavimentos de concreto, como en su rehabilitación, así como con investigadores, diseñadores, ingenieros y empresas en general que requieren de asesoría, información, promoción de en el uso de pavimentos de concreto en aeropuertos, puentes, autopistas.(*Home - American Concrete Pavement Assn.*, 1963)

REGLAMENTO ESTUDIANTIL DE PREGRADO, UNIVERSIDAD DE
PAMPLONA;

En el plan de estudio de los programas la universidad de pamplona se establece en el reglamento estudiantil en su capítulo 6, artículo 35, el trabajo de grado como requisito para la obtención del título profesional la realización por parte del estudiante, este es un trabajo especial por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, el trabajo de grado puede desarrollarse en tres modalidades, de las cuales se ejecutará la modalidad de Practica Empresarial.

“Práctica Empresarial: comprende el ejercicio de una labor profesional del estudiante en una empresa, durante un período de tiempo. Cuando el estudiante seleccione esta modalidad, deberá presentar al director de Departamento el anteproyecto, que debe contener: nombre de la empresa, descripción de las características de la empresa, objetivos de la práctica, tipo de

práctica a desarrollar, tutor responsable de la práctica en la empresa, cronograma de la práctica, presupuesto (si lo hubiere) y copia del convenio interinstitucional Universidad Empresa o carta de aceptación de la empresa”

Nota: Tomado del Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado. Universidad de Pamplona.

Marco Contextual

Lugar de Proyecto

El lugar donde se llevará a cabo la practica como auxiliar de ingeniería para el diseño y modelamiento del pavimento en las vías urbanas se encuentra en el barrio los sauces, en el municipio de pamplona, en la región nororiental de Colombia, en el departamento Norte de Santander. El proyecto contara con un aproximado de diseño de 2 kilómetros, en los cuales cuentan varios tramos con diferentes pendientes dentro de la urbanización.

Figura 1.

Ubicación del municipio pamplona dentro de Colombia.



Nota: La imagen se muestra el departamento de Norte de Santander y la ubicación en color verde del municipio de pamplona. Adaptado de la página oficial Alcaldía de Pamplona, Pamplona ubicada en el mapa de Colombia, <https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

Figura 2.

Ubicación de Ciudadela Residencial El Poblado



Nota: La imagen muestra la ubicación del terreno donde se ejecutará el proyecto, así mismo la ubicación dentro del municipio de Pamplona. Adaptado de Google Earth Pro.

Generalidades

Pamplona es una ciudad situada en el Departamento de Norte de Santander, en el noreste de Colombia. Conocida por su historia, arquitectura colonial y relevancia cultural, Pamplona es también un centro educativo importante en la región.

Extensión

La ciudad de Pamplona se extiende sobre una superficie de aproximadamente 1.176 kilómetros cuadrados. Su territorio presenta una topografía montañosa, siendo parte de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, lo que le confiere un clima fresco y agradable con una altitud promedio de 2.200 metros sobre el nivel del mar. (pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx, s. f.)

Límites

Norte: Limita con los municipios de Pamplonita y Cucutilla.

Sur: Limita con el municipio de Cácuta y Mutiscua.

Este: Limita con el municipio de Labateca.

Oeste: Limita con el municipio de Cucutilla.

Economía

La economía de Pamplona se basa en diversos sectores:

Educación: La Universidad de Pamplona es una de las principales instituciones educativas de la región, atrayendo estudiantes de todo el país.

Agricultura: El cultivo de papa, fresas, ajo, trigo, maíz, fríjol y zanahoria es significativo en la región, aprovechando las fértiles tierras.

Comercio: La actividad comercial es activa, especialmente en la venta de productos agrícolas y manufacturados.

Turismo: El turismo cultural y religioso es relevante, dado el patrimonio histórico y arquitectónico de la ciudad.(*pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx*, s. f.)

Demografía

Pamplona cuenta con una población aproximada de 76,000 habitantes. Se caracteriza por una mezcla de jóvenes estudiantes universitarios y poblaciones rurales que se trasladan a la ciudad en busca de mejores oportunidades económicas y educativas.(*pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#*, s. f.)

Cultura

La cultura en Pamplona es rica y diversa, con una fuerte influencia de las tradiciones coloniales españolas. Algunos aspectos destacados incluyen:

Patrimonio Arquitectónico: Pamplona es famosa por sus iglesias coloniales, plazas y casonas antiguas. La Catedral de Santa Clara y el Santuario de Nuestra Señora de las Nieves son ejemplos emblemáticos.

Festividades: La Semana Santa es una de las celebraciones más importantes y atrae a numerosos visitantes debido a sus procesiones y actos religiosos.

Educación y Arte: La Universidad de Pamplona no solo es un centro educativo, sino también un promotor de actividades culturales, artísticas y científicas, contribuyendo al desarrollo cultural de la región. (*Pamplona Norte de Santander Colombia*, s. f.)

Metodología

La metodología usada en este proyecto se distribuyó en 4 fases principales, en las cuales se expresan las actividades para cumplir cada uno de los objetivos, se ejecuta la normativa del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), basada en la norma American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), la Portland Cement Association (PCA) y la American Concrete Pavement Association (ACPA), con referencia a el manual de invias para pavimentos rígidos y el libro Ingeniería de Pavimentos de Alfonso Montero.

se realiza un modelo 3D, mediante el software civil 3D. Usando el diseño mediante la normativa, con el fin de presentar una herramienta precisa e innovadora para el diseño de pavimentos y sus estratos.

1.Recolección de datos para la clasificación del tránsito y tipo de suelo.

1.1. Evaluación del Transito:

Para obtener la variable del tránsito, la cual es una variable principal en el diseño del pavimento, su resistencia y el espesor del mismo, se realizó el conteo de las viviendas proyectadas en la urbanización El Poblado, esto con los datos suministrados por la Constructora Pérez S.A.S, mediante los planos arquitectónicos en planta de la urbanización El Poblado, se obtuvo un total de 89 Viviendas, además según la tipología de vivienda se proyectó los automóviles posibles en cada una, en este análisis se identificaron dos tipologías de viviendas, las cuales se clasificaban como Tipo Villa, se proyectan (34), y Tipo Estándar, Se proyectan (55), Teniendo una capacidad vehicular las tipo villa con construcción propuesta de dos vehículos por vivienda, y la tipo estándar con construcción propuesta de un vehículo por vivienda, con esto se obtuvo un total de 123 Vehículos posibles en la Urbanización El Poblado, además se aplicó un porcentaje de seguridad del 5% al número total obtenido, este valor se

aplicó directamente a las viviendas tipo Villa, a las viviendas tipo estándar se le aplicó el porcentaje de Seguridad y se le agregaron 3 posibles autos más, esto debido a que los lotes eran de mayor área y en su diseño se le podía atribuir un parqueadero exterior, con esto se obtuvo un total de 133 vehículos posibles con un factor de aumento o seguridad, con esto se clasificaron en automóviles y camionetas, con el fin de obtener la cantidad de ejes posibles diarios que transitaran por la vía.

En este mismo análisis se tuvo en cuenta que los vehículos van a tener un tránsito constante y repetitivo, sin embargo, aun contando con que los vehículos transitaran más de dos veces por la urbanización, no superan el promedio diario mínimo para el diseño propuesto por la normativa del INVIAS, esto debido a la dimensión del proyecto. Según promedio el valor de los dos tránsitos posibles, y se obtuvo un tránsito promedio diario (TPD), de 128, dando así la primera Variable, la clasificación del tipo, número de Ejes y el tipo de vía según la capacidad vehicular.

Como variable de tipo de vía se opta por una vía terciaria estrecha, aunque por sus medidas según la normatividad se podría clasificar en una vía media al ser mayor a 5 metros, se opta por dejar como vía estrecha, esto por el Tránsito Promedio Diario según normatividad.

Tabla 1.***Categorías de tránsito para la selección de espesores.***

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes Acumulados de 8.2 ton
T ₀	(Vt)-(E)	0 a 200	<1'000.000
T ₁	(Vs)- (M ó A)-(CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T ₂	(Vp)-(A)-(AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'000.000 a 5'000.000
T ₃	(Vp)-(A)-(AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T ₄	(Vp)-(A)-(AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T ₅	(Vp)-(A)-(AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T ₆	(Vp)-(A)-(AP-MC-CC)	Mas de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Nota: Esta tabla muestra la selección de la variable transito según la normativa INVIAS, teniendo en cuenta el tipo de vía y el TPDs. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007)

1.2. Clasificación de la Subrasante:

Para la Variable de Subrasante se tiene en cuenta el tipo de suelo de la zona, la Constructora Pérez S.A.S entregó datos de estudio de suelos por el método Standard Penetration Test (SPT), sin embargo para el diseño de pavimentos y por norma el estudio requerido es por la metodología California Bearing Ratio (CBR), debido a que en la ciudad de Pamplona no se contaba con laboratorios adecuados para realizar dicho laboratorio, se opta por aplicar otra solución, el método utilizado fue utilizando el estudio previo y suministrado por la Constructora Pérez S.A.S. se realizó la identificación de los tipos de suelos en ciertos puntos, con esto se pudo entrar a la normativa y por dicho tipo de suelo identificar un rango de CBR para el mismo propuesto por INVIAS, además se implementó un estudio realizado con el nombre de, PROPUESTA DE CORRELACIÓN ENTRE PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE

MATERIALES DE EDAD TRIÁSICA EN LAS CORDILLERAS BÉTICAS.(*Ponencia-C.B.R..pdf*, s. f.), en este se hicieron varios estudios de suelos a lo largo de los terrenos, y se relacionó con los ensayos de SPT y CBR, así dando como resultado una ecuación en la cual por medio del número de golpes se obtiene el CBR, dando resultados muy cercanos y dentro de los rangos de la normativa.

Para el procedimiento se identificaron los puntos donde se habían realizado los estudios de SPT en el terreno, luego de esto se identificaron los puntos que estaban en contacto directo con el trazado de vías, y se clasificaron según la distribución de las mismas, para esta se opta por una vía principal, la cual se intercepta con todas las demás que conectan a las demás viviendas, las vías que conectan a las viviendas se han enumerado de 1 a 4 en orden desde el ingreso hasta el final de la vía principal.

Luego se obtuvo el CBR calculado por la relación, ya que este cumplía en la normativa se determinó un CBR de diseño sacando un CBR promedio al 85% de confiabilidad de todos los posibles aforos a lo largo de la vía. Con esto se obtiene la variable de la Subrasante según el CBR.

Tabla 2.

Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

Clase o Tipo	CBR (%)	Modulo Resiliente (Kg/cm ²)
S1	<2	<200
S2	2-5	200 a 500
S3	5-10	500 a 1.000
S4	10-20	1.000 a 2.000
S5	>20	>2.000

Nota: En la tabla se muestra la selección de la Variable de Subrasante según el CBR del Suelo.(*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007)

2. Diseño del Pavimento.

2.1. Variables de Diseño:

Se determinaron las variables claves para el diseño según el manual de diseño de pavimentos rígidos dado por la normativa INVIAS, aquí se determinarán variables según lo requiera el diseño tales como bermas, dovelas y se optara la calidad del concreto.

Para la variable del concreto se tendrá en cuenta que el tipo de suelo según la clasificación del mismo, con esto se evalúa las opciones de aplicación de las losas de concreto del pavimento rígido. Esta es una variable que influye en el grosor de la losa a diseñar.

Tabla 3.

Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Nota: En la anterior de tabla se toma la Variable de Soporte del Pavimento según el tipo de suelo. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, 2007, p. 13*)

La variable de concreto, en esta se seleccionará el tipo de concreto a usar, esta variable se determinará según el tránsito al cual estará expuesto, además influye directamente en el espesor y costos del pavimento.

Tabla 4.

Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Descripción	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Nota: En la tabla se determina la elección del concreto según las características del tránsito para el pavimento. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 13)

Por último, se determina la Variable de Transferencia de Carga, esta variable tiene en cuenta dos parámetros, los cuales son Dovelas y Bermas, las dovelas son barras de acero que se encargan de anclarse a las demás estructuras para evitar que la estructura del pavimento se desplace de forma vertical, y la berma es una zona la cual es usada para no obstruir el flujo de vehículos si alguno se llega a descomponer, las bermas son zonas ubicadas a los extremos externos de los carriles de la vía.

Tabla 5.

Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral.

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Nota: En la tabla se observa las opciones a la hora de determinar la variable de transferencia de cargas y el confinamiento lateral. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 14)

Con esto se seleccionan todas las variables necesarias para el diseño de espesor de las losas de pavimento, cada variable influye directamente en el espesor del mismo.

2.2. Cálculo de espesor de losa:

En Colombia los métodos más utilizados para diseño de pavimentos son el método AASHTO de 1993 y el método PCA de 1984, es por esto que el INVIAS siguió las recomendaciones de ambos para elaborar así las cartas de diseño basadas en los estudios de los dos métodos. Dichas cartas son el resultado de más de 70.000 diseños obtenidos por las metodologías presentadas por estas dos normas, gracias a dichos estudios y diseños el INVIAS presento un portafolio el cual consta de 1.680 estructuras de pavimento, las cuales se agrupan en tablas según las variables de diseño ya seleccionadas.

En este estudio también se desecharon los diseños que tenían espesores de losas muy reducidos los cuales se consideraron frágiles, así mismo se desecharon los diseños de espesores mayores a 30 centímetros, dando la posibilidad al diseñador a recurrir a otros métodos si el diseño lo requiere.

De esta forma el invias presenta un portafolio en el cual de acuerdo a las variables ya seleccionadas se establece el espesor de las losas que conformaran el pavimento, para usar dichas tablas se debe seleccionar la carta correspondiente, este parámetro lo da la variable de tránsito, Luego en dicha tabla se selecciona el tipo de suelo, posteriormente se toma las variables de Dovelas y Bermas, con esto se lograra la ubicación de la columna correcta en la tabla.

Para la selección de la fila primero se debe entrar por la variable de soporte del pavimento, y para finalizar se escoge la calidad del concreto, con esto se dará ubicación al espesor de lozas para el pavimento.

Tabla 6.

Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables.

		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	18	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	19

Nota: En esta tabla se escoge el diseño según las variables establecidas, en ella se tiene en cuenta todos los parámetros desde el tipo de suelo, hasta la calidad del concreto para el pavimento. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 16)

De esta forma según la normativa INVIAS se obtienen el espesor de las losas para el pavimento rígido, donde se tiene en cuenta el catálogo de diseño suministrado por la misma norma, además de la complementación del diseño con las juntas y presupuesto del pavimento.

2.3. Diseño de Juntas:

Para el diseño de juntas se tuvo en cuenta las Dovelas, y además las juntas longitudinales generadas por las losas a lo largo de sus bordes externos y una junta longitudinal común en los lados internos de las losas.

La normativa entrega un catálogo con las posibles combinaciones de los pasadores de carga, en este catálogo se ingresa con el espesor de la losa, después se debe seleccionar un

espesor de las barras de acero, y la resistencia del mismo, posteriormente se deberá tener en cuenta el ancho del carril, entrando así en las columnas y filas, para finalmente obtener el espaciado de las barras o pasadores de energía.

Tabla 7.

Recomendación para las barras de anclaje.

	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril		
		(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	
		3,05	3,35	3,65		3,05	3,35	3,65		3,05	3,35	3,65
Acero de fy=187,5 Mpa (40,000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,6	1,20	1,20	1,20	0,7	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy=280 Mpa (60,000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Nota: En esta tabla se obtiene el espaciado de las barras de transferencia de energía, su principal factor de selección es el espesor ya obtenido y el ancho del carril de la vía. (Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, 2007, p. 95)

3. Selección de Alternativa Optima.

3.1. Estimación de Costos constructivos:

Se realizará una plantilla base para el cálculo de costos constructivos, incluyendo la producción de concreto en obra, los acabados con regleta, el texturizado de las losas, y la limpieza y sello de juntas, en esta plantilla se pondrá obtener los costos de la elaboración del pavimento rígido.

3.2. Costos de Vida Útil

Los costos de la vida útil son el análisis de costos constructivos y el mantenimiento del mismo, para estos también se creará una plantilla con los costos del mantenimiento, además la norma establece unos tiempos posibles para el mantenimiento de los pavimentos rígidos.

Tabla 8.

Actividades y frecuencias para el mantenimiento de los pavimentos de concreto.

Actividad	Frecuencia
Reposición material sello de juntas	5-7 años
Reconstrucción del 5%, área construida mediante reparaciones parciales y totales	10 años
Demolición y reconstrucción del 5% del área construida	15-20 años

Nota: En la tabla se evidencias las actividades que lleva un mantenimiento y su tiempo. (*Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*, 2007, p. 30)

3.3. Comparación de Alternativas:

En el diseño se compara una alternativa adecuada según lo requiera el proyecto, en estas se involucran costos y materiales, por esta razón se evaluará la mejor alternativa a la hora de elegir la calidad del concreto, las variables de diseño, así mismo las alternativas propuestas en los aceros de transferencia de energía, dando así la alternativa más óptima para el proyecto.

3.4. Mantenimiento y monitoreo:

Para el mantenimiento se creará una plantilla de costos, así mismo los equipos necesarios para realizarlo, también se dejará la base establecida por la norma para realizar las actividades y los tiempos de las mismas como se menciona en la Tabla 8.

4. Implementación del software para modelado de diseño estructural del pavimento.

Para el modelado del pavimento se usará el software Civil 3D, este permite la creación de modelados viales y trazados con información real obtenida de levantamientos topográficos o bien de aplicaciones de ubicación como Google Earth.

4.1. Entrada de Datos:

En la entrada de datos se ingresará la información de un levantamiento topográfico realizado a el terreno, con dicho levantamiento se realizará una delimitación del lote, creando el área que le corresponde al proyecto, con esto se lograra optimizar la superficie a trabajar, al obtener el área se realizaran las curvas de nivel, para realizar una superficie.

En esta superficie se ubicaran los trazados de las vías, dicha ubicación se realizara mediante un GPS, se realizó la ubicación de los puntos en los ejes de las vías, mediante un dispositivo de posicionamiento global (GPS), el GPS Garming 62s, los puntos se exportaron a el software ArcGis, donde se introdujeron y se geolocalizaron, se usó este software por la alta

precisión a la hora de ingresar datos, de dicho software se exportaron las familias de puntos a el software civil 3D, teniendo una precisión muy alta, y ubicando los puntos en la superficie antes creada, una vez ubicados los puntos se procede a realizar el trazado de las vías, para ello se conectan los puntos de ejes de vías, con esto se logra obtener los ejes centrales de las vías.

Después de tener los ejes de las vías, se procede a crear un trazado lineal, para esto se ubican las líneas trazadas y se crea un alineamiento horizontal a partir de objetos, en este paso se configura el acotamiento de Punto Kilométrico (PK), las curvas horizontales y la velocidad de diseño para las mismas según la norma INVIAS, aquí se crean grupos de etiquetas para luego aplicarlas en todos los sectores de la urbanización.

Una vez creado el alineamiento horizontal se procede a crear perfiles, para esto se tomará como base el alineamiento horizontal antes creado, los perfiles servirán para crear las curvas verticales para terrenos irregulares.

Para la creación de perfiles se requiere también editar el estilo de vista, en este paso se creará el estilo de vista, además se crean guitarras de información, con ellas se podrá ver información como la longitud de la curva, el peralte si lo tiene, el terreno a recortar y rellenar, y además se creará el suavizado de las curva y cambios de pendiente bruscos, estos pasos son imprescindibles para la creación del modelado del pavimento.

Para proceder a el modelado, se necesitará crear un ensamblaje, del pavimento que se va a modelar o realizar.

Para el ensamblaje, se procederá a crear ensamble nulo, en este se instalara las partes del pavimento, para este caso se usara el espesor de las losas, además de un bordillo con cuneta, de la misma forma se generaran 6 ensambles con el fin de realizar intersecciones en las vías, estos ensambles adicionales deberán llevar ciertas restricciones, como solo corredor vías sin bordillo, un solo carril con bordillo entre otros, luego de generar este ensamble se procederá a realizar el modelado del pavimento, para el modelado del pavimento se hace necesario tener un alineamiento horizontal para indicar las curvas y el trazado del modelo y un perfil para indicar su modelado vertical a lo largo de la guía horizontal.

4.2. Modelado sectorizado:

Para crear el modelado se seleccionará el alineamiento horizontal, donde se creará un corredor u obra lineal, este nombre se le da ya que se modelará a lo largo de alineamiento, una vez seleccionado se creará el modelado a través de alineamiento, sin embargo, puede tener errores, estos deberán de ser corregidos, se deberá analizar el perfil y el alineamiento horizontal, identificando las curvaturas y cambios de pendiente a lo largo del corredor.

Para el modelado de las intersecciones se usara la herramienta intersección, para esta se usara los demás ensambles, se seleccionara la línea donde se intercepten las vías y la que será predominante, después se agregan las secciones de carril, en este paso es muy importante prestar atención a los niveles, a el perfil vertical en la cota donde se interceptan, ya que deben estar a la misma altura para una intersección idónea, una vez verificado se procede a realizar la intersección sin errores y totalmente exacta en la superficie. Creando así un modelado por sectorizado en toda la urbanización.

4.3. Esquema Estructural del pavimento:

Para la creación de esquemas se hará a partir del alineamiento horizontal, para esto primero se deberán líneas guías donde se realizarán los cortes de sección para mostrar el esquema de la estructura del pavimento, estas líneas se deberán hacer a lo largo de todo el corredor, una vez realizadas se creará una alineación con un grupo de líneas llamado volúmenes, para conocer los volúmenes de corte y relleno.

Realizado el grupo de líneas, se procede a crear varias secciones con polilíneas, una vez seleccionadas las líneas guía, se configura la visualización de las secciones, cambiando tamaño, ubicación y color de los esquemas. Mostrando así un esquema presentable y legible para el ejecutor del proyecto.

RESULTADOS

Evaluación del Transito:

Para la evaluación de tránsito se llevó a cabo un conteo de vehículos, donde se obtuvo el TPDs, esto se logró contando las viviendas y su capacidad de almacenar vehículos, esto debido a que en la urbanización no se permiten vehículos sobre la vía permanentemente. Se contaron los vehículos posibles y se agregó un posible excedente del 5%, obteniendo así un TPDs promediado entre los dos valores de 128.

Figura 3.

TPDs Posible de la Urbanización el Poblado.

Proyeccion Poblacional					
	Tipo 1 Hab/Viv	Tipo 2 Hab/Viv	Total		
Tipologia	5	4	-		
Casas	34 Viv	55 Viv	89 Viv		
	170 Hab	220 Hab	390 Hab		

Autos	2	1	Total TPD	Promedio	Promedio
Total Parcial	68	55	123	861	128
	72	61	133	931	

Clasificación de la Subrasante:

Para la Clasificación de la subrasante se basó en los estudios de suelos tomados y suministrados por la empresa, se realizó el cálculo de CBR y además un promedio con los CBR al 85% de confiabilidad, esto con el fin de tener un CBR de diseño idóneo.

Figura 4.

Informe suministrado con información de estudio por SPT.

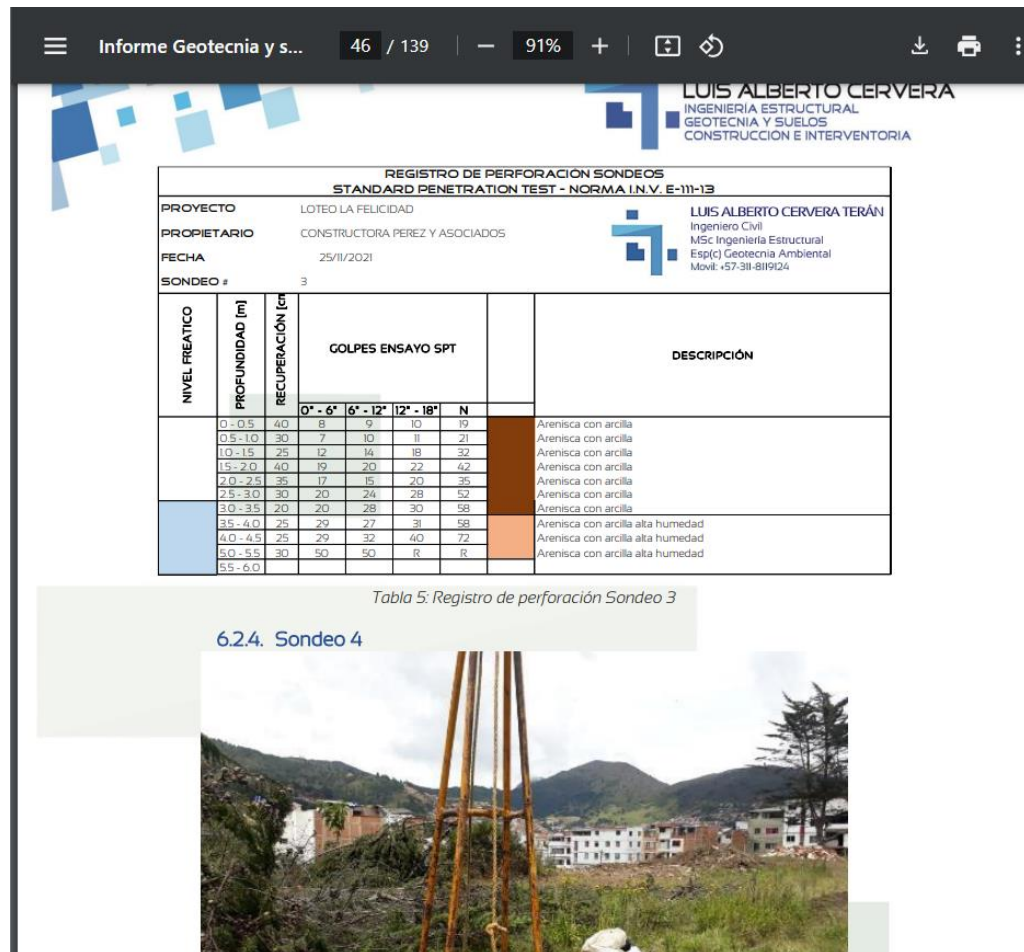
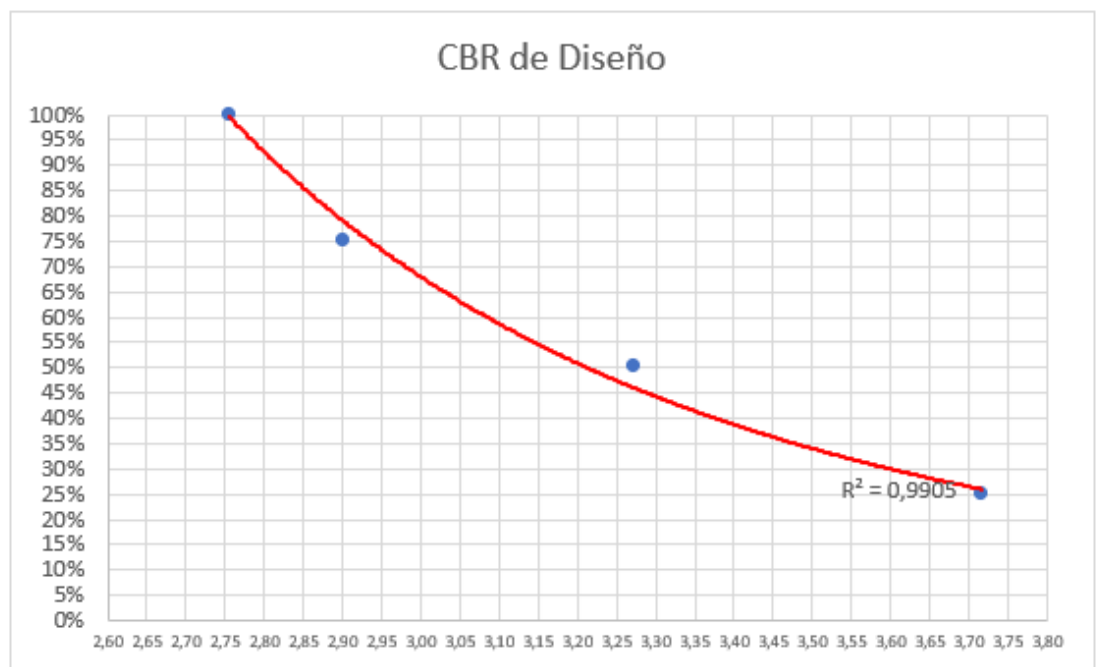


Figura 5.

Cálculo de CBR por estudio SPT.

CBR de Diseño				
	C1 Spt's->CBR			
No. Perfora	S13	S12	S09	S10
SPT Ngolpes	7	5	18	12
Posible CBR	2,9	2,8	3,7	3,3
CBR Redon	3	3	4	3

CBR de <a>	CBR > ó = a el	% CBR > ó =	CBR
2,8	4	100%	
2,9	3	75%	2,9
3,3	2	50%	
3,7	1	25%	



Nota: Se tomaron todos los ensayos de SPT en la vía, y se sacó el CBR de diseño para luego sacar un CBR general.

Material de Soporte:

Para la elección del material de soporte al tener un CBR malo, se optó por aplicar una Base Granular de 15 cm por normatividad, con esto se aumenta la resistencia del suelo. Con este mismo dato se ha clasificado la Subrasante como una S2, esto al CBR estar ubicado en el rango de 2 a 5.

Diseño del Pavimento.

Para el diseño del Pavimento se deben seleccionar las variables de diseño adecuadas, con esto se podrá seleccionar en el catálogo de diseños del INVIAS el diseño indicado.

Figura 6.

3.1			
Definir Variables			
Categoría	Tipo de Vía	TPDs	# Ejes Equ 8,2 Ton
To	Vt-E	0-200	<1'000,000
		128	
Vt= Vía Terciaria		Periodo de Diseño 20 Años	
E=Vía Estrechcha		Análisis Equivalentes Axle load system	

3.2		
Clasificación de Subrasante		
Clase/Tipo	CBR	Modulo Resiliente (Kg/cm ²)
S1	<2	<200
S2	2-5	200-500
S3	5-10	500-1000
S4	10-20	1000-2000
S5	>20	>2000
Determinar		

3.3	
Clasificación de Material de Soporte	
Denominación	Descripción
SN	Suelo Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento
Determinar	

3.4	
Modulo de Rutura	
Tipo	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45
Determinar	MR2

3.5	
Transferencia de Cargas y Confinamiento	
Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Berma
No D	No Dovelas
No B	No Bermas
Determinar	Con Dovelas y Sin Berma

Selección de Variables de Diseño

Nota: Se han seleccionado las 5 variables de diseño para calcular espesor de las losas de concreto para el pavimento.

Variables de Diseño

Tabla 9.

Variables de Diseño Seleccionadas.

Variable de Diseño	Valor
CBR de Diseño	2-5 años
Tipo de Base	S2
Transito	T ₀
Material de Soporte	BG
Sistema de Transferencia de Cargas	Dovelas
Confinamiento Lateral	No Berma
Módulo de Ruptura	MR2

Se realizo una hoja de cálculo automatizada, para el cálculo de espesor, en ella se modificarán las variables de diseño mostrando automáticamente el espesor de losa idóneo según las variables.

Figura 7.

Tabla de espesores para espesores de losas.

		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	18	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	19

Figura 8.

Ecuación de automatización de Espesor de Losas.

=INDICE(Tablas!F7:Y18; COINCIDIR(E3;Tablas!D7:D18; 0) + COINCIDIR(H3;Tablas!E7:E18;0)-1; COINCIDIR(F4;Tablas!F6:Y6;0) + (COINCIDIR(C3;Tablas!F5:Y5;0)-1))										
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CBR para Diseño	Tipo de Base	Transito	M. de Soporte	S. trans. Carga	Conf. Lateral	Mod. Rotura	Espesor de Losa			
2-5	S2	To	BG	Dovelas	No Berra	MR2	25 cm			
				D y no B						

Además, se realizó la automatización de las dovelas y aceros del pavimento. Con el fin de agilizar el cálculo del espesor de la losa mediante la hoja de cálculo.

Selección de Alternativa Optima.

Para la selección de la alternativa optima, se creó una plantilla en hojas de cálculo de Excel, basadas en la norma, dando así un presupuesto para el proyecto.

Figura 9.

Selección Optima de Alternativa.

Longitud del Pavimento(m)	554	553,49
Ancho del Pavimento(m)	5,5	
Espesor de la Losa(m)	0,25	
Material de Base(Base Granular)	0,15	

Materias Primas	
Volumen de Concreto(m3)	761,75
Base Granular	
Volumen de Grava(m3)	498,6

Produccion de Concreto en Obra				
Item: Produccion de Concreto en Obra				
Equipo	Tarifa-Hora	Rendimiento	Valor Unitario	
Mezcladora de Tambor	\$ 40.000,00	4	\$ 10.000,00	
Herramienta menor	\$ 15.000,00	4	\$ 75.000,00	
Total Equipo			\$ 85.000,00	
Materiales	Unidad	Costo	Rendimiento	Valor Unitario
Cemento	Kg	\$ 1.200,00	380	\$ 456.000,00
Grava	m ³	\$ 100.000,00	0,7	\$ 70.000,00
Arena	m ³	\$ 90.000,00	0,55	\$ 49.500,00
Agua	m ³	\$ 2.000,00	0,17	\$ 340,00
			Desperdicio(5%)	\$ 28.792,00
Total Materiales				\$ 604.632,00
Mano de Obra	Unidad	Tarifa-Hora	Rendimiento	Valor Unitario
Maestro Obra	Hora	\$ 20.000,00	1	\$ 20.000,00
Obreros	Hora	\$ 13.000,00	3	\$ 39.000,00
Total Mano de Obra				\$ 59.000,00

Se ha seleccionado una losa de 25 cm, con barras de diámetro ½” Pulgada, de resistencia 280MPa o 60.000 PSI, con un espaciado de 1,20 metros.

Se ha realizado una plantilla para calcular los costos de vida útil, con el fin de poder mitigar la erosión del pavimento con planes de mantenimiento según la normatividad.

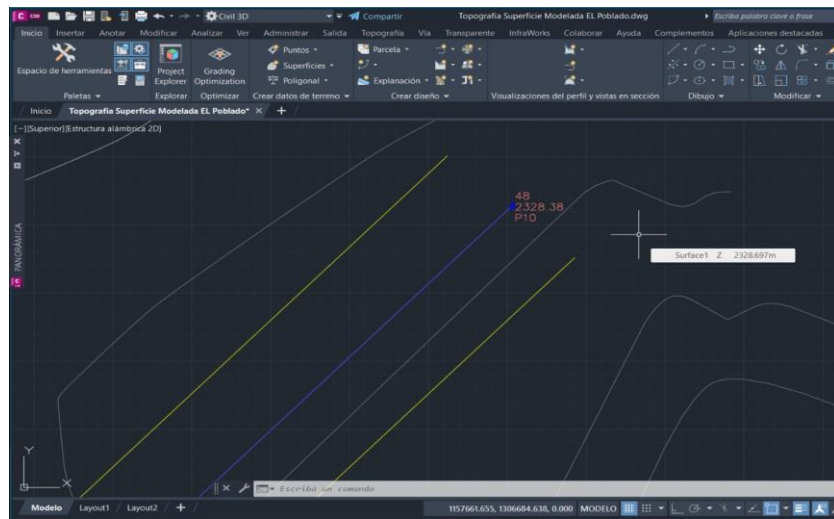
Implementación del software para modelado de diseño estructural del pavimento.

Entrada de Datos:

Para la entrada de Datos se tomaron los puntos de ejes de los trazados establecidos en las vías, esto por el GPS Garming 62s, en este se tomaron los puntos en coordenadas UTM, las cuales se introdujeron al software ArcGIS, donde se hizo mejor su ubicación y previa exportación al programa Civil 3D.

Figura 10.

Punto Exportado desde ArcGIS a Civil 3D.

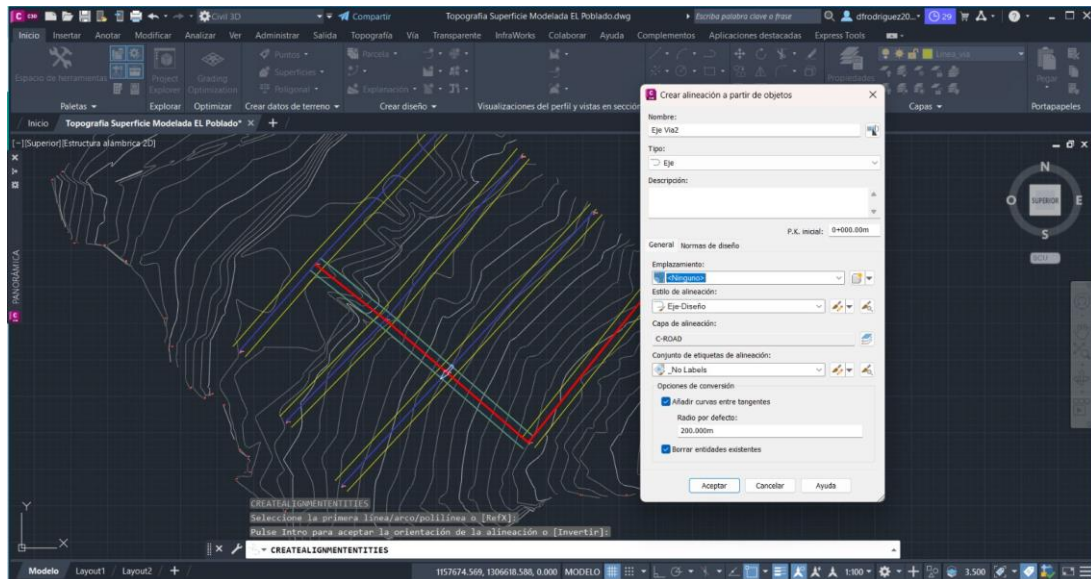


En Civil 3D, una vez obtenido los puntos se hizo un trazado entre ellos para obtener los trazados de las vías, así logrando ubicarlas sobre la superficie ya creada según la topografía suministrada.

Después de esto se procede a crear el Alineamiento horizontal, el cual es la base para la creación de perfiles, cotas y el modelado.

Figura 11.

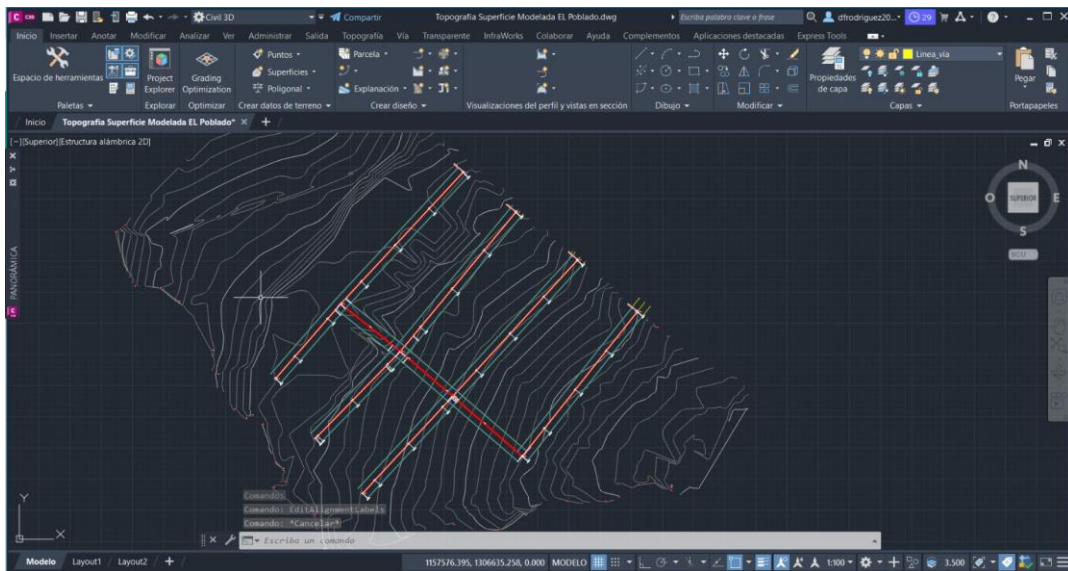
Creación de Alineamiento Horizontal.



Nota: Creación del alineamiento Horizontal, se evidencia de color rojo, y se empieza a crear las etiquetas.

Figura 12.

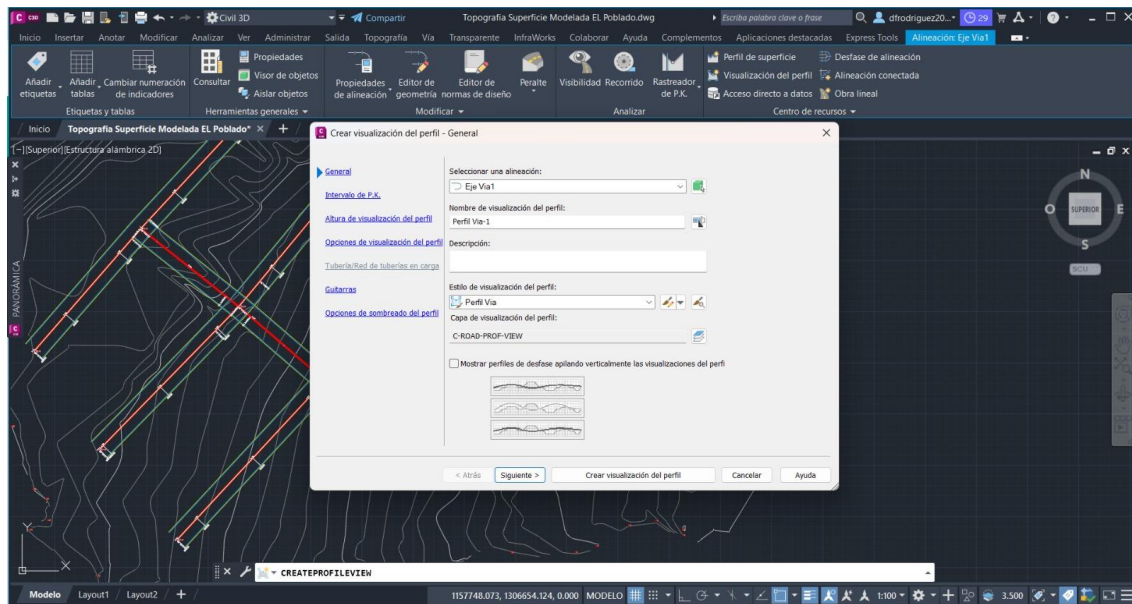
Alineamientos Horizontales Acotados.



Se procede a crear el perfil del terreno en base a el alineamiento horizontal antes creado, donde se especifica los estilos de línea y visualización del mismo.

Figura 13.

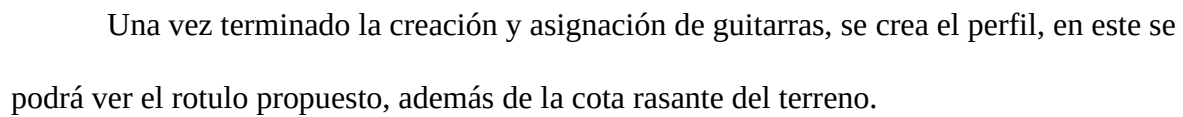
Creación de Perfil en base a el alineamiento.



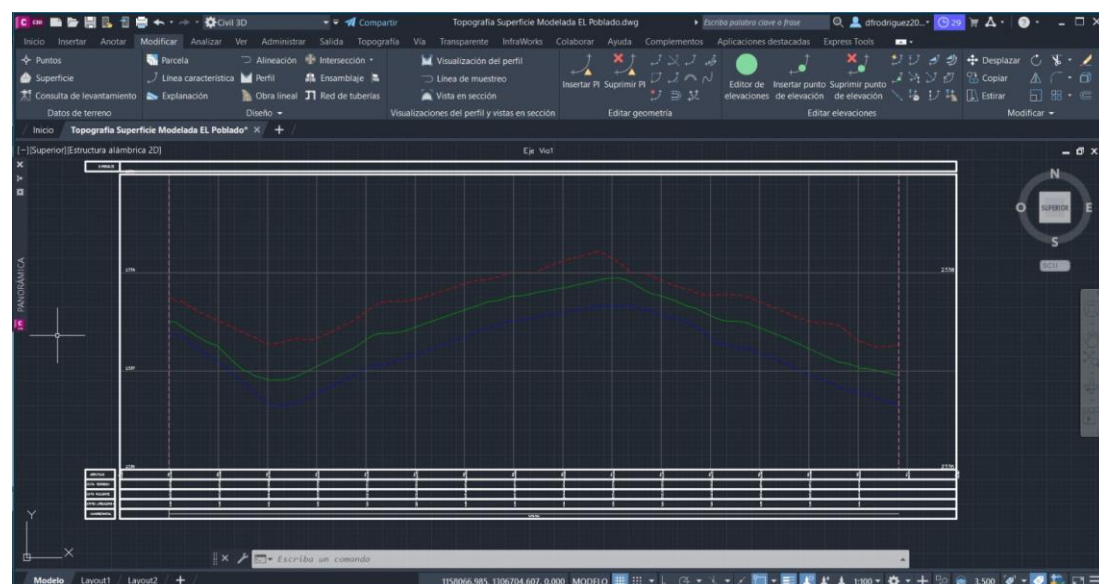
Nota: en este paso se elige el eje de alineación, el tipo de diseño del perfil el cual se edita para el etiquetado.

Se crean las guitarras, las guitarras se encargan de crear parámetros para la vista de un rotulo, además de poder cuantificar el corte y relleno del mismo según la alineación.

Creación de Guitarras de Perfil.



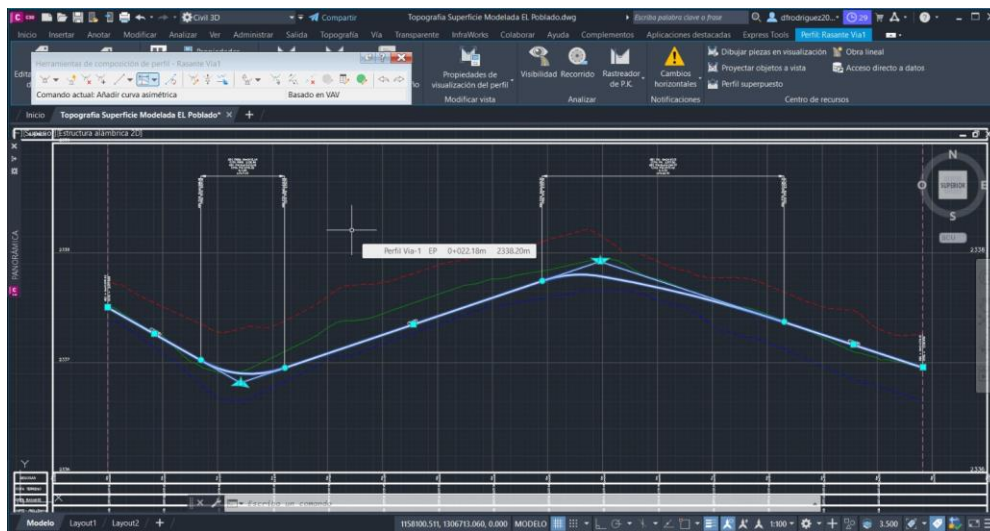
Perfil de Terreno a lo largo de alineación horizontal.



Después de tener el perfil se procede a crear un alineamiento vertical, este automáticamente se enlazará a el alineamiento horizontal, se trazará intentando seguir la línea del terreno.

Figura 16.

Alineamiento Vertical.

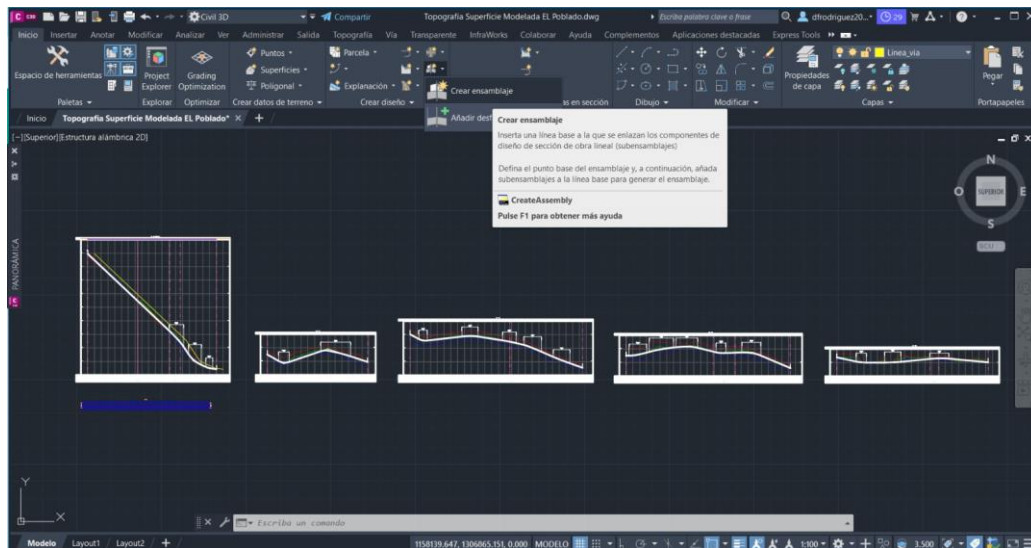


En el alineamiento vertical se evidencias las características de las curvas verticales, mostrando longitud de curva, PK, y pendientes.

Se realizaron todos los perfiles de los alineamientos de todas las vías, para posteriormente realizar el ensamble del pavimento a modelar.

Figura 17.

Perfiles de Vías Urbanización el Poblado.

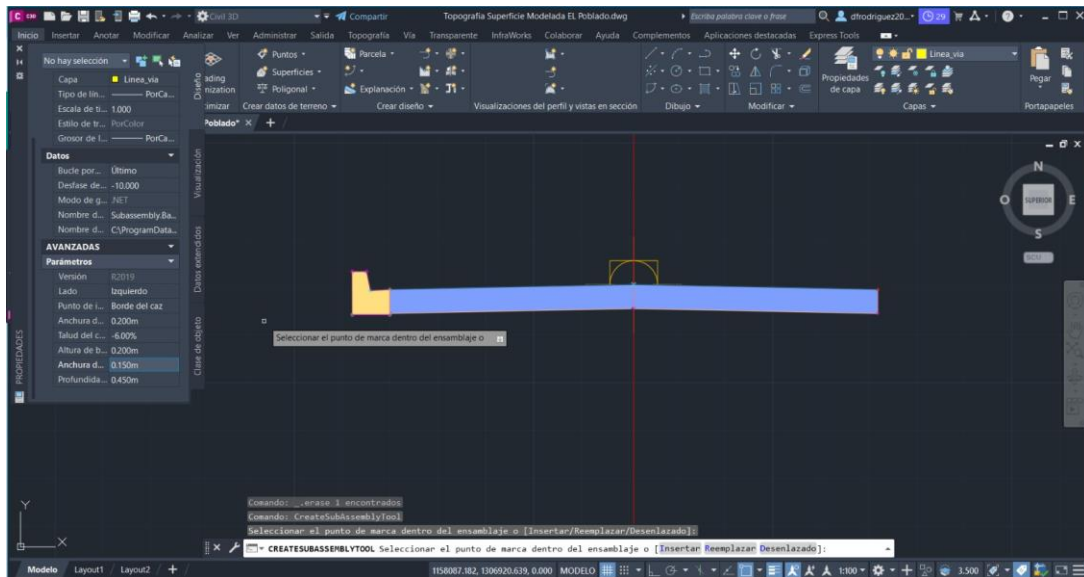


Nota: se realizaron todos los perfiles correspondientes a las vías, además de los alineamientos verticales a cada vía para posteriormente la creación del modelado del pavimento.

Después de tener los componentes para poder modelar la estructura del pavimento se procedió a realizar el ensamble de dicha estructura, sus bordillos, y sus cortes.

Figura 18.

Creación de Ensamble para modelo de Estructura Vial.

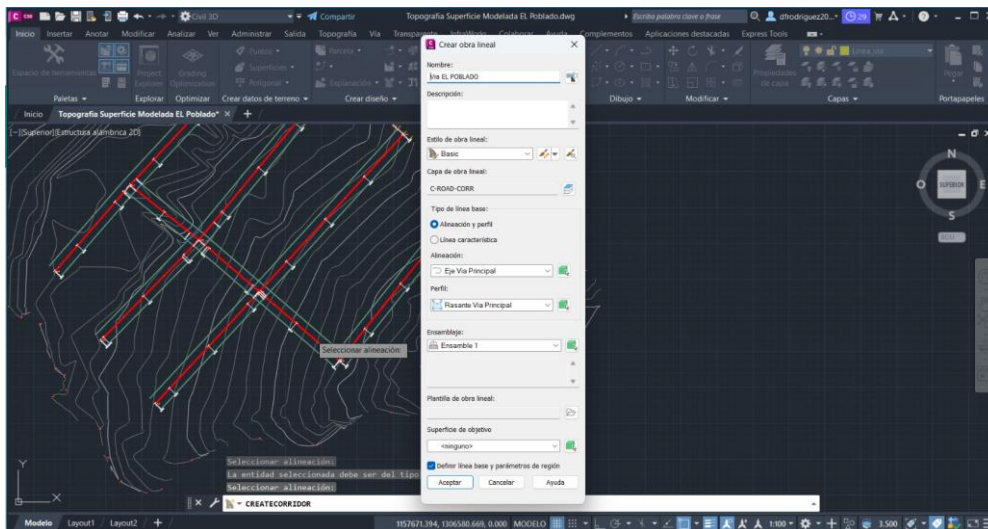


Nota: Se crea el ensamble, este permite crear la estructura que se modelara a lo largo del alineamiento horizontal y vertical.

Se crea el corredor o modelado, para esto se selecciona la pestaña Obra lineal, en esta se introduce el Alineamiento horizontal, el alineamiento Vertical, el tipo de ensamble y la superficie en la cual se va a modelar.

Figura 19.

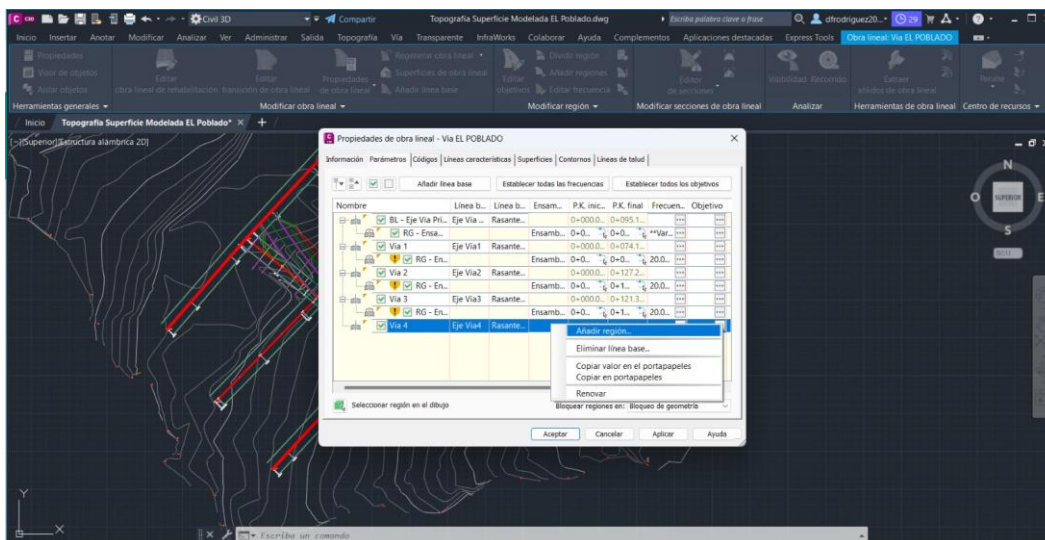
Creación de Modelado, selección de Alineamientos, ensamble y perfil.



Una vez creado la primera obra lineal o modelo, se agregan las líneas, los perfiles, el ensamble y la superficie, creando así un conjunto de modelado.

Figura 20.

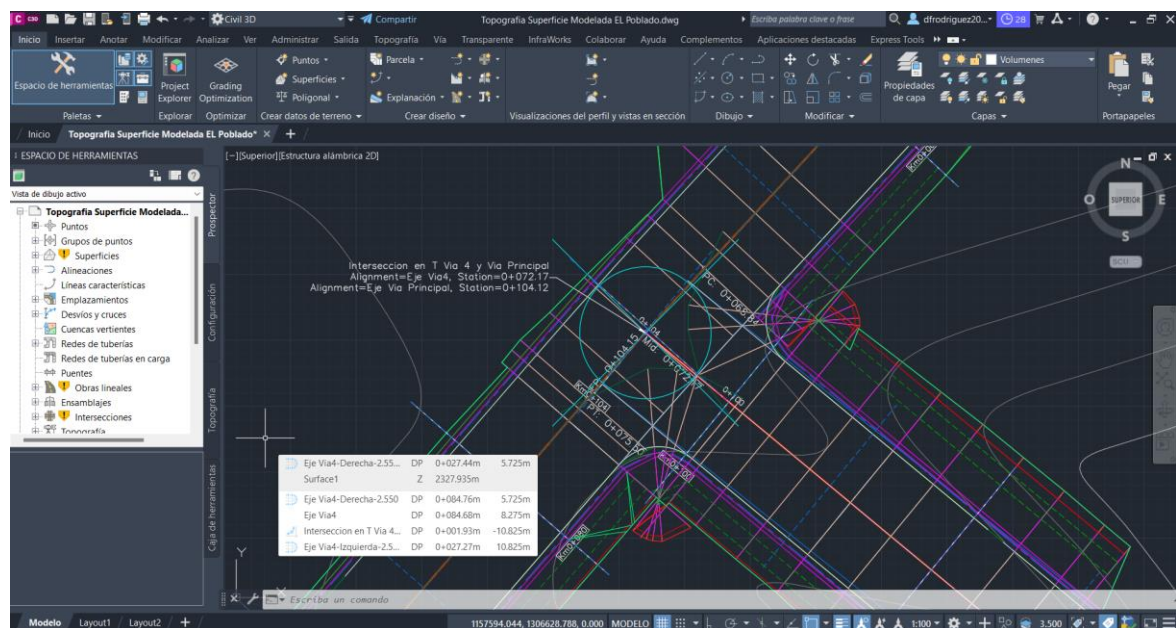
Conjunto de Modelado malla vial El Poblado.



De esta forma se crea el corredor o modelado de la vía, sin embargo, no se crean las intersecciones necesarias para conectar todas las vías. Para crear las intersecciones se utiliza la herramienta intersección, esta se usará cuando los alineamientos horizontales se crucen, además para crear esta intersección se debe tener en cuenta el alineamiento horizontal y vertical, esto con el fin de que en la cota de intersección los trazados estén a una cota posible de empalmar, de lo contrario dicha intersección no será posible, mostrándonos un error en el modelado.

Figura 21.

Creación de Intersección entre la Vía 4 y la Vía Principal.

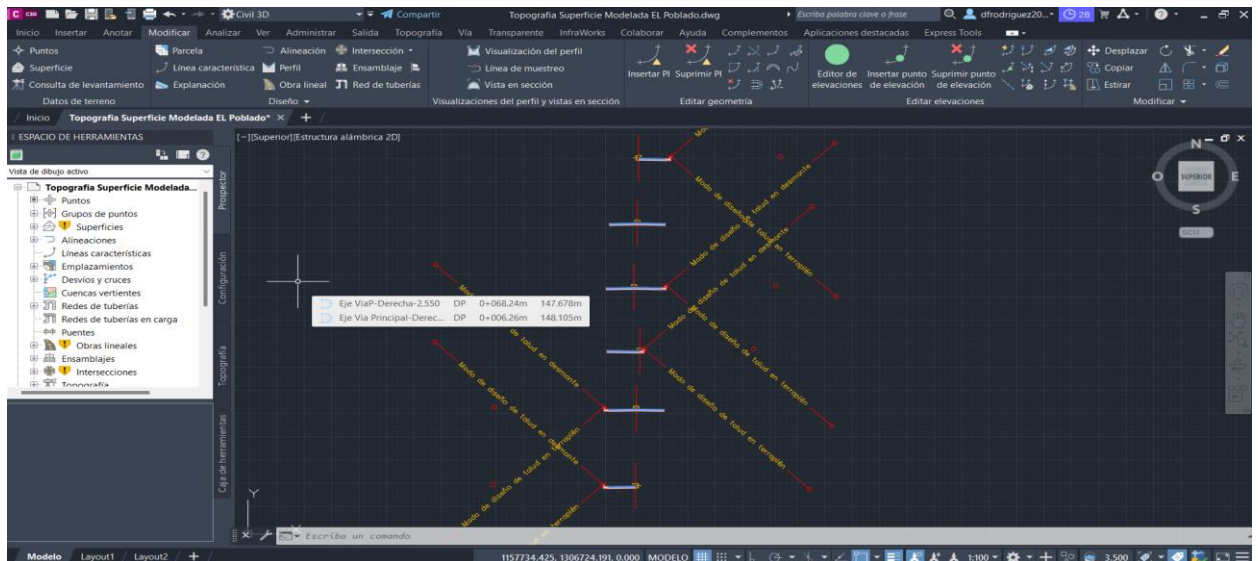


Nota: Se crean las intersecciones, teniendo como principal la vía 4 al ser la final.

Al crear las intersecciones se deberán crear otros ensamblajes, estos con el fin de cumplir todos los perfiles de las curvas y demás que necesita la sección de intersección para hacer un modelado suave y continuo.

Figura 22.

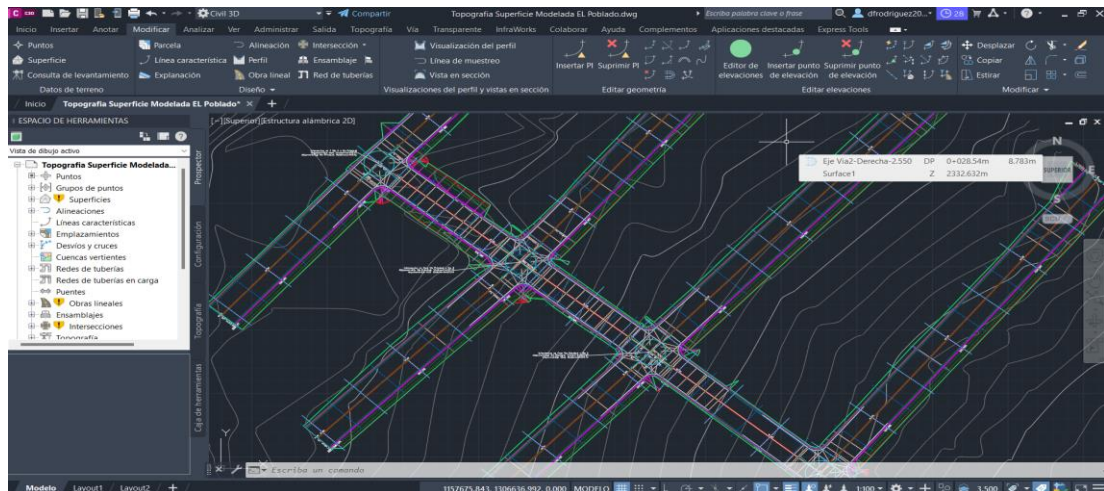
Creación de Ensamblajes necesarios para las intersecciones.



Finalmente se obtuvo un modelado conciso, uniforme, y que muestra una vista a la creación del pavimento sobre la superficie o topografía existente, además muestra el corte y relleno de la misma.

Figura 23.

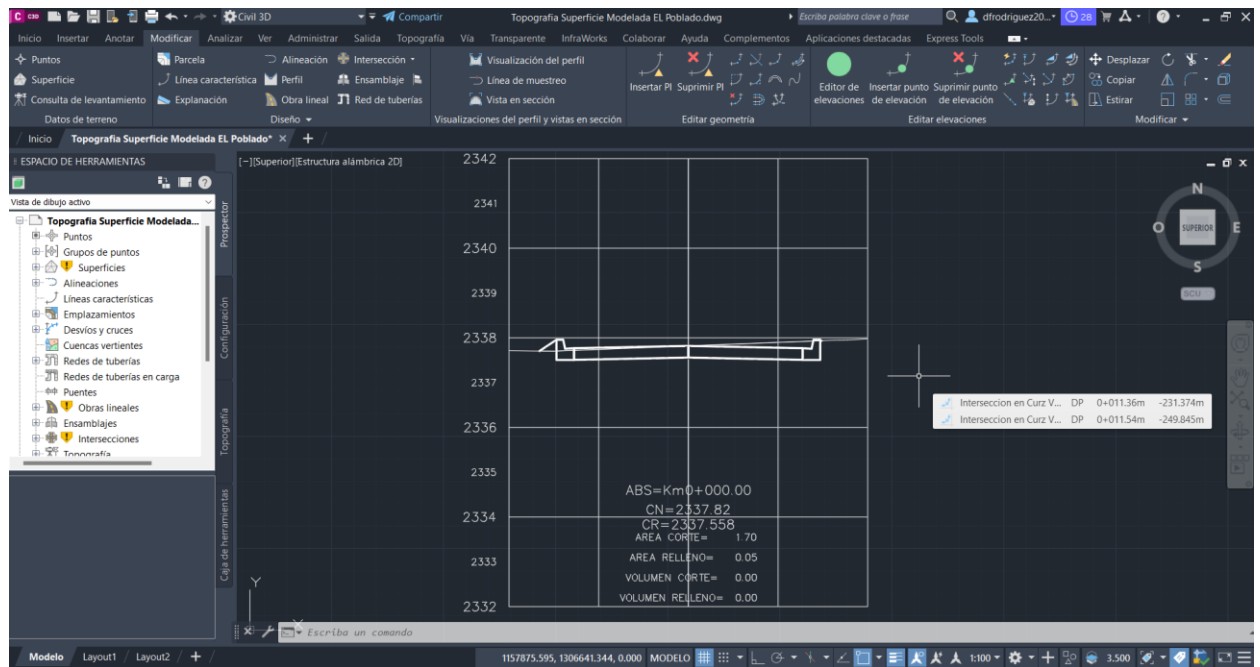
Modelo en Planta, intersecciones terminadas y nombradas.



Para obtener el relleno y corte necesarios del terreno se copia la capa existente, con el fin de sacar las secciones de la vía, se configura el estilo de líneas y textos para crear las secciones, las secciones serán guiadas a través de polilíneas, estas se reparten a lo largo del recorrido del alineamiento, y así cada cierta distancia se mostrará la sección de la misma.

Figura 24.

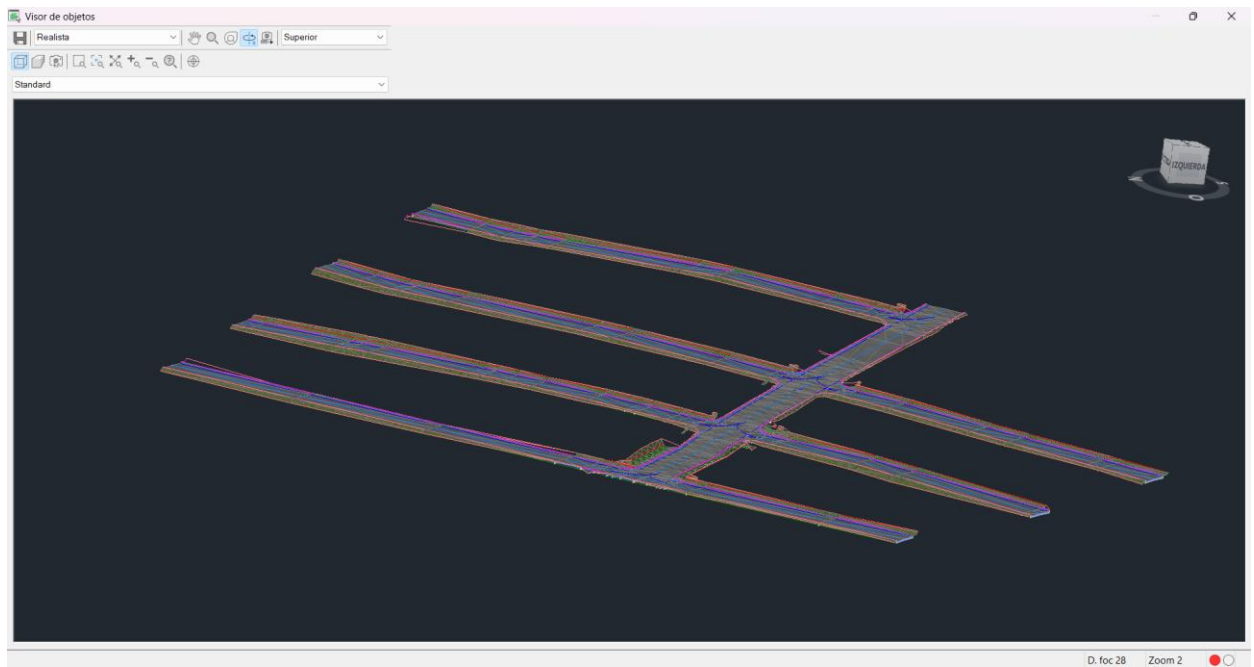
Secciones a lo largo de la vía principal, con Absisa, Cota negra, Cota Roja, y áreas y Volúmenes.



Una vez configuradas las secciones se puede dar por terminado el modelado del pavimento, teniendo así detalles precisos en corte y relleno, de igual forma una visualización de la vía en 3D.

Figura 25.

Vista de Modelo Realista de la Vía en la Urbanización El Poblado.



Nota: Se muestra el modelo 3D de la vía modelada, con intersecciones ajustadas y uniformes, adema se puede hacer un recorrido por las secciones de la vía.

Conclusiones

De lo anterior se puede concluir que, con base en la recolección y análisis de datos poblacionales y características del suelo, se logro determinar las variables necesarias para el diseño del pavimento rígido de la urbanización el poblado, cumpliendo así con la normativa INVIAS. Con esto se garantiza que el diseño propuesto sea viable frente la variable de tráfico y el tipo de suelo existente, con esto se contribuyó al desarrollo de infraestructura urbana eficiente y acorde con la normativa de diseño INVIAS.

Se logro culminar el diseño del pavimento rígido satisfactoriamente teniendo en cuenta las variables de diseño del suelo, transito, calidad de concreto y acero transmisor de energía, esto se logró usando las tablas de diseño y recomendaciones dadas por la normativa INVIAS, asegurando una correcta interpretación de las características del proyecto, garantizando el cumplimiento técnico de la normativa INVIAS, de esta forma se garantiza un diseño funcional adaptado a las condiciones del proyecto Urbanización el Poblado.

De esta forma se concluye con la selección de la alternativa mas viable para el diseño de pavimentos, en esta propuesta se incluyó la determinación del espesor optimo de la losa y el tipo de acero de refuerzo teniendo en cuenta las condiciones especificas del proyecto y las recomendaciones de la normativa INVIAS, además se diseño una plantilla de mantenimiento estableciendo los tiempos y las actividades recomendados por la normativa, asegurando así la durabilidad y el correcto funcionamiento del pavimento. Esto con el fin de reforzar la parte económica del diseño, contribuyendo a la sostenibilidad de la infraestructura.

A modo de cierre se concluye con la elaboración de un modelado de las vías en la ciudadela residencial el poblado, con los datos obtenidos del diseño previamente realizado, con el fin de detallar las secciones del pavimento y presentar una representación del trazado vial, en este modelo se incluye la generación de etiquetas, guitarras para la impresión de planos precisos y con datos completos según la normativa INVIAS, perfiles longitudinales y ensambles específicos de pavimentos, lo que permite visualizar con exactitud los aspectos técnicos del diseño. El uso de esta herramienta demostró un gran potencial para optimizar procesos de trazado y pendientes, mejorar la calidad de diseño y promover la innovación en el ámbito de la ingeniería vial, demostrándose como un recurso clave para futuros proyectos de infraestructura vial.

Recomendaciones

A manera de recomendación para futuros modeladores y diseñadores, se debe tener en cuenta a la hora de realizar un diseño y un modelado de pavimentos principalmente los estudios previos a el diseño, estos estudios nos pueden indicar variaciones en el suelo muy importantes en obras de mayor envergadura, exigiendo no solo un mayor análisis si no también un desafío más a la hora de diseñar.

Se recomienda tener métodos constructivos seguros, y honestos, en los pavimentos rígidos influyen las cargas y el terreno, así mismo el no tener buenas prácticas constructivas puede llevar a fallas en losas y sectores críticos.

Referencias

- Autodesk. (2020, marzo 11). ¿Qué es AutoCAD Civil 3D? • Autodesk Journal. *Autodesk Journal*. <https://www.autodeskjournal.com/que-es-autocad-civil-3d/>
- Bernal Urrego, D., Ramírez Cruz, L. D., & Peñuela Roncancio, J. F. (2018). Diseño en estructura de pavimento rígido de la abscisa k0+101.6 hasta el k0+301.6 del barrio Villas del Nuevo Siglo – municipio de La Mesa—Cundinamarca. [Thesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. En *Reponame: Colecciones Digitales Uniminuto*. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/7193>
- Hidalgo Zuñiga, F. G. (2015). *Estudio definitivo para la ampliación y apertura de la vía Guano—Riobamba L = 4.7 km, cantón Guano, provincia de Chimborazo* [bachelorThesis, Quito / UIDE / 2015]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2195>
- Home—American Concrete Pavement Assn. (1963). <https://www.acpa.org/>
- Jaimes Martinez, G. M., & Villamizar Mendoza, N. A. (2019). Propuesta de diseño de una estructura de pavimento rígido y flexible, en el tramo vial de la avenida 1 entre las calles 14A la 24 del barrio Mariano Ospina Pérez del municipio de Cúcuta, Norte de Santander. <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1112031.pdf>. <http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/2908>
- Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. (2007). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito>

Miranda, T., & Gustavo, D. (2012). *Desarrollo de un sistema constructivo de reparación de pavimentos de hormigón con losas prefabricadas.*

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112103>

Montejo Fonseca, A. (1998). *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS.*

https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

Normas AASHTO | Normas AASHTO en español. (1996). Sitio de América Latina.

<https://la.astm.org/es/standards/aashto/>

Omaña Rueda, L. K. (2019). Diseño de la estructura del pavimento rígido y ajuste de la geometría según guía de diseño de pavimento con placa huellas del envías del tramo de vía k5+000 al k6+000 de la vía terciaria Salazar de las Palmas –Montecristo en el departamento Norte de Santander. *Universidad Francisco de Paula Santander.*

<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/3656>

Ortiz Parra, D. A., & Núñez Soto, C. R. (2021). *Propuesta de diseño para la construcción de pavimento rígido mediante dos métodos: Aastho e envías, en el barrio Valles del Mirador entre las manzanas l, k, e, a y calle 20, municipio de Los Patios, Norte de Santander* [Proyecto de Grado, Universidad Francisco de Paula Santander].

<http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1455>

Padilla Topón, R. P. (2011). *Diseño del pavimento rígido para el tramo El Empalme (abscisa 0+000) – Celica (abscisa 20+300) de la vía El Empalme – Celica – Alamor*

[bachelorThesis, Quito / UIDE / 2011]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2050>

Pamplona Norte de Santander Colombia. (s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de

<https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/municipios/region-sur/pamplona/pamplona.htm>

Pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx. (s. f.). Recuperado

11 de diciembre de 2024, de [https://pamplona-](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx)

[nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx)

Pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx.

(s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de [https://pamplona-](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx)

[nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx)

Pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#.

(s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de [https://pamplona-](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#gsc.tab=0)

[nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#gsc.tab=0)

[Municipio.aspx#gsc.tab=0](https://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#gsc.tab=0)

Parada Moreno, P. A., & Arévalo Moreno, D. J. (2022). Apoyo y acompañamiento en el

monitoreo de las actividades de obra del proyecto dirigido a la construcción de vías

urbanas en pavimento rígido del corregimiento de Rincón hondo municipio de

Chiriguaná departamento del Cesar.

https://catalogobiblioteca.ufps.edu.co/descargas/tesis/2420360_2420208.pdf.

<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7286>

Parada Torres, F. J. (2017). Estudio y diseño de pavimento rígido y flexible de vía Gramalote

Lourdes en el sector “La Joya del Diablo” municipio de Lourdes. Norte de Santander.

<http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1111127.pdf>.

<http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1943>

PCA - The Portland Cement Association—America's Cement Manufacturer. (s. f.). Recuperado 2 de julio de 2024, de <https://www.cement.org/>

Peñaranda Pabón, J. D. (2017). Estudio y diseño para la pavimentación de la calle 7 entre avenida 14 y 15 del barrio Torcoroma 2, municipio de Cúcuta—Norte de Santander. <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1111233.pdf>.
<http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6232>

Ponencia-C.B.R..pdf. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2024, de <https://www.geotecnicadelsur.com/wp-content/uploads/2012/10/Ponencia-C.B.R..pdf>

¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center. (s. f.). Recuperado 1 de diciembre de 2024, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Tarquino León, A. F., Alzate Valencia, J. R., & Franco Muñoz, A. E. (2019). *Diagnóstico, optimización, diseño de pavimento rígido y flexible de la vía san Nicolás en la vereda Barzalosa* [Thesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios].
<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12074>

Umbarila Bolivar, A. V., & Moncada Benitez, J. Z. (2016). Diseño de pavimento rígido de las vías del sector urbano del barrio Villas de Mejue del municipio de Chinácota. Norte de Santander. <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1111235.pdf>.
<http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/5015>

Vargas Villafuerte, M. I. (2015). *Estudio geotécnico—Vial para el diseño estructural de la vía que conduce desde San Luis de la Carbonería hasta la acequia de Peribuela y hacia los tanques de agua de abastecimiento del sector, ubicada en la parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura* [bachelorThesis, Quito / UIDE / 2015].
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2154>

Vasquez Ortiz, M. V., Perdomo Ramirez, L. K., & Vasquez Cardenas, A. (2019). *Estudio y diseño de pavimento rígido para la vía urbana de bajo tránsito en la carrera 5 entre las calles 1,2, Y 3 del municipio de Nilo Cundinamarca* [Thesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/13203>

Villacís Machuca, W. G. (2014). *Manual práctico de optimización para la revisión de estudio de diseño de pavimentos* [bachelorThesis, Quito / UIDE / 2014]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2220>

APÉNDICES

Apéndice A. Proyección Poblacional, Obtención de TPDs [PROYECCION POBLACIONAL EL POBLADO](#)

Apéndice B. Diseño de Pavimento Urbanización El Poblado [DISEÑO DE PAVIMENTO](#)

Apéndice C. Curvas Generadas y exportadas a ArcGis [CURVAS DE NIVEL EL POBLADO](#)

Apéndice D. Presupuesto de Construcción y Mantenimiento del Pavimento [PRESUPUESTO](#)

Apéndice E. Ejes Viales exportados desde ArcGis a Civil 3D [EJES VIAS](#)

Apéndice F. Modelado, perfiles y secciones del diseño de pavimento de Urbanización el Poblado [MODELO EL POBLADO](#)

Apéndice G. Informe Geotecnia EL POBLADO Geotecnia [EL POBLADO](#)

Apéndice H. Certificado de Practicas [CERTIFICADO](#)