

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA
COMPRENDIDA ENTRE LA ZONA INDUSTRIAL Y CASABE SUR DEL CAMPO
CASABE DE ECOPETROL S.A UBICADO EN EL MUNICIPIO DE YONDÓ
(ANTIOQUIA)**

JOSE RAUL FIALLO CASTRO

INGENIERO CIVIL

DANIEL JOSE PEREZ PEÑATE

INGENIERO CIVIL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2014

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA
COMPRENDIDA ENTRE LA ZONA INDUSTRIAL Y CASABE SUR DEL CAMPO
CASABE DE ECOPETROL S.A UBICADO EN EL MUNICIPIO DE YONDÓ
(ANTIOQUIA)**

JOSE RAUL FIALLO CASTRO

INGENIERO CIVIL

DANIEL JOSE PEREZ PEÑATE

INGENIERO CIVIL

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS**

Director

ELISEO OSORIO SUAREZ

INGENIERO CIVIL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2014

En honor a mi parceró y hermano, Gerson Plata Q.E.P.D

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL.	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	25
4.2 TEORÍA DE PAVIMENTOS	26
4.3 ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	28
5. ESTUDIO AMBIENTAL	31
5.1 NORMATIVA AMBIENTAL	31
5.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL CAMPO CASABE	33
5.2.1 Políticas Ambientales.	35
5.2.1.1 Compromiso Corporativo.	35
5.2.1.2 Mejoramiento Continuo Ambiental.	35
5.2.1.3 Planificación Ambiental.	35
5.2.1.4 Responsabilidad Ambiental.	35
5.2.1.5 Prevención.	36
5.2.1.6 Integración.	36
5.2.1.7 Monitoreo, documentación y comunicación.	36
5.2.2 Descripción y caracterización ambiental del área	36
5.2.3 Zonificación ambiental	37
5.2.4 Lineamientos de manejo ambiental	38
5.2.5 Permisos Ambientales	39
5.2.5.1 Recurso hídrico.	39

5.2.5.2 Vertimientos.	40
5.2.5.3 Materiales de arrastre y de cantera.	40
5.2.5.4 Aprovechamiento Forestal.	41
5.3 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	42
5.3.1 Descripción de actividades de obra.	42
5.3.2 Identificación y evaluación de Impactos.....	43
6. ESTUDIO TÉCNICO	53
6.1 TAMAÑO DEL PROYECTO	53
6.2 LOCALIZACION	53
6.2.1 Macrolocalización.....	53
6.2.2 Microlocalización	54
6.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO	55
6.3.1 Estudio De Transito.....	55
6.3.1.1 Aforos vehiculares.....	55
6.3.2 Estudio de Suelos	64
6.3.2.1 Características del terreno	64
6.3.2.2 Tratamiento de Subrasante.....	64
6.3.3 Diseño de Pavimento	66
6.3.3.1 Nivel de Confiabilidad.....	67
6.3.3.2 Desviación Estándar (SO).....	67
6.3.3.3 Serviciabilidad.	68
6.3.3.4 Módulo Resiliente efectivo de la Subrasante	69
6.3.3.5 Coeficiente de capa en Pavimentos Asfálticos.....	70
6.3.3.6 Dimensionamiento estructuras de Pavimento Propuestas	75
6.3.4 Diseño Geométrico Vial.....	80
6.3.4.1 Parámetros de Diseño.....	80
6.3.4.2 Clasificación de la vía.....	81
6.3.4.3 Cálculo de parámetros	81
6.3.4.4 Diseño geométrico en Perfil del eje de la Vía.....	87
6.3.4.5 Calculo de Volúmenes	90

6.3.5	Geotecnia Vial.....	91
7.	ESTUDIO DE INVERSIÓN	94
7.1	ESTIMACIÓN DE RECURSOS.....	94
7.1.1	Recurso Humano	94
7.1.2	Recurso maquinaria y equipos.....	95
7.1.3	Recurso Administrativo.	95
7.2	PRESUPUESTO ESTIMADO	97
7.3	ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO	98
7.3.1	Proyectos en Ecopetrol S.A	99
7.3.2	Análisis de los Costos Sin Proyecto	100
7.3.2.1	Costo de mantenimiento	100
7.3.2.2	Costo en materia HSE.....	101
7.3.2.3	Costos asociados a producción.	102
7.3.3	Análisis de los Costos Con Proyecto.....	103
7.3.3.1	Costo de mantenimiento.	103
7.3.3.2	Costo en materia HSE.....	103
7.3.3.3	Costos asociados a producción.	104
8.	CONCLUSIONES.....	106
9.	RECOMENDACIONES	110
	BIBLIOGRAFÍA.....	112
	ANEXOS.....	114

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de Áreas	37
Tabla 2. Disposición de Residuos Líquidos	40
Tabla 3. Aprovechamiento Forestal	41
Tabla 4. Actividades de obra.....	42
Tabla 5. Identificación de Impactos.....	44
Tabla 6. Matriz de Impactos.....	46
Tabla 7. TPD para la Vía de estudio	57
Tabla 8. TPD para diseño pavimento.....	59
Tabla 9. Periodos de diseño por INVIAS en Colombia.	60
Tabla 10. TPD para diseño pavimento.....	62
Tabla 11. Factor Camión para diferentes vehículos.....	62
Tabla 12. Proyección Vehicular.	63
Tabla 13. Tabla resumen de resultados de Laboratorio.....	65
Tabla 14. Nivel de confiabilidad	67
Tabla 15. Agua removida por calidad del drenaje.....	74
Tabla 16. Coeficientes de drenaje (Cd)	75
Tabla 17. Diseño de la Subrasante.....	76
Tabla 18. Calculo diseño estructura 1.....	76
Tabla 19. Espesores diseño estructura 1.....	77
Tabla 20. Calculo diseño estructura 2.....	77
Tabla 21. Espesores diseño estructura 2.....	78
Tabla 22. Calculo diseño estructura 3.....	78
Tabla 23. Espesores diseño estructura 3.....	79
Tabla 24. Valores de velocidad de Diseño.....	82
Tabla 25. Radios mínimos para peralte máximo.....	83
Tabla 26. Radios (R_C) según velocidad especifica (V_{CH}) y Peraltes $e_{m\acute{a}x.} = 8\%$...	84

Tabla 27. Radios (R_C) según velocidad específica (V_{CH}) y Peraltes $e_{m\acute{a}x.} = 6\%$...	85
Tabla 28. Pendiente Máxima (%) en función de la velocidad de diseño.	88
Tabla 29. Relación entre pendiente máxima (%) y Velocidad Específica.	88
Tabla 30. Ancho de calzada (metros).	90
Tabla 31. Descripción básica de geotécnica.	91
Tabla 32. Recurso Humano.	94
Tabla 33. Recurso Maquinaria y Equipo.	95
Tabla 34. Recurso Administrativo.	96
Tabla 35. Presupuesto Estimado.	97
Tabla 36. Factor J.	105

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Municipio de Yondó Antioquia	28
Figura 2. Plano de localización del Centro Petrolero de Casabe	29
Figura 3. Mapa ubicación municipio de Yondó	54
Figura 4. Microlocalización del proyecto.	54
Figura 5. Localización de aforo Vehicular.	56
Figura 6. Cama baja – T3 – S2 - R2.	58
Figura 7. Grúa utilizada eventualmente.	59
Figura 8. Factor Direccional para el Diseño	61
Figura 9. Proyección del tráfico.....	63
Figura 10. Componentes estructurales del pavimento.....	72
Figura 11. Esquema general de Estructura 1	77
Figura 12. Esquema general de Estructura 2	78
Figura 13. Esquema general de Estructura 3	79
Figura 14. Desarrollo de Peralte.	86
Figura 15. Tipos de Curvas.....	89
Figura 16. Costo anual de Mantenimiento.	100
Figura 17. Proyección Costo de Mantenimiento.	101
Figura 18. Costo anual en materia HSE.	102
Figura 19. Proyección Costo anual en materia HSE.....	102

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Calculo ejes equivalentes.....	60
Ecuación 2. Numero estructural total del pavimento.....	72
Ecuación 3. Diseño de Pavimento Flexible.....	73
Ecuación 4. Radios mínimos.	84
Ecuación 5. Longitudes de transición.	85
Ecuación 6. Rampa de peralte.....	86

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha 1, Uso y aprovechamiento del Agua y de los recursos hidrobiológicos	114
Anexo B. Ficha 2, Manejo del Suelo.	115
Anexo C. Ficha 3, Manejo de Flora y Fauna.	116
Anexo D. Ficha 4, Protección de ecosistemas y recursos naturales.....	117
Anexo E. Ficha 5, Restauración paisajística y repoblación Forestal.....	118
Anexo F. Ficha 6, Plan de manejo de aguas lluvias.	119
Anexo G. Ficha 11, Plan de manejo de residuos sólidos industriales.....	120
Anexo H. Ficha 13, Plan de manejo de ruido y contaminación atmosférica	121
Anexo I. Conteo Vehicular	122
Anexo J. Transito Promedio Diario	123
Anexo K. Diseño Geométrico.....	124

GLOSARIO

AFIRMADO: material compuesto por diversos elementos, principalmente pétreos de tamaños diversos proceden de la fragmentación natural o artificial de la roca. (Principalmente ígneas. Este material se usa extendiéndose sobre el firme de una carretera para igualarlo y consolidarlo, Se emplea para el diseño de caminos de bajo volumen de tránsito, principalmente vías rurales, esta capa se compacta de forma manual o mecánica sobre la capa de subrasante o suelo.

DEPURACIÓN: proceso de identificar y corregir errores.

EQUIPOS DE WORKOVER: los servicios de workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes. Estos equipos se utilizan para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción o bien activar zonas productoras mediante procesos de fracturación o acidificación. Se utilizan también para convertir pozos productores en pozos de inyección. Otros servicios de workover incluyen reparaciones importantes en el subsuelo, como reparaciones de la cañería de revestimiento (casing) o el reemplazo de equipamiento de fondo de pozo que ha sufrido deterioro. Los equipos de workover se usan en el proceso de terminación de pozos, que es la preparación de un pozo de petróleo o gas natural recientemente perforado para ponerlo en producción.

ESTRUCTURA VIAL: constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos. La infraestructura vial se compone de un conjunto de elementos, cada uno de los cuales cumple una función específica, que tienen como propósito asegurar un tránsito confortable y seguro de los usuarios (peatones y vehículos).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL: estudio cuya finalidad es la determinación detallada de los efectos producidos por el proyecto vial, la elaboración del Plan de Manejo Ambiental, y el cálculo de los costos de las obras de mitigación ambiental.

FALLOS: se le denomina así, a la estructura vial que presenta deterioro, ya sea en forma superficial o en presencia de un hueco.

HSE: sus siglas en inglés “Health, Safety and Environment” que en español se traduce en Salud, Seguridad y Ambiente. Es un sistema de gestión que permita reducir el riesgo de litigio en las empresas.

IMPACTO AMBIENTAL: cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

INVIAS: instituto nacional de vías de Colombia

MATERIAL ORTÓTROPO: tiene dos o tres ejes ortogonales entre sí, de doble simetría rotacional, de forma que sus propiedades mecánicas son, en general, diferentes en las direcciones de cada uno de esos ejes. Un ejemplo familiar de un material ortótropo con tres ejes mutuamente perpendiculares es la madera.

MÉTODO AASHTO: método de diseño para cálculo de pavimentos.

MÉTODO SHELL: método de diseño para cálculo de pavimentos.

PAVIMENTO: 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 y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del

tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñado la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos.

PAVIMENTO FLEXIBLE: tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado.

PAVIMENTO RÍGIDO: es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado.

PERALTE: inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.

POZOS INYECTORES: son aquellos pozos que permiten inyectar fluidos en las formaciones atravesadas durante la perforación, el fluido inyectado puede ser gas, agua, vapor de agua o productos químicos. El proceso de inyección realiza principalmente dos objetivos: mantener la presión del yacimiento y desplazar los fluidos que se encuentran en la formación hacia los pozos productores.

POZOS PRODUCTORES: son aquellos pozos que se perforan con el objetivo de producir hidrocarburos de un yacimiento.

OBRAS DE DRENAJE: obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado.

REHABILITACIÓN DE LA VÍA: reconstrucción y recuperación de vías y carreteras.

RELICTO: Remite a los remanentes sobrevivientes de fenómenos naturales, o a especies vivas con una distribución muy reducida por causas naturales o menos frecuentemente por causa del ser humano.

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL: es el equilibrio que se genera a través de la relación armónica entre la sociedad y la naturaleza que lo rodea y de la cual es parte

SUBRASANTE: superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

TALUD: paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén

VÍA: zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales.

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA COMPRENDIDA ENTRE LA ZONA INDUSTRIAL Y CASABE SUR DEL CAMPO CASABE DE ECOPETROL S.A UBICADO EN EL MUNICIPIO DE YONDÓ (ANTIOQUIA)[±]

AUTORES: JOSE RAUL FIALLO CASTRO
DANIEL JOSE PEREZ PEÑATE^{±±}

PALABRAS CLAVES: accesibilidad, Campo Casabe, Ecopetrol, evaluación

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se enmarca en la rehabilitación de la vía secundaria, con estructura tipo INVIAS, que comunica la zona industrial y Casabe Sur, pertenecientes al Campo Casabe de la Superintendencia de Operaciones del Rio de Ecopetrol S.A, ubicado en el municipio de Yondó Antioquia.

Ecopetrol S.A, se encuentra en la expansión del Campo Casabe con fin de aumentar la producción. Su expansión se enfoca en Casabe Sur, que en la actualidad cuenta con una vía que no garantiza la accesibilidad y dificulta su movilidad, debido a sus condiciones subestandar, lo que conlleva a un alto costo relacionado al mantenimiento de ésta.

Es por esto que Ecopetrol S.A requiere una alternativa para mitigar este gasto operacional de accesibilidad, movilidad y comunicación entre el área administrativa y operativa del Campo Casabe, garantizando un servicio más eficiente y eficaz en la producción de casabe sur.

Para la elaboración de este proyecto se utilizó información primaria, la cual consistió en la obtención de datos mediante estudios de suelos y de tránsito; que permitirán realizar el diseño de pavimento óptimo y el diseño geométrico de la vía.

Este proyecto se enfatiza en la evaluación ambiental, técnica e inversión. En el aspecto ambiental se orientara a la directriz de Ecopetrol de la extracción de barriles limpios lo cual implica la sostenibilidad ambiental. La evaluación técnica, determina que la vía durante su periodo útil presentara las condiciones adecuadas para la accesibilidad y movilidad que la Operación requiera, y el estudio de inversión se enfatizara en determinar si el proyecto generará beneficios para la economía del área involucrada y la de Ecopetrol S.A

[±] Trabajo de grado

^{±±} Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director: Eliseo Osorio Suarez, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITLE: PREFEASIBILITY STUDY FOR PAVING THE WAY BETWEEN THE INDUSTRIAL ZONE AND CASABE SUR OF CAMPO CASABE OF ECOPETROL S.A LOCATED AT YONDO (ANTIOQUIA)[±]

AUTHORS: JOSE RAUL FIALLO CASTRO
DANIEL JOSE PEREZ PEÑATE^{±±}

KEYWORDS: accessibility, Campo Casabe, Ecopetrol, evaluation

DESCRIPTION:

The scope of this project is frame on the secondary road rehabilitation, with INVIA's structure rules, communicating the Industrial zone with Casabe Sur, belonging to Campo Casabe, Superintendencia de Operaciones del Río of Ecopetrol S.A, located at Yondó, municipality of Antioquia.

Ecopetrol S.A, located at the Campo Casabe's growth due to its interest of production growth. Its expansion focuses in Casabe Sur, currently with a road that does not guaranty the accessibility and difficults mobility due to its substandard conditions which leads to a very high cost related to its maintains.

his is why Ecopetrol S.A require an alternative to mitigate these operational expenses in terms of accessibility, mobility and communication between the administrative and operative area of Campo Casabe, guaranteeing a more efficient and effective service of CASABE Sur production.

In order to elaborate this project was used primary information, which consisted in information gathering through ground and transit studies that will allow to perform an optimum paving design and the road geometric design.

This project emphasizes the environmental assessment, technical and investment. The environmental aspect was directed at Ecopetrol S.A guideline extraction clean barrels which implies environmental sustainability. The technical evaluation determines that the satellite during its service period to submit appropriate accessibility and mobility that require operation conditions, and the study will emphasize investment in determining whether the project will generate benefits for the economy of the area involved and Ecopetrol S.A.

[±] Bechelor Thesis

^{±±} Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director: Eliseo Osorio Suarez, Ingeniero Civil.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las vías urbanas y rurales son un factor relevante en el desarrollo socio económico de la región. El transporte y la efectividad de las carreteras son agentes de gran predominio y por ende es necesaria la correcta planificación de proyectos viales que garanticen y faciliten la comunicación de sus diferentes núcleos rurales, urbanos e industriales, generando mejoramiento de la calidad de vida y una red vial eficiente.

El Campo Casabe de Ecopetrol S.A, se encuentra ubicado en el municipio de Yondó (Antioquia) y fue descubierta en el año 1941. El crecimiento de este campo está orientado hacia el costado sur del municipio en el sector denominado Casabe Sur y Peñas Blancas, generando gran importancia en la económica de la región.

La vía existente entre la zona industrial y Casabe sur del Campo Casabe se encuentra sin estructura vial, lo que conlleva a un mantenimiento constante y con altos costos. Es preciso señalar que en esta vía predomina el tráfico de vehículos pesados, no solo de la industria del petróleo sino también de la comercialización de productos agrícolas, ganadera y material ortótropo, generando deterioro sobre la vía, debido a que la capacidad portante de ésta no es la óptima para dicho tráfico.

El propósito de este proyecto es desarrollar el estudio que permita establecer la viabilidad para la pavimentación de la vía comprendida entre la zona industrial y Casabe sur del Campo Casabe de Ecopetrol S.A ubicado en el municipio de Yondó (Antioquia); implementando los conceptos técnicos, académicos y parámetros empleados en la evaluación y gerencia del proyecto y las directrices establecidas en Ecopetrol S.A.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los proyectos surgen como respuesta a una necesidad, problema u oportunidad de negocios. Así, los proyectos viales se generan a partir de la identificación de problemas de accesibilidad que requieren solución, la cual pasa a una fase de formulación con parámetros técnicos generales o referenciales, permitiendo una mayor depuración para determinar la viabilidad mediante una evaluación ambiental, técnica y de inversión.

La vía que conecta Yondó hasta los pozos de producción de Casabe Sur, actualmente se encuentra sin una estructura de pavimento capaz de soportar las cargas de los vehículos que pasan diariamente para transportar trabajadores, maquinarias y otros equipos requeridos en la zona. La vía es objeto constante de un mantenimiento para facilitar el acceso de los vehículos sin embargo las condiciones del terreno no garantizan la uniformidad del mismo en un periodo determinado.

Los costos de mantenimiento de la vía actual, así como los costos de los usuarios en tiempos de viaje y combustible, han sido una de las principales razones para evaluar la construcción de una nueva estructura de pavimento flexible que garantice comodidad, durabilidad y seguridad en la vía.

Este proyecto presenta la rehabilitación de la vía que comunica a la zona industrial del Campo Casabe con el área operativa denominada Casabe Sur, con una longitud aproximada de 7,10 Km.

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto comprende la evaluación técnica, ambiental y de inversión para la pavimentación de la vía que comunica la zona industrial del Campo Casabe y el área operativa denominada Casabe Sur. La evaluación técnica determina si la vía durante el periodo de tiempo de su vida útil presentará las condiciones adecuadas para la circulación de los flujos vehiculares. La evaluación ambiental identifica y evalúa los cambios en los medios físicos, agua, aire y, suelo, que impactan contra la biodiversidad, para minimizar estos impactos. El estudio de inversión busca determinar si el proyecto generará beneficios para la economía del área involucrada y la de Ecopetrol S.A; identificando y valorando todos los beneficios potenciales y costos vinculados a este, con el fin de establecer si esos beneficios compensan los costos incurridos durante la construcción de la vía y su vida útil (operación y mantenimiento).

El estudio de inversión para este proyecto consiste en un análisis “diferencial” de beneficios y costos entre un escenario sin proyecto con un escenario con proyecto. Ambas se planean de manera independiente durante todo el periodo de estudio, implementando las directrices de Ecopetrol S.A.

Ecopetrol S.A, se está enfocando en la ampliación de áreas operativas para el incremento de producción a fines de aportar en el alcance de su MEGA¹ corporativa. En el Campo Casabe ubicado en el municipio de Yondó (Antioquia), la ampliación del área operativa se localiza en el sector denominado Casabe Sur, estructurada por un sistema de extracción de crudo el cual contempla la

¹ MEGA corporativa de Ecopetrol S.A. Ser una empresa integrada de hidrocarburos en la cadena de valor logrando un millón de barriles de producción al 2015 y a la cadena de refinación, transporte y comercialización asegurar la calidad, confiabilidad y mayor rentabilidad de portafolio de productos y servicios requeridos por el mercado nacional e internacional.

perforación de nuevos pozos productores e inyectores, la construcción de una Estación de Tratamiento y Recolección de Crudo y la construcción de una Planta de Inyección de Agua.

En la actualidad la accesibilidad a esta área operativa, no cuenta con una estructura vial que garantice el flujo vehicular de equipo, maquinaria y personal necesario para efectuar un eficiente desarrollo de actividades propias de la operación, mantenimiento y producción, conllevando a altos costos en su funcionalidad. Por lo anterior es necesario analizar mediante los estudios mencionados, la ejecución de este proyecto para beneficio de Ecopetrol S.A.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar el estudio Ambiental, Técnico y de Inversión para la Pavimentación de la vía comprendida entre la zona industrial y Casabe Sur del campo Casabe de Ecopetrol S.A ubicado en el municipio de Yondó (Antioquia).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los impactos ambientales que genera la ejecución del proyecto.
- Realizar el estudio de tráfico requerido para el proyecto.
- Obtener la capacidad portante mediante el estudio de suelos.
- Diseñar la estructura de pavimento de la vía del proyecto.
- Estimar los costos en los cuales se puede incurrir para la ejecución del proyecto.
- Analizar los costos estimados para determinar la viabilidad de la inversión.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En Ecopetrol S.A inicia etapa de perforación para la extracción de crudo en Casabe Sur a mediados del año 2009. La accesibilidad a este campo es por medio de la vía terciaria que hace parte de la red vial rural del municipio de Yondó, la cual comunica a la cabecera municipal con las veredas de San Luis Beltran, Peñas Blancas, entre otras. La vía se encuentra localizada en un terreno relativamente uniforme y un poco montañoso, presenta una pendiente general del 3% desde la zona industrial hasta Casabe Sur con una longitud de 7,10 km.

Esta vía se encuentra en afirmado, estructura que por su naturaleza presenta modo de falla de pérdida de finos, material granular, creación de cárcavas y arrastre de material por agua de escorrentía, conllevado a la generación de fallos a todo lo largo de la vía. Estos modos de falla dificultan la accesibilidad al área operativa de Casabe Sur, minimizando los tiempos de reacción en la solución a eventos generados en cuanto a mantenimiento y operación se refiere. Así mismo se presentan daños en los equipo de reacondicionamiento de los pozos productores y se generan condiciones sub-estándar en aspectos HSE, aumentando los índices de frecuencia de accidentalidad Ocupacional y de frecuencia total de casos registrables; indicadores de alto impacto corporativo para Ecopetrol S.A.

El Departamento de Mantenimiento del Campo Casabe de la Superintendencia de Operaciones del Rio de Ecopetrol S.A, mediante su área de obras civiles, efectúa un plan de mantenimiento a esta vía con fines de garantizar el acceso de los equipos, maquinaria y personal de la operación en su día a día. Para este Plan, se establece un rubro anual, en el cual se dispone los recursos estimados para

ejecutar las actividades correspondientes al mejoramiento del afirmado, como extracción de fallos, relleno con material seleccionado, ya sea con crudo de río o material granular (base y sub-base) y en sectores más críticos donde el afirmado no se pueda conformar, se implementa una estabilización con emulsión asfáltica.

4.2 TEORÍA DE PAVIMENTOS

Se denomina pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes, ancho, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas.

Es importante considerar que el aspecto más importante en la estructura de pavimento, es el que tiene que ver con la resistencia de las capas, la cual debe ser la adecuada para atenuar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Puesto que los esfuerzos de un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor capacidad los que se colocan en las capas inferiores, además de que son materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hacen en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando se determina el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes, la compactación y la humedad, debido a que cuando un material se acomoda adecuadamente, este se consolida por efecto de las cargas y es cuando se produce deformación permanente.

En el proceso de modelación y diseño de pavimento flexible existen criterios subjetivos sobre alguno de los parámetros. Se observa una tendencia a la aplicación de fórmulas empíricas por parte de los diseñadores, derivadas de algunas experiencias particulares, sin tener en cuenta patrones establecidos por entidades como por ejemplo la SHELL, AASHTO y otras que desarrollan métodos de cálculo de uso común en el medio.

El diseño de un pavimento consiste en establecer una estructura para una duración dada, bajo las sollicitaciones del tránsito y las características de la subrasante.

Para determinar los espesores de las capas de la estructura del pavimento se utilizan tres clases de metodología, las cuales son métodos empíricos (AASHTO), métodos semiempíricos (SHELL) y programas mediante metodología racional (DEPAV y UNALCAPA).

Como un primer análisis para determinar la distribución de esfuerzos en un pavimento, se aplicó el modelo propuesto por el matemático francés Boussinesq en 1885, el estado de esfuerzos en una masa de suelo a cualquier profundidad; el estudio del matemático se basó en una carga concentrada aplicada en un semiespacio lineal, elástico, isótropo y homogéneo, los esfuerzos, deformaciones y

deflexiones debido a la carga concentrada pueden ser extrapolado para obtener aquellas debidas a un área circular cargada.

Esta solución fue por mucho tiempo la única disponible, hasta que en 1945 Donald M. Burmister propuso una teoría que se podía aplicar a estructura de pavimento, basada en la Boussinesq, pero tenía en cuenta estrato y las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la masa del suelo, para calcular el estado de esfuerzos de esta a cualquier profundidad. Desde el punto de vista del estudio de pavimentos, el modelo de Burmister puede ser usado para determinar los esfuerzos, deformación y deflexiones en la sub-rasante.

4.3 ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T), se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, proyectos, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.²

El municipio de Yondó está ubicado en el departamento de Antioquia, constituida como municipio en el año 1978, con una extensión de 1881 kilómetros cuadrados, cuenta con un corregimiento San Miguel del tigre y 64 veredas, entre ellas y para el caso estudio la vereda Peña Blanca y San Luis Beltrán.

Figura 1. Municipio de Yondó Antioquia



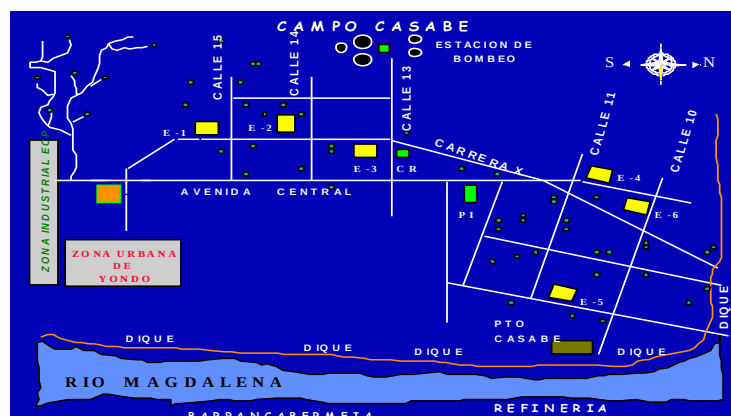
Fuente. Google earth.

² E.O.T. Esquema de ordenamiento territorial, dirección de planeación, municipio de Yondó, 2012-2015.

Yondó pertenece a la cuenca hidrográfica del río Magdalena, ubicado en el trayecto medio de toda su longitud. El municipio está integrado por dos subcuencas, la Subcuenca del Norte y la Subcuenca del SUR. La del Norte drena hacia el río Cimitarra y en menor proporción al río Magdalena. Y la del Sur drena al río Magdalena, Ité, Ciénaga de Barbacoas y Río San Bartolome. Así mismo Yondó cuenta con unos caños de comunicación de las ciénagas con los ríos.

Los sistemas de producción del municipio esta categorizados en el sector agrícola, forestal, piscícola y sector petrolífero, siendo este último el más representativo de la región. Gracias a los altos avances tecnológicos permiten que el sector petrolífero aumente consideradamente y sea el foco de la región. La producción petrolera en Yondó se remonta al año 1941 cuando la empresa multinacional Shell Condor S.A llego a producir hasta 41.000 barriles promedio día en el Campo Casabe (ver figura No 2) del municipio de Yondó provenientes de 414 pozos, esta producción hace referencia al 26 % de la producción nacional. Sin embargo en 1969 el sector petrolero presenta una caída significativa casi de abandono, debido a la disminución en el precio del barril y la declinación natural de la producción, obligando a toda la población a vivir de los sectores como agricultura, piscícola y forestal.

Figura 2. Plano de localización del Centro Petrolero de Casabe



Fuente. Esquema de Ordenamiento Territorial de Yondó Antioquia.

A mediados de 1982, bajo la administración de la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol S.A) reactiva el sector petrolero del Campo Casabe, produciendo la extracción de barriles diarios y que hasta a la fecha no ha sido cesante.

Para el municipio de Yondó su movilidad y accesibilidad es un factor importante, el cual impacta sobre todos los sectores de producción del municipio, por lo cual determina mediante la EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial) la clasificación de la red vial en el municipio. La denominación implementada para las vías son las siguientes; vía urbana, la cual se clasifica en vías arterias, colectoras y de servicio. Y las vías rurales las cuales según su jerarquía son:

- *Vías Regionales*: vías que permiten una relación con otros núcleos regionales. Atienden volúmenes considerables de tránsito intermunicipal.
- *Vías Primarias*: Atraen el flujo vehicular de larga distancia, comunican a la cabecera municipal con la cabecera de municipios lindantes.
- *Vías Secundaria*: Canalizan el tráfico vehicular hacia y desde el sistema primario hasta las veredas.
- *Vías Terciarias*: Son las vías que comunican los accesos de las fincas o parcelas con las vías secundaria.

El municipio de Yondó cuenta con 19 vías veredales que parten de un anillo central, denominado anillo vial.

En el caso estudio, la vía objeto, es la que comunica a la zona industrial del Campo Casabe, el cual se encuentra ubicado en la cabecera municipal de Yondó, y Casabe Sur, el cual está ubicado en la Vereda San Luis Beltrán y Peña Blanca. Como consecuencia de esta descripción y basados en el EOT, esta vía objeto es una vía secundaria.

5. ESTUDIO AMBIENTAL

5.1 NORMATIVA AMBIENTAL

El proyecto en estudio se fundamenta en la normativa ambiental vigente y en la política ambiental de Ecopetrol S.A. Esta evaluación permite la identificación de los impactos ambientales que se pueden producir durante la ejecución de las diferentes actividades de obra que se ejecuten en el proyecto.

Partiendo del concepto general que para la ejecución de las obras de mejoramiento, rehabilitación, pavimentación, mantenimiento (periódico y rutinario) de vías, no se requiere de licencia ambiental por cuanto no generan impactos graves a los recursos naturales renovables o al paisaje y aunque no se encuentran en un listado en norma alguna, los proyectos, obras y actividades que no requieran licenciamiento ambiental, se debe interpretar que todos los que no se encuentren específicamente señalados en la ley y su reglamento sobre licencias ambientales (**ley 99 de 1993, decreto 1220 de 2005 y decreto 500 del 2006**), sino la búsqueda de otros instrumentos que permitan la aplicación del Desarrollo Sostenible (artículos 79 y 80 de la Constitución Nacional) en proyectos no sujetos a licenciamiento ambiental. En consecución de lo anteriormente señalado se obtiene que los proyectos de mejoramiento, rehabilitación, pavimentación y mantenimiento de vías se deberán gestionar y obtener los permisos, concesiones y autorizaciones ambientales y mineras (aprovechamientos forestal, concesión de aguas, permiso de vertimientos líquidos, manejo de residuos sólidos aprovechamiento de fuentes de materiales, instalación y operación de campamentos, entre otros) ante las autoridades competentes que para este proyecto sería la Corporación Autónoma de Antioquia y el ministerio del Medio Ambiente.

Estos permisos ambientales para el aprovechamiento de recurso que requerirá la pavimentación de la vía entre la zona industrial y Casabe Sur, ya se encuentran autorizados e incluidos en el Plan de Manejo Ambiental (PMA)³ del Campo Casabe.

A continuación se relacionan algunas normas constitucionales, legales y reglamentarias que rigen el proyecto objeto;

- **Constitución Política de Colombia.** Artículos 8, 79 y 80; señalan que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución.
- **Ley 99 de 1993.** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA y se dictan otras disposiciones.
- **Ley 685 de 2001.** Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 1220 de 2005.** Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencia ambientales.
- **Resolución 541 de 1994.** Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

³ Artículo 1, Decreto No 1220 del 2005. Es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

- ***Estudio de evaluación ambiental y plan de manejo ambiental para los campos petroleros de casabe y peñas blancas.*** Lineamientos de manejo ambiental para la prevención, mitigación, control y corrección; partiendo del análisis de la afectación al medio, inducida por las continuas labores en el Campo Casabe y Peñas Blancas.
- ***Ficha 1 del PMA Campo Casabe.*** Uso y manejo del agua y de los recursos hidrobiológicos.
- ***Ficha 2 del PMA Campo Casabe.*** Manejo de suelos.
- ***Ficha 3 del PMA Campo Casabe.*** Manejo de Flora y Fauna.
- ***Ficha 4 del PMA Campo Casabe.*** Protección de ecosistemas y recursos naturales.
- ***Ficha 5 del PMA Campo Casabe.*** Restauración paisajística y repoblación forestal.
- ***Ficha 6 del PMA Campo Casabe.*** Plan de manejo de aguas lluvias.
- ***Ficha 11 del PMA Campo Casabe.*** Plan de manejo de residuos sólidos industriales.
- ***Ficha 13 del PMA Campo Casabe.*** Plan de manejo del ruido y contaminación atmosférica.
- ***Resolución 130ZF – 1304 – 5887 de 2013.*** Mediante la cual la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, otorga permiso de aprovechamiento forestal.

5.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL CAMPO CASABE

El objetivo principal del PMA Campo Casabe es caracterizar el área asignada como Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas en sus componentes Geofísicos, Biótico y Socioeconómico de tal forma que permita realizar una evaluación ambiental que genere una zonificación ambiental definiendo los

ecosistemas críticos, sensibles y de importancia ambiental, así como la sensibilidad de las áreas de manejo especial en función de los grados de vulnerabilidad geomorfológica, hidrológica, biótica y socioeconómica, con sus correspondientes restricciones de acuerdo a los términos de referencia vigentes del ministerio del Medio Ambiente para la explotación de Campos Petroleros.

La infraestructura petrolera del Campo Casabe está compuesta principalmente por:

- Estaciones de recolección y tratamiento de crudo No 1, 2, 3, 4, 5 y 6
- Estación de Bombeo
- Planta de inyección
- Múltiples de Inyección
- Pozos productores
- Pozos inyectores
- Líneas de conducción
- Instalaciones Administrativas y de Mantenimiento
- Centro de recolección de crudo
- Centro disposición de lodos aceitosos
- Red Vial

Para fines lucrativos, se enfatizara el PMA del Campo Casabe, en este libro a todas las actividades relacionadas con la Pavimentación de la vía que comunica a la zona industrial con Casabe Sur.

Para el desarrollo de producción del Campo Casabe cuenta con una red vial que conducen a todas las explanaciones e infraestructura del Campo. La red vial actualmente cuenta con una longitud total de 176 kilómetros de vía, de los cuales 7,10 kilómetros son el objeto del presente proyecto, vía que su estructura está en afirmado y no presenta las características mínimas tipo INVIAS.

Las especificaciones técnicas de la red vial son las siguientes, velocidad de diseño de 40 km/h, ancho de la banca Campo Casabe es de 8 metros y el ancho de la banca hacia Casabe Sur es de 6 metros y presenta una pendiente máxima de 12%. Topográficamente las vías se caracterizan por ser planas en el área central del Campo y ondulas en el sector de Casabe Sur.

5.2.1 Políticas Ambientales. Mediante las siguientes políticas de Responsabilidad Ambiental, Ecopetrol S.A, ratifica su compromiso de mantener el equilibrio de oferta-demanda ambiental en sus áreas de influencia y comprometer en esté propósito a todos ya cada uno de sus colaboradores (Proveedores y contratistas).

5.2.1.1 Compromiso Corporativo. Ecopetrol S.A se compromete a cumplir la política ambiental. Mediante su sistema de Gestión ambiental asegura que todas sus actividades cumplan con los requisitos legales de protección ambiental dictados por el Gobierno Nacional, autoridades locales, así como los requisitos corporativos.

5.2.1.2 Mejoramiento Continuo Ambiental. Reducir progresivamente los impactos ambientales derivados de los procesos e indagar sobre nuevas metodologías que minimicen estos impactos.

5.2.1.3 Planificación Ambiental. Todos los proyectos de inversión de la empresa, cuya ejecución impliquen riesgos para el medio ambiente, deberán contar con una planificación continua y adecuada. La variable ambiental se considera en el proceso de toma de decisiones y sus costos continuaran formando parte integral de los proyectos.

5.2.1.4 Responsabilidad Ambiental. El buen manejo ambiental forma parte integral de las operaciones petroleras y por lo tanto es responsabilidad de cada

dependencia y de cada persona en una actividad específica. La responsabilidad general y sobre el que recae cualquier obligación durante las actividades es Ecopetrol.

5.2.1.5 Prevención. Las acciones dirigidas a preservar el equilibrio deben enfocarse más hacia la prevención que a la conservación de impactos negativos.

5.2.1.6 Integración. La conservación ambiental es responsabilidad de todos, fomentar el trabajo conjunto con otras entidades oficiales y/o privadas, así como las de sus colaboradores y las comunidades de sus áreas de influencia a fin de propiciar un desarrollo sostenible.

5.2.1.7 Monitoreo, documentación y comunicación. Se efectuara evaluaciones y auditorías ambientales periódicas, procurando garantizar la conformidad con los requisitos legales y las directrices corporativas. Los resultados de estas evaluaciones y los planes de acción resultantes, serán difundidos internamente y a las partes interesadas.

5.2.2 Descripción y caracterización ambiental del área. La caracterización se enfoca en los siguiente aspectos; Físico, Biótico, Social, cultural y proceso económico.

- Los siguientes aspectos físicos contemplados en los términos de referencia del Ministerio del Medio Ambiente; Geología, Geomorfología, Geotecnia, Agrología, Climatología, Hidrología, Calidad del Agua, Hidrogeología, calidad del Aire y Ruido y vías de acceso; están relacionados con la línea base ambiental y sobre los cuales se realizó el Plan de Manejo Ambiental.

En el aspecto Biótico, se caracteriza los ecosistemas acuáticos, ecosistemas terrestres, dentro de los cuales está la cobertura vegetal y su uso actual, inventario forestal y fauna silvestre.

Los aspectos sociales, se enfatizan en el área de influencia directa e indirecta, en las estructuras de servicios como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos del municipio de Yondó, telefonía, matadero municipal, plaza de mercado y servicios sociales como salud, vivienda, educación y recreación.

El aspecto cultural se enfoca en los grupos étnicos y hallazgo o reservas arqueológicas. Y en los procesos económicos caracterizan el factor empleo, los diferentes procesos productivos de la región como los es la ganadería, piscicultura, producción forestal y la industria petrolera.

5.2.3 Zonificación ambiental. Realiza un diagnóstico de las condiciones de los ecosistemas y recursos naturales que ofrece el área en estudio y valoriza los ecosistemas frente a la ejecución de las actividades del proyecto.

La zonificación de manejo ambiental del área se desarrolla en torno a los siguientes aspectos:

Tabla 1. Descripción de Áreas

ÁREA	DESCRIPCIÓN
Régimen especial	No existen
Manejo especial	Las cercanías a ciénagas
Áreas protectoras	No existen
Inestabilidad Geotécnica	No presenta evidencia de fenómenos de inestabilidad
Área de altas pendientes	Pendientes menores a 30 grados.
Ciénagas	Se presentan ciénagas identificadas

ÁREA	DESCRIPCIÓN
Desarrollo Agropecuario	El municipio de Yondó, está dedicada especialmente a la ganadería y en menor proporción a la actividad agrícola.
Desarrollo Forestal	Explotación de madera para uso doméstico. Existe evidencia de vegetación típica de pantano y pasto natural. En las márgenes de los causes formación de rastrojo alto. Existen relictos de bosque secundario localizados indistintamente por toda el área.
Infraestructura productiva	Existe centro de producción industrial petrolera, no existe centros de producción energética ni minera.
Asentamientos Poblacionales	No existen asentamientos indígenas ni comunidades negras. Los asentamientos existentes los constituye el municipio de Yondó, corregimientos y veredas.
Recreación y turismo	No existen áreas para tal fin.
Interés arqueológico	No existen.
Ecosistemas estratégicos legalmente establecidos	No están definidos parques naturales, ni zona de reservas forestales.

Fuente. Plan de Manejo ambiental del Campo Casabe.

5.2.4 Lineamientos de manejo ambiental. Según la investigación efectuada por los profesionales involucrados en el desarrollo del Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe, se tiene un área de influencia directa que depende económicamente de la industria petrolera, que aunque se presentaron impactos al inicio de las actividades propias de la industria, estos fueron mitigados y compensados con obras ambientales.

Existen zonas de especial cuidado como son los recintos de bosque y las ciénagas, los cuales no serán intervenidos. En caso que durante el desarrollo de actividades, los cuerpos de agua serán intervenidos bajo la primicia de que priman los requerimientos de las comunidades y se buscara siempre la conservación de la calidad de las aguas.

En el mismo orden de ideas y alineados en los parámetros anteriormente señalados en el Plan de Manejo Ambiental y enfocado en la ejecución de la actividades para la pavimentación de la vía que comunica al zona industrial y

casabe sur del Campo Casabe, se identifican las medidas de prevención, mitigación, control y corrección; partiendo del análisis de la afectación al medio; el Plan de Manejo Ambiental plantea las siguientes fichas tipo por cada aspecto ambiental a intervenir.

- Ficha 1. Uso y aprovechamiento del agua y de los recursos hidrobiológicos (Ver Anexo A)
- Ficha 2. Manejo del Suelo (Ver Anexo B)
- Ficha 3. Manejo de Flora y Fauna (Ver Anexo C)
- Ficha 4. Protección de ecosistemas y recursos naturales (ver Anexo D)
- Ficha 5. Restauración Paisajística y repoblación ambiental (Ver Anexo E)
- Ficha 6. Plan de manejo de aguas lluvias. (ver Anexo F)
- Ficha 11. Plan de manejo de residuos sólidos industriales (Ver Anexo G)
- Ficha 13. Plan de manejo de ruido y contaminación atmosférica. (Ver Anexo H).

5.2.5 Permisos Ambientales. La información está orientada al diagnóstico cualitativo y cuantitativo de los recursos naturales que pueden ser usados, aprovechados o afectados durante el desarrollo de las actividades.

5.2.5.1 Recurso hídrico. Se ha determinado como fuente de abastecimiento de agua, para la ejecución de las actividades, la Ciénaga la Represa, el Lago al occidente y 4 Pozo de Captación de agua.

Ecopetrol S.A actualmente utiliza los pozos de captación de agua para la extracción de agua, la cual es utilizada para uso industrial. Ecopetrol S.A puede usar hasta 5.400 barriles días, lo que equivale a 859 metros cúbicos aproximadamente.

5.2.5.2 Vertimientos. Las aguas tratadas se dispondrán por medio de vertimientos permanentes . Para lo cual se elaboró el sistema de tratamiento, manejo y disposición de residuos líquidos.

Tabla 2. Disposición de Residuos Líquidos

EFLUENTE	SISTEMA DE TRATAMIENTO	DESTINO FINAL
Aguas Grises Aguas Negras	Pozos sépticos	Colector Shell, Caño Negro
Aguas de lavado Aguas lluvias aceitosa	Trampa de grasa y Skimmer	
Aguas lluvias limpias	Cunetas	
Aguas especiales de producción	Piscina Intermedia y de oxidación en las Estaciones	Rio Magdalena

Fuente. Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe.

Las aguas denominadas Grises o negras son conducidas por medio de tubería de PVC al pozo Séptico del área y de ahí al medio ambiente.

Las aguas de lavado y de lluvias aceitosas se conducen a través de canales recolectores y vertido a través de una trampa de grasa o Skimmer al colector Shell y de ahí se vierte al Caño Negro y de ahí al rio Cimitarra.

Las aguas lluvias son conducidas por cunetas perimetrales y de ahí al colector Shell.

Las aguas residuales especiales de producción van a las piscinas intermedias y de oxidación de cada estación y de ahí al rio magdalena. No obstante esta aguas no son vertidas al rio Magdalena sin previo ensayos de laboratorio, en donde demuestren que no están contaminados y que puedan afectar el ecosistema acuático.

5.2.5.3 Materiales de arrastre y de cantera. Ecopetrol S.A no cuenta con un permiso ambiental vigente, para la extracción de material, debido a que este factor para la operación es de menor impacto, no obstante Ecopetrol S.A en

cumplimiento de sus políticas ambientales exigen a todos sus colaboradores, que el material que se implemente para el desarrollo de actividades en el Campo Casabe, sea alineado a lo establecido en la Ley 685 de 2001.

5.2.5.4 Aprovechamiento Forestal. Bajo la Resolución No 130ZF-1304-5887 de 2013, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, otorga permiso de aprovechamiento forestal a Ecopetrol S.A. El permiso de aprovechamiento forestal esta otorgado bajo las siguientes premisas, entre otras:

- El campo casabe está constituida en un extensión de 22.602,54 hectáreas.
- Se tendrá que implementar un compensación forestal 1:3 (1 árbol talado; 3 árboles sembrados)
- Sitios donde se ejecutá la compensación, en caso de no tener tierras donde realizar la reforestación, la empresa podrá coordinar con la unidad de Gestión Ambiental del municipio de Yondó la escogencia de los sitios, priorizando microcuencas abastecedoras de acueductos veredales y municipales.
- El volumen máximo permisible para la tala es el siguiente:

Tabla 3. Aprovechamiento Forestal

ESPECIES	Nombre científico	Vol x árbol	Total Arboles	Vol total Predio
<i>Chicho</i>	<i>Cassia ferruginea</i>	0,57	30	17,0
<i>Chocho</i>	<i>Ormosia paraensis</i>	0,27	30	8,1
<i>Ficus</i>	<i>Ficus glabrata</i>	0,29	150	42,9
<i>Guamo churimo</i>	<i>Inga marginata</i>	0,11	75	8,3
<i>Limoncillo</i>	<i>Piper durirameum</i>	0,06	15	0,9
<i>NN- sin hojas</i>	<i>NN (sin hojas parece seco)</i>	0,05	15	0,8
<i>Yarumo</i>	<i>Cecropia pentata</i>	0,14	75	10,3
TOTAL		22,3	9825	3598,0

Fuente. Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe.

5.3 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El presente subcapítulo presenta el análisis de los posibles impactos ambientales que se podrían generar como consecuencia de la pavimentación de la vía que comunica la zona industrial y Casabe Sur del Campo Casabe, el cual se ha basado en el análisis de la interrelación de cada una de las actividades del Proyecto y los componentes físicos, biológicos y socioculturales característicos de su entorno.

5.3.1 Descripción de actividades de obra. A continuación se relaciona las posibles actividades de obra para el desarrollo del Proyecto.

Tabla 4. Actividades de obra.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE OBRAS		
PROYECTO	OBRA	ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS
VÍA ZONA INDUSTRIAL- CASABE SUR CAMPO CASABE ECOPETROL S.A	Recuperación y/o mejoramiento de la sub-rasante	Excavación y corte
		Rellenos.
		Compactación.
		Transporte de materiales.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
	Construcción de capas granulares (Conformación de Base Y Sub-Base)	Excavación.
		Colocación de material granular.
		Compactación.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
		Transporte de materiales.
	Ampliación de calzada y/o bermas	Excavación.
		Terraplenes.
		Colocación de material granular.
		Imprimación.
		Colocación de concreto asfáltico.
		Transporte de materiales.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
		Obras de arte.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE OBRAS		
PROYECTO	OBRA	ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS
VÍA ZONA INDUSTRIAL- CASABE SUR CAMPO CASABE ECOPETROL S.A	Construcción capa de rodadura y/o bermas, en pavimento	Imprimación.
		Colocación de concreto asfáltico.
		Transporte de materiales.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
	Construcción o recuperación de señalización	Instalación de señales verticales.
		Demarcación horizontal.
	Construcción o recuperación de obras de arte	Limpieza.
		Excavaciones.
		Rellenos.
		Colocación de geotextil.
		Colocación de material drenante.
		Construcción de obras en concreto.
		Ocupación de cauces.
		Transporte de materiales.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
		Colocación de tuberías.
	Obras de estabilización o protección de taludes o banca (puede incluir cortes y/o rellenos)	Construcción obras de arte –filtros, cunetas, drenes.
		Obras geotécnicas: Protección de taludes-Muro en Gaviones.
		Excavaciones en materiales varios.
		Terraplenes.
		Excavaciones.
		Recolección, transporte y disposición de sobrantes.
		Transporte de materiales.
		Empradización.

Fuente. Pasos constructivos para una pavimentación.

5.3.2 Identificación y evaluación de Impactos. Una vez definidos los elementos ambientales y sociales e identificados las actividades constructivas, se identificaron los posibles impactos (Ver Tabla 5). La identificación de los impactos se realizó mediante el uso de matriz simple de causa – efecto, ya que facilita el análisis sistemático y pormenorizado de los efectos que este Proyecto podría llegar a causar al medio ambiente, tal y como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 5. Identificación de Impactos.

ELEMENTO	IMPACTO	ALCANCE
AGUA SUPERFICIAL	Contaminación del agua	Alteración en la calidad fisicoquímica y biológica del agua superficial, que hace que sus propiedades cambien total o parcialmente. Generalmente este tipo de proyectos puede producir aumento en la concentración de grasas, aceites y de sólidos suspendidos.
	Alteración del cauce	Se refiere a los cambios que sufre la morfología del cauce debido a la extracción de materiales.
GEOMORFOLÓGICO	Alteración de la morfología	Se refiere a los cambios en la forma del terreno debido a la disposición de escombros o de materiales de construcción y a los cortes y excavación.
	Activación o generación de procesos erosivos o de generación en masa	Este impacto se da cuando alguna actividad antrópica activa o genera inestabilidades en los terrenos, tales como deslizamientos, erosión, flujo hídrico etc.
ATMOSFÉRICO	Contaminación del aire	Este impacto se da por el aumento o disminución de las concentraciones de compuestos como el co, so2, no2 y material particulado, presentes en la atmósfera. se mide de acuerdo con los valores permisibles en la norma o con el valor de referencia según la línea base.
	Aumento en decibeles de ruido	Se refiere al aumento o disminución de los decibeles de acuerdo con el valor de referencia –línea base o norma–.se considera como ruido todo sonido con una intensidad alta que puede afectar la salud de las personas.
SUELO	Pérdida del suelo	Se refiere al volumen de material que se requiere extraer para realizar ciertas actividades del proyecto en sus diferentes composiciones.
	Contaminación del suelo	Alteración de las características de la capa orgánica del suelo.
	Alteración del uso actual	Este impacto se da cuando se cambia el uso del suelo de acuerdo con el POT, EOT O PBOT.
BIÓTICO	Afectación áreas sensibles ambientales	Este impacto se refiere a cambios o afectaciones de áreas definidas por la ley como de importancia ambiental.
	Afectación de la cobertura vegetal	Este impacto se refiere al área de suelo ocupada por una comunidad vegetal que es afectada por las obras.
	Afectación fauna terrestre y acuática	Se refiere al daño que se puede causar por las actividades constructivas del proyecto a la fauna presente (muerte ó desplazamiento)

ELEMENTO	IMPACTO	ALCANCE
BIÓTICO	Afectación especies endémicas	Este impacto se refiere a la desaparición de algunas especies propias de una zona, cuando su hábitat es alterado.
	Incremento de demanda de recursos naturales	Se refiere a la necesidad del consumo de recursos naturales para la ejecución del proyecto.
PAISAJE	Alteración de la calidad visual	Es la afectación en los valores escénicos, formas y elementos naturales que contribuyen al disfrute estético.
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Alteraciones actividades económicas	Este impacto se refiere a los cambios que puede sufrir la actividad económica de algunas personas debido a las actividades constructivas.
	Incremento en la demanda de bienes o servicios	Este impacto se califica como la necesidad de servicios públicos y privados además de bienes requeridos para la ejecución de la obra.
	Afectación de la infraestructura existente	Daño que se pueden causar a: viviendas, redes de servicios públicos y vías existentes en el área de influencia directa del proyecto.
	Afectación en la movilidad	Este impacto se refiere a la obstaculización temporal de la vía, a la disminución del área de rodamiento mientras se realizan las obras, alterando la dinámica propia de los usuarios del corredor vial.
	Afectación en la cotidianidad	Este impacto se define como la afectación que pueden sufrir las comunidades en sus actividades diarias por la ejecución del proyecto.
	Alteración en los ingresos de la comunidad	Este impacto se da cuando hay un aumento o disminución de los ingresos económicos de las personas ubicadas en el área de influencia del proyecto, debido a las actividades de obra.
	Afectación a la salud de los trabajadores	Este impacto se califica como la afectación en la salud que pueden sufrir las personas que laboran para el proyecto por exposiciones al ruido, emisiones y riesgos de accidente.
	Conflictos con comunidades e instituciones	Este impacto se refiere a los inconvenientes que pueden surgir con las comunidades e instituciones por falta de información oportuna, inadecuada y por el incumplimiento a los acuerdos pactados o a los requerimientos exigidos por las autoridades locales.

Fuente. Datos obtenidos en la identificación de impactos para el proyecto objeto.

Tabla 6. Matriz de Impactos.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS											EVALUACIÓN DE IMPACTOS													
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																						
		FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO							
		AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL									
		Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuatica	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad la comunidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores	Conflictos con comunidades e instituciones
ACTIVIDADES PREVIAS AL INICIO DE LAS OBRAS										ACTIVIDADES PRELIMINARES														
Instalación de infraestructuras temporales para campamentos, sitios de acopio, plantas de trituración, asfalto o concreto	1. Demanda de recursos naturales		X				X	X		X	X	X		X	X							X	X	X
Manejo de la vegetación	1. Ruido 2. Generación de residuos sólidos	X	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X								X
Contratación personal	1. Actividades de caza y pesca 2. Deficiente e inoportuna información a comunidades										X		X			X	X					X	X	
Actividades para la recuperación del derecho de vía	1. Deficiente e inoportuna información a comunidades e instituciones 2. Generación de residuos sólidos				X			X	X	X	X	X	X		X	X						X	X	

EVALUACIÓN DE IMPACTOS											EVALUACIÓN DE IMPACTOS													
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																						
		FÍSICOS									BIÓTICO			PAISAJE	SOCIOECONÓMICO									
		AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO			BIÓTICO			PAISAJE	SOCIAL									
		Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuática	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación Infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores	Conflictos con comunidades e instituciones

ACTIVIDADES DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

Explotación fuentes de materiales de cantera	1. Emisiones atmosféricas 2. Ruido 3. manejo de explosivos 4. Derrames	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X						X	X
Operación de instalaciones temporales	1. Generación de residuos sólidos 2. Ruido 3. Emisiones 4. Derrames 5. Manejo de combustible 6. Generación y vertimientos de aguas residuales 7. Demanda de recursos naturales	X	X			X	X		X		X	X	X		X	X		X					X	X

EVALUACIÓN DE IMPACTOS												EVALUACIÓN DE IMPACTOS												
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																					
			FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO						
			AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL								
			Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuatica	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores
PROYECTOS	ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	ASPECTOS AMBIENTALES																						
REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE VÍAS Y OBRAS DE EMERGENCIA	Desmonte y descapote	1. Generación de residuos sólidos y escombros 2. Retiro de cobertura vegetal	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X		X	X	X
	Excavación y/o demolición (incluye transporte y disposición final)	1. Generación de escombros 2. Emisiones de material particulado 3. Emisiones de gases 4. Vertimiento de grasas y aceites 5. Generación de ruido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Estabilización con aditivos	1. Generación de residuos sólidos peligrosos	X							X		X	X	X	X								X	X

EVALUACIÓN DE IMPACTOS												EVALUACIÓN DE IMPACTOS												
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																					
			FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO						
			AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL								
			Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuática	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores
REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS Y OBRAS DE EMERGENCIA	Rellenos y colocación de materiales granular clasificado	1. Generación de escombros 2. Emisión de material particulado 3. Demanda de recurso agua 4. Generación de ruido 5. Deficiente e inoportuna información a comunidades 6. Demanda del recurso suelo	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Imprimación colocación de concreto asfáltico, sellado de fisuras, bacheo, fresado y reciclaje	1. Generación de escombros 2. Emisión de gases 3. Derrames 4. Vertimiento de res. Líquidos industriales 5. Generación de ruidos 6. Vibraciones 7. Altas temperaturas	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X

EVALUACIÓN DE IMPACTOS												EVALUACIÓN DE IMPACTOS											
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																				
			FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO					
			AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL							
			Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuatica	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación Infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad
REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS Y OBRAS DE EMERGENCIA	Construcción obras de concreto in situ	1. Emisiones de material particulado 2. Generación de residuos sólidos 3. Derrames 4. Interrupciones parciales en el servicio vial	X	X		X		X	X	X	X	X	X		X	X	X				X	X	X
	Instalación de prefabricados	1. Generación de escombros 2. Emisión de material particulado 3. Generación de ruidos	X				X	X					X	X		X	X				X	X	X
	Desplazamiento vehicular (volquetas y maquinaria)	1. Emisiones de gases 2. Derrames 3. Generación de ruidos 4. Vertimiento de grasas y aceites 5. Riesgos de accidentes	X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X

EVALUACIÓN DE IMPACTOS												EVALUACIÓN DE IMPACTOS													
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																						
			FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO							
			AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL									
			Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuatica	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación Infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores	Conflictos con comunidades e instituciones
REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS Y OBRAS DE EMERGENCIA	Muros en gaviones y enrocados	1. Generación de escombros 2. Demanda de recursos naturales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X						X	X
	Actividades de Empradización	1. Demanda de vegetación 2. Generación de escombros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X					X	X	X	
MANTENIMIENTO DE VIAS	Roceria o desmonte manual	1. Generación de escombros 2. Demanda de recurso suelo	X	X		X	X					X	X	X		X						X	X		
	Limpieza de obras de arte (cunetas, descoles y zanjas)	1. Olores 2. Deficiente e inoportuna información a comunidades 3. Generación de escombros	X	X		X	X					X	X	X		X						X	X		
	Limpieza de señales y defensas metálicas reparación y reposición de señales	1. Deficiente e inoportuna información a comunidades e instituciones 2. Generación de residuos sólidos																				X	X		

EVALUACIÓN DE IMPACTOS												EVALUACIÓN DE IMPACTOS														
ACTIVIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		ASPECTOS AMBIENTALES (CAUSAS)	IMPACTOS																							
			FÍSICOS										BIÓTICO				PAISAJE	SOCIOECONÓMICO								
			AGUA SUPERFICIAL		GEOMORFOLÓGICO		ATMOSFÉRICO		SUELO		BIÓTICO				PAISAJE	SOCIAL										
			Contaminación del agua	Alteración del cauce	Alteración de la morfología	Activación o generación de procesos erosivos o de movimiento en masa	Contaminación del aire	Aumento en decibeles de ruido	Pérdida de suelo	Contaminación del suelo	Alteración o cambio del uso actual	Afectación Areas Sensibles Ambientales	Afectación de la cobertura vegetal	Afectación fauna terrestre	Afectación fauna acuatica	Incremento de demanda de recursos naturales	Alteración de calidad visual	Alteraciones actividades económicas	Incremento de demandas de bienes o servicios	Afectación infraestructura existente	Afectación en la movilidad peatonal y vehicular	Afectación en la cotidianidad	Alteración en los ingresos de la comunidad	Afectación salud trabajadores	Conflictos con comunidades e instituciones	
MANTENIMIENTO DE VIAS	Empradización manual – Arborización	1. Generación de escombros 2.Demanda de vegetación 3. Retiro cobertura vegetal	X	X		X	X	X			X	X	X	X		X	X	X								X
	Parcheo manual	1. Generación de escombros	X	X		X	X	X				X	X	X			X	X						X	X	
ACTIVIDADES DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO												ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS														
Desmantelamiento de infraestructuras temporales		1. Vertimientos de residuos líquidos domésticos e industriales 2. Vertimiento de grasas y aceites olores 3. Generación de residuos sólidos	X	X			X	X		X		X	X	X		X	X	X	X							

Fuente. Matriz realizada por los autores

6. ESTUDIO TÉCNICO

6.1 TAMAÑO DEL PROYECTO

Está definido por la capacidad con la cual se debe contar para la prestación de los servicios que tendrá la vía que comunica la zona industrial del Campo Casabe y el área operativa denominada Casabe Sur, mediante la rehabilitación con pavimento flexible de 7,10 kilómetros de longitud, para el acceso de vehículos, maquinaria, equipos y personal a los pozos productores e inyectores que se localizarán en el área operativa de Casabe Sur, así como el acceso a la nueva Estación de Tratamiento y Recolección de Crudo, y la nueva Planta de Inyección de Agua proyectadas a ser construidas en este sector del Campo Casabe de Ecopetrol S.A.

6.2 LOCALIZACION

6.2.1 Macrolocalización. El proyecto se ejecutará en el Campo Casabe de Ecopetrol S.A, ubicado en el municipio de Yondó del departamento de Antioquia en el territorio colombiano.

El municipio de Yondó se encuentra localizado en la zona Nororiente del departamento de Antioquia, dentro de la región denominada del Magdalena Medio Antioqueño en la República de Colombia a los 7° 06' 24" latitud Norte y a los 74° 52' 46" Longitud Occidental, a una altura promedio de 80 M.S.N.M, con una temperatura promedio de 28°C (fuente Atlas regional Andino IGAC).

Figura 3. Mapa ubicación municipio de Yondó



Fuente. Plan de Manejo Ambiental Campo Casabe.

6.2.2 Microlocalización. La rehabilitación vial que contempla este proyecto tiene su emplazamiento en la vía comprendida entre la zona industrial y el sector de Casabe Sur del Campo Casabe de la Superintendencia de Operaciones del Rio de la Gerencia Regional Magdalena Medio de Ecopetrol S.A. A continuación se presenta un esquema donde muestra en detalle esta zona.

Figura 4. Microlocalización del proyecto.



Fuente. Google earth.

6.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO

Este proyecto está basado en una ingeniería previa, realizada por el área de obras civiles del departamento de mantenimiento del Campo Casabe, para lo cual se desarrollaron actividades para analizar las características de la zona donde se localiza la vía, determinadas por el tránsito vehicular, topografía, clima, estructura de la vía existente, geometría de la vía y condiciones geotécnicas; con el fin de establecer los parámetros necesarios a emplear para el diseño de la estructura de pavimento y el diseño geométrico de la vía; atendiendo las condiciones técnicas del proyecto bajo la metodología AASHTO 93 establecidas en la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, del año de 1993.

6.3.1 Estudio De Transito. El conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de carreteras, permite determinar el grado de ocupación, las condiciones en que opera cada segmento de la red y las cargas que soporta el pavimento. Para conocer la magnitud y variación de volúmenes de transito se realizan conteos vehiculares o aforos en determinado periodo del año. En vías de alto flujo vehicular se realizan constantemente conteos con el fin de determinar la rata de crecimiento ya que muchas veces depende del tránsito atraído por nuevas construcciones, nuevos centros de desarrollo, turismo entre otros.

Para determinar el tipo de vía a diseñar para el proyecto, se realizaron aforos vehiculares con el fin de poder determinar el tipo de tránsito y las cargas de diseño.

6.3.1.1 Aforos vehiculares. La vía existente no presenta registros históricos de aforos vehiculares, ya que no es una vía nacional y su tráfico es bajo. Sin embargo en el proceso de estudio se realizaron aforos durante siete (7) días en el mes de agosto de 2013 en el punto principal de acceso a la zona Industrial del Campo Casabe.

Figura 5. Localización de aforo Vehicular.



Fuente. Google Earth

Como se puede observar no se realizaron aforos al extremo de la vía donde se localizan los pozos de Casabe Sur, teniendo en cuenta que para salir del sector los carros retornan por la misma vía.

- **Protocolo de los conteos.** Una vez se determina el punto principal de aforo, se ubicaron dos personas en este punto durante siete (7) días desde las 5 a.m. hasta las 7 p.m. Cada uno se situó a un lado de la vía, de manera que se puedan contar de forma clara los vehículos que pasan en el primer y en el segundo carril.

Para realizar el conteo de los vehículos, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Familiarizar al personal con su tarea asignada: Determinar claramente cuál es la clase de vehículo que debe contar, y cuáles vehículos se incluyen en ésta. Todo vehículo debe ser incluido en el conteo.
2. Escoger un punto de referencia en la sección de la avenida filmada: Se cuenta cada vehículo al pasar por este punto de referencia. El uso del mismo punto de referencia para todas las clases de vehículos, hace que los conteos por duplicado sean más exactos y eventos como trancones o vehículos detenidos no afecten el conteo.

3. Realizar una pequeña prueba: Esto con el objetivo de familiarizar al personal con el trabajo que debe realizar, y de solucionar dudas o preguntas que puedan surgir.

4. La toma de datos se realiza en el formato que se muestra en el Anexo I.

5. Para el conteo de los vehículos, se clasificaran en: Autos colectivos, Intermunicipales, Bus urbano, Camiones pequeños de dos ejes (C2P), vehículos de carga de dos ejes grandes (C2G), vehículos de carga de tres y cuatro ejes (C3-C4), vehículos de carga de cinco ejes (C5), vehículos de carga iguales o mayores a seis ejes (C6), motocicletas y bicicletas.

• **Resumen registros vehiculares.** Una vez registrados los vehículos en determinado periodo de tiempo se procede a calcular el transito promedio diario (TPD) en la zona de estudio, en la Tabla 7 se presenta el resumen de resultados de los aforos. En el Anexo J se presentan los formatos y los registros de la información tomada en campo.

Tabla 7. TPD para la Vía de estudio

RESUMEN AFOROS VEHICULARES										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
26/08/2013	521	0	44	120	6	38	3	20	566	135
27/08/2013	566	0	41	162	1	29	9	28	699	142
28/08/2013	613	0	33	71	0	11	2	13	766	160
29/08/2013	607	1	65	86	3	34	11	23	656	138
30/08/2013	619	0	56	47	3	23	17	24	679	103
31/08/2013	507	0	40	80	2	32	2	12	855	88
01/09/2013	403	0	19	10	34	106	16	2	886	69
Total	3836	1	298	576	49	273	60	122	5107	835
TPD	548	0	43	82	7	39	9	17	730	119

Fuente. Datos obtenidos del aforo realizado en el Campo Casabe.

Como se puede observar en la Tabla 7 se presentan los valores totales de los aforos realizados en los diferentes días de muestreo. Cada columna muestra el

tipo de vehículo registrado. A finalizar se calcula el TPD para cada clase de vehículo.

Es importante resaltar que en el aforo no se tienen en cuenta otros vehículos de carga pesada que pasan por la vía durante los procesos de movilización de los equipos de workover de los pozos, sin embargo se obtuvo información de la operación de Ecopetrol S.A, que al menos una semana durante el mes se realiza la movilización de dichos vehículos pesados. A continuación se muestran los vehículos de carga utilizados que se deben adicionar al análisis de cargas vehiculares.

- **Tracto mulas – Cama bajas:** Son los vehículos utilizados para transportar las retro excavadoras, grúas entre otros (ver figura 6). Este tipo de vehículo es considerado como un camión T3-S2-R2.

Figura 6. Cama baja – T3 – S2 - R2.



Fuente. Registro fotografico en la via objeto del proyecto

El peso bruto de estos camiones sin carga, es aproximado de 67 toneladas, tiene 7 ejes y 26 llantas. Se utilizan 12 vehículos aproximadamente al mes. Es decir que transitan por la vía por los menos 24 veces al mes en el recorrido de entrada y salida, se dice que para este tipo de vehículo se considera un TPD = 1, que deberá sumarse a camiones C6.

- **Grúas móviles:** este tipo de vehículo se utiliza una vez por semana, tiene una carga bruta de 45 Toneladas (Ver figura 7).

Figura 7. Grúa utilizada eventualmente.



Fuente. Registro fotografico en la via objeto del proyecto

Este tipo de vehículo tiene 2 ejes simples y un eje tándem de rueda doble, cuenta con 10 llantas, se puede considerar en la clasificación como camión C3 – C4. Se incrementará en un 5% el uso de esto tipo de camión para el diseño.

El TPD obtenido se incrementará en un 10% con el fin de garantizar volúmenes vehiculares altos que se presentan en determinados periodos del año cuando aumenta el trabajo en los pozos petroleros, ya que no se tienen registros históricos del comportamiento vehicular de la vía.

A continuación se presenta en la Tabla 8 el TPD consolidado teniendo en cuenta las consideraciones de los vehículos de carga pesada anteriores:

Tabla 8. TPD para diseño pavimento

TPD PARA DISEÑO		%
Autos colectivos	603	73.21%
Intermunicipal	0	0.02%
Bus urbano	47	5.69%
C2P	91	10.99%
C2G	8	0.94%
C3 - C4	45	5.47%
C5	9	1.15%
≥ C6	21	2.54%
Total Vehículos	823	100%

Fuente. Guía para Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO

- **Cálculo de ejes Equivalentes.** El cálculo tiene como objetivo la cuantificación del número acumulado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (N), que circulan por el carril de diseño durante un determinado período. Para determinar el periodo de diseño de esta vía se tuvo en cuenta el TPD y las recomendaciones del INVIAS para pavimentos Asfálticos como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Periodos de diseño por INVIAS en Colombia.

	CATEGORÍA DE LA CARRETERA			
	I	II	III	IV
DESCRIPCIÓN	Autopistas interurbanas, Caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, Caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito medio, Caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Rango TPD inicial	5000	1000-10000	-1000	-10000
Periodo de diseño recomendado (años)	20	15	10	10 - 15

Fuente. Instituto Nacional de Vías de Colombia, INVIAS

Como se puede apreciar la vía del proyecto se puede considerar como un camino rural con tránsito medio, y se recomienda que el periodo de diseño sea 10 años.

Para el cálculo de ejes equivalentes se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Calculo ejes equivalentes

$$NESEi = TPDi \times VC \times DD \times DC \times FC \times 365$$

Dónde:

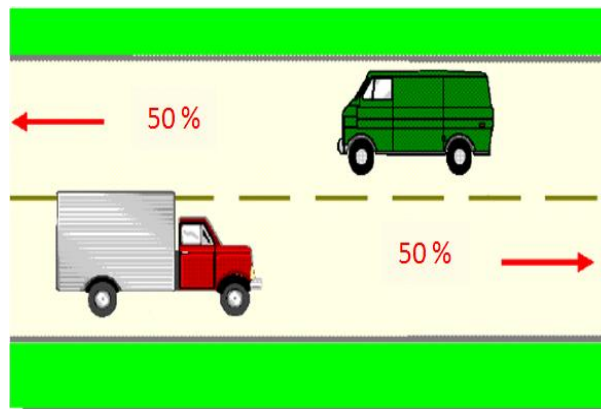
NESEi = Número de aplicaciones de carga del eje de referencia en el carril de diseño en el año “i”

TPDi = Tránsito promedio diario en ambas direcciones, durante el año “i”

VC =	Proporción del TPD que está constituida por vehículos comerciales (en cifras decimales)
DD =	Distribución direccional del tránsito de vehículos comerciales (en cifras decimales)
DC =	Proporción de los vehículos comerciales circulantes en una dirección, que utilizan el carril de diseño (en cifras decimales)
FC =	Factor camión
365 =	Número de días de un año

Para el cálculo de ejes equivalentes, por carril de diseño, se tuvo en cuenta, la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo con las condiciones de tránsito, con una distribución direccional (Fd) del 50%, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8. Factor Direccional para el Diseño



Fuente. Diseño de los autores.

La proporción de vehículos para el cálculo del carril del diseño tuvo en cuenta las recomendaciones del INVIAS como se muestra en la Tabla 10. En este caso se tomará DC=1.0.

Tabla 10. TPD para diseño pavimento

NUMERO DE CARRILES POR DIRECCION	FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL	
	INVIAS	AASHTO
1	1.00	1.00
2	0.90	0.90
3	0.75	0.60
4	-	0.40

Fuente. Instituto Nacional de Vías de Colombia, INVIAS

El porcentaje de camiones que pasan por la zona es bajo, sin embargo se debe tener en cuenta que el daño que producen a la vía es mucho mayor que el paso de los vehículos normales (automóviles y Camionetas). Por esta razón se utilizará el factor camión para vehículos C3 S3 (para el caso de las tractomulas Cama baja). Según estudios del INVIAS se recomienda utilizar un FC=4,4. Ver Tabla 11.

Tabla 11. Factor Camión para diferentes vehículos.

Tipo de vehículo	Factor promedio de equivalencia de carga vehicular (Ejes simples de 80 kN)		
	U.S.A.	Colombia 2002	Pakistán
C 2	0.21	2.81	4.67
C 3	1.59	3.52	8.84
C 2 S 2	1.32	2.44	10.35
C 3 S 2	1.39	3.70	14.73
C 3 S 3	1.39	4.44	10.90

Fuente. Guía para Diseño de estructuras de Pavimento AASHTO

Una vez se tiene esta información se procede a calcular el NESE para el año inicial.

- **Proyección del Tráfico.** La tasa de crecimiento para la vía se estima en un 2% teniendo en cuenta que las condiciones del terreno no presentan características aptas para crecimiento de viviendas o comercio. No obstante, se espera que en la medida que aumenta la producción de petróleo también aumente el tráfico

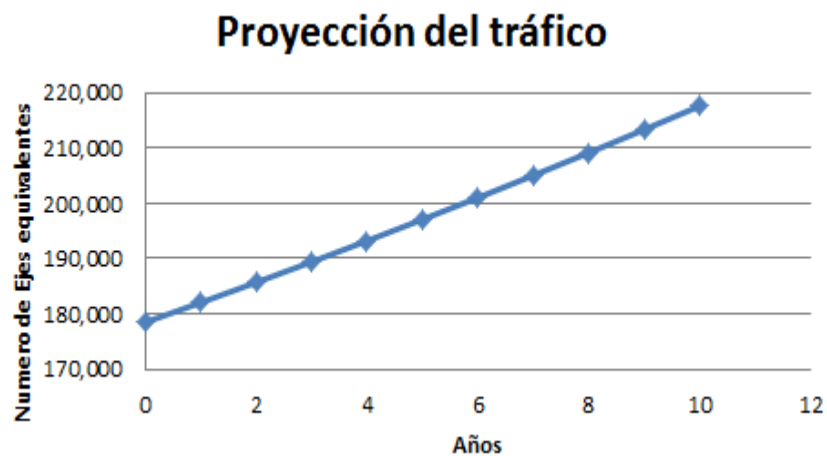
vehicular. En la Tabla 12 y Figura 9, se presenta la proyección vehicular para encontrar el número de ejes equivalentes del diseño de pavimento para 10 años.

Tabla 12. Proyección Vehicular.

AÑO	NESE	Acumulado
0	178,515.6	178,515.6
1	182,085.9	360,601.6
2	185,727.7	546,329.2
3	189,442.2	735,771.4
4	193,231.1	929,002.5
5	197,095.7	1,126,098.2
6	201,037.6	1,327,135.7
7	205,058.3	1,532,194.1
8	209,159.5	1,741,353.6
9	213,342.7	1,954,696.3
10	217,609.5	2,172,305.8

Fuente. Datos obtenidos según formula 1.

Figura 9. Proyección del tráfico



Fuente. Proyección datos obtenidos tabla 12.

Si se establece un periodo de diseño de 10 años, expresado en ejes equivalentes (Simples de 8,2 toneladas), la carga de diseño sería de 2.2 millones para la casada de diseño.

6.3.2 Estudio de Suelos

6.3.2.1 Características del terreno. La vía se encuentra localizada en un terreno relativamente uniforme y un poco montañoso, presenta una pendiente general del 3% desde el acceso a la zona industrial y hasta los pozos de producción en el sector de Casabe Sur del Campo Casabe a 7,1 Km. Para obtener la caracterización del suelo de la vía de estudio se realizaron catorce (14) apiques, de los cuales se extrajeron veintiún (21) muestras a diferentes profundidades según el estrato encontrado. A partir de los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio, se determinó que el tipo de suelo predominante sobre la vía son arcillas y limos expansivos con alta plasticidad, sus niveles de humedad en promedio son alrededor del 19%.

Se debe tener en cuenta que los materiales presentes en la subrasante de la vía no son muy beneficiosos para este tipo de proyectos, ya que por naturaleza las arcillas de este tipo provocan efectos nocivos sobre la vía, presentando altos niveles de deformación, bajas resistencias, susceptibilidad al agua entre otras, y afectaría notablemente la estructura de pavimento y su durabilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario minimizar los riesgos que estos materiales generan a la vía; evitar la presencia de los mismos en el diseño supone movimiento de enorme volúmenes de tierra con un costo directo excesivamente elevado; sin embargo en la práctica existen maneras de mejorar los materiales arcillosos directamente en campo. Una de las formas más conocidas es el tratamiento con cal que mejora las condiciones mecánicas del suelo aumentando la capacidad portante del mismo.

6.3.2.2 Tratamiento de Subrasante. Existen muchas formas de estabilizar un material, uno de los métodos utilizados es mezclar a un material de granulometría gruesa con otro que carece de esa característica. Sin embargo el

proceso en campo es complicado a la hora de remover el material del terreno. Las opciones más utilizadas en las subrasante de vías es mezclar cemento, cal, asfalto entre otros.

El uso de cal para mejorar suelos con plasticidad, aparte de conseguir ese fin, aumenta también su resistencia a la compresión en función del tiempo. La cantidad de cal varía en función de la necesidad que se tenga y de las propiedades del suelo utilizado en la estabilización. Generalmente los porcentajes de cal utilizados en una estabilización variaran de un 2 a 8% en peso. Para que la cal reaccione adecuadamente se necesita que el suelo presente un índice de plasticidad mayor que diez ($IP > 10$) y se pueda lograr así la acción puzolánica, que aglomerara adecuadamente las partículas del suelo. (ASTM C977, 2010)

Como se mencionó anteriormente, para determinar las características del suelo de la vía en estudio, se tuvieron en cuenta los resultados de laboratorio de la muestras tomada en campo. A continuación se presentan los Índices de plasticidad encontrados en la vía en estudio para los diferentes apiques.

Tabla 13. Tabla resumen de resultados de Laboratorio.

TABLA RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO					
APIQUE	Clasificación	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Humedad natural
	(SUCS)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	(%)
1	CL	33.14	18.89	14.25	23.48
2	CL	43.31	22.75	20.56	17.84
4	CH	62.01	35.24	26.78	23.78
6	CH	64.05	38.33	25.71	24.67
7	CH	64.10	36.58	27.52	27.71
8	CL	44.31	25.63	18.68	16.94
10	CH	58.13	32.42	25.70	27.26
11	CH	56.68	32.49	24.19	24.00
14	CH	61.49	36.21	25.27	24.68

Fuente. Tabulación datos obtenidos de las muestras tomadas en campo.

Como se puede observar en la Tabla 13 los índices de plasticidad a trabajar en la estabilización son superiores a diez, por ende se garantiza que al usar la cal mezclada con suelo de la zona reaccionaría de una manera adecuada para mejorar la humedad del suelo y aumentar su resistencia.

Diferentes estudios han demostrado que para suelos de este tipo las condiciones mejoran notoriamente utilizando cal en un 4% y 5% del peso del suelo, y se observa que para porcentajes mayores los incrementos en la resistencia y disminución del valor del Índice de Plasticidad no son significativos. En el diseño propuesto se plantea mejorar la subrasante del terreno, para optimizar los espesores de la estructura de pavimento, utilizando el 4% y 5% de Cal hidratada en Polvo.

Durante el proceso constructivo se recomienda realizar ensayos de laboratorio para determinar el porcentaje óptimo de Cal que garantice un buen comportamiento del suelo, equilibrando niveles de Ph superiores a doce (12) y que el índice de plasticidad disminuya a cero (0). (ASTM D6276, 2006) Los valores de CBR de la subrasante deben ser superiores al 5% en cualquiera de los casos de lo contrario los espesores de las estructuras de pavimento serían muy grandes y costosos.

6.3.3 Diseño de Pavimento. El diseño de pavimento que se propone en este estudio considera las condiciones del terreno natural, sin embargo tiene en cuenta las recomendaciones de estabilización de suelo con cal; incluye las cargas vehiculares producto del análisis vehicular realizado en el numeral 6.3.1. La metodología de diseño ha atendido las condiciones técnicas del proyecto bajo la metodología AASHTO 93 establecidas en la GUIA PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO, 1993. (AASHTO, 1993).

A partir de lo anterior se procede a diseñar la estructura de pavimento requerida para este nivel de carga:

6.3.3.1 Nivel de Confiabilidad. Esta variable se refiere a la incorporación de un grado de certeza al proceso de diseño para asegurar que las diferentes alternativas durarán el período de análisis para el cual son diseñadas. El factor de confiabilidad de diseño toma en cuenta las posibles variaciones del tráfico y del desempeño esperado, consecuentemente provee un nivel predeterminado de aseguramiento que la serviciabilidad será mantenida a niveles adecuados para los usuarios, a lo largo del periodo de diseño.

Tabla 14. Nivel de confiabilidad

Clasificación funcional	Confiabilidad (%) - R_{total}	
	Urbano	Rural
Interestatal y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993

Considerando la tabla anterior la vía en estudio se puede considerar como una arteria Colectora Rural. Se establece para el presente diseño una confiabilidad de 80% y un Coeficiente de confiabilidad (Z_r) de 0.841. Donde Z_r es tomado de la fuente: (Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASTHO, 1993, valor Z_r en función de confiabilidad (R)).

6.3.3.2 Desviación Estándar (SO). Este valor representa la desviación estándar conjunta, e incluye la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el período de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento, es decir, el número de ejes que puede soportar un pavimento hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un

determinado Pt (Índice de Serviciabilidad Final). Los valores de So, recomendados en la guía AASHTO 93 son los siguientes:

Para pavimentos flexibles 0.45 – 0.49, como se desea construir una estructura de pavimento nueva se tomara un valor para la desviación estándar de 0.45

- **Efectos ambientales.** Los factores ambientales pueden afectar el comportamiento de la estructura de pavimento en diferentes formas. Los cambios de temperatura y humedad afectan la resistencia, durabilidad y la capacidad de carga del pavimento y de la subrasante; por otra parte el envejecimiento, sequedad y el deterioro de los materiales debido a la intemperie son considerados en la Guía AASHTO 93 en función de su influencia inherente en los modelos de predicción y comportamiento adoptados. En el presente diseño, se considerara la utilización de materiales apropiados y condiciones de drenaje superficial y subterráneo propicias que minimicen la posibilidad de los efectos ambientales en la estructura diseñada.

6.3.3.3 Serviciabilidad. La Serviciabilidad de un pavimento es definida como su habilidad para servir al tráfico que usará la carretera. La medida principal de la Serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente, que varía entre cero (pavimentos en muy mal estado) y cinco (pavimentos en perfecto estado). La filosofía básica de diseño de la guía AASHTO es el concepto de Serviciabilidad – Comportamiento, que provee los mecanismos para diseñar un pavimento para un volumen total de tráfico específico y un mínimo nivel de serviciabilidad deseado al final del periodo de diseño. La selección del menor Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) permisible o Índice de Serviciabilidad Final (Pt) estará basado en el menor valor permitido antes que una rehabilitación, recarpeteo o reconstrucción sea necesaria.

El índice de serviciabilidad inicial para pavimento flexible será de 4.2 y el índice final será de 2.0.

Serviciabilidad Inicial:	4.2
Serviciabilidad Inicial:	2.0
$\Delta PSI = P_o - P_f =$	2.2

Dónde:

ΔPSI = Es la pérdida de servicialidad

6.3.3.4 Módulo Resiliente efectivo de la Subrasante. Actualmente los métodos utilizados más comúnmente para el diseño de pavimentos, como el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) consideran que la propiedad fundamental para caracterizar los materiales que constituyen la sección de un pavimento de una carretera es el parámetro denominado módulo de resiliencia. Cuando los materiales que conforman la sección estructural de un pavimento se ven sometidos a un gran número de aplicaciones de carga, es decir son afectados por esfuerzos de fatiga, debido a repetidas solicitaciones, estos materiales empiezan a fracturarse o bien a acumular deformaciones dependiendo de su rigidez inicial, y esta es la principal causa del deterioro observado en la superficie de los pavimentos. De hecho, podemos mencionar que dichos agrietamientos y deformaciones aparecen para esfuerzos muy por debajo de los que se supone debería resistir el material por sí mismo. Debido al paso de los vehículos por la superficie de rodamiento de un pavimento, ésta empieza a distribuir los esfuerzos hacia las capas inferiores, las cuales, por esta razón se ven sujetas a esfuerzos cíclicos de compresión f_c y luego de tensión f_t los cuales van provocando deformaciones en toda la estructura del pavimento. El módulo resiliente es determinado a partir del Método de Ensayo AASHTO TP 46-94, sin embargo la AASHTO, en su Guía de Diseño de 1993, reconociendo que muchas agencias no cuentan con el equipo para realizar este ensayo, recomienda la siguiente correlación para estimar el módulo de resiliencia

en función del CBR, $M_r (\text{psi}) = 1.500 * (\text{CBR})$, la cual es considerada razonable únicamente para suelos de grano fino con un CBR menor de 10%.

En este diseño no se tienen en cuenta los CBR obtenidos en campo por que el material de la subrasante presenta efectos nocivos sobre la vía ya que en su mayoría son arcillas expansivas con alta plasticidad.

Sin embargo se propone estabilizar el suelo con Cal como se indica en el capítulo anterior.

6.3.3.5 Coeficiente de capa en Pavimentos Asfálticos. La Guía AASHTO, se apoya en la determinación de las propiedades de los materiales para la estimación de los valores apropiados del coeficiente de capa. El coeficiente de capa del pavimento flexible de AASHTO (a_i) es una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material dado para funcionar como componente estructural del pavimento, se expresa en 1/unidad de longitud. La determinación de los coeficiente de capa apropiados puede lograrse derivándolos de ensayos de carretera (como fue hecho en el ensayo de carretera AASHTO) o mediante el uso de relaciones predeterminadas basadas en las propiedades de los materiales.

➤ **Caracterización de los materiales de las capas en pavimento**

- **Carpeta asfáltica (MDC-2).** Se propone la utilización de una carpeta asfáltica con una mezcla Densa en Caliente MDC-2 según especificaciones técnicas del INVIAS (artículo 450 -02), que presente un Coeficiente estructural, $a_1 = 0.44$ promedio.

- Estabilidad Marshall
- Capa de rodadura: 9000 N (2000lb)
- Capa intermedia: 8100 N (1800lb)
- Módulo resiliente: 3102.64 MPa (450,000psi)

- **Base granular.** Para la base granular a ser utilizada en la estructura de pavimento se propone un CBR mínimo de 80% para una densidad mínima del 95% con relación a la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. Utilizando la carta proporcionada por la Guía de Diseño AASHTO para la obtención del coeficiente de capa a partir del CBR, tenemos:

- Coeficiente estructural, $a_2 = 0.13$

El espesor mínimo para una base granular debe ser de 15 cm.

- **Subbase granular.** Una de las principales funciones de esta capa es absorber los cambios volumétricos de la subrasante impidiendo que se reflejen en la superficie de rodamiento. Debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante. Esta capa se deberá construir con material granular.

Hugh A. Wallace y J. Rogers Martin en su libro Asphalt Pavement Engineer, recomiendan un CBR mínimo de 20% para las capas de subbase, sin embargo, experiencias en nuestro país han demostrado que una subbase granular con materiales apropiados y construida de manera adecuada dan como resultado valores de CBR superiores a 30%. Por lo anterior, se propone un CBR mínimo de 30% para la capa de subbase, con lo cual se obtiene:

- Coeficiente estructural, $a_3 = 0.10$

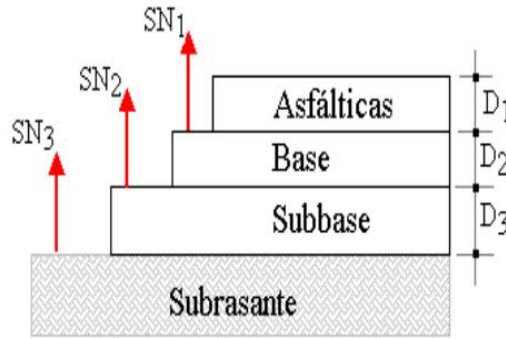
El espesor mínimo para una Sub-base granular debe ser de 15 cm.

➤ **Características estructurales del pavimento**

- **Número estructural.** La resistencia del pavimento se representa por SN, el cual es función del espesor de las capas (Ver Figura 10), de los coeficientes

estructurales de ellas y del coeficiente de drenaje. El número estructural total del pavimento está dado por la ecuación 2:

Figura 10. Componentes estructurales del pavimento



Fuente. Grafico ilustrativo

Ecuación 2. Numero estructural total del pavimento.

$$SN = \sum a_i \cdot D_i \cdot m_i$$

Dónde:

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

$D_{1,2,3}$ = espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente (pulgadas)

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

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

Para el diseño de pavimento flexible se debe tener en cuenta la siguiente ecuación de comportamiento (Ver ecuación3):

Ecuación 3. Diseño de Pavimento Flexible.

$$\text{Log } W_{18} = (z_R)(S_o) + (9.36)(\log(SN + 1)) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta ISP}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + (2.32)(\log M_R) - 8.07$$

Dónde:

W_{18} = el tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño

Z_R = parámetro de confiabilidad

S_o = desviación estándar global

SN = numero estructural

ΔISP = diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados

M_R = modulo de resiliencia

• **Coeficiente de drenaje.** En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida la respuesta estructural del pavimento. Para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte deben considerarse los siguientes aspectos:

- ✓ Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento.
- ✓ Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta.
- ✓ Utilizar cunetas, bordillos, lavaderos, contracunetas, subdrenajes, entre otras.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser:

- ✓ Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados
- ✓ Reducción de la resistencia de la subrasante
- ✓ Expulsión de finos
- ✓ Levantamientos diferenciales de suelos expansivos

El valor del coeficiente de drenaje utilizado en el diseño de pavimento está dado por variables que son:

- ✓ La calidad del drenaje, que viene determinado por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento.
- ✓ Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. Este porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje.

A continuación se presentan las definiciones generales correspondientes a diferentes niveles de drenaje para las estructuras de pavimento (Coeficientes de drenaje). Se establecen a partir de la calidad del drenaje y del tiempo que se considera que el pavimento puede encontrarse con una cantidad de agua cercana a la saturación.

Tabla 15. Agua removida por calidad del drenaje

Calidad del drenaje	El agua se remueve en
Excelente	2 - 4 horas
Bueno	12 - 24 horas
Normal	3 - 6 días
Malo	18 - 36 días
Muy Malo	Más de 36 Días

Fuente. Diseño de autores.

Teniendo en cuenta la tabla anterior se escoge el coeficiente de drenaje con la siguiente tabla:

Tabla 16. Coeficientes de drenaje (Cd)

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad acercándose a la saturación			
	Menos del 1%	1-5%	5-25%	Mayor a 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Mediano	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, Pág. II-25.

6.3.3.6 Dimensionamiento estructuras de Pavimento Propuestas. En este estudio se proponen tres estructuras diferentes de pavimento flexible que dependen del comportamiento del suelo de la subrasante. Como se explicó en el anteriormente el tipo de suelo predominante en la zona son arcillas expansivas con altos índices de plasticidad, y pueden generar altas deformaciones sobre la vía. No se recomienda trabajar el suelo en estado natural por que los espesores de la base y sub base resultarían muy costosos para el proyecto.

Se espera que al mezclar el suelo con Cal, dentro de las especificaciones se debe tener en cuenta que el CBR mínimo de diseño es del 5%, sin embargo este valor puede aumentar, dependiendo de la reacción química entre el suelo y la Cal, hasta obtener un CBR del 8%, para subrasante con CBR >8% no se plantea diseño ya que las solicitaciones de carga no son tan exigentes y siempre va a exigir los espesores mínimos requeridos en obra. Se presentan diseños para subrasantes con CBR del 5%, 6.5% y 8%.

➤ **Diseño para Subrasante con CBR del 5%**

Tabla 17. Diseño de la Subrasante

Tipo de pavimento Flexible	
W18	2.200.000
Confiabilidad	80%
Zr	0.841
So	0.49
Psi Inicial	4.2
Psi Final	2
So	0.45

Fuente. Tabulación datos obtenidos según ecuación y tabulación anteriores.

Teniendo en cuenta la ecuación de la AASHTO 93 se procede al calcular los espesores requeridos para las estructuras recomendadas: (CBR de la sub-Rasante 5%, 6% y 8%).

➤ **Diseño Estructura 1: CBR Sub-rasante = 5%**

Tabla 18. Calculo diseño estructura 1.

Capa	Modulo de elasticidad (psi)	Coeficiente de Capa (a_i)	Coeficiente de Drenaje (m_i)	SN Necesario	Espesor (pulg)	Espesor Seleccionado	SN Dispuesto
1	435000	0.44	1	2.21	5.02	5.5	2.42
2	28000	0.131	1.25	2.84	2.56	6	0.98
3	14000	0.1	1.25	3.54	1.1	6	0.75
4	7500						4.15 OK

Fuente. Tabulación de datos calculados para el diseño de estructura 1.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se observa que la estructura requerida es la siguiente:

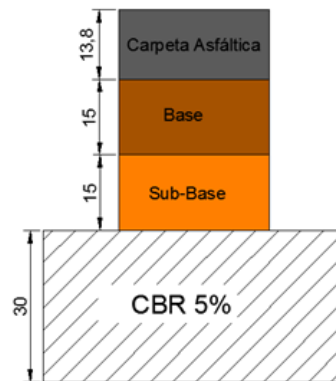
Tabla 19. Espesores diseño estructura 1.

Espesor Calculado (cm)	Espesor Mínimo (cm)
5.5	13.8
7.1	15.0
8.9	15.0

Fuente. Datos calculados

A continuación se grafica la estructura 1

Figura 11. Esquema general de Estructura 1



Fuente. Diseño ilustrativo

➤ **Diseño Estructura 2: CBR Sub-rasante = 6%**

Tabla 20. Calculo diseño estructura 2

Capa	Modulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de Capa (a_i)	Coefficiente de Drenaje (m_i)	SN Necesario	Espesor (pulg)	Espesor Seleccionado	SN Dispuesto
1	435000	0.44	1	2.18	4.95	5	2.2
2	28000	0.131	1.25	2.81	3.73	6	0.98
3	14000	0.1	1.25	3.28	0.78	6	0.75
4	9000						3.93 OK

Fuente. Tabulación de datos calculados para el diseño de estructura 2.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se observa que la estructura requerida es la siguiente:

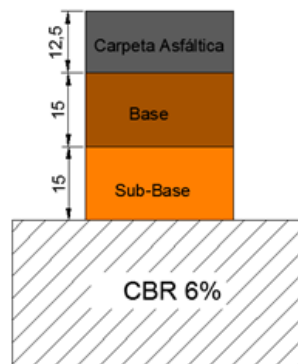
Tabla 21. Espesores diseño estructura 2.

Espesor Calculado (cm)	Espesor Mínimo (cm)
5.5	12.5
7.0	15.0
8.2	15.0

Fuente. Datos calculados

A continuación se grafica la estructura 2

Figura 12. Esquema general de Estructura 2



Fuente. Diseño ilustrativo

➤ Diseño Estructura 3: CBR Sub-rasante = 8%

Tabla 22. Calculo diseño estructura 3

Capa	Modulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de Capa (a_i)	Coefficiente de Drenaje (m_i)	SN Necesario	Espesor (pulg)	Espesor Seleccionado	SN Dispuesto
1	435000	0.44	1	2.18	4.95	5	2.2
2	28000	0.131	1.25	2.81	3.73	6	0.98
3	14000	0.1	1.25	NR	NR	0	0
4	12000						3.18 OK

Fuente. Tabulación de datos calculados para el diseño de estructura 3.

Como se puede observar subrasantes con CBR $\geq 8\%$ no se necesita base granular lo que genera disminución de costos en el proceso constructivo.

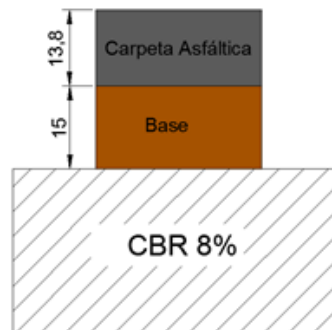
Tabla 23. Espesores diseño estructura 3.

Espesor Calculado (cm)	Espesor Mínimo (cm)
5.5	12.5
7.0	15.0
NR	0.0

Fuente. Datos calculados

A continuación se grafica la estructura 3

Figura 13. Esquema general de Estructura 3



Fuente. Diseño ilustrativo.

Se espera que el tratamiento del suelo con Cal entre el 4% y el 5%, presente valores de CBR superiores al 8%.

Según las tres estructuras diseñadas anteriormente, la vía se pavimentará considerando tres sectores definidos por tramos que están comprendidos entre las abscisas K0+00 al K0 +500 para la estructura 1, K0+500 al K5+500 para la estructura 2 y K5+500 a K7+100 para la estructura 3.

6.3.4 Diseño Geométrico Vial. Actualmente la vía no tiene un diseño geométrico definido, ni estructura de pavimento estable. La vía actualmente es conformada, nivelada constantemente y estabilizada mediante un tratamiento superficial con emulsión asfáltica, que no es durable, para facilitar el acceso de los vehículos; no obstante las condiciones del terreno no garantizan la uniformidad del mismo y no se observan anchos de calzada definidos a lo largo de los 7.1 Kilómetros.

A continuación se presentan los parámetros de diseño utilizados en el diseño teniendo en cuenta las condiciones actuales de la vía y los requerimientos técnicos solicitados.

6.3.4.1 Parámetros de Diseño. En el diseño geométrico de la vía se contemplaron los alineamientos horizontales y verticales, distancias de visibilidad, peralte ancho de calzada, volumen de tránsito proyectados, velocidad de diseño según los lineamientos contenidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS 2008, con el fin de garantizar la comodidad y seguridad de los conductores.

Actualmente existe una vía que comunica Yondó con el sector de Casabe Sur, el diseño geométrico propuesto corresponde a un tramo de vía rural de 7.1Km que es utilizado diariamente para transporte de personal, transporte de material, maquinaria y equipos utilizados en la operación de la industria del sector petrolero. Se requiere que la vía sea pavimentada garantizar el buen funcionamiento de la misma.

El proyecto contempla el Diseño Geométrico de la Vía, determinando datos importantes como:

- ✓ La velocidad de diseño
- ✓ Alineamiento horizontal

- ✓ Radios mínimos absolutos
- ✓ Determinación de valores de diseño
- ✓ Criterios generales para el alineamiento horizontal
- ✓ Alineamiento vertical
- ✓ Sección transversal de la vía
- ✓ Movimiento de tierras, entre otros.

6.3.4.2 Clasificación de la vía. Según el manual de diseño geométrico de INVIAS, la vía está clasificada como terciaria ya que actualmente está funcionando sobre el afirmado existente. Sin embargo una vez se pavimente esta deberá considerarse en el diseño geométrico como una vía secundaria. La topografía del terreno es plano y ondulado ya que en la mayor parte del tramo de vía las pendientes no superan el 3% y en la parte alta el 6%.

6.3.4.3 Cálculo de parámetros. A continuación se explicará el desarrollo detallado, de los diferentes criterios de diseño geométrico del proyecto, que se deben tener en cuenta.

Teniendo en cuenta el tipo de terreno de la vía proyectada se procede a definir el rango de velocidades de diseño y demás puntos, que se deben utilizar en función del tipo de carretera según su definición legal.

La velocidad de diseño seleccionada debe tener en cuenta el tipo de terreno y las características físicas de la vía, como radios de curvatura, peralte, distancias de visibilidad, entre otras, de las cuales depende la operación segura de los vehículos. En siguiente tabla se establecen los rangos de velocidad en función de la categoría de carretera y tipo de terreno.

Tabla 24. Valores de velocidad de Diseño

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño geométrico del INVIAS.

Considerando que la vía se va a pavimentar el rango de velocidad correspondiente a una carretera secundaria y con un terreno tipo plano y ondulado se puede trabajar entre 50 y 80 Km/h. Sin embargo este rango de velocidad dependerá de los radios de curvatura de la vía, parámetros de visibilidad, peraltes y otros.

Considerando que es necesario ajustar el diseño a alineamientos existentes, y según los criterios de seguridad, para los radios de curvatura que se están manejando se decide adoptar como velocidad de diseño 40 a 60 Km/h.

➤ **Alineamiento Horizontal.** El alineamiento horizontal debe permitir una operación suave y segura a la velocidad de diseño; para lo cual es necesario obtener el valor preciso del peralte máximo el cual puede ser adoptado de acuerdo a los valores consignados en la siguiente. Tabla 3.2 del manual de diseño geométrico:

Tabla 25. Radios mínimos para peralte máximo.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V _{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL f _{Tmáx}	TOTAL e _{máx} + f _{Tmáx}	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

De acuerdo al manual de diseño geométrico del INVIAS del 2008, para vías secundarias como la que estamos asumiendo este diseño, se adopta un peralte máximo del 8%, sin embargo para los diferentes radios de curvatura mínimos, se puede adoptar diferentes valores de peralte como es el caso de radios de curvatura de 20m se adoptan peraltes del 6%; considerando que la vía a diseñar debe conservar los alineamientos necesarios en algunos casos se trabajará con radios menores a los especificados en la tabla 3.2 pero se conserva el peralte máximo para garantizar la seguridad en las curvas.

Se requiere hacer un estudio de señalización con el fin de garantizar la seguridad de circulación por puntos críticos a velocidades moderadas de operación. La Velocidad de las curvas Horizontales (VCH) se debe tener en cuenta para asignar la velocidad específica a las entretangencias horizontales (VETH) y a partir de esto se asigna la velocidad a las curvas verticales (VCV).

➤ **Radios Mínimos Absolutos.** Los radios mínimos absolutos para 40 km/h (velocidad de diseño), calculados con el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se puede calcular según la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Radios mínimos.

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

Para el cálculo de los Radios se tuvo en cuenta la tabla 3.4 y 3.5 del manual del INVIAS:

Tabla 26. Radios (R_C) según velocidad específica (V_{CH}) y Peraltes $e_{máx} = 8\%$

e (%)	$V_{CH} = 40$ km/h R (m)	$V_{CH} = 50$ km/h R (m)	$V_{CH} = 60$ km/h R (m)	$V_{CH} = 70$ km/h R (m)	$V_{CH} = 80$ km/h R (m)	$V_{CH} = 90$ km/h R (m)	$V_{CH} = 100$ km/h R (m)	$V_{CH} = 110$ km/h R (m)	$V_{CH} = 120$ km/h R (m)	$V_{CH} = 130$ km/h R (m)
1,5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2,0	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2,2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2,4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2,6	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2,8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3,0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3,2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3,4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3,6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3,8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4,0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4,2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4,4	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4,6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4,8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5,0	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5,2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5,4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5,6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5,8	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6,0	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6,2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6,4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6,6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6,8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7,0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7,2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7,4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7,6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7,8	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8,0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

Tabla 27. Radios (R_c) según velocidad específica (V_{CH}) y Peraltes $e_{m\acute{a}x.} = 6\%$

e (%)	$V_{CH} = 20$ km/h R (m)	$V_{CH} = 30$ km/h R (m)	$V_{CH} = 40$ km/h R (m)	$V_{CH} = 50$ km/h R (m)	$V_{CH} = 60$ km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	158
6.0	15	21	43	79	123

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

➤ **Transición del Peralte.** Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. Para el cálculo se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Longitudes de transición.

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN \times L}{e_f}$$

Dónde:

L_t = Longitud total de transición, en metros.

L = Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular, en metros.

N = Aplanamiento, en metros.

BN = Bombeo normal (vía pavimentada BN = 2%)

ef = Peralte total, en porcentaje (%).

➤ **Rampa de Peralte.** Se calcula la rampa del peralte teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Rampa de peralte.

$$\Delta s = a \times \left(\frac{e_f - e_i}{L} \right)$$

Dónde:

Δs = Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

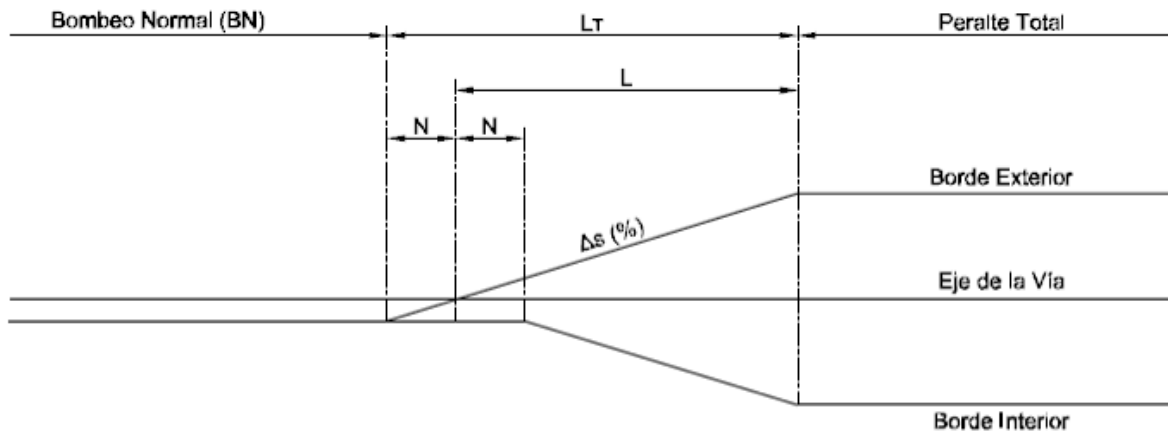
L = Longitud de transición, $L = L_t - N$, en metros.

ef = Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%).

ei = Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%).

a = Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros.

Figura 14. Desarrollo de Peralte.



Los valores de la pendiente relativa para carreteras secundarias y terciarias se deben ajustar teniendo en cuenta que el espacio para realizar la transición de peraltado es muy limitado. Se anexa el diseño geométrico en planta realizado.

6.3.4.4 Diseño geométrico en Perfil del eje de la Vía. Para realizar el diseño geométrico de la vía es necesario verificar que el diseño en planta se acomode al perfil del terreno con el fin de evitar grandes cortes o rellenos y garantizar el buen funcionamiento de la vía.

En esta sección se analizan el alineamiento vertical de la vía teniendo en cuenta las tangentes verticales y la longitud de las curvas, la visibilidad, velocidad del proyecto, porcentaje de vehículos pesado entre otros.

El alineamiento vertical y el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados, en forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Por lo tanto es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma Velocidad Específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio.

➤ **Tangente Vertical.** En este ítem se analiza la mínima pendiente que puede tener la vía para garantizar el escurrimiento de las aguas lluvias y así realizar el diseño hidráulico de la vía; y por otro lado la pendiente máxima con el fin de evitar que los Vehículos cuenten con la fuerza suficiente para cruzar. En la tabla 4.1 del manual de diseño de Carreteras del INVIAS se recomiendan las pendientes máximas dependiendo de la velocidad del tramo Homogéneo (VTR) para cada tipo de carretera y en la tabla 4.2 se encuentran las pendientes recomendadas para la vía cuando se tiene en cuenta la velocidad específica de la tangente vertical (VTV).

Tabla 28. Pendiente Máxima (%) en función de la velocidad de diseño.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

Tabla 29. Relación entre pendiente máxima (%) y Velocidad Específica.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

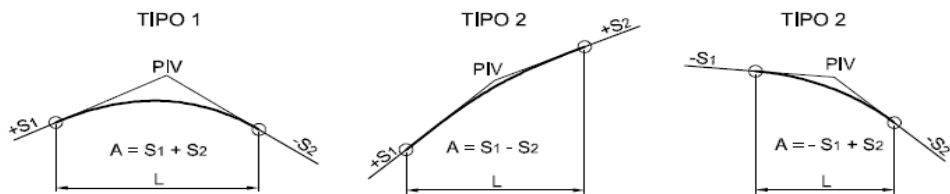
En este diseño se trabajó con pendientes máximas del 10%.

➤ **Curvas Verticales.** Las curvas verticales diseñadas en este proyecto tuvieron en cuenta el enlace con las tangentes para que en su longitud se efectuara el paso gradual de la pendiente tangente de entrada a la de salida.

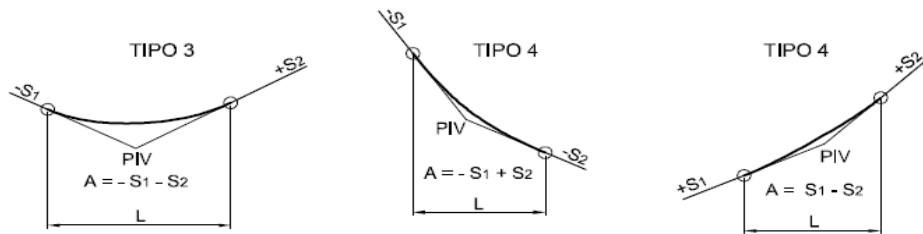
➤ **Elementos geométricos tenidos en cuenta en el diseño.** El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denomina PCV, y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra "A".

Existen Varios Tipos de Curvas verticales, entre ellas las cóncavas y convexas y las simétricas y asimétricas. En el siguiente esquema se presenta cada Tipo de Curva.

Figura 15. Tipos de Curvas



CURVAS VERTICALES CONVEXAS

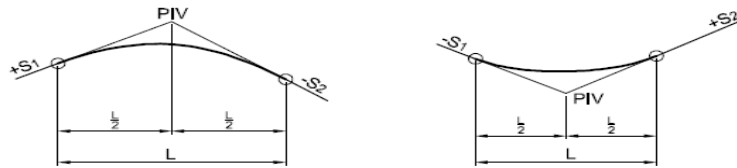


CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

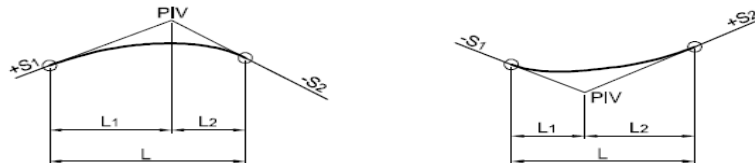
S_1 = Pendiente de entrada
 S_2 = Pendiente de salida

A = Diferencia de pendientes
 L = Longitud de la curva

K = Variación por unidad de pendiente:
 $K = \frac{1}{L}$



CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS



CURVAS VERTICALES ASIMÉTRICAS

L = Longitud de la curva

L_1 = Longitud rama de entrada

L_2 = Longitud rama de salida

Fuente. Instituto Nacional de Vías. INVIAS

Para este diseño se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para determinar la longitud de las curvas, según establece el manual de diseño del INVIAS:

- **Criterio de seguridad.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).
- **Criterio de operación.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de drenaje.** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada (K).

En el Anexo K. se encuentra el diseño geométrico en planta.

6.3.4.5 Cálculo de Volúmenes. En el diseño de la vía es necesario definir el ancho de calzada requerido para la misma teniendo en cuenta el tipo de carretera y la velocidad de diseño. En la tabla 5.2 del manual del INVIAS se recomiendan los anchos de calzadas en metros.

Tabla 30. Ancho de calzada (metros).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS

Teniendo en cuenta la tabla anterior, el ancho de calzada para la vía diseñada es de seis (6) metros, el bombeo definido para la misma es del 2%, a partir de esto se calcula las volúmenes y rellenos correspondientes con el fin de evaluar cantidades de remoción de tierras. Se anexa el cuadro del cálculo de volumen.

6.3.5 Geotecnia Vial. Se realiza un diagnostico descriptivo de las obras de geotecnia necesarias para la protección de la estructura vial partiendo de análisis cualitativo para lo cual se plantean alternativas de solución por tramos de vía inspeccionada. A continuación en la tabla 31, se presenta un cuadro resumen para este capítulo:

Tabla 31. Descripción básica de geotécnica.

TRAMO A ANALIZAR		CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TERRENO	ESTUDIOS A REALIZAR	ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN
Km (Inicio)	Km (Final)			
0+000	0+060	1. Vía sobre terraplén de acceso a la plataforma del Clúster Norte de Casabe Sur. 2. Vía con características de Relleno a ambos márgenes.	1. Ensayo de Penetración Estándar - SPT. 2. Modelamiento de los taludes. 3. Diseño de estructura de contención y protección superficial del Talud.	1. Diseño y Construcción de Muro de Contención en Gaviones. 2. Conformación de Taludes 1:1. 3. Protección y Empradizado de Taludes.
0+100	0+120	1. Vía con características de Relleno a ambas márgenes, margen derecha más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Vía.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
0+340	0+380	1. Vía con características de Relleno sobre el margen izquierdo y corte sobre el margen derecho.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Vía.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
0+620	0+640	1. Vía con características de Corte a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
1+120	1+140	1. Vía con características de Relleno a la margen izquierda y Corte a la margen derecha.	1. Diseño de movimiento de tierras para conformación de corte / relleno de la banca de la vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de corte y relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.

TRAMO A ANALIZAR		CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TERRENO	ESTUDIOS A REALIZAR	ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN
Km (Inicio)	Km (Final)			
1+240	1+300	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
1+560	1+600	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes. 3. Diseño de estructura de contención y protección superficial del Talud.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1. 3. Diseño y Construcción de Muro de Contención en Gaviones.
1+820	1+860	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes. 3. Diseño de estructura de contención y protección superficial del Talud sobre la margen izquierda.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1. 3. Diseño y Construcción de estructura de Contención en Trinchos o Muro en Concreto.
2+000	2+020	1. Via con características de Corte a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para conformación de corte / relleno de la banca de la vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de corte y relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
2+280	2+300	1. Via con características de Corte a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes. 3. Diseño de estructura de contención y protección superficial del Talud.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1. 3. Diseño y Construcción de Muro de Contención en Gaviones.
2+500	2+520	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen derecha más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes. 3. Diseño de estructura de contención y protección superficial del Talud.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1. 3. Diseño y Construcción de Muro de Contención en Gaviones.
2+980	2+300	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.

TRAMO A ANALIZAR		CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TERRENO	ESTUDIOS A REALIZAR	ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN
Km (Inicio)	Km (Final)			
3+280	3+300	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
3+780	3+800	1. Via con características de corte en la margen derecha.	1. Diseño de movimiento de tierras para reducción de inclinación de talud. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Corte de talud para reducir riesgo de derrumbes sobre la vía.
3+900	4+020	1. Via con características de corte a la margen izquierda y relleno a la margen derecha.	1. Diseño de movimiento de tierras para conformación de corte / relleno de la banca de la vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de corte y relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
4+100	4+180	1. Via con características de corte a la margen derecha y relleno a la margen izquierda.	1. Diseño de movimiento de tierras para conformación de corte / relleno de la banca de la vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de corte y relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
4+340	4+370	1. Via con características de relleno en la margen derecha.	1. Diseño de movimiento de tierras para garantizar estabilidad del talud. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Corte de talud para reducir riesgo de derrumbes sobre la vía.
5+280	5+300	1. Via con características de corte en la margen derecha.	1. Diseño de movimiento de tierras para garantizar estabilidad del talud. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Corte de talud para reducir riesgo de derrumbes sobre la vía.
5+440	5+480	1. Via con características de Relleno a ambas márgenes, margen izquierda más desfavorable.	1. Diseño de movimiento de tierras para ampliación de banca de la Via. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.
5+550	5+560	1. Via con características de corte en ambas márgenes.	1. Diseño de movimiento de tierras para garantizar estabilidad del talud. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Corte de talud para reducir riesgo de derrumbes sobre la vía.
6+380	6+420	1. Via con características de corte en ambas márgenes.	1. Diseño de movimiento de tierras para garantizar estabilidad del talud. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Corte de talud para reducir riesgo de derrumbes sobre la vía.
6+940	6+960	1. Via con características de corte a la margen derecha y relleno a la margen izquierda.	1. Diseño de movimiento de tierras para conformación de corte / relleno de la banca de la vía. 2. Modelamiento de los taludes.	1. Construcción de corte y relleno para ampliar la banca de la vía. 2. Conformación de Taludes 1:1.

7. ESTUDIO DE INVERSIÓN

7.1 ESTIMACIÓN DE RECURSOS

Para el desarrollo del proyecto es necesario determinar los recursos estimados que se necesitarán en la ejecución de cada una de las actividades y los costos asociados a cada una de ellas; para lo cual se analizarán recursos de tipo humano, maquinaria y administrativos.

7.1.1 Recurso Humano. Estos se refieren a toda la mano de obra de los costos directos necesarios para cada uno de los ítems que conformaran el presupuesto estimado. En la siguiente tabla se relacionan cada uno de estos.

Tabla 32. Recurso Humano.

COSTO DIRECTO DEL PROYECTO:				DURACION DEL PROYECTO		
\$ 8.028.714.588				(MES)		
ITEM	DESCRIPCION	CANT UND	DURACION MESES	VALOR \$/ MES	VALOR TOTAL \$	PESO %
1	TOPOGRAFO	1	10	\$ 4.701.480	\$ 47.014.800	0,59%
2	CADENERO	2	10	\$ 2.446.500	\$ 48.930.000	0,61%
3	DIBUJANTE TECNICO	1	1	\$ 3.471.450	\$ 3.471.450	0,04%
4	TORNILLERO	1	4	\$ 2.966.520	\$ 11.866.080	0,15%
5	OFICIAL DE CONSTRUCCION	8	6	\$ 2.966.520	\$ 142.392.960	1,77%
6	AYUDANTE DE OBRA CIVIL	40	6	\$ 2.446.500	\$ 587.160.000	7,31%
7	PALETERO	4	10	\$ 2.446.500	\$ 97.860.000	1,22%
8	CONDUCTORES DE EQUIPO PESADO (VOLQUETA)	10	10	\$ 2.966.520	\$ 296.652.000	3,69%
8	CONDUCTORES DE EQUIPO PESADO (CARROTANQUE DE AGUA)	1	10	\$ 2.966.520	\$ 29.665.200	0,37%
8	CONDUCTORES DE EQUIPO PESADO (CAMA BAJA)	1	2	\$ 2.966.520	\$ 5.933.040	0,07%
8	CONDUCTORES DE EQUIPO PESADO (IRRIGADOR)	1	4	\$ 2.966.520	\$ 11.866.080	0,15%
9	OPERADORES DE RETROEXCAVADORAS DE ORUGA	1	3	\$ 3.471.450	\$ 10.414.350	0,13%
10	OPERADORES DE RETROEXCAVADORAS DE LLANTA	1	10	\$ 3.471.450	\$ 34.714.500	0,43%
11	OPERADOR DE VIBROCOMPACTADOR AUTOPROPULSOR	1	10	\$ 3.471.450	\$ 34.714.500	0,43%
12	OPERADOR DE MOTONIVELADORA	1	10	\$ 3.471.450	\$ 34.714.500	0,43%
13	OPERADOR DE FINISHER	1	4	\$ 3.471.450	\$ 13.885.800	0,17%
14	OPERDAOR DE VIBROCOMPACTADOR DOBLE CILINDRO	1	4	\$ 3.471.450	\$ 13.885.800	0,17%
15	OPERDAOR DE VIBROCOMPACTADOR DE LLANTA	1	4	\$ 3.471.450	\$ 13.885.800	0,17%
16	OPERADOR DE EQUIPO DE SEÑALIZACION VIAL	1	1	\$ 3.471.450	\$ 3.471.450	0,04%
17	OPERADOR DE COMPRESOR DE AIRE	1	4	\$ 2.446.500	\$ 9.786.000	0,12%
VALOR TOTAL					\$ 1.452.284.310	18,09%

Fuente. Tabulación de cálculos obtenidos

7.1.2 Recurso maquinaria y equipos. Al igual que el recurso humano, estos hacen parte de los costos directos para realizar cada uno de los ítems del presupuesto. A continuación se relacionan dichos recursos:

Tabla 33. Recurso Maquinaria y Equipo.

COSTO DIRECTO DEL PROYECTO: \$ 8.028.714.588			DURACION DEL PROYECTO (MES) 10			
ITEM	DESCRIPCION	CANT UND	DURACION MESES	VALOR \$ / MES	VALOR TOTAL \$	PESO %
1	ESTACION TOPOGRAFICA	1	10	\$ 2.700.000	\$ 27.000.000	0,34%
2	NIVEL DE PRECISION	1	10	\$ 1.200.000	\$ 12.000.000	0,15%
3	VOLQUETA DOBLE TROQUE	10	10	\$ 21.000.000	\$ 2.100.000.000	26,16%
4	CARROTANQUE DE AGUA	1	10	\$ 21.000.000	\$ 210.000.000	2,62%
5	CAMA BAJA	1	2	\$ 33.000.000	\$ 66.000.000	0,82%
6	IRRIGADOR	1	4	\$ 21.000.000	\$ 84.000.000	1,05%
7	RETROEXCAVADORAS DE ORUGA	1	3	\$ 26.400.000	\$ 79.200.000	0,99%
8	RETROEXCAVADORAS DE LLANTA	1	10	\$ 24.000.000	\$ 240.000.000	2,99%
9	VIBROCOMPACTADOR AUTOPROPULSOR	1	10	\$ 16.500.000	\$ 165.000.000	2,06%
10	MOTONIVELADORA	1	10	\$ 32.400.000	\$ 324.000.000	4,04%
11	FINISHER	1	4	\$ 37.800.000	\$ 151.200.000	1,88%
12	VIBROCOMPACTADOR DOBLE CILINDRO	1	4	\$ 16.500.000	\$ 66.000.000	0,82%
13	VIBROCOMPACTADOR DE LLANTA	1	4	\$ 16.500.000	\$ 66.000.000	0,82%
14	EQUIPO DE SEÑALIZACION VIAL	1	1	\$ 21.000.000	\$ 21.000.000	0,26%
15	COMPRESOR DE AIRE	1	4	\$ 2.400.000	\$ 9.600.000	0,12%
16	HERRAMIENTA MENOR (5%MdeO)	1	1	\$ 72.614.216	\$ 72.614.216	0,90%
17	SEÑALIZACION HSE	1	1	\$ 17.895.621	\$ 17.895.621	0,22%
VALOR TOTAL					\$ 3.711.509.837	46,23%

Fuente. Tabulación de cálculos obtenidos

7.1.3 Recurso Administrativo. Estos hacen referencia a los gastos que se incurren para la ejecución de todos los ítems del presupuesto estimado, pólizas, impuestos de ley y costos de operación. En la siguiente tabla se discriminan de manera detallada cada uno de ellos:

Tabla 34. Recurso Administrativo.

COSTO DIRECTO DEL PROYECTO:		\$ 8.028.714.588	DURACION DEL CONTRATO (MES)		10
ITEM	DESCRIPCION	SALARIO	% PARTICIPACION	COSTO	% PESO
1	PERSONAL				
1,1	DIRECTOR DE OBRA	\$ 12.568.710	100,00%	\$ 125.687.100	0,020
1,2	INGENIERO RESIDENTE	\$ 8.211.840	100,00%	\$ 82.118.400	0,010
1,3	AUXILIAR DE INGENIERIA	\$ 6.240.990	100,00%	\$ 62.409.900	0,010
1,4	INGENIERO FORESTAL	\$ 8.211.840	75,00%	\$ 61.588.800	0,010
1,5	GESTOR SOCIAL	\$ 8.211.840	50,00%	\$ 41.059.200	0,010
1,6	INGENIERO PLANEADOR	\$ 6.240.990	100,00%	\$ 62.409.900	0,010
1,7	ADMINISTRADOR	\$ 6.240.990	100,00%	\$ 62.409.900	0,010
1,8	CONTADOR	\$ 4.147.973	50,00%	\$ 20.739.863	0,000
1,9	ASESOR JURIDICO	\$ 4.147.973	10,00%	\$ 4.147.973	0,000
1,10	SECRETARIA	\$ 3.704.085	50,00%	\$ 18.520.425	0,000
1,11	CONDUCTOR	\$ 2.966.513	200,00%	\$ 59.330.250	0,010
1,12	ALMACENISTA	\$ 2.446.500	100,00%	\$ 24.465.000	0,000
1,13	CELADOR	\$ 2.446.500	200,00%	\$ 48.930.000	0,010
1,14	SUPERVISOR	\$ 4.147.973	200,00%	\$ 82.959.450	0,010
1,15	INSPECTOR HSE	\$ 4.147.980	100,00%	\$ 41.479.800	0,010
1,16	VIGIA HSE	\$ 2.446.500	100,00%	\$ 24.465.000	0,000
SUBTOTAL					0,12
2	POLIZAS				
2,2	CUMPLIMIENTO		0,07%	\$ 5.620.100	0,001
2,3	SALARIOS Y PRESTACIONES SOC.		0,08%	\$ 6.422.972	0,001
2,4	ESTABILIDAD / 5 AÑOS		0,13%	\$ 10.437.329	0,001
2,5	RESPONSABILIDAD CIVIL		0,07%	\$ 5.620.100	0,001
SUBTOTAL					0,004
3	IMPUESTOS				
3,1	INDUSTRIA Y COMERCIO		0,008%	\$ 642.297	0,0001
3,2	RENTA		0,0165%	\$ 1.324.738	0,0002
3,3	EQUIDAD – CREE		0,30%	\$ 24.086.144	0,0030
SUBTOTAL					0,0032
4	COSTOS DE OPERACIÓN				
4,1	SERVICIOS PÚBLICOS	\$ 200.000	100,00%	\$ 2.000.000	0,000
4,2	PAPELERÍA	\$ 300.000	100,00%	\$ 3.000.000	0,000
4,3	AVANTELES	\$ 1.250.000	400,00%	\$ 50.000.000	0,006
4,4	CAMPAMENTO	\$ 2.000.000	100,00%	\$ 20.000.000	0,002
4,5	CAMIONETA	\$ 5.100.000	200,00%	\$ 102.000.000	0,013
4,6	ELEMENTOS HSE	\$ 2.000.000	100,00%	\$ 20.000.000	0,002
SUBTOTAL					0,02
TOTAL ADMINISTRACIÓN EN PORCENTAJE					15%
VALOR TOTAL ADMINISTRACIÓN (COSTO DIRECTO X 15%)					\$ 963.445.751

Fuente. Tabulación de cálculos obtenidos

7.2 PRESUPUESTO ESTIMADO

El presupuesto corresponde a la discriminación por ítem de cada una de las actividades a ejecutar, plasmando sus costos directos e indirectos. Los costos directos se determinan a partir de un análisis de precios unitario para cada ítem, los cuales fueron tomados de la base de datos de los contratos ejecutados por Ecopetrol S.A; sin embargo se calcularon los costos de recurso humano, maquinaria y equipos descritos anteriormente. Los costos indirectos se componen de la administración previamente determinada, los imprevistos y la utilidad esperada por el ejecutor; estos últimos corresponden a los utilizados por lo general en los procesos de contratación de Ecopetrol S.A para el Campo Casabe. Este presupuesto corresponderá a la inversión inicial requerida para ejecutar el proyecto

Tabla 35. Presupuesto Estimado.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO	VALOR ÍTEM
1	PRELIMINARES				\$ 300.000.000
1.1	Localización y Replanteo Topográfico	D	300	\$ 1.000.000	\$ 300.000.000
2	EXCAVACIONES				\$ 104.357.536
2.1	Excavación Mecánica en material común	m ³	5925	\$ 11.200	\$ 66.357.536
2.2	Excavación Manual en material común	m ³	400	\$ 95.000	\$ 38.000.000
3	RELLENOS				\$ 63.064.694
3.1	Relleno Tipo 3 Compactado a Máquina	m ³	1220	\$ 26.500	\$ 32.325.230
3.2	Cargue y Acarreo de Material	m3-km	34155	\$ 900	\$ 30.739.464
4	OBRAS DE ARTE				\$ 1.188.000.000
4.1	Construcción de muros de contención en Gaviones	m ³	1200	\$ 350.000	\$ 420.000.000

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO	VALOR ÍTEM
4.2	Construcción de Cunetas en Concreto Reforzado	MI	8000	\$ 68.000	\$ 544.000.000
4.3	Construcción Alcantarilla con Tubería de Concreto de D=36"	MI	100	\$ 680.000	\$ 68.000.000
4.4	Construcción Cabezote en Concreto	m3	60	\$ 850.000	\$ 51.000.000
4.5	Regevegetalización con siembra de pasto	m2	3500	\$ 30.000	\$ 105.000.000
5	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				\$ 4.767.549.440
5.1	Estabilización de la sub-rasante con Cal	m³	12780	\$ 33.748	\$ 431.299.440
5.2	Conformación de Sub-base Granular	m³	4950	\$ 105.000	\$ 519.750.000
5.3	Conformación de Base Granular	m³	6390	\$ 114.000	\$ 728.460.000
5.4	Imprimación mediante Riego de Liga	m2	42600	\$ 1.400	\$ 59.640.000
5.5	Base Asfáltica MDC-2 Asfalto Norma 60-70	m³	5489	\$ 500.000	\$ 2.744.400.000
5.6	Línea de Demarcación en Pintura para Tráfico	MI	28400	\$ 10.000	\$ 284.000.000
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 6.422.971.670
ADMINISTRACION				15%	\$ 963.445.751
IMPREVISTOS				4%	\$ 256.918.867
UTILIDAD				6%	\$ 385.378.300
VALOR TOTAL PROYECTO					\$ 8.028.714.588

Fuente. Tabulación de cálculos obtenidos

Este presupuesto estimado contempla todos los costos de los impactos ambientales del proyecto, obtenidos en el capítulo 5 y los costos de recursos humanos, maquinaria, equipos y de administración descritos en este capítulo.

7.3 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se analizará teniendo en cuenta los rubros de costos de manteamiento, en materia de seguridad ambiental, salud ocupacional y medio

ambiente (HSE), y los asociados a la producción, los cuales determinan los gastos y ahorros realizados como resultado de la inversión. Se realizará una cuantificación de los flujos de caja de cada uno de ellos durante la vida útil del activo considerando dos escenarios definidos como “sin proyecto” y “con proyecto”, utilizando el valor presente neto y relación beneficio-costos como indicadores de rentabilidad de la inversión.

7.3.1 Proyectos en Ecopetrol S.A. Sus proyectos deben tener presente el marco estratégico de ECOPETROL S.A. y estar alineados con los objetivos y estrategias demostrando un adecuado beneficio para la empresa, estos están supeditados a una clasificación interna por categorías a saber: requeridos para operar (RO), proyectos de oportunidades de negocio (ON) y Estudios.

Nuestro proyecto se enmarca en los requeridos para operar (RO), que se definen por ser indispensables para sostener la viabilidad de la operación actual en condiciones de seguridad y adecuada confiabilidad, cumplimiento de leyes y aspectos ambientales y proyectos de HSE de obligatorio cumplimiento.

Para todos los proyectos clasificados como RO debe determinarse el factor J o de justificación, a partir del análisis del beneficio esperado.

Factor J = Reducción del riesgo = (Costo del riesgo base - Costo del riesgo con proyecto) / Inversión total

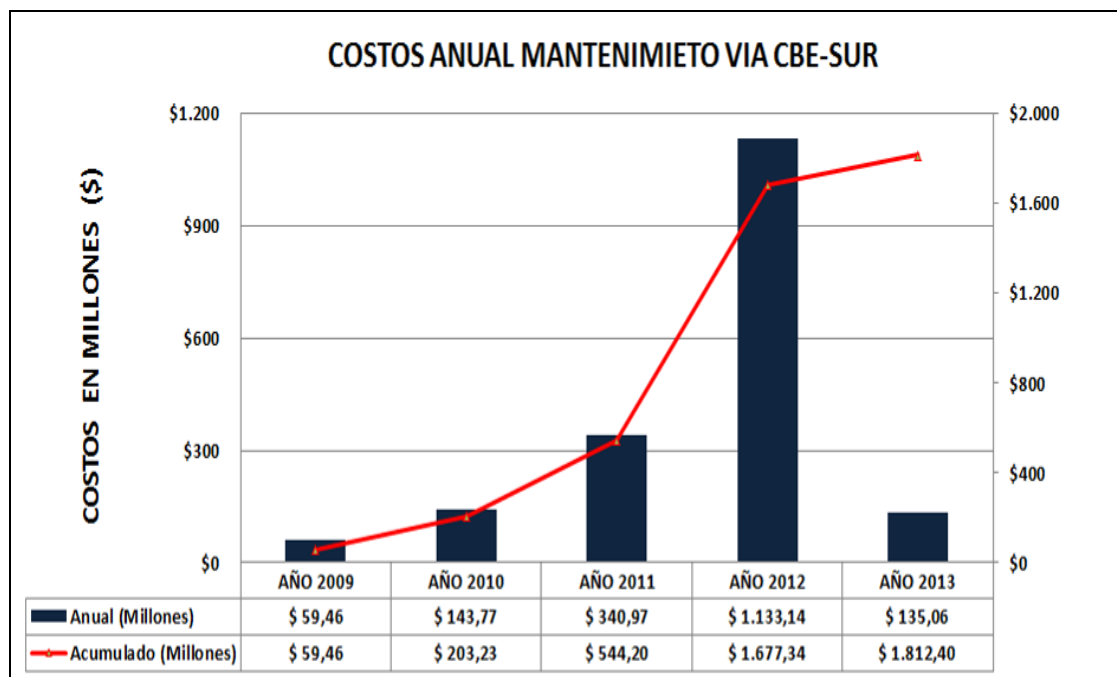
Factor J > 1 = Se ahorra más dinero del que se invierte, normalmente se justifica la alternativa.

Factor J < 1 = No debe implementarse la alternativa, se ahorra menos dinero del que se invierte.

7.3.2 Análisis de los Costos Sin Proyecto. El departamento de mantenimiento de Ecopetrol S.A, tienen en su base de datos un estadísticos de sus costos definidos por rubros, que son el punto de partida de este análisis. Los datos obtenidos corresponden a periodos de los años entre el 2009 y 2013, los cuales se proyectaran durante todo el horizonte del proyecto teniendo en cuenta su tendencia de cada uno de ellos.

7.3.2.1 Costo de mantenimiento. Los costos de mantenimiento hacen referencia a inversión anual que realiza Ecopetrol S.A, para conservar la vía en buenas condiciones de serviciabilidad para el uso del personal, maquinaria y equipos de la operación de su unidad de negocio. Este mantenimiento genera un costo anual fijo, debido a que la operación del sector petrolero son las 24 horas del día y requiere una disponibilidad de todos sus activos.

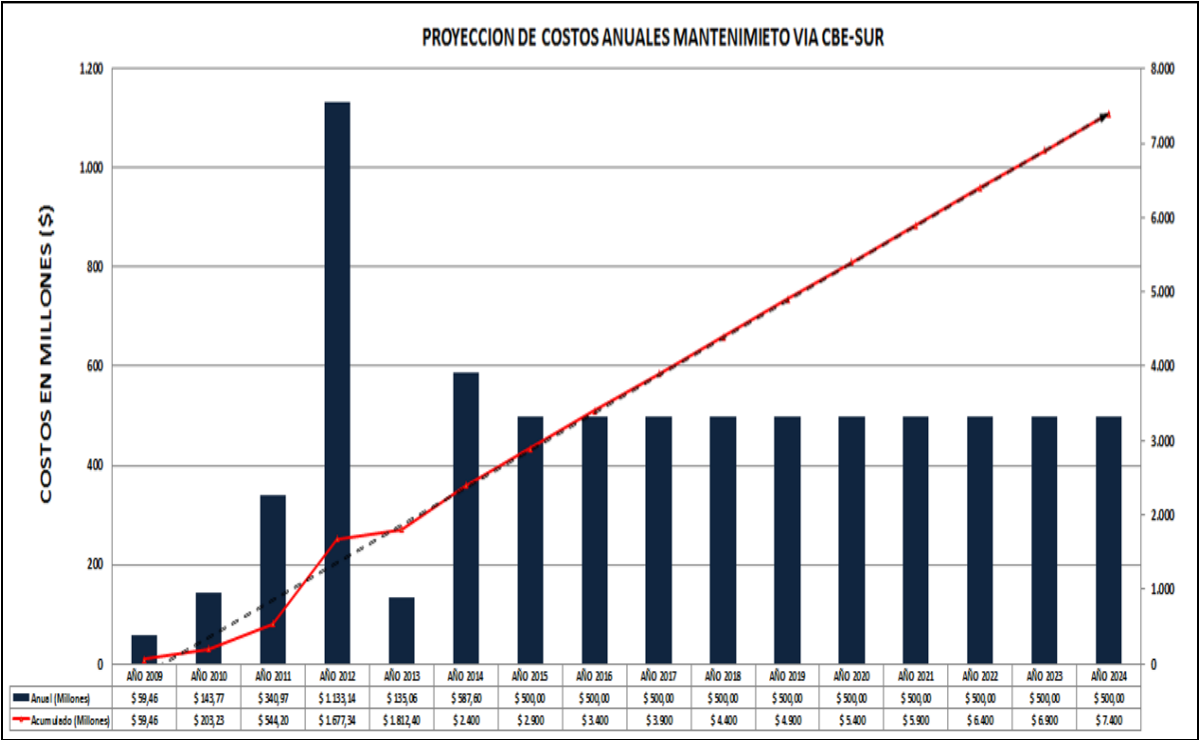
Figura 16. Costo anual de Mantenimiento.



Fuente. Grafica ilustrativa de los autores

Si la operación del sector continúa con esta mecánica de mantenimiento anual de la vía existente, el comportamiento de estos costos durante los próximos diez (10) años presenta una tendencia lineal, cuya expresión matemática obtenida está dada por $Y= 500.000.000X - 600.000.000$, y alcanzarían un monto proyectado de aproximadamente 7.400.000.000 de pesos colombianos. En la siguiente gráfica se presenta las cifras y estimaciones mencionadas

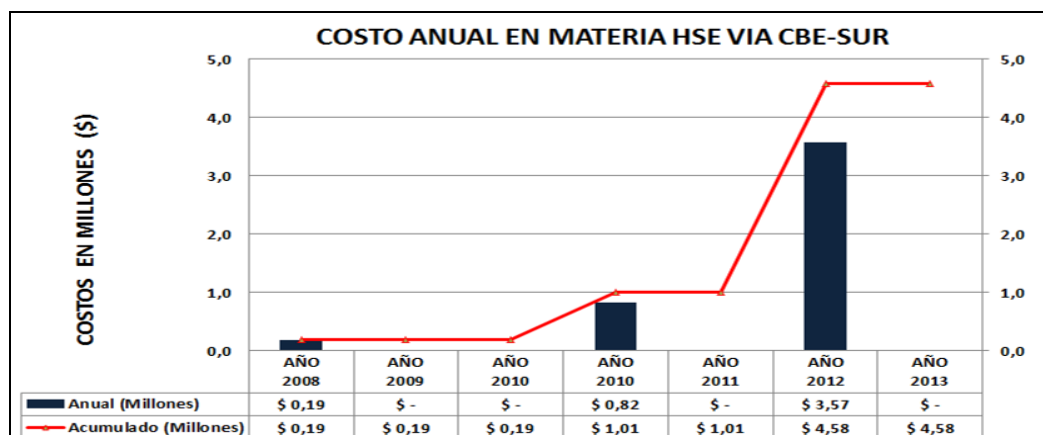
Figura 17. Proyección Costo de Mantenimiento.



Fuente. Grafica ilustrativa de los autores

7.3.2.2 Costo en materia HSE. Estos costos se asocian a la cuantificación de los daños y perjuicios generados a propios y terceros por incidentes en el ámbito de seguridad industrial, salud ocupacional y ambiente, cuya causa sea a partir del mal estado de la vía y/o condiciones subestandar en la misma.

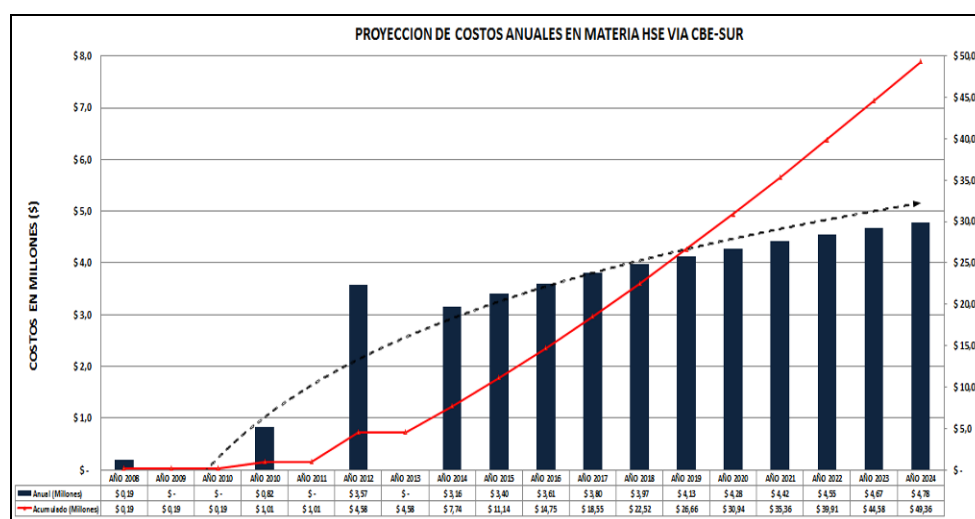
Figura 18. Costo anual en materia HSE.



Fuente. Grafica ilustrativa de los autores

Al igual que los costos de mantenimiento, estos también se proyectan en el horizonte del tiempo de 10 años y con comportamiento de tendencia logarítmica con los datos que se tienen desde el año 2008 y cuya expresión matemática obtenida es $Y = 2.000.000 * \ln * X - 99.636$.

Figura 19. Proyección Costo anual en materia HSE.



Fuente. Grafica ilustrativa de los autores

7.3.2.3 Costos asociados a producción. Ecopetrol S.A, en el sector de Casabe Sur del Campo Casabe, genera una producción promedio diaria de 4407 barriles de crudo de petróleo. Para ello, de acuerdo a un plan de mantenimiento,

los pozos productores e inyectores se les realiza un reacondicionamiento que se efectúa mediante equipos de workover, varilleo, entre otros. Estos equipos, durante su desplazamiento requieren que la vía de acceso a los pozos se encuentre en buen estado. Sin embargo, no siempre se brinda estas condiciones para los equipos, lo que impide su ingreso y por ende paradas en los pozos generando un diferencial de producción. En periodos de invierno el asunto es de mayor cobertura, ya que la vía presenta un deterioro crítico lo que genera emergencias y solicitudes inmediatas que muchos casos no son atendidos en tiempos esperados por el área de producción.

Para el sector de Casabe Sur, la deferida promedio anual para el año 2013 causado por la no asistencia de equipos de reacondicionamiento de pozos, fue de 23676,8 barriles de crudo de petróleo lo que significa un costo de oportunidad de 1.396.071 de dólares en este periodo.

7.3.3 Análisis de los Costos Con Proyecto. Partiendo de la premisa de ahorrar más dinero del que se invierte, se espera disminuir los costos de cada uno de los rubros analizados anteriormente, para lo cual se analizarán los flujos de caja de cada uno de ellos durante el ciclo de vida del producto.

7.3.3.1 Costo de mantenimiento. Los costos de mantenimiento de la vía pavimentada se estima con base a proyectos ejecutados con similar alcance en el Campo Casabe como los son la Vía principal y La Paz con una longitudes de 6,7 km y 5,5 km respectivamente, el presupuesto anual de mantenimiento es de alrededor de 80 millones de pesos que corresponden a limpieza de cunetas y reparaciones menores generadas por la operación.

7.3.3.2 Costo en materia HSE. Estos costos se verán reducidos por la mejora en las condiciones de movilidad, se estimará un nivel de confianza del 95% de la no ocurrencia de eventos asociados a incidentes viales. Sin embargo dentro

de la política integral de Ecopetrol S.A se encuentra los llamados barriles limpios, con cero incidentes en aspectos HSE. Con la consecución de este proyecto aportaremos un gran apoyo para el cumplimiento de esta meta de gran importancia para esta empresa.

7.3.3.3 Costos asociados a producción. Al igual que los dos rubros anteriores, estos se verán reducidos por la disponibilidad y serviciabilidad de la vía pavimentada para la operación en el sector de Casabe Sur. La probabilidad de ocurrencia del diferencial de producción se estima en un 5%, es decir un nivel de confianza del 95%. La disminución de diferidas será uno de los grandes intereses para Ecopetrol S.A dado a que aumentará su rentabilidad e ingresos en este sector en particular.

7.4 VIABILIDAD DEL PROYECTO

Se realizó la evaluación de la inversión, mediante las técnicas y parámetros utilizados en Ecopetrol S.A. Estos parámetros de entrada, fueron suministrados por parte del departamento de gestión y crecimiento de Ecopetrol S.A, los cuales corresponden a una tasa de descuento de 11,1% y una tasa de cambio de 1900 pesos por dólar para el año 2014; valores emitidos por el departamento mencionado mediante una comunicación corporativa y basados en una data estadística desde el año 2000. Ecopetrol S.A establece que los análisis financieros para sus proyectos se evalúen en base a estas tasas en todo su horizonte.

Las cifras presentadas en el análisis de la inversión están dadas en miles de dólares (KUSD) y son productos de los valores calculados en cada uno de los rubros que hacen parte de este estudio, y que corresponden a los costos de mantenimiento, costos en materia HSE y costos asociados al diferencial de producción en dos escenarios llamados “Sin proyecto o riesgo Base” y “Con proyecto”. Con el fin de presentar y valorar la inversión en una misma unidad

monetaria, los costos de estos rubros calculados anteriormente se afectan por la tasa de cambio para obtener los flujos de caja en cada uno de los escenarios planteados.

Como se mencionó en el numeral 7.2 presupuesto estimado, la inversión inicial de nuestro proyecto corresponde a un valor presente de 802.871.4588 COP que convertidos a la misma unidad monetaria en el análisis de la inversión corresponden a 4.226 KUSD. A continuación se muestra la tabla 36 con los resultados obtenidos para el factor de justificación del proyecto.

Tabla 36. Factor J.

	ECOPETROL S.A DIRECCIÓN CORPORATIVA DE PROYECTOS											
	FORMATO EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS REQUERIDOS PARA OPERAR											
Nombre del proyecto	PAVIMENTACION DE VIA ZONA INDUSTRIAL - CASABE SUR											
Información en cifras	KUSD											
Ciclo de vida del producto (años)	10											
Tasa de descuento (Ecopetrol)	11,1%											
Tasa de cambio por año	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 1.900
Deflactor	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RIESGO BASE (Pérdidas y Costos sin Proyecto)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Diferencial de Producción	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396
Probabilidad de Ocurrencia Diferencial de Producción	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396
Costos de mantenimiento	309	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
Costos de HSE	1,66	1,79	1,90	2,00	2,09	2,18	2,25	2,33	2,39	2,46	2,52	
FLUJO DE CAJA RIESGO BASE	1.707	1.661	1.661	1.661	1.661	1.661	1.661	1.662	1.662	1.662	1.662	
RIESGO CON PROYECTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inversiones Total (incluidos Escalación y contingencias)	4.226						-	-	-	-	-	-
Inversión Total	4.226	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diferencial de Producción	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396	1.396
Probabilidad de Ocurrencia Diferencial de Producción	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Costos de mantenimiento	293	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Costos de HSE	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
FLUJO DE CAJA RIESGO CON PROYECTO	4.588	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
Valor Presente Riesgo base KUSD	11.450											
Valor Presente Inversión KUSD	4.226											
Valor Presente Riesgo con Proyecto KUSD	5.246											
Relación FACTOR J = (B/C -1)	1,47											

$$\text{Factor J} = (\text{Valor Presente Riesgo base} - \text{Valor Presente Riesgo con Proyecto}) / \text{Valor Presente Inversión}$$

Fuente. Tabulación de cálculos obtenidos

Se observa que el factor de justificación (factor J), es de 1,47. Este valor es mayor que uno lo que hace atractivo el proyecto para Ecopetrol S.A.

8. CONCLUSIONES

La finalidad del presente proyecto es establecer la viabilidad de la pavimentación de la vía que comunica la zona industrial con Casabe Sur del Campo Casabe, y en determinar si el proyecto generará beneficios para la economía del área involucrada y al de Ecopetrol S.A.

Que la forma de garantizar una eficiente movilidad y accesibilidad constante para la atención a posibles eventos de mantenimiento y rutinas de operación de las área de producción de Casabe Sur, es mantener la vía de acceso en condiciones estándar tal como ancho, trazo horizontal y vertical, resistencias adecuadas a las cargas presentes, para evitar fallas y agrietamientos, adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas y una estructura de pavimento (Subrasante, bases granulares, carpeta asfáltica) adecuada para atenuar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Que estas condiciones óptimas para la vía en estudio, estimara un nivel de confianza del 95% de la no ocurrencia de eventos asociados a incidentes viales fomentando la política integral de Ecopetrol S.A de 100% barriles limpios con cero incidentes en aspecto HSE.

El proyecto es viable ambientalmente, debido a las siguientes premisas:

- Que para la implementación de las medidas de prevención, protección, control, mitigación, restauración y compensación de los impactos ambientales generados por la ejecución del proyecto, se implementara las siguientes fichas establecidas en el Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe;
 - Ficha 1 Uso y aprovechamiento del agua y de los recursos hidrobiológicos. Se implementará para el impacto ambiental sobre el

agua superficial y el recurso hidrobiológico, para lo cual Ecopetrol S.A, destinara del permiso ambiental de captación de agua, el recurso hídrico necesario para la ejecución de las actividades.

- Ficha 2 Manejo del suelo. Se implementara para el impacto ambiental sobre el manejo del suelo, para lo cual el contratista deberá contar con un kit ambiental exigido por Ecopetrol S.A.
- Ficha 3. Manejo de flora y fauna y ficha 4. Protección de ecosistemas y recursos naturales. Se implementará programas de capacitación al personal de obra sobre la importancia de la fauna y flora, los ecosistemas y los recursos naturales en el medio ambiente.
- Ficha 5. Restauración paisajística y repoblación forestal. La restauración paisajista y repoblación forestal, se efectuará mediante la siembra de pasto para la estabilización de taludes.
- Ficha 6. Plan de manejo de aguas lluvias. El impacto ambiental de la contaminación de suelos y corrientes de agua generado por las aguas lluvias; el proyecto tomara acciones de medida como la construcción de alcantarillas y cunetas perimetrales.
- Ficha 11. Plan de manejo de residuos sólidos industriales. Mediante esta medida se mitigara el impacto ambiental de contaminación debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos industriales, que para este proyecto serán los denominados escombros, se implementara la disposición de una escombrera que este cuente con los permisos ambientales.

- El diagnóstico de la zonificación ambiental, permitió establecer que el desarrollo del proyecto no se ejecutara en áreas de régimen especial, áreas protegidas, áreas de inestabilidad geotécnica, áreas lindantes a ciénagas, áreas de interés arqueológico ni en ecosistemas estratégicos legalmente constituidos, lo que representa que el proyecto no tendrá restricciones ni prohibiciones que afecte su ejecución.

- Por ser una pavimentación de vía, actividad que no requiere de licencia ambiental, debido a que no afecta ningún tipo de ecosistema, ni altera los recursos naturales existente. Se realizarán actividades sobre una vía ya constituida, que según el Esquema de Ordenamiento Territorial se caracteriza como una vía secundaria.

- Los permisos ambientales exigidos por el Ministerio del Medio Ambiente mediante la Ley 99 de 1993, para este proyecto, son especialmente, el cumplimiento en cuanto a la extracción del material para rellenos y el manejo de material sobrante y/o escombros, producto de las actividades de construcción. Para esto Ecopetrol S.A, exige a sus contratista dar cumplimiento a la normativa ambiental, la cual es exigida y supervisada por la gestoría técnica asignada, que cuya función es realizada por un funcionario directo de la empresa. Es decir para el proyecto en mención estos permisos ambientales no generar sobre costos debido a que los permisos necesarios para depósitos de materiales sobrantes en escombrera legales y para la extracción de materiales granulares de una cantera legal, están inmersos en los precios unitarios.

- Que estas actividades son soporte en los informes semestrales acerca del avance de la implementación de los programas y el seguimiento de los mismos en el PMA del Campo Casabe, ratificando Ecopetrol S.A su compromiso de mantener el equilibrio de oferta-demanda ambiental en su área de influencia.

La vía se pavimentará considerando tres sectores correspondientes a cada uno de los diseños de estructura vial obtenidos en la ingeniería del proyecto. Los tramos definidos están comprendidos entre el K0+00 al K0 +500, K0+500 al K5+500 y K5+500 a K7+100, para las estructuras 1, 2 y 3 respectivamente.

Las estructuras de pavimento planteadas consideran un CBR de diseño mínimo de 5% con el fin de garantizar el buen comportamiento de la misma, sin embargo al alcanzar un CBR del 8% se obtendrá una estructura más óptima y menos costosa, ya que no necesita subbase granular.

En el diseño geométrico vial se considera el trazado y alineamiento de la vía existente, esto con el fin de minimizar los volúmenes de corte y relleno que generaría mayores costos de inversión.

El presupuesto estimado es de ocho mil millones de pesos colombianos, lo que indica que es una inversión que se encuentra dentro de los montos estimados por Ecopetrol S.A en los proyectos viales de similar alcance en el Campo Casabe.

El factor de justificación del proyecto es de 1.47, lo que indica que se ahorra más dinero de lo que se invierte en todo el ciclo de vida del producto, lo que hace viable invertir en el proyecto vial.

El rubro que determina en mayor proporción la viabilidad del proyecto, es la disminución en el diferencial de producción haciéndolo aún más atractivo para Ecopetrol S.A, dado que su unidad de negocio se basa en producción de barriles de crudo de petróleo.

9. RECOMENDACIONES

Inicialmente se recomienda al municipio la modificación en el aparte de vías y movilidad del Esquema de Ordenamiento Territorial de la clasificación vial, en base a los análisis realizados de tránsito y flujo vehicular existentes y proyectados en la zona.

El índice de accidentalidad generado en la vía, según las investigaciones de la mesas de investigación HSE de Ecopetrol S.A, son debido a las condiciones de deterioro que presenta la superficie de la vía; por lo cual se recomienda efectuar el proyecto estudio, en bienestar del personal de Ecopetrol y de la comunidad del área de influencia.

Llevar a cabo todas las medidas de prevención, protección, control, mitigación, restauración y compensación establecidas en las Fichas de los lineamiento ambientales establecidos en el Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe, con el fin de disminuir al mínimo los impactos ambientales que provocara la ejecución del proyecto.

Se recomienda efectuar las obras de empujamiento, las cuales generara en el aspecto técnico estabilización de los taludes y en el aspecto ambiental contribuirá con la restauración paisajística y la repoblación forestal. Así mismo dará cumplimiento a los lineamientos ambientales del PMA, generando impactos positivos y viabilidad al proyecto en el aspecto ambiental.

Se recomienda Ecopetrol S.A, que para la ejecución de las actividades del proyecto, aplique su política ambiental tendiente a incentivar una cultura de protección y conservación de la fauna y flora a todos los trabajadores involucrados en el proyecto.

Se recomienda que la estabilización de la subrasante de la vía con cal, sea con porcentajes que varíen entre el 4% y 5%, para aumentar la resistencia mecánica del suelo y alcanzar CBR del 8%, donde se podrá utilizar el diseño de estructura de pavimento número 3 el cual optimiza los costos del proyecto.

Se debe garantizar que la vía cuente con todas sus señales de tránsito que garanticen la seguridad vial requerida, debido a que algunas curvas consideradas como puntos críticos en el diseño geométrico no cumplen con todos los criterios establecidos.

Se recomienda hacer mantenimiento rutinario a la vía con actividades de limpieza de cunetas, alcantarillas, reparaciones menores, entre otros para evitar el deterioro generado por la operación diaria en el sector y los efectos ambientales.

Se debe tener presente las alternativas planteadas en el capítulo de geotecnia vial, concernientes a obras de protección de la vía, con el fin de garantizar el buen comportamiento de la estructura y su vida útil.

Durante el periodo de ejecución del proyecto, se recomienda hacer pruebas de calidad a los materiales, procedimientos constructivos y del producto final para que el comportamiento de las estructuras sea el esperado.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). Guide for Design of Pavement Structures, Washington, D. C
- ALCALDIA MUNICIPAL. Esquema de Ordenamiento Territorial 2012-2015. Yondó. Secretaria Municipal, 2011.
- ALCALDIA MUNICIPAL. Pla de Ordenamiento Territorial 2011-2015. Yondó. Secretaria Municipal, 2011.
- ASTM C977, I. (2010). Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization. USA & CANADA: ASTM.
- ASTM D6276, I. (2006). Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization. USA & CANADA: ASTM.
- CARTOGRAFÍA TEMÁTICA, Campo Casabe 1997.
- ECOPETROL S.A. Plan de Manejo Ambiental del Campo Casabe. Yondó, 1997.
- ECOPETROL S.A. Reporte de Difería de producción. Campo Casabe. Departamento de Producción, 2013.

- HUEZO MALDONADO, H. M., & ORRELLANA MARTINEZ, A. C. (2009). Guía básica para estabilización de suelos de cal en caminos de baja intensidad vehicular. San Salvador: Universidad de el Salvador.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ensayo para determinar el contenido de humedad de suelo y rocas, con base en la masa. Bogotá D.C. INCONTEC, 2001.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Normas Colombianas para la presentación de trabajo de grado. Sexta actualización. Bogotá D.C. INCONTEC, 2008
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS-INVIAS. Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras; 1996.
- LEY 685 DE 2001, de 15 de Agosto. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
- LEY 99 DE 1993, de 22 de Diciembre. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA, y se dictan otras disposiciones.
- OSORIO SUAREZ, Eliseo. Modulo Estudio Ambiental del Proyecto. Especializacion en Evaluacion y Gerencia de Proyectos. Universidad Industrial de Santander. Abril de 2013.
- SUAREZ, Jaime. Deslizamiento y estabilización de taludes en países tropicales. Universidad Industrial de Santander, 1998.

ANEXOS

Anexo A. Ficha 1, Uso y aprovechamiento del Agua y de los recursos hidrobiológicos

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Se revisará el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de las aguas de consumo.	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Captación de aguas superficiales y subterráneas.
		INDIRECTO	
		ACUMULATIV.	
		RESIDUAL	
	CAUSA	Toma de agua para consumo humano e industrial.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Acuáticos.
		RECURSOS	Recurso hídrico.
		SOCIAL	Actitud de los pobladores de la región frente al uso de los cuerpos de agua superficiales y a las aguas subterráneas.
	RIESGOS	Es mínimo debido a la gran oferta frente a la demanda existente de este recurso.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION	Tecnología no consumo de aguas.	
	PROTECCION	Sistemas "económicos" para baños, etc.	
	CONTROL	Monitoreo de los caudales de agua captada.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION		
	COMPENSACION		
	RECUPERACION		
ACCIONES		Monitoreo de los caudales de captación, charlas a los usuarios acerca del buen manejo del recurso hídrico.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		La tecnología o sistema de No Consumo.	
CRONOGRAMA		Durante todas las operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		En la zona industrial.	
RESPONSABLE		ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Ingenieros civiles o sanitarios.	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Informes semestrales de los caudales captados y operación de los sistemas de tratamiento.	
CUANTIFICACION Y COSTOS		\$12.000.000 anuales	

Anexo B. Ficha 2, Manejo del Suelo.

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Tratamiento de descontaminación a los suelos afectados por derrames de aceites y fluidos nocivos.	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Contaminación de suelos por derrame de sustancias nocivas (primordialmente aceitosas).
		INDIRECTO	Modificación de la cobertura vegetal y el paisaje, contaminación de aguas subterráneas.
		ACUMULATIV.	Deterioro del paisaje y calidad del suelo.
		RESIDUAL	
	CAUSA	Derrames de aceites, aguas aceitosas y en general sustancias contaminantes en suelos aledaños a los sitios de trabajo.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Ecosistema terrestre.
		RECURSOS	Recurso suelo.
		SOCIAL	Actitud de los pobladores de la zona frente a los manejos dados a los incidentes contaminantes del suelo.
	RIESGOS	Deterioro avanzado de suelos, paisaje y en caso extremo contaminación de aguas subterráneas.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION	Adiestramiento al personal involucrado para minimizar la contaminación de suelos.	
	PROTECCION		
	CONTROL	Monitoreo y supervisión constante de las áreas de trabajo, para verificar las condiciones de los suelos y los tratamientos dados a los sitios contaminados.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION	Tratamiento de los suelos contaminados, con biorremediación en el centro de disposición de lodos aceitosos.	
	COMPENSACION		
	RECUPERACION	Procesos de revegetalización.	
ACCIONES		Monitoreo de los trabajos realizados habitualmente en los campos para detectar rápidamente los derrames y dar el tratamiento pertinente.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		Recolección de los suelos contaminados, transporte y disposición para su posterior tratamiento en el Centro de Disposición de Lodos Aceitosos.	
CRONOGRAMA		Durante todas las operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		En la zona industrial.	
RESPONSABLE		ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Ingenieros de petróleos (especialistas en biorremediación).	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Informes semestrales acerca de la ocurrencia de derrames y los trabajos realizados e informes anuales acerca de los tratamientos realizados en el centro de disposición..	
CUANTIFICACION Y COSTOS		\$50.000.000 anuales	

Anexo C. Ficha 3, Manejo de Flora y Fauna.

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Captura de especies de flora nativa y remoción de la cobertura vegetal.	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Manejo inapropiado de especies de flora y fauna.
		INDIRECTO	Modificación de hábitats, disminución de especies nativas.
		ACUMULATIV.	Deterioro del ecosistema.
		RESIDUAL	
	CAUSA	Manejo inapropiado de especies vegetales y captura de especies de fauna.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Ecosistema terrestre y acuático.
		RECURSOS	Recurso flora y fauna.
		SOCIAL	
	RIESGOS	Deterioro de los ecosistemas.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION	Adiestramiento al personal acerca de la importancia de la conservación de especies faunísticas y el respeto por la flora existente.	
	PROTECCION	Impedir la captura de especies de fauna silvestre y establecer parámetros de remoción de material vegetal con su consecuente compensación revegetativa.	
	CONTROL	Supervisión constante de las normas de protección establecidas.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION	Programas de revegetalización.	
	COMPENSACION		
	RECUPERACION		
ACCIONES		Supervisión de los programas de protección establecidos.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		Básicamente se trata de establecer el sistema de No Captura para especies de fauna y uso controlado para especies de flora, con remediación con procesos de revegetalización.	
CRONOGRAMA		Durante todas las operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		En la zona industrial.	
RESPONSABLE		ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Ingenieros forestales, Biólogos e Ingenieros Ambientales.	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Informes semestrales acerca de capturas de animales silvestres y de remoción de cobertura vegetal y avance de los programas de reforestación.	
CUANTIFICACION Y COSTOS		\$5.000.000 anuales	

Anexo D. Ficha 4, Protección de ecosistemas y recursos naturales

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Durante cada una de las labores asociadas a la operación de los campos, se cuidarán los ecosistemas y recursos naturales bajo las normas ambientales existentes.	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Destrucción de ecosistemas, hábitats y especies.
		INDIRECTO	
		ACUMULATIV.	
		RESIDUAL	
	CAUSA	Emisión de residuos al medio ambiente, aprovechamiento de recursos.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Ecosistemas terrestre y acuático.
		RECURSOS	Recursos agua, suelo y aire.
		SOCIAL	Deterioro de su hábitat asociado a los componentes paisaje, agua, suelos y aire.
	RIESGOS	Deterioro de los ecosistemas y recursos naturales.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION	Adiestramiento al personal de labor acerca de las normas de buen manejo ambiental y de los programas planteados en el presente plan de manejo ambiental.	
	PROTECCION	Establecimiento de los programas del plan de manejo ambiental.	
	CONTROL	Supervisión del funcionamiento y operación de los programas del PMA.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION		
	COMPENSACION		
	RECUPERACION		
ACCIONES		Implementación de los programas del PMA y adiestramiento al personal de labor acerca de los mismos.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		Las tratadas en las fichas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12y 13.	
CRONOGRAMA		Durante todas las operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		En la zona industrial.	
RESPONSABLE		ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Ingeniero de petróleos, sanitarios, ambientales, forestales, biólogos de demás citados en las fichas mencionadas.	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Informes semestrales acerca del avance de la implementación de los programas y el seguimiento de los mismos.	
CUANTIFICACION Y COSTOS			

Anexo E. Ficha 5, Restauración paisajística y repoblación Forestal

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Programas de reforestación y embellecimiento de áreas con incidencia de deforestación o que requiera de mejoramiento paisajístico.	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Contaminación visual, por deterioro del paisaje. Avance de procesos erosivos.
		INDIRECTO	
		ACUMULATIV.	Procesos erosivos severos.
		RESIDUAL	
	CAUSA	Infraestructura contrastante con el paisaje reinante.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Ecosistemas terrestre y acuático.
		RECURSOS	Recursos suelo.
		SOCIAL	Actitud de los pobladores al encontrarse en un entorno afectado paisajísticamente y ver disminuidos sus recursos forestales.
	RIESGOS	Deterioro de los ecosistemas y recursos forestales y deterioro del paisaje.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION		
	PROTECCION	Conservación de la cobertura vegetal en las áreas consideradas de interés forestal como son los bosques de galería y los relictos de bosque secundario.	
	CONTROL	Supervisión del funcionamiento y operación de los programas de reforestación y paisajismo. Control por medio de podas y mantenimiento de las especies sembradas.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION	Programas de reforestación en áreas aledañas a los cuerpos de agua que hayan sido inadecuadamente intervenidas o contaminadas.	
	COMPENSACION	Programas de reforestación en áreas que requieran ornato.	
	RECUPERACION	Programas de reforestación cerca a los cuerpos de agua.	
ACCIONES		Implementar los programas de revegetalización y paisajismo. Se hará la siembra de cespedones en áreas desprovistas de vegetación, resiembra de taludes y arborización en los alrededores de los sitios de intervención directa.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		Revegetalización de taludes y arborización en los sitios de intervención directa.	
CRONOGRAMA		Durante todas las operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		En el relleno sanitario manual, centro de disposición de lodos aceitosos, estaciones, zona industrial.	
RESPONSABLE		ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Ingeniero forestal y ayudantes.	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Informes semestrales acerca del avance de la implementación de los programas y el seguimiento de los mismos.	
CUANTIFICACION Y COSTOS		\$ 8.500.000/ anuales para revegetalización y mantenimiento.	

Anexo F. Ficha 6, Plan de manejo de aguas lluvias.

ASPECTOS		CARACTERISTICAS	
ETAPA DE APLICACION	PREOPERATIVA		
	OPERATIVA	Durante toda la operación	
	POST-OPERATIV.		
IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	DIRECTO	Contaminación de suelos y corrientes de agua.
		INDIRECTO	Afectación de la fauna y flora acuática.
		ACUMULATIV.	
		RESIDUAL	
	CAUSA	Contaminación de aguas lluvias con grasas y aceites.	
	AFECTACION	ECOSISTEMAS	Afectación de ecosistemas acuáticos.
		RECURSOS	Recurso hídrico.
		SOCIAL	Crea mala aptitud de la gente de la región con respecto a ECOPETROL
	RIESGOS		
TIPO DE MEDIDA	PREVENCION	Se planea la disgregación de las aguas lluvias en dos corrientes.	
	PROTECCION	Se adecuaran las trampas grasas y las cunetas.	
	CONTROL	Se inspeccionará periódicamente el descole en el punto de vertimiento de aguas lluvias.	
	MITIGACION		
	RESTAURACION		
	COMPENSACION		
	RECUPERACION		
ACCIONES		Al llover las aguas lluvias que caen sobre motores, sustancias químicas o tienen algún tipo de contaminación, además se mezclan con aguas aceitosas por lo que se conducen a las trampas de grasa.	
TECNOLOGIAS UTILIZADAS		La corriente de aguas aceitosas se conducirán hacia trampas de grasas. Las aguas lluvias limpias se coleccionarán en la cuneta perimetral y se descargarán a las cunetas	
CRONOGRAMA		Durante toda la etapa de operaciones.	
LUGAR DE APLICACION		Zona industrial	
RESPONSABLE		Interventor Ambiental de ECOPETROL.	
PERSONAL REQUERIDO		Personal de obras civiles	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Se deben hacer informas semestrales de la parte técnica y adjuntarlos al informe de la interventoría ambiental.	
CUANTIFICACION Y COSTOS			

Anexo G. Ficha 11, Plan de manejo de residuos sólidos industriales

Tipo de impacto a mitigar	Contaminación de suelos.
Actividad o fenómenos que causan el impacto	Mala disposición de baterías, chatarras, equipos deteriorados, empaques de materiales, etc.
Efectos del impacto	Contaminación y mala apariencia.
Tipo de medidas (prevención, mitigación, control, corrección)	Mitigación: Clasificación y recolección de residuos e información acerca del manejo, almacenamiento y disposición final de este tipo de residuos. Control: No permitir que se coloque en cualquier lugar los elementos categorizados como industriales y especiales. Corrección: Recolección y disposición adecuada.
Actividades	Recolección y disposición por parte del personal de los elementos considerados como contaminantes.
Tecnologías recomendadas	Reutilización de empaques, maquinaria y equipos averiados.
Cronograma de ejecución	Durante todo el tiempo de operaciones.
Formas de monitoreo posibles	Observación de manejo y disposición de este tipo de residuos contaminantes.
Tipos de informe	Semestral.
Responsable	Interventor Ambiental de ECOPETROL.

Anexo H. Ficha 13, Plan de manejo de ruido y contaminación atmosférica

Tipo de impacto a mitigar	Contaminación atmosférica.
Actividad o fenómenos que causan el impacto	Motores de combustión interna, tratador termo-electroestático.
Efectos del impacto	Stress y molestia del personal y vecinos inmediatos del sector, migración de la fauna.
Tipo de medidas (prevención, mitigación, control, corrección)	Prevención: Hacer mantenimiento a la maquinaria y al quemador de tratador. Mitigación: Se debe revisar periódicamente los exostos de los motores. Control: Hacer mediciones de calidad del aire y ruido periódicamente. Corrección: Cambiar las piezas de los motores que produzcan ruido o contaminación por fuera de los límites permisibles.
Actividades	Mantenimientos de equipos.
Tecnologías recomendadas	Mantenimiento mecánico especializado a los motores, calibración y ajustes permanentes.
Cronograma de ejecución	Durante todo el tiempo de operaciones.
Formas de monitoreo posibles	Mediciones periódicas de ruido y calidad de aire.
Programas de mantenimiento de los sistemas de control	Revisión periódica de exostos.
Tipos de informe	Semestral
Responsable	ECOPETROL

Anexo I. Conteo Vehicular

Agosto 26 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	254	0	23	41	4	4	0	12	271	20
Ofelia	267	0	21	79	2	34	3	8	295	115
Total	521	0	44	120	6	38	3	20	566	135

Agosto 27 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	330	0	26	81	0	1	0	25	361	32
Ofelia	236	0	15	81	1	28	9	3	338	110
Total	566	0	41	162	1	29	9	28	699	142

Agosto 28 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	363	0	19	20	0	3	0	11	395	52
Ofelia	250	0	14	51	0	8	2	2	371	108
Total	613	0	33	71	0	11	2	13	766	160

Agosto 29 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	336	0	36	46	0	3	2	20	335	53
Ofelia	271	1	29	40	3	31	9	3	321	85
Total	607	1	65	86	3	34	11	23	656	138

Agosto 30 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	329	0	33	12	2	5	9	17	331	37
Ofelia	290	0	23	35	1	18	8	7	348	66
Total	619	0	56	47	3	23	17	24	679	103

Agosto 31 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	263	0	26	46	1	7	0	6	467	29
Ofelia	244	0	14	34	1	25	2	6	388	59
Total	507	0	40	80	2	32	2	12	855	88

Septiembre 01 del 2013										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
Jackeline	206	0	13	6	28	49	12	1	455	10
Ofelia	197	0	6	4	6	57	4	1	431	59
Total	403	0	19	10	34	106	16	2	886	69

Anexo J. Transito Promedio Diario

RESUMEN AFOROS VEHICULARES										
Aforador/Tipo	Autos colectivos	Intermunicipal	Bus urbano	C2P	C2G	C3 - C4	C5	≥ C6	Motocicletas	Bicicletas
26/08/2013	521	0	44	120	6	38	3	20	566	135
27/08/2013	566	0	41	162	1	29	9	28	699	142
28/08/2013	613	0	33	71	0	11	2	13	766	160
29/08/2013	607	1	65	86	3	34	11	23	656	138
30/08/2013	619	0	56	47	3	23	17	24	679	103
31/08/2013	507	0	40	80	2	32	2	12	855	88
01/09/2013	403	0	19	10	34	106	16	2	886	69
Total	3836	1	298	576	49	273	60	122	5107	835
TPD	548	0	43	82	7	39	9	17	730	119

Anexo K. Diseño Geométrico

										Entretangencias											
										ET (m)	Caso a: Uso de espiral		Caso b: Curculares simples	ET MAX (m)	Abscisas			Coordenadas			
											Existe espiral	ET _{min} (Seg)			ET _{max} (Seg)	PC	PI	PT	PC	PI	PT
Tipo de elemento	V _h (Km/h)	R _{curva} (m)	Azimut	Δ	Rc (m)	Lc (m)	T (m)	E (m)													
Curva	40	40	S3° 46' 56"E	0	0	46.91m	0.00m		46.911					0+000.00m	0+000.00m	0+046.91m	1014116.0580 N 1265985.241	0	E 1014119.1523 N 1265938.4325m		
Curva	40	40	0	15.8461 (d)	40.000m	11.06m	5.57m	0.386m	11.063	N	N.A	56	600	0+046.91m	0+052.48m	0+057.97m	1014119.1523 N 1265938.4325	E 1014119.5196 N 1265932.8777m	E 1014121.3895 N 1265927.6344m		
Curva	40	40	S19° 37' 42"E	0	0	56.03m	-57.37m	0	56.028					0+057.97m	0+000.00m	0+114.00m	014121.3895 N 1265927.6344	0	E 1014140.2101 N 1265874.8623m		
Curva	40	40	0	41.2572 (d)	83.193m	59.31m	31.32m	5.693m	59.905	N	N.A	56	600	0+114.00m	0+145.32m	0+173.31m	014140.2101 N 1265874.8623	E 1014150.7302 N 1265845.3644m	E 1014139.1867 N 1265816.2518m		
Curva	40	40	S21° 37' 44"W	0	0	55.66m	-173.91m	0	55.664					0+173.91m	0+000.00m	0+229.57m	014139.1867 N 1265816.2518	0	E 1014118.6693 N 1265764.5073m		
Curva	40	40	0	13.4443 (d)	469.302m	110.26m	55.33m	3.253m	110.261	N	N.A	56	600	0+229.57m	0+284.96m	0+339.83m	014118.6693 N 1265764.5073	E 1014098.2547 N 1265713.0221m	E 1014090.3699 N 1265658.2013m		
Curva	40	40	S8° 11' 05"W	0	0	49.37m	-339.83m	0	49.972					0+339.83m	0+000.00m	0+389.80m	014090.3699 N 1265658.2013	0	E 1014083.2556 N 1265608.7381m		
Curva	40	40	0	72.8595 (d)	40.000m	50.87m	29.53m	9.715m	50.866	N	N.A	56	600	0+389.80m	0+419.33m	0+440.67m	014083.2556 N 1265608.7381	E 1014079.0526 N 1265579.5162m	E 1014105.7379 N 1265566.8877m		
Curva	40	40	S64° 40' 29"E	0	0	30.83m	-440.67m	0	30.888					0+440.67m	0+000.00m	0+471.56m	014105.7379 N 1265566.8877	0	E 1014133.6579 N 1265553.6750m		
Curva	40	40	0	42.0146 (d)	40.000m	29.33m	15.36m	2.848m	29.332	N	N.A	56	600	0+471.56m	0+486.92m	0+500.89m	014133.6579 N 1265553.6750	E 1014147.5421 N 1265547.1045m	E 1014162.2554 N 1265551.5158m		
Curva	40	40	N73° 18' 38"E	0	0	79.77m	-500.89m	0	79.772					0+500.89m	0+000.00m	0+580.66m	014162.2554 N 1265551.5158	0	E 1014238.6671 N 1265574.4250m		
Curva	40	40	0	42.8106 (d)	51.020m	38.12m	20.00m	3.780m	38.121	N	N.A	56	600	0+580.66m	0+600.66m	0+618.78m	014238.6671 N 1265574.4250	E 1014257.8246 N 1265580.1687m	E 1014275.7819 N 1265571.3633m		
Curva	40	40	0	30.7117 (d)	41.481m	65.67m	42.00m	17.550m	65.674	N	N.A	56	600	0+618.78m	0+709.35m	0+733.62m	014319.3278 N 1265549.7163	E 1014357.6381 N 1265531.2243m	E 1014338.6797 N 1265493.7472m		
Curva	40	40	S26° 43' 58"W	0	0	23.79m	-733.62m	0	23.786					0+733.62m	0+000.00m	0+757.41m	014338.6797 N 1265493.7472	0	E 1014327.9429 N 1265472.5221m		
Curva	40	40	0	46.3117 (d)	46.763m	37.80m	20.00m	4.097m	37.798	N	N.A	56	600	0+757.41m	0+777.41m	0+795.21m	014327.9429 N 1265472.5222	E 1014318.3151 N 1265454.6755m	E 1014325.5843 N 1265435.8202m		
Curva	40	40	0	18.1589 (d)	175.050m	55.48m	27.97m	2.221m	55.479					0+795.21m	0+823.18m	0+850.63m	014325.5843 N 1265435.8202	E 1014334.9125 N 1265409.4473m	E 1014335.5569 N 1265381.4800m		
Curva	40	40	S1° 19' 12"E	0	0	39.32m	-850.63m	0	39.318	N	N.A	56	600	0+850.63m	0+000.00m	0+890.01m	014335.5569 N 1265381.4800	0	E 1014336.4626 N 1265342.1721m		
Curva	40	40	0	12.6055 (d)	135.808m	29.88m	15.00m	0.826m	29.879					0+890.01m	0+905.01m	0+919.89m	014336.4626 N 1265342.1722	E 1014336.8082 N 1265327.1766m	E 1014340.4181 N 1265312.6175m		
Curva	40	40	S13° 55' 32"E	0	0	29.43m	-919.89m	0	29.432	N	N.A	56	600	0+919.89m	0+000.00m	0+943.32m	014340.4181 N 1265312.6175	0	E 1014347.5012 N 1265284.0503m		
Curva	40	40	S81° 27' 36"E	0	0	38.64m	-936.47m	0	38.64	N	N.A	56	600	0+943.32m	0+000.00m	1+035.11m	014380.3857 N 1265254.1200	0	E 1014418.5377 N 1265248.3822m		
Curva	40	40	0	25.3511 (d)	85.894m	38.00m	19.31m	2.146m	38.004					1+035.11m	1+054.42m	1+073.11m	014418.5377 N 1265248.3822	E 1014437.7020 N 1265245.5134m	E 1014456.1948 N 1265251.1007m		
Curva	40	40	0	30.2354 (d)	40.000m	30.32m	86.24m	55.067m	30.321	N	N.A	56	600	1+073.11m	1+159.35m	1+164.03m	014456.1948 N 1265251.1007	E 1014538.7515 N 1265276.0436m	E 1014504.4670 N 1265196.3087m		
Curva	40	40	S23° 25' 27"W	0	0	24.69m	-1164.03m	0	24.689					1+164.03m	0+000.00m	1+188.72m	014504.4670 N 1265196.3087	0	E 1014494.6520 N 1265174.2540m		
Curva	40	40	0	68.1254 (d)	42.817m	50.38m	28.39m	8.880m	50.382	N	N.A	56	600	1+188.72m	1+217.71m	1+239.70m	014494.6520 N 1265174.2540	E 1014483.1276 N 1265147.6536m	E 1014503.5191 N 1265127.0483m		
Curva	40	40	S44° 42' 04"E	0	0	87.51m	-1239.70m	0	87.513					1+239.70m	0+000.00m	1+327.22m	014503.5191 N 1265127.0483	0	E 1014565.0767 N 1265064.8452m		
Curva	40	40	0	39.2706 (d)	92.621m	63.48m	33.04m	5.718m	63.482	N	N.A	56	600	1+327.22m	1+360.26m	1+390.70m	014565.0767 N 1265064.8452	E 1014588.3210 N 1265041.3572m	E 1014591.4483 N 1265008.4604m		
Curva	40	40	S5° 25' 50"E	0	0	25.83m	-1390.70m	0	25.826					1+390.70m	0+000.00m	1+416.53m	014531.4483 N 1265008.4604	0	E 1014593.8925 N 1264982.7500m		
Curva	40	40	0	27.4453 (d)	81.218m	38.30m	19.83m	2.386m	38.304	N	N.A	56	600	1+416.53m	1+436.36m	1+455.43m	014593.8925 N 1264982.7500	E 1014595.7695 N 1264963.0062m	E 1014606.5351 N 1264946.3497m		
Curva	40	40	S32° 52' 33"E	0	0	25.64m	-1455.43m	0	25.642					1+455.43m	0+000.00m	1+481.07m	014606.5351 N 1264946.3497	0	E 1014620.4539 N 1264924.8140m		
Curva	40	40	0	9.5105 (d)	180.320m	29.33m	15.00m	0.623m	29.331	N	N.A	56	600	1+481.07m	1+496.07m	1+511.00m	014620.4539 N 1264924.8140	E 1014628.5362 N 1264912.2170m	E 1014634.5451 N 1264898.4470m		
Curva	40	40	S23° 21' 55"E	0	0	20.86m	-1511.00m	0	20.858					1+511.00m	0+000.00m	1+531.86m	014634.5451 N 1264898.4470	0	E 1014642.8172 N 1264879.2938m		
Curva	20	20	0	4.7948 (d)	238.854m	19.39m	10.00m	0.209m	19.388	N	N.A	28	300	1+531.86m	1+541.86m	1+551.85m	014642.8172 N 1264879.2938	E 1014646.7831 N 1264870.1198m	E 1014651.5025 N 1264861.3035m		
Curva	40	40	S28° 09' 37"E	0	0	41.43m	-1551.85m	0	41.434					1+551.85m	0+000.00m	1+593.34m	014651.5025 N 1264861.3035	0	E 1014671.0852 N 1264824.7208m		
Curva	40	40	0	35.5049 (d)	156.177m	36.78m	50.00m	7.809m	36.779	N	N.A	56	600	1+593.34m	1+643.34m	1+690.12m	014671.0852 N 1264824.7208	E 1014694.6821 N 1264780.6392m	E 1014701.3820 N 1264554.0748m		
Curva	40	40	S7° 20' 41"W	0	0	83.35m	-1690.12m	0	83.354					1+690.12m	0+000.00m	1+773.48m	014688.2902 N 1264731.0493	0	E 1014677.6343 N 1264648.3794m		
Curva	40	40	0	27.6437 (d)	40.000m	19.30m	9.84m	1.193m	19.303	N	N.A	56	600	1+773.48m	1+783.32m	1+792.78m	014677.6343 N 1264648.3794	E 1014676.3759 N 1264638.6163m	E 1014673.7917 N 1264629.3852m		
Curva	40	40	0	41.3051 (d)	31.837m	22.35m	12.00m	2.186m	22.351	N	N.A	56	600	1+792.78m	1+867.00m	1+877.95m	014701.3820 N 1264571.0340	E 1014705.5462 N 1264559.7804m	E 1014716.1030 N 1264554.0748m		
Curva	40	40	S61° 36' 36"E	0	0	32.17m	-1877.95m	0	32.168					1+877.95m	0+000.00m	1+910.11m	014716.1030 N 1264554.0748	0	E 1014744.4020 N 1264538.7793m		
Curva	40	40	0	31.6028 (d)	42.403m	23.33m	12.00m	1.665m	23.388	N	N.A	56	600	1+910.11m	1+922.11m	1+933.50m	014744.4020 N 1264538.7793	E 1014754.9588 N 1264533.0743m	E 1014760.3601 N 1264522.6827m		
Curva	40	40	S30° 00' 26"E	0	0	49.63m	-1933.50m	0	49.634					1+933.50m	0+000.00m	1+983.14m	014760.3601 N 1264522.6827	0	E 1014785.7823 N 1264479.7019m		
Curva	40	40	0	40.2773 (d)	40.904m	28.75m	15.00m	2.664m	28.754	N	N.A	56	600	1+983.14m	1+998.14m	2+011.89m	014785.7823 N 1264479.7019	E 1014793.2840 N 1264466.7124m	E 1014807.4041 N 1264461.6522m		
Curva	40	40	S70° 17' 04"E	0	0	15.68m	-2011.83m	0	15.675					2+011.89m	0+000.00m	2+027.57m	014807.4041 N 1264461.6522	0	E 1014822.1611 N 1264456.3641m		

									Entretangencias				Abscisas			Coordenadas			
									ET (m)	Caso a: Uso de espiral		Caso b: Circular							ET MAX (m)
										Existe espiral	ET _{min} (5sg)	ET _{min} (5sg)							
													PC	PI	PT	PC	PI	PT	
Tipo de elemento	V _{sk} (Km/h)	R _{curvas} (m)	Azimut	Δ	Rc (m)	Lc (m)	T (m)	E (m)											
Curva	40	40	0	04.4823 (d)	20.912m	38.14m	27.00m	13.239m	38.135	N	N.A	56	600	2+027.57m	2+054.57m	2+065.70m	1014822.1611 N 1264456.364	E 1014847.5784 N 1264447.2557m	E 1014850.0410 N 1264474.1431m
Curva	40	40	N5° 13' 59"E	0	0	25.57m	-2065.70m	0	25.572					2+065.70m	0+000.00m	2+091.27m	1014850.0410 N 1264474.143	0	E 1014852.3734 N 1264439.6087m
Curva	40	40	0	25.9954 (d)	129.968m	58.37m	30.00m	3.417m	58.367	N	N.A	56	600	2+091.27m	2+121.27m	2+150.24m	1014852.3734 N 1264439.608	E 1014855.1097 N 1264529.4837m	E 1014870.6633 N 1264555.1363m
Curva	40	40	N31° 13' 43"E	0	0	47.04m	-2150.24m	0	47.035					2+150.24m	0+000.00m	2+197.28m	1014870.6633 N 1264555.136	0	E 1014895.0487 N 1264595.3568m
Curva	40	40	0	48.7282 (d)	55.204m	46.95m	25.00m	5.397m	46.943	N	N.A	56	600	2+197.28m	2+222.28m	2+244.23m	1014895.0487 N 1264595.356	E 1014908.0100 N 1264616.7345m	E 1014932.6270 N 1264621.0343m
Curva	40	40	N79° 57' 24"E	0	0	36.82m	-2244.23m	0	36.816					2+244.23m	0+000.00m	2+281.04m	1014932.6270 N 1264621.034	0	E 1014968.8788 N 1264627.5147m
Curva	40	40	0	35.4666 (d)	109.450m	67.75m	35.00m	5.460m	67.75	N	N.A	56	600	2+281.04m	2+316.04m	2+348.73m	1014968.8788 N 1264627.514	E 1015003.3425 N 1264633.6184m	E 1015027.8700 N 1264658.5864m
Curva	40	40	N44° 29' 24"E	0	0	44.00m	-2348.73m	0	43.996					2+348.73m	0+000.00m	2+392.73m	1015027.8700 N 1264658.586	0	E 1015058.7015 N 1264683.9715m
Curva	40	40	0	25.2677 (d)	223.068m	98.37m	50.00m	5.535m	98.374	N	N.A	56	600	2+392.73m	2+442.73m	2+491.16m	1015058.7015 N 1264683.971	E 1015093.7408 N 1264725.6401m	E 1015140.6527 N 1264742.3935m
Curva	40	40	N69° 45' 28"E	0	0	116.55m	-2491.16m	0	116.55					2+491.16m	0+000.00m	2+607.71m	1015140.6527 N 1264742.393	0	E 1015250.0040 N 1264783.2642m
Curva	40	40	0	74.2485 (d)	40.000m	51.84m	30.28m	10.168m	51.835	N	N.A	56	600	2+607.71m	2+637.39m	2+659.55m	1015250.0040 N 1264783.264	E 1015278.4124 N 1264793.7402m	E 1015276.0417 N 1264823.3256m
Curva	40	40	N4° 29' 26"W	0	0	32.75m	-2659.55m	0	32.746					2+659.55m	0+000.00m	2+692.23m	1015276.0417 N 1264823.325	0	E 1015273.4778 N 1264856.5712m
Curva	40	40	0	73.2785 (d)	47.060m	60.13m	35.00m	11.588m	60.188	N	N.A	56	600	2+692.23m	2+727.23m	2+752.48m	1015273.4778 N 1264856.571	E 1015270.7374 N 1264891.4637m	E 1015303.3661 N 1264904.1275m
Curva	40	40	N68° 47' 16"E	0	0	27.06m	-2752.48m	0	27.055					2+752.48m	0+000.00m	2+779.53m	1015303.3661 N 1264904.127	0	E 1015328.5883 N 1264931.9168m
Curva	40	40	0	3.7522 (d)	117.219m	19.35m	10.00m	0.426m	19.352	N	N.A	56	600	2+779.53m	2+789.53m	2+799.43m	1015328.5883 N 1264931.916	E 1015337.9108 N 1264917.5350m	E 1015347.7114 N 1264931.9168m
Curva	40	40	N78° 32' 24"E	0	0	16.43m	-2799.43m	0	16.487					2+799.43m	0+000.00m	2+815.37m	1015347.7114 N 1264931.916	0	E 1015363.8698 N 1264932.7375m
Curva	40	40	0	15.6004 (d)	109.500m	29.81m	15.00m	1.023m	29.814	N	N.A	56	600	2+815.37m	2+830.37m	2+845.73m	1015363.8698 N 1264932.737	E 1015378.5708 N 1264925.7777m	E 1015391.9287 N 1264932.6017m
Curva	40	40	N62° 56' 23"E	0	0	16.62m	-2845.73m	0	16.622					2+845.73m	0+000.00m	2+862.41m	1015391.9287 N 1264932.601	0	E 1015406.7311 N 1264940.1635m
Curva	40	40	0	3.1229 (d)	188.016m	29.34m	15.00m	0.597m	29.337	N	N.A	56	600	2+862.41m	2+877.41m	2+892.35m	1015406.7311 N 1264940.163	E 1015420.0891 N 1264946.9875m	E 1015434.3593 N 1264951.6072m
Curva	40	40	N72° 03' 45"E	0	0	52.42m	-2892.35m	0	52.424					2+892.35m	0+000.00m	2+944.77m	1015434.3593 N 1264951.607	0	E 1015484.2358 N 1264967.7521m
Curva	40	40	0	64.9900 (d)	40.000m	45.37m	25.48m	7.425m	45.372	N	N.A	56	600	2+944.77m	2+970.25m	2+990.14m	1015484.2358 N 1264967.752	E 1015508.4752 N 1264975.5993m	E 1015511.6122 N 1265000.8833m
Curva	40	40	N7° 04' 21"E	0	0	42.42m	-2990.14m	0	42.417					2+990.14m	0+000.00m	3+032.56m	1015511.6122 N 1265000.883	0	E 1015516.8343 N 1265042.9177m
Curva	40	40	0	59.9568 (d)	64.142m	67.12m	37.00m	3.907m	67.121	N	N.A	56	600	3+032.56m	3+069.56m	3+099.68m	1015516.8343 N 1265042.917	E 1015521.3905 N 1265079.6960m	E 1015555.4566 N 1265094.1355m
Curva	40	40	N67° 01' 46"E	0	0	62.02m	-3099.68m	0	62.016					3+099.68m	0+000.00m	3+161.70m	1015555.4566 N 1265094.135	0	E 1015612.5547 N 1265118.3377m
Curva	40	40	0	75.3075 (d)	40.000m	52.58m	30.86m	10.523m	52.575	N	N.A	56	600	3+161.70m	3+192.56m	3+214.27m	1015612.5547 N 1265118.337	E 1015640.9713 N 1265130.3826m	E 1015636.5276 N 1265160.9251m
Curva	40	40	N8° 16' 41"W	0	0	116.82m	-3214.27m	0	116.817					3+214.27m	0+000.00m	3+331.09m	1015636.5276 N 1265160.925	0	E 1015619.7084 N 1265276.5250m
Curva	40	40	0	33.3672 (d)	79.325m	46.20m	23.77m	3.486m	46.197	N	N.A	56	600	3+331.09m	3+354.86m	3+377.28m	1015619.7084 N 1265276.525	E 1015616.2854 N 1265300.0514m	E 1015626.3662 N 1265321.5823m
Curva	40	40	N25° 05' 21"E	0	0	13.20m	-3377.28m	0	13.198					3+377.28m	0+000.00m	3+390.48m	1015626.3662 N 1265321.582	0	E 1015631.9623 N 1265333.5347m
Curva	40	40	0	9.0668 (d)	63.061m	3.98m	5.00m	0.198m	3.979	N	N.A	56	600	3+390.48m	3+395.48m	3+400.46m	1015631.9623 N 1265333.534	E 1015634.0825 N 1265338.0629m	E 1015635.4625 N 1265342.8687m
Curva	40	40	N16° 01' 20"E	0	0	14.25m	-3400.46m	0	14.25					3+400.46m	0+000.00m	3+414.71m	1015635.4625 N 1265342.868	0	E 1015639.3956 N 1265356.5648m
Curva	30	20	0	5.2398 (d)	109.270m	3.99m	5.00m	0.114m	3.993	N	N.A	42	450	3+414.71m	3+419.71m	3+424.70m	1015639.3956 N 1265356.564	E 1015640.7756 N 1265361.3706m	E 1015641.7110 N 1265366.2823m
Curva	40	40	N10° 46' 57"E	0	0	29.07m	-3424.70m	0	29.073					3+424.70m	0+000.00m	3+453.78m	1015641.7110 N 1265366.282	0	E 1015647.1501 N 1265394.8422m
Curva	40	40	0	10.2799 (d)	340.934m	61.18m	30.67m	1.377m	61.181	N	N.A	56	600	3+453.78m	3+484.45m	3+514.36m	1015647.1501 N 1265394.842	E 1015652.8883 N 1265424.9734m	E 1015653.1573 N 1265455.6443m
Curva	40	40	N0° 30' 09"E	0	0	100.31m	-3514.36m	0	100.308					3+514.36m	0+000.00m	3+615.86m	1015653.1573 N 1265455.644	0	E 1015654.0423 N 1265556.5487m
Curva	40	40	0	39.8993 (d)	99.010m	68.35m	35.34m	6.321m	68.348	N	N.A	56	600	3+615.86m	3+651.80m	3+684.81m	1015654.0423 N 1265556.548	E 1015654.3575 N 1265592.4857m	E 1015677.6507 N 1265619.8534m
Curva	40	40	N40° 24' 07"E	0	0	61.16m	-3684.81m	0	61.153					3+684.81m	0+000.00m	3+745.97m	1015677.6507 N 1265619.853	0	E 1015717.2908 N 1265666.4273m
Curva	40	40	0	20.6236 (d)	82.443m	29.68m	15.00m	1.353m	29.675	N	N.A	56	600	3+745.97m	3+760.97m	3+775.65m	1015717.2908 N 1265666.427	E 1015727.0130 N 1265677.8501m	E 1015732.0887 N 1265691.9652m
Curva	40	40	N19° 46' 42"E	0	0	23.60m	-3775.65m	0	23.597					3+775.65m	0+000.00m	3+799.24m	1015732.0887 N 1265691.965	0	E 1015740.0733 N 1265714.1638m
Curva	40	40	0	21.8482 (d)	103.624m	39.51m	20.00m	1.912m	39.514	N	N.A	56	600	3+799.24m	3+819.24m	3+838.76m	1015740.0733 N 1265714.163	E 1015746.8409 N 1265732.9900m	E 1015760.1263 N 1265747.9393m
Curva	40	40	N41° 37' 35"E	0	0	72.19m	-3838.76m	0	72.194					3+838.76m	0+000.00m	3+910.95m	1015760.1263 N 1265747.939	0	E 1015808.0824 N 1265801.9041m
Curva	40	40	0	48.0750 (d)	44.842m	37.63m	20.00m	4.258m	37.625	N	N.A	56	600	3+910.95m	3+930.95m	3+948.58m	1015808.0824 N 1265801.904	E 1015821.3678 N 1265816.8540m	E 1015841.3675 N 1265816.9582m
Curva	40	40	N89° 42' 05"E	0	0	24.89m	-3948.58m	0	24.892					3+948.58m	0+000.00m	3+973.47m	1015841.3675 N 1265816.958	0	E 1015866.2593 N 1265817.0879m
Curva	40	40	0	10.1659 (d)	224.851m	39.30m	20.00m	0.888m	39.895	N	N.A	56	600	3+973.47m	3+993.47m	4+013.36m	1015866.2593 N 1265817.087	E 1015886.2593 N 1265817.1921m	E 1015905.3266 N 1265820.8247m

Tipo de elemento	V _h (Km/h)	R _{curva} (m)	Azimut	Δ	R _c (m)	L _c (m)	T (m)	E (m)	Entretangencias				Abscisas			Coordenadas				
									ET (m)	Caso a: Uso de espiral		Caso b: Circulares	ET MAX (m)	PC	PI	PT	PC	PI	PT	
										Existe espiral	ET _{min} (Seg)									ET _{min} (Seg)
Curva	40	40	N19° 32' 08"E	0	0	39.22m	-4013.36m	0	39.216				4+013.36m	0+000.00m	4+052.58m	015905.9266 N 1265820.824	0	E 1015944.4908 N 1265827.9474m		
Curva	40	40	0	66.3467 (d)	47.612m	55.63m	31.48m	3.467m	55.632	N	N.A	56	600	4+052.58m	4+084.06m	4+108.21m	015944.4908 N 1265827.947	E 1015975.4432 N 1265833.6654m	E 1015982.3108 N 1265864.3906m	
Curva	40	40	N12° 35' 20"E	0	0	182.27m	-4108.21m	0	182.271				4+108.21m	0+000.00m	4+290.48m	015962.3108 N 1265864.390	0	E 1016022.0371 N 1266042.2793m		
Curva	40	40	0	85.7246 (d)	30.000m	44.89m	27.85m	10.928m	44.885	N	N.A	56	600	4+290.48m	4+318.33m	4+335.37m	016022.0371 N 1266042.279	E 1016028.1051 N 1266063.4515m	E 1016055.6535 N 1266065.4261m	
Curva	40	40	S81° 41' 12"E	0	0	77.89m	-4335.37m	0	77.891				4+335.37m	0+000.00m	4+413.26m	016055.6535 N 1266065.426	0	E 1016132.7260 N 1266054.1641m		
Curva	40	40	0	17.9835 (d)	113.000m	35.47m	17.88m	1.406m	35.468	N	N.A	56	600	4+413.26m	4+431.14m	4+448.73m	016132.7260 N 1266054.164	E 1016150.4189 N 1266051.5788m	E 1016166.4493 N 1266043.6572m	
Curva	40	40	S63° 42' 11"E	0	0	12.47m	-4448.73m	0	12.469				4+448.73m	0+000.00m	4+461.20m	016166.4493 N 1266043.657	0	E 1016177.6279 N 1266038.1331m		
Curva	40	40	0	93.2179 (d)	53.885m	87.67m	57.00m	24.553m	87.669	N	N.A	56	600	4+461.20m	4+518.20m	4+548.87m	016177.6279 N 1266038.133	E 1016228.7290 N 1266012.8803m	E 1016251.0730 N 1266065.3189m	
Curva	40	40	N23° 04' 44"E	0	0	84.01m	-4548.87m	0	84.011				4+548.87m	0+000.00m	4+632.88m	016251.0730 N 1266065.318	0	E 1016284.0055 N 1266142.6063m		
Curva	40	40	0	34.2643 (d)	145.983m	87.30m	45.00m	6.778m	87.302	N	N.A	56	600	4+632.88m	4+677.88m	4+720.18m	016284.0055 N 1266142.606	E 1016301.6455 N 1266184.0047m	E 1016333.5318 N 1266208.2870m	
Curva	40	40	N57° 20' 36"E	0	0	113.91m	-4720.18m	0	113.914				4+720.18m	0+000.00m	4+834.09m	016333.5318 N 1266208.287	0	E 1016435.4382 N 1266263.7555m		
Curva	40	40	0	93.3235 (d)	79.370m	130.11m	85.00m	36.925m	130.109	N	N.A	56	600	4+834.09m	4+919.09m	4+964.20m	016435.4382 N 1266263.755	E 1016507.0013 N 1266315.6219m	E 1016547.8634 N 1266241.0882m	
Curva	40	40	S28° 43' 59"E	0	0	42.54m	-4964.20m	0	42.537				4+964.20m	0+000.00m	5+006.74m	016547.8634 N 1266241.088	0	E 1016568.3123 N 1266203.7888m		
Curva	40	40	0	46.3653 (d)	67.528m	55.35m	29.34m	6.098m	55.352	N	N.A	56	600	5+006.74m	5+036.08m	5+062.09m	016568.3123 N 1266203.788	E 1016582.4158 N 1266178.0636m	E 1016610.8442 N 1266170.8165m	
Curva	40	40	S75° 41' 54"E	0	0	32.59m	-5062.09m	0	32.589				5+062.09m	0+000.00m	5+094.68m	016610.8442 N 1266170.816	0	E 1016642.4233 N 1266162.7662m		
Curva	40	40	0	34.8877 (d)	130.606m	79.53m	41.04m	6.296m	79.527	N	N.A	56	600	5+094.68m	5+135.72m	5+174.21m	016642.4233 N 1266162.766	E 1016682.1907 N 1266152.6284m	E 1016709.0124 N 1266121.5670m	
Curva	40	40	S40° 48' 39"E	0	0	38.46m	-5174.21m	0	38.459				5+174.21m	0+000.00m	5+212.67m	016709.0124 N 1266121.567	0	E 1016734.1479 N 1266092.4583m		
Curva	40	40	0	98.8626 (d)	68.933m	118.94m	80.51m	37.059m	118.942	N	N.A	56	600	5+212.67m	5+293.18m	5+331.61m	016734.1479 N 1266092.458	E 1016786.7630 N 1266031.5194m	E 1016838.8732 N 1266032.9008m	
Curva	40	40	N40° 19' 36"E	0	0	51.53m	-5331.61m	0	51.532				5+331.61m	0+000.00m	5+383.14m	016838.8732 N 1266092.458	0	E 1016872.2216 N 1266132.1868m		
Curva	40	40	0	56.6676 (d)	85.446m	84.51m	46.07m	11.630m	84.509	N	N.A	56	600	5+383.14m	5+429.21m	5+467.65m	016872.2216 N 1266132.186	E 1016902.0374 N 1266167.3119m	E 1016947.7674 N 1266161.7010m	
Curva	40	40	S83° 00' 21"E	0	0	61.56m	-5467.65m	0	61.562				5+467.65m	0+000.00m	5+529.21m	016947.7674 N 1266161.701	0	E 1017008.8710 N 1266154.2046m		
Curva	40	40	0	27.4864 (d)	259.676m	124.57m	63.51m	7.654m	124.574	N	N.A	56	600	5+529.21m	5+592.72m	5+653.79m	017008.8710 N 1266154.204	E 1017071.9081 N 1266146.4710m	E 1017131.3989 N 1266168.7044m	
Curva	40	40	N63° 30' 28"E	0	0	76.62m	-5653.79m	0	76.617				5+653.79m	0+000.00m	5+730.40m	017131.3989 N 1266168.704	0	E 1017203.1677 N 1266195.5264m		
Curva	40	40	0	31.2825 (d)	40.000m	63.73m	40.91m	17.212m	63.727	N	N.A	56	600	5+730.40m	5+771.31m	5+794.13m	017203.1677 N 1266195.526	E 1017241.4847 N 1266209.8465m	E 1017254.3437 N 1266171.2186m	
Curva	40	40	S19° 12' 35"E	0	0	61.19m	-5794.13m	0	61.188				5+794.13m	0+000.00m	5+855.32m	017254.3437 N 1266171.218	0	E 1017275.0760 N 1266113.4376m		
Curva	40	40	0	41.2707 (d)	53.110m	38.26m	20.00m	3.641m	38.255	N	N.A	56	600	5+855.32m	5+875.32m	5+893.57m	017275.0760 N 1266113.437	E 1017281.6565 N 1266094.5512m	E 1017293.0602 N 1266084.6968m	
Curva	40	40	S60° 28' 49"E	0	0	58.85m	-5893.57m	0	58.854				5+893.57m	0+000.00m	5+952.43m	017293.0602 N 1266084.696	0	E 1017350.2742 N 1266055.6980m		
Curva	20	20	0	37.1196 (d)	104.242m	67.53m	35.00m	5.719m	67.534	N	N.A	28	300	5+952.43m	5+987.43m	6+019.96m	017350.2742 N 1266055.698	E 1017380.7307 N 1266038.4528m	E 1017415.4233 N 1266043.0817m	
Curva	40	40	N62° 24' 00"E	0	0	43.66m	-6019.96m	0	43.658				6+019.96m	0+000.00m	6+069.62m	017415.4233 N 1266043.081	0	E 1017464.6449 N 1266043.6491m		
Curva	40	40	0	42.4438 (d)	46.354m	34.34m	18.00m	3.372m	34.338	N	N.A	56	600	6+069.62m	6+087.62m	6+103.36m	017464.6449 N 1266043.643	E 1017482.4868 N 1266052.0297m	E 1017497.2596 N 1266041.7455m	
Curva	40	40	S55° 09' 22"E	0	0	42.80m	-6103.36m	0	42.797				6+103.36m	0+000.00m	6+146.75m	017497.2596 N 1266041.745	0	E 1017532.3835 N 1266017.2938m		
Curva	40	40	0	12.6334 (d)	135.506m	29.88m	15.00m	0.828m	29.878	N	N.A	56	600	6+146.75m	6+161.75m	6+176.63m	017532.3835 N 1266017.293	E 1017544.6942 N 1266008.7237m	E 1017558.5812 N 1266003.0535m	
Curva	40	40	S67° 47' 22"E	0	0	75.89m	-6176.63m	0	75.887				6+176.63m	0+000.00m	6+252.52m	017558.5812 N 1266003.053	0	E 1017628.8376 N 1265974.3674m		
Curva	40	40	0	34.8880 (d)	127.297m	77.51m	40.00m	6.137m	77.513	N	N.A	56	600	6+252.52m	6+292.52m	6+330.03m	017628.8376 N 1265974.367	E 1017665.8637 N 1265959.2470m	E 1017704.8345 N 1265968.0256m	
Curva	40	40	N77° 19' 21"E	0	0	83.43m	-6330.03m	0	83.431				6+330.03m	0+000.00m	6+419.52m	017704.8345 N 1265968.025	0	E 1017792.2034 N 1265987.6655m		
Curva	40	40	0	33.3685 (d)	98.222m	58.23m	30.00m	4.479m	58.232	N	N.A	56	600	6+419.52m	6+443.52m	6+477.76m	017792.2034 N 1265987.665	E 1017821.4721 N 1265934.2434m	E 1017843.4245 N 1265983.3563m	
Curva	40	40	S68° 42' 33"E	0	0	59.46m	-6477.76m	0	59.455				6+477.76m	0+000.00m	6+537.21m	017843.4245 N 1265983.356	0	E 1017904.8215 N 1265961.7680m		
Curva	40	40	0	89.5979 (d)	40.000m	62.55m	39.72m	16.371m	62.551	N	N.A	56	600	6+537.21m	6+576.93m	6+599.76m	017904.8215 N 1265961.768	E 1017941.8308 N 1265947.3454m	E 1017956.5128 N 1265984.2525m	
Curva	40	40	N21° 41' 35"E	0	0	83.57m	-6599.76m	0	83.572				6+599.76m	0+000.00m	6+683.33m	017956.5128 N 1265984.252	0	E 1017987.4033 N 1266061.9060m		
Curva	40	40	0	56.5271 (d)	33.002m	31.75m	50.00m	12.589m	31.754	N	N.A	56	600	6+683.33m	6+733.33m	6+775.09m	017987.4033 N 1266061.906	E 1018005.8857 N 1266108.3649m	E 1018054.8326 N 1266118.5725m	
Curva	40	40	N78° 13' 13"E	0	0	158.54m	-6775.09m	0	158.535				6+775.09m	0+000.00m	6+933.62m	018054.8326 N 1266118.572	0	E 1018210.0285 N 1266150.9377m		
Curva	40	40	0	38.8264 (d)	56.751m	38.46m	20.00m	3.421m	38.457	N	N.A	56	600	6+933.62m	6+953.62m	6+972.08m	018210.0285 N 1266150.937	E 1018229.6073 N 1266155.0207m	E 1018242.3002 N 1266170.4768m	
Curva	40	40	N39° 23' 38"E	0	0	48.96m	-6972.08m	0	48.962				6+972.08m	0+000.00m	7+021.04m	018242.3002 N 1266170.476	0	E 1018273.3736 N 1266208.3144m		

Tipo de elemento	V _{da} (Km/h)	R _{min} (m)	Azimut	Δ	Rc (m)	Lc (m)	T (m)	E (m)	Entretangencias				Abscisas			Coordenadas			
									ET (m)	Caso a: Uso de espiral		Caso b: Circulares	ET MAX (m)	PC	PI	PT	PC	PI	PT
										Existe espiral	ET _{min} (Seg)	ET _{max} (Seg)							
Curva	40	40	N53° 30' 11"E	0	0	15.37m	-7040.94m	0	15.373					7+040.94m	0+000.00m	7+056.31m	018287.7589 N 1266221.3903	0	E 1018300.1174 N 1266231.1340m
Curva	40	40	0	12° 38' 00"	135.51m	29.88m	15.00m	0.83m	29.88	N	N.A	56	600	6+142.62m	6+157.62m	6+172.50m	E 1017532.38 N 1266017.29	E 1017544.69 N 1266008.72	E 1017558.58 N 1266003.05
Curva	40	40	112° 12' 38"	0	0	75.89m	-6172.50m	0	75.89					6+172.50m	0+000.00m	6+248.38m	E 1017558.58 N 1266003.05	0	E 1017628.84 N 1265974.37
Curva	40	40	0	34° 53' 17"	127.30m	77.51m	40.00m	6.14m	77.51	N	N.A	56	600	6+248.38m	6+288.38m	6+325.30m	E 1017628.84 N 1265974.37	E 1017665.87 N 1265959.25	E 1017704.89 N 1265968.03
Curva	40	40	77° 19' 21"	0	0	89.49m	-6325.90m	0	89.49					6+325.30m	0+000.00m	6+415.39m	E 1017704.89 N 1265968.03	0	E 1017732.20 N 1265987.67
Curva	40	40	0	33° 58' 07"	98.22m	58.23m	30.00m	4.48m	58.23	N	N.A	56	600	6+415.39m	6+445.39m	6+473.62m	E 1017732.20 N 1265987.67	E 1017821.47 N 1265994.25	E 1017849.42 N 1265983.36
Curva	40	40	111° 17' 27"	0	0	59.45m	-6473.62m	0	59.45					6+473.62m	0+000.00m	6+533.07m	E 1017849.42 N 1265983.36	0	E 1017904.82 N 1265961.77
Curva	40	40	0	89° 35' 52"	40.00m	62.55m	39.72m	16.37m	62.55	N	N.A	56	600	6+533.07m	6+572.79m	6+595.63m	E 1017904.82 N 1265961.77	E 1017941.83 N 1265947.35	E 1017956.51 N 1265984.25
Curva	40	40	21° 41' 35"	0	0	83.57m	-6595.63m	0	83.57					6+595.63m	0+000.00m	6+679.20m	E 1017956.51 N 1265984.25	0	E 1017987.40 N 1266061.31
Curva	40	40	0	56° 31' 37"	93.00m	91.75m	50.00m	12.59m	91.75	N	N.A	56	600	6+679.20m	6+729.20m	6+770.35m	E 1017987.40 N 1266061.31	E 1018005.89 N 1266108.36	E 1018054.83 N 1266118.57
Curva	40	40	78° 13' 13"	0	0	158.53m	-6770.95m	0	158.53					6+770.35m	0+000.00m	6+929.49m	E 1018054.83 N 1266118.57	0	E 1018210.03 N 1266150.94
Curva	40	40	0	38° 49' 35"	56.75m	38.46m	20.00m	3.42m	38.46	N	N.A	56	600	6+929.49m	6+949.49m	6+967.94m	E 1018210.03 N 1266150.94	E 1018229.61 N 1266155.02	E 1018242.30 N 1266170.48
Curva	40	40	33° 23' 38"	0	0	48.96m	-6967.94m	0	48.96					6+967.94m	0+000.00m	7+016.91m	E 1018242.30 N 1266170.48	0	E 1018273.37 N 1266208.31
Curva	40	40	0	14° 06' 33"	80.81m	19.90m	10.00m	0.62m	19.9	N	N.A	56	600	7+016.91m	7+026.91m	7+036.80m	E 1018273.37 N 1266208.31	E 1018279.72 N 1266216.04	E 1018287.76 N 1266221.99
Curva	40	40	53° 30' 11"	0	0	15.37m	-7036.80m	0	15.37					7+036.80m	0+000.00m	7+052.18m	E 1018287.76 N 1266221.99	0	E 1018300.12 N 1266231.13

Diseño geometrico en perfil

Item	V	Pendiente de entrada (%)	Pendiente de Salida (%)	A (%)	Tipo de curva	Curva simetrica (CS) o Asimetrica (CA)	DP (m)	Lmin			Lmax		Lin (m)	Lout (m)	Lov (m)	Kov	Chek
								Criterio de seguridad	Criterio de operación	Kmin	Criterio de Drenaje	Kmax					
1	40	0.0%	-6.6%	6.61%	convexa	CS	50	25	24	3.80	331	50	N.A	N.A	0	0.00	K < min
2	40	-6.6%	0.2%	-6.83%	concava	CS	50	58	24	8.47	342	50	N.A	N.A	68.226	9.99	ok
3	40	0.2%	4.9%	-4.63%	concava	CS	50	39	24	8.47	232	50	N.A	N.A	46.328	10.01	ok
4	40	4.9%	0.6%	4.23%	convexa	CS	50	16	24	5.67	212	50	N.A	N.A	42.271	9.99	ok
5	40	0.6%	5.4%	-4.77%	concava	CS	50	40	24	8.47	239	50	N.A	N.A	47.701	10.00	ok
6	40	5.4%	-8.5%	13.88%	convexa	CS	50	53	24	3.80	694	50	N.A	N.A	110.448	7.96	ok
7	40	-8.5%	-4.2%	-4.28%	concava	CS	50	36	24	8.47	214	50	N.A	N.A	42.82	10.00	ok
8	40	-4.2%	1.8%	-5.99%	concava	CS	50	51	24	8.47	300	50	N.A	N.A	51.586	8.61	ok
9	40	1.8%	17.5%	-15.68%	concava	CS	50	133	24	8.47	784	50	N.A	N.A	109.19	6.96	K < min
10	40	17.5%	-9.9%	27.33%	convexa	CS	50	104	24	3.80	1367	50	N.A	N.A	90.61	3.32	K < min
11	40	-9.9%	-1.8%	-8.07%	concava	CS	50	68	24	8.47	404	50	N.A	N.A	68.583	8.50	ok
12	40	-1.8%	3.6%	-5.35%	concava	CS	50	45	24	8.47	268	50	N.A	N.A	75.799	14.17	ok
13	40	3.6%	-7.3%	10.85%	convexa	CS	50	41	24	3.80	543	50	N.A	N.A	76.817	7.08	ok
14	40	-7.3%	7.7%	-15.01%	concava	CS	50	127	24	8.47	751	50	N.A	N.A	127.549	8.50	ok
15	40	7.7%	-6.8%	14.54%	convexa	CS	50	55	24	3.80	727	50	N.A	N.A	78.282	5.38	ok
16	40	-6.8%	11.1%	-17.94%	concava	CS	50	152	24	8.47	897	50	N.A	N.A	121.932	6.80	K < min
17	40	11.1%	5.7%	5.37%	convexa	CS	50	20	24	4.47	269	50	N.A	N.A	25.693	4.78	ok
18	40	5.7%	15.6%	-9.88%	concava	CS	50	84	24	8.47	494	50	N.A	N.A	29.005	2.94	K < min
19	40	15.6%	-7.7%	23.30%	convexa	CS	50	89	24	3.80	1165	50	N.A	N.A	59.838	2.57	K < min
20	40	-7.7%	3.1%	-10.75%	concava	CS	50	91	24	8.47	538	50	N.A	N.A	91.423	8.50	ok
21	40	3.1%	-2.4%	5.48%	convexa	CS	50	21	24	4.38	274	50	N.A	N.A	76.585	13.98	ok
22	40	-2.4%	4.6%	-7.00%	concava	CS	50	59	24	8.47	350	50	N.A	N.A	69.946	9.99	ok
23	40	4.6%	-5.6%	10.17%	convexa	CS	50	39	24	3.80	509	50	N.A	N.A	83.509	8.21	ok
24	40	-5.6%	2.4%	-7.97%	concava	CS	50	68	24	8.47	399	50	N.A	N.A	67.698	8.49	ok
25	40	2.4%	-4.2%	6.54%	convexa	CS	50	25	24	3.80	327	50	N.A	N.A	85.088	13.01	ok
26	40	-4.2%	6.5%	-10.60%	concava	CS	50	90	24	8.47	530	50	N.A	N.A	74.144	6.99	K < min
27	40	6.5%	-4.6%	11.09%	convexa	CS	50	42	24	3.80	555	50	N.A	N.A	48.409	4.37	ok
28	40	-4.6%	2.4%	-7.02%	concava	CS	50	59	24	8.47	351	50	N.A	N.A	80.732	11.50	ok
29	40	2.4%	-4.4%	6.79%	convexa	CS	50	26	24	3.80	340	50	N.A	N.A	61.463	9.05	ok

Item	V	Pendiente de entrada (%)	Pendiente de Salida (%)	A(%)	Tipo de curva	Curva simétrica (CS) o Asimétrica (CA)	DP (m)	Lmin			Lmax		Lin (m)	Lout (m)	Lov (m)	Kov	Chek
								Criterio de seguridad	Criterio de operación	Kmin	Criterio de Drenaje	Kmax					
30	40	-4.4%	0.5%	-4.86%	concava	CS	50	41	24	8.47	243	50	N.A	N.A	48.658	10.01	ok
31	40	0.5%	-3.6%	4.04%	convexa	CS	50	15	24	5.94	202	50	N.A	N.A	40.422	10.01	ok
32	40	-3.6%	2.0%	-5.54%	concava	CS	50	47	24	8.47	277	50	N.A	N.A	55.376	10.00	ok
33	40	2.0%	-5.6%	7.51%	convexa	CS	50	29	24	3.80	376	50	N.A	N.A	51.866	6.91	ok
34	40	-5.6%	0.4%	-5.91%	concava	CS	50	50	24	8.47	296	50	N.A	N.A	41.404	7.01	K < min
35	40	0.4%	5.0%	-4.60%	concava	CS	50	39	24	8.47	230	50	N.A	N.A	39.095	8.50	ok
36	40	5.0%	-3.6%	8.58%	convexa	CS	50	33	24	3.80	429	50	N.A	N.A	35.545	4.14	ok
37	40	-3.6%	0.5%	-4.08%	concava	CS	50	35	24	8.47	204	50	N.A	N.A	40.822	10.01	ok
38	40	0.5%	3.3%	-2.89%	concava	CS	50	24	24	8.47	145	50	N.A	N.A	28.921	10.01	ok
39	40	3.3%	-4.2%	7.53%	convexa	CS	50	29	24	3.80	377	50	N.A	N.A	117.304	15.58	ok
40	40	-4.2%	5.5%	-9.67%	concava	CS	50	82	24	8.47	484	50	N.A	N.A	134.266	13.88	ok
41	40	5.5%	-4.1%	9.62%	convexa	CS	50	37	24	3.80	481	50	N.A	N.A	43.66	4.54	ok
42	40	-4.1%	4.0%	-8.18%	concava	CS	50	69	24	8.47	409	50	N.A	N.A	81.812	10.00	ok
43	40	4.0%	-2.4%	6.46%	convexa	CS	50	25	24	3.80	323	50	N.A	N.A	27.018	4.18	ok
44	40	-2.4%	3.6%	-6.02%	concava	CS	50	51	24	8.47	301	50	N.A	N.A	60.209	10.00	ok
45	40	3.6%	-4.5%	8.08%	convexa	CS	50	31	24	3.80	404	50	N.A	N.A	80.839	10.00	ok
46	40	-4.5%	4.0%	-8.52%	concava	CS	50	72	24	8.47	426	50	N.A	N.A	85.281	10.01	ok
47	40	4.0%	-3.3%	7.32%	convexa	CS	50	28	24	3.80	366	50	N.A	N.A	73.283	10.01	ok
48	40	-3.3%	4.8%	-8.10%	concava	CS	50	69	24	8.47	405	50	N.A	N.A	81.012	10.00	ok
49	40	4.8%	-6.5%	11.35%	convexa	CS	50	43	24	3.80	568	50	N.A	N.A	49.346	4.35	ok
50	40	-6.5%	-0.4%	-6.14%	concava	CS	50	52	24	8.47	307	50	N.A	N.A	61.342	9.99	ok
51	40	-0.4%	-5.8%	5.44%	convexa	CS	50	21	24	4.41	272	50	N.A	N.A	54.349	9.99	ok
52	40	-5.8%	1.7%	-7.50%	concava	CS	50	64	24	8.47	375	50	N.A	N.A	74.914	9.99	ok
53	40	1.7%	6.5%	-4.78%	concava	CS	50	41	24	8.47	239	50	N.A	N.A	47.795	10.00	ok
54	40	6.5%	-4.6%	11.06%	convexa	CS	50	42	24	3.80	553	50	N.A	N.A	71.039	6.42	ok
55	40	-4.6%	-0.5%	-4.15%	concava	CS	50	35	24	8.47	208	50	N.A	N.A	124.369	29.97	ok
56	40	-0.5%	1.8%	-2.22%	concava	CS	50	19	24	10.81	111	50	N.A	N.A	24.435	11.01	ok
57	40	1.8%	0.0%	1.76%	convexa	CS	50	7	24	13.64	88	50	N.A	N.A	30.494	17.33	ok
58	40	0.0%	2.3%	-2.28%	concava	CS	50	19	24	10.53	114	50	N.A	N.A	87.854	38.53	ok
59	40	2.3%	-3.6%	5.87%	convexa	CS	50	22	24	4.09	294	50	N.A	N.A	64.632	11.01	ok
60	40	-3.6%	5.0%	-8.59%	concava	CS	50	73	24	8.47	430	50	N.A	N.A	75.751	8.82	ok
61	40	5.0%	0.0%	5.00%	convexa	CS	50	19	24	4.80	250	50	N.A	N.A	0	0.00	K < min