



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO.

**HERRAMIENTA QUE PERMITE ESTABLECER LA CONVENIENCIA
ECONÓMICA EN PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE
VÍAS URBANAS, EMPLEANDO MATERIAL RECICLADO**

**DIEGO ESTEBAN LOPEZ LADINO, EDWIN ALIRIO ORTIZ, JOHN
FREDDY PEDRAZA QUIÑONES Y PAOLA YOJANA PEREZ ALVAREZ.**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
CIVILES**

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE 01 DE 2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	11
1.	Generalidades.....	13
1.1	Antecedentes	13
1.1.1	Marco actual – Nivel internacional	13
1.1.2	Estado actual en Colombia	17
1.2	Planteamiento del problema.....	22
1.2.1	Pregunta de investigación.....	23
1.2.2	Variables del problema.....	24
1.3	Justificación.....	24
1.4	Hipótesis.....	27
1.5	Objetivos	28
1.5.1	Objetivo general	28
1.5.2	Objetivos específicos.....	28
1.6	Cronograma.....	29
1.7	Presupuesto.....	29
2.	Marcos de referencia.....	31
2.1	Marco conceptual	31

2.2	Marco teórico	34
2.3	Marco jurídico	35
2.4	Marco geográfico	38
2.5	Marco demográfico	44
2.6	Estado del arte	50
3.	Metodología	51
3.1	Fases del trabajo de grado	51
3.2	Instrumentos o herramientas utilizadas	52
3.3	Población y muestra	52
3.4	Alcances y limitaciones.....	53
4.	Desarrollo de las fases	54
5.	Descripción de procesos constructivos	58
5.1	Procedimiento constructivo convencional con mezclas asfálticas en caliente de planta.....	58
5.2	Procedimiento constructivo mezclas asfálticas con asfaltos reciclados.....	62
5.3	Caso Estudio.....	64
6.	Análisis de costos operacionales.....	65
7.	Desarrollo de la herramienta.....	66
7.1	Portada.....	67
7.2	Instructivo.....	68

7.3	Información	69
7.4	Diseño.....	70
7.5	Insumos (equipos, materiales, mano de obra y transporte).....	74
7.6	A.i.u.....	78
7.7	Presupuesto convencional	82
7.8	Presupuesto reciclado	85
7.9	Comparativo/resultados.....	87
7.10	Ocultar apu	91
7.11	Matriz de costos.....	92
7.12	TIR-VAN.....	93
7.13	Análisis Financiero	95
7.14	Ocultar presupuesto	97
7.15	Mostrar todo	98
8.	Análisis de resultados e impactos	100
8.1	EJERCICIO BASE DE ANALISIS.....	104
8.2	Aporte de los resultados a la Gerencia de Obras.....	108
8.3	Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados.....	109
8.4	Estrategias de Comunicación y Divulgación	109
9.	Nuevas áreas de estudio	110
10.	Conclusiones	110

11.	Bibliografía	111
-----	--------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA, 2001 – FUENTE: REVISTA CARRETERAS.....	14
FIGURA 2 PROCESO TÍPICO DE FRESADO Y EXTENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA REICLADA FUENTE: ENRIQUE SAENZ- CONSTRUCCION PAN-AMERICANA	14
FIGURA 3 MAPA DEL MUNICIPIO DE MOSQUERA, CUNDINAMARCA (COLOMBIA) – FUENTE: [22]	39
FIGURA 4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN MOSQUERA FUENTE: [23]	40
FIGURA 5 VÍA MOSQUERA - CASO DE ESTUDIO FUENTE: PROPIA	41
FIGURA 6 VÍA MOSQUERA - CASO DE ESTUDIO FUENTE: PROPIA	41
FIGURA 7 VÍA MOSQUERA - CASO DE ESTUDIO FUENTE: PROPIA	42
FIGURA 8 VÍA MOSQUERA - CASO DE ESTUDIO FUENTE: PROPIA	42
FIGURA 9 UBICACION PLANTAS DE TRATAMIENTO RCD	44
FIGURA 10 TIPO DE VIVIENDA	45
FIGURA 11 HOGARES CON ACTIVIDAD ECONÓMICA.	45
FIGURA 12 SERVICIOS CON QUE CUENTA LA VIVIENDA.....	45
FIGURA 13 HOGARES SEGÚN NÚMERO DE PERSONAS	45
FIGURA 14 NÚMERO DE PERSONAS POR HOGAR	46
FIGURA 15 PERSONAS VIVIENDO EN EL EXTERIOR.....	46
FIGURA 16 POBLACIÓN POR SEXO	46
FIGURA 17 TASA DE ALFABETISMO DE LA POBLACIÓN, CABECERA	46
FIGURA 18 ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR SEXO Y GRUPOS DE EDAD	46
FIGURA 19 ASISTENCIA ESCOLAR	46
FIGURA 20 PERTENENCIA ÉTNICA.....	47
FIGURA 21 NIVEL EDUCATIVO.....	47
FIGURA 22 ESTADO CONYUGAL.....	47
FIGURA 23 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN LUGAR DE NACIMIENTO	47
FIGURA 24 PREVALENCIA DE LIMITACIONES PERMANENTES POR SEXO	47
FIGURA 25 RESIDENCIA DE 5 AÑOS ANTES (POBLACIÓN DE 5 AÑOS O MÁS).....	47
FIGURA 26 PREVALENCIA DE LIMITACIONES PERMANENTES POR GRUPOS DE EDAD Y SEXO	48
FIGURA 27 CAUSA CAMBIO DE RESIDENCIA.....	48
FIGURA 28 ESTABLECIMIENTOS SEGÚN ACTIVIDAD	48
FIGURA 29 UNIDADES CENSALES CON ACTIVIDAD AGROPECUARIA ASOCIADA.....	48
FIGURA 30 ESTABLECIMIENTOS SEGÚN ESCALA DE PERSONAS OCUPADAS EL MES ANTERIOR AL CENSO	48
FIGURA 31 UNIDADES CENSALES CON ACTIVIDADES AGRÍCOLA, PECUARIA Y PISCÍCOLA ASOCIADAS.....	48

FIGURA 32 TIPOS DE CULTIVOS EN LAS UNIDADES CENSALES	48
FIGURA 33 ESTABLECIMIENTOS SEGÚN ESCALA DE PERSONAL POR ACTIVIDAD ECONÓMICA [24]	49
FIGURA 34 ZONA OBJETO DE ESTUDIO	53
FIGURA 35 VPN FUENTE: PROPIA	56
FIGURA 36 7 VPNA FUENTE: PROPIA	56
FIGURA 37 ESTRUCTURA DE UNA VÍA. FUENTE: PROPIA	62
FIGURA 38 PORTADA FUENTE PROPIA	67
FIGURA 39 INSTRUCTIVO FUENTE PROPIA	68
FIGURA 40 CUADRO DE UBICACIÓN RUTA ARCHIVO MANUAL DE INSTRUCCIONES HERRAMIENTA FUENTE PROPIA	69
FIGURA 41 INFORMACIÓN FUENTE PROPIA	70
FIGURA 42 DISEÑO FUENTE PROPIA	72
FIGURA 43 DISEÑO FUENTE: PROPIA	72
FIGURA 44 ESPESOR DE LA RODADURA ASFÁLTICA. FUENTE: PROPIA	72
FIGURA 45 COMBINACIONES PARA EL DISEÑO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RECICLADO. FUENTE PROPIA	73
FIGURA 46 COMBINACIONES PARA EL DISEÑO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL. FUENTE PROPIA	73
FIGURA 47 COMBINACIONES PARA EL DISEÑO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL. FUENTE PROPIA	73
FIGURA 48 % PERMITIDO DE RECICLADO FUENTE PROPIA	74
FIGURA 49 ESTRUCTURA DEL DISEÑO FUENTE PROPIA	74
FIGURA 50 LINK INSUMOS FUENTE PROPIA	76
FIGURA 51 CELDAS MODIFICABLES LISTA DE EQUIPOS. FUENTE PROPIA	76
FIGURA 52 CELDAS MODIFICABLES LISTA DE MANO DE OBRA. FUENTE PROPIA	77
FIGURA 53 CELDAS MODIFICABLES LISTA DE MATERIALES. FUENTE PROPIA	77
FIGURA 54 CELDAS MODIFICABLES LISTA DE TRANSPORTE. FUENTE PROPIA	77
FIGURA 55 A.I.U. FUENTE PROPIA	79
FIGURA 56 PERSONAL PROFESIONAL. FUENTE PROPIA	79
FIGURA 57 PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO. FUENTE PROPIA	80
FIGURA 58 GASTOS VARIOS. FUENTE PROPIA	80
FIGURA 59 GASTOS VARIOS FUENTE PROPIA	81
FIGURA 60 GASTOS IMPUESTOS, PÓLIZAS Y PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO. FUENTE PROPIA	81
FIGURA 61 RESULTADO A.I.U. FUENTE PROPIA	82
FIGURA 62 PRESUPUESTO CONVENCIONAL. FUENTE PROPIA	83
FIGURA 63 PRESUPUESTO CONVENCIONAL. FUENTE PROPIA	83
FIGURA 64 PRESUPUESTO CONVENCIONAL FUENTE PROPIA	84
FIGURA 65 PRESUPUESTO CONVENCIONAL FUENTE PROPIA	84
FIGURA 66 PRESUPUESTO RECICLADO. FUENTE PROPIA	85

FIGURA 67 PRESUPUESTO RECICLADO FUENTE PROPIA.	86
FIGURA 68PRESUPUESTO RECICLADO FUENTE: PROPIA.....	86
FIGURA 69 COMPARATIVO/RESULTADOS FUENTE PROPIA.	88
FIGURA 70 GRAFICA DE CÁLCULO. FUENTE PROPIA.....	89
FIGURA 71 GRAFICA DE RESULTADOS. FUENTE PROPIA.....	89
FIGURA 72 GRAFICA DE RESULTADOS FUENTE PROPIA.....	90
FIGURA 73 OCULTAR APU. FUENTE PROPIA.	91
FIGURA 74MATRIZ DE COSTOS FUENTE PROPIA.	92
FIGURA 75INFORMACIÓN MATRIZ DE COSTOS. FUENTE: PROPIA	93
FIGURA 76INFORMACIÓN MATRIZ DE COSTOS. FUENTE: PROPIA.	94
FIGURA 77CALCULO DE TIR Y VAN. FUENTE: PROPIA	94
FIGURA 78ANÁLISIS FINANCIERO. FUENTE: PROPIA.....	95
FIGURA 79ANÁLISIS FINANCIERO. FUENTE: PROPIA.....	96
FIGURA 80ANÁLISIS FINANCIERO. FUENTE: PROPIA.....	96
FIGURA 81ANÁLISIS FINANCIERO. FUENTE: PROPIA.....	96
FIGURA 82ANÁLISIS FINANCIERO. FUENTE: PROPIA.....	97
FIGURA 83OCULTAR PRESUPUESTO FUENTE: PROPIA	98
FIGURA 84 MOSTRAR PRESUPUESTO. FUENTE PROPIA.	99
FIGURA 85 VOLVER A LA PORTADA. FUENTE PROPIA	99
FIGURA 86 DATOS BÁSICOS FUENTE: PROPIA	101
FIGURA 87ESPECIFICACIONES. FUENTE: PROPIA	102
FIGURA 88 RESULTADOS. FUENTE: PROPIA.....	103
FIGURA 89DATOS BÁSICOS. FUENTE: PROPIA.....	104
FIGURA 90 PARÁMETROS INICIALES. FUENTE: PROPIA.	105
FIGURA 91 RESULTADOS. FUENTE: PROPIA.....	106
FIGURA 92 INDICADORES. FUENTE: PROPIA.	106
FIGURA 93PORCENTAJES OBTENIDOS. FUENTE: PROPIA.	107

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 LOS RELLENOS SANITARIOS EN CIFRAS.	19
TABLA 2 RELACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS EN COLOMBIA QUE GENERAN MÁS RESIDUOS SÓLIDOS.	19
TABLA 3 FECHAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA.	25
TABLA 4 PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA POR FUENTES DE FINANCIACIÓN (EN MILES DE \$).	29
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE SE PLANEA ADQUIRIR (EN MILES DE \$).	30
TABLA 6. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS VIAJES (EN MILES DE \$).	30
TABLA 7. VALORACIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO (EN MILES DE \$).	30
TABLA 8 NORMATIVA VIGENTE COLOMBIANA.	38
TABLA 9 UBICACIÓN PLANTAS TRATAMIENTO RCD.	44
TABLA 10 TASAS DE RECICLAJE EN DIFERENTES PAÍSES EUROPEOS.	51

1 INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción se conoce el concepto de reciclado en carreteras hace más de 50 años, sin embargo, las estrategias de aprovechamiento y reutilización de materiales para la construcción y mejoramiento de vías se empezaron a evidenciar desde 1915. No obstante, el desarrollo de la implementación del uso de los materiales en pavimento asfáltico reciclado, se produjo desde el año 1970 durante la crisis del petróleo. [1]

A razón de ello, aparece el término de RAP, que significa Reclaimed Asphalt Pavement y que en pocas palabras pretende la reutilización de materiales de pavimento removidos y / o reprocesados que contienen asfalto y agregados.

Además, existe una técnica de reciclado que se denomina “Reciclado en Caliente “que es el proceso mediante el cual los materiales asfálticos provenientes de las demoliciones se combinan con materiales vírgenes, con componentes bituminosos y en algunos casos agentes rejuvenecedores [2]; el uso de esta práctica tiene numerosas ventajas entre las que cabe mencionar:

- Reducción en la generación de residuos y la problemática de su gestión.
- Ahorro de recursos naturales.

Por otro lado, en los últimos años ha surgido en Colombia nuevas reglamentaciones en este sentido, en las que es de uso obligatorio la reutilización de materiales de pavimento. Sin embargo, en Colombia se desconocen estudios económicos formales que permitan desarrollar esta práctica.

Teniendo en cuenta los estudios relacionados con la utilización del uso de los materiales en pavimento asfáltico reciclado - RAP, su desarrollo a través de la historia [3] , y lo que sucede en Colombia con relación a la implementación de esta práctica, se considera necesario realizar un análisis desde el punto de vista financiero que determine la factibilidad económica (costo - beneficio) para poner en práctica el uso de los materiales provenientes de las demoliciones en

pavimentos flexibles.

Lo anterior, dado que durante la profundización en Gestión económica y financiera de la construcción que se realizó en el programa de Especialización de Gerencia de Obras se estudia la metodología de análisis Costo – Beneficio, se considera valioso realizar dicho análisis siguiendo sus lineamientos, de tal manera que, comparemos el costo de la construcción de un tramo de vía existente convencional, contra una propuesta de reutilización de pavimento asfáltico reciclado bajo la técnica denominada reciclado en caliente y para ello utilizaremos un caso de estudio ubicado en el Municipio de Mosquera Cundinamarca, específicamente en el sector del poblado (ver Anexo 1)

En este sentido, se tendrá en cuenta el cumplimiento de las especificaciones y/o parámetros exigidos a nivel nacional establecidos por el INVIAS (Instituto Nacional de Vías) y constando el cumplimiento de las normas IDU ET-2005. [4]

Es necesario aclarar que, en el desarrollo de este proyecto, no se realizará ningún tipo de ensayos a las mezclas asfálticas, pues se asume la validez de los diversos estudios que evidencian pruebas y conclusiones relacionadas con la eficacia del uso del pavimento asfáltico reciclado para la optimización del material. [3]

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Como resultado del crecimiento y desarrollo de zonas urbanizadas en Colombia, se ha incrementado la construcción de obras civiles para suplir las necesidades de la población, tanto habitacionales, laborales, comerciales, como las viales que facilitan la movilidad de la población, en consecuencia al crecimiento acelerado de las obras de construcción, se están generando grandes volúmenes de residuos de escombros, donde su manejo se reduce a la disposición final en escombreras o terrenos para nivelaciones.

Los residuos de Construcción y Demolición - RCD, se pueden convertir en materiales reutilizables, mediante procesos de aprovechamiento y valorización, con características de calidad y costo que los hacen potencialmente competitivos dentro del ámbito económico y productivo respecto a los que se disponen actualmente en el mercado y en especial los que tienen que ver con los proyectos de desarrollo de infraestructura, vial.

La Resolución 472 de 2017 del MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, la cual establece las Disposiciones para la gestión integral de los residuos de Construcción y Demolición (RCD) y aplica a todas las personas naturales o jurídicas, que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan residuos de Construcción y Demolición – RCD de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio Nacional.

1.1.1 Marco actual – Nivel internacional

La técnica del RAP (pavimento asfáltico reciclado), la cual “se basa en la reutilización de los materiales del pavimento defectuoso a los que se puede añadir otros elementos como agentes rejuvenecedores, nueva mezcla bituminosa entre otros” [5], así mismo se analizara desde el caso específico del reciclado in situ en caliente el cual trata directamente bajo altas temperaturas en el

lugar de la obra el material a reutilizar (ver ilustración 1 y 2).



Figura 1 Asociación Española de la Carretera, 2001 – Fuente: Revista Carreteras

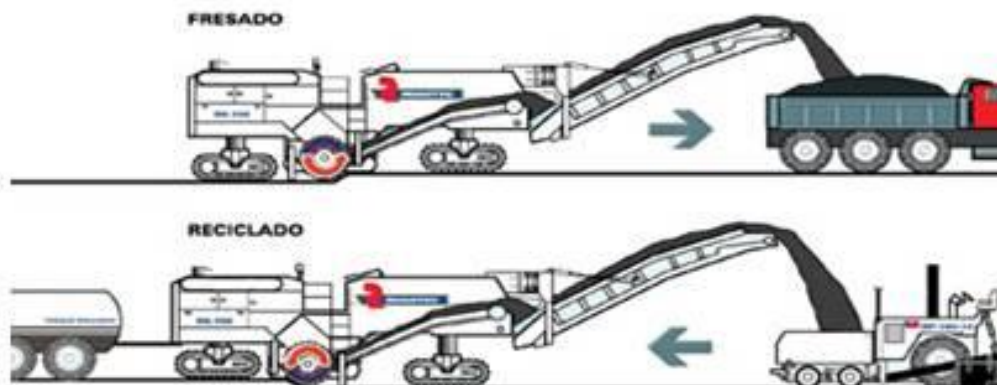


Figura 2 Proceso Típico de Fresado y extendido de carpeta asfáltica reciclada Fuente: Enrique Saenz- Construcción Pan-Americana

En el alcance del reciclado se nos permite identificar que La vida útil de una vía pavimentada varía según el tipo de cargas a la cual esta se vea sometida durante su periodo de utilidad, de los factores externos a las cargas también se incluyen el clima y el tipo de agregados con el que se ha constituido la mezcla asfáltica, estos efectos generan que el pavimento se deteriore progresivamente disminuyendo sus niveles de confort y confiabilidad.

Así las cosas y revisando los aspectos técnicos podemos decir que existen ventajas claramente

identificadas en el uso de los RCD mediante el reciclado en Caliente:

La Reducción de transporte de materiales. El hecho de evitar el retiro del material y su reemplazo por uno completamente nuevo minimiza significativamente esta ocupación.

Reducción del consumo de energía. Los procesos de demolición, retiro de escombros y reemplazo de material nuevo se consumen gran cantidad de energía, situación que se optimiza bajo el procedimiento de la técnica del RAP.

Mejoramiento del impacto ambiental. Se reducen al no necesitar un alto porcentaje de material virgen para la construcción de nuevas vías.

Técnicamente se evita el levantamiento innecesario de la rasante, se reduce el impacto en las capas inferiores de la estructura y se garantiza la optimización de la colocación de la estructura sobre una base de óptima calidad.

Considerando que en décadas pasadas se asumía que la utilización de los RAP era una técnica de baja calidad, se resalta que hoy en día la percepción ha cambiado significativamente ya que la tendencia mundial es la de producción de mezclas asfálticas de alta calidad y alto contenido de componente de material reciclado, de acuerdo con lo anterior el panorama a nivel internacional está altamente implementado en Europa como en Norteamérica.

SITUACIÓN EN EUROPA

Sobre la situación europea se conocen datos del año 2011 [6]. Es importante enfatizar que en este continente el 94% de las carreteras son asfálticas. La producción anual de mezclas en caliente en Europa ronda los 300 millones de toneladas y existen más de 4000 plantas fijas que estarían en condiciones de reciclar, y más de 700 plantas móviles.

Los países europeos que utilizan la mayor cantidad de pavimento asfáltico recuperado son: Hungría, Luxemburgo, Austria, Alemania, Holanda y Dinamarca. El total de RAP disponible es

alrededor de 56 millones de toneladas, asegurándose más del 85% de re-uso del mismo”. [7]

Particularmente en Francia entre el 2005 y 2014, se ha desarrollado políticas desde las directrices de una noción de desarrollo sustentable, análisis del ciclo de vida (ACV) del RAP, acuerdos de Grenelle sobre medio ambiente (2009), compromiso voluntario de empresas de TP (2010), nuevos incentivos - toma de conciencia de reciclado y desarrollo de acciones por el medio ambiente (Qualité “90”). [8]

SITUACIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS

Los datos reportados por la Asociación Nacional de Pavimento de Asfalto (NAPA por sus siglas en inglés NAPA (National Asphalt Pavement Association) muestran que en Estados Unidos el 90% de las carreteras son de asfalto y la producción anual de mezclas calientes son prácticamente las mismas que en Europa, 332 millones de toneladas. Pero, a pesar de que se encuentran 1.091 plantas en 48 estados, el máximo porcentaje de RAP reportado disponible es el 36% contra el 85% que hay en Europa. Esto pareciera indicar que el RAP reportado sería menor al realmente generado. [7].

Por otro lado, Según la última encuesta de productores de mezcla de asfalto realizada por NAPA, junto con la Administración Federal de Carreteras, más de 67,65 millones de toneladas de materiales reciclados se han utilizado en mezclas de pavimento de asfalto durante la temporada de construcción de 2014. [9]. Según NAPA, más del 99% de los materiales retirados durante las actividades de mantenimiento o reparación terminaron siendo utilizados en nuevos pavimentos.

De acuerdo con la “Green Highways Partnership” [10] se están consumiendo entre 500 y 800 millones de toneladas métricas de roca virgen triturada, grava y arena anualmente como agregados. Reemplazar estos materiales no renovables, que deben extraerse y procesarse, con materiales

reciclados conserva los recursos naturales. Un dato muy interesante es que los expertos de la industria también destacan que una gran cantidad de materiales reciclados rinden mucho mejor que los materiales vírgenes que sustituyen.

Otra fuente que reafirma la hipótesis es la de NAPA [11], en donde se dice que el pavimento asfáltico recuperado se recicla a un ritmo mayor que cualquier otro material en los Estados Unidos. Es vital para extender la vida de los servicios de infraestructura al mismo tiempo que reduce los gastos generales.

En el ámbito latinoamericano “en entrevista con el Ingeniero Jorge Humberto Cuartas, se afirma, que la mayoría de las grandes ciudades con poblaciones mayores a 1.500.000 habitantes, en América Latina principalmente en Chile, Argentina y Brasil, desarrollan y sostienen programas de mantenimiento vial donde el reciclaje en vía es una componente importante” [12]

Así mismo la CPA (comisión permanente del Asfalto) ha creado algunos documentos que regulan la implementación de esta técnica que se citan a continuación:

Mezclas en caliente delgadas para capas de rodadura y mezclas caliente gruesas, los cuales tienen una última versión dada conocer en 2010, documento para mezclas asfálticas convencionales recicladas en caliente en planta (versión que da 2012) [7]

Recomendaciones para las mezclas asfálticas convencionales reciclados en frío in situ con emulsión (2014) [7]

1.1.2 Estado actual en Colombia

Conforme las investigaciones realizadas con relación a las estadísticas frente al manejo de los residuos sólidos en Colombia, se toma como referencia la información citada en la publicación del HSB Noticias.com [13] del 18 de Octubre 2016, y a través de consulta realizada del 10 de mayo

de 2018, se encontró que 11,6 millones de toneladas de basura produce Colombia al año, asimismo, se indica: ... “Se pone en marcha “Limpiemos Colombia”, una jornada nacional de limpieza que busca impulsar la conciencia ambiental alrededor de la gestión de los residuos en el país el próximo 20 de noviembre”.

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la vida útil de los rellenos sanitarios de 321 municipios de Colombia se terminará en cinco años. “Esto nos obliga a actuar de manera inmediata. No basta con pagar tarifas de aseo, es necesario que nos apropiemos de las consecuencias que tiene el mal manejo de nuestros residuos en los ecosistemas”, dijo el ministro de Ambiente, Luis Gilberto Murillo.

La jornada liderada por el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Comercio, WWF, Bimbo y el Grupo Éxito, busca separar y disponer plástico, vidrio, metal, papel o cartón, materiales que diariamente se desechan y terminan en los botaderos de las ciudades sin que se aproveche su potencial para el desarrollo de negocios inclusivos de población vulnerable y que se comprenda que el reciclaje es una solución al problema ambiental y a la necesidad de contribuir con el aumento de la vida útil de los diferentes rellenos sanitarios del país”. [13].

De acuerdo con toda la información recogida en las tablas 1 y 2, se puede observar en cifras que un gran potencial de toneladas de basura en Colombia está concentrado en los rellenos sanitarios de la Ciudad de Bogotá, específicamente en el relleno de Doña Juana, lo cual asciende a 6.307 toneladas de basura recolectada diariamente. [13]

Toneladas de Basura Diariamente recolectada	Ciudad	Equivalencia en Camiones de basura
6.307	Relleno Doña Juana en Bogotá	394
1.558	Parque Ambiental la Pradera de Medellín	97
1.429	Relleno El Guabal en Cali	89
1.300	Parque Ambiental los Pocitos en Atlántico	81

Tabla 1 Los Rellenos Sanitarios en Cifras.

Los departamentos que más generan residuos sólidos	
Bogotá	6.308 toneladas/día
Antioquia	3.147 toneladas/día
Valle del Cauca	2.667 toneladas/día
Atlántico	2.044 toneladas/día
Cundinamarca	1.286 toneladas/día
Bolívar	1.249 toneladas/día
Santander	1.135 toneladas/día
Norte de Santander	938 toneladas/día

Tabla 2 Relación de los Departamentos en Colombia que generan más residuos sólidos.

Considerando que el caso de comparación específica del presente estudio obedece a un proyecto vial existente en el Municipio de Mosquera, es importante resaltar que con ocasión al Contrato de Obra Pública No. 00004 de 2017, que tiene por objeto: “CONSTRUCCIÓN, RECONSTRUCCIÓN ADECUACIÓN DE VÍAS, ESPACIO PÚBLICO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL SISTEMA VIAL-PLAN VIAL 2017- DEL MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA”, fue elaborado un PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICION RDC. [14], el cual permite clasificar los diferentes tipos de residuos sólidos generados en las diversas zonas del proyecto, las cuales, pueden ser sujeto de reciclaje y que por sus volúmenes de generación es importante tenerlos en cuenta dentro del seguimiento del contrato.

Aunado a lo anterior, es preciso mencionar que existe la Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia de enero de 2017, [15], creada a fin de: ... “ayudar a pequeños municipios en Colombia a identificar, planear e introducir soluciones para el manejo sostenible de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan en cada uno de ellos, y de acuerdo con la normatividad vigente”, tal como lo indica el documento citado.

De igual forma, expresa: ... “Esta guía fue realizada bajo el contexto de un proyecto de manejo sostenible de los residuos en el área del Pacífico en Colombia, financiado por el UK Foreign Commonwealth Office, realizado por Mott MacDonald, con el apoyo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. El Proyecto preveía la elaboración de un plan de manejo de residuos para dos municipios de Nuquí (Choco) y Guapi (Cauca)”.

Es importante aclarar que en este documento [15], se encuentran los pasos principales y necesarios para la elaboración y ejecución de un Plan de Manejo de los Residuos, para lo cual, se

presentan los elementos claves de cada etapa.

Por otro lado, la Guía Ambiental para la Elaboración del Plan de Gestión Integral De Residuos De Construcción y Demolición -RCD en la Obra, que es el instrumento que le permitirá al Generador de RCD la formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición en obra, busca llegar al manejo integral de los residuos por medio del aprovechamiento de los RCD para convertirlos en nuevos materiales de construcción minimizando el impacto ambiental y reduciendo el volumen de escombros que llegan a los sitios de disposición final sin ser aprovechados, reutilizados y transformados en las obras de construcción y en la ciudad. [16].

Así mismo, la Secretaria Distrital de Ambiente, autoridad que promueve, orienta y regula la sustentabilidad ambiental de Bogotá, planteó una herramienta APLICATIVO WEB DE REGISTRO DE REPORTES Y MANEJO DE RCD EN OBRAS PUBLICAS Y PRIVADAS RESOLUCION 01115 DE 2012. [17], que permitirá al sector de la construcción minimizar los impactos ambientales en el desarrollo de las diferentes etapas del proceso constructivo, de igual forma, orientar al constructor al control adecuado de los residuos, conduciéndolos a la disposición final acorde a la normatividad ambiental establecida. Además, esta guía plantea la normatividad específica aplicable, las medidas de gestión de los residuos peligrosos, junto con los procedimientos ambientales para la gestión de los RCD. [16].

A hoy se puede establecer que para el sector construcción en Colombia, específicamente en la Ciudad de Bogotá D.C., existe la Guía Ambiental para la Elaboración del Plan de Gestión Integral De Residuos De Construcción y Demolición -RCD en la Obra. [16]. Dentro de la investigación que se desarrolla en marco del presente estudio, encontramos que en Colombia existe la RESOLUCIÓN 1115 del 26 de septiembre de 2012 [18], por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los

residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital. Esta RESOLUCIÓN 1115 del 26 de septiembre de 2012, prevé aprovechamientos en obra, el cual, inicialmente fue del 5% de los RCD a partir de agosto de 2013, cada año, el porcentaje aumentó en cinco (5) unidades hasta alcanzar mínimo un 25% del volumen o peso del material utilizado en la obra para su construcción. [16].

En el mismo sentido, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reglamenta en su Resolución No. 472 de febrero de 2018, [19], la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones, la cual establece que es deber del Estado proteger, prevenir, controlar y planificar la diversidad, integridad y aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de conservarlos, para garantizar no solo el desarrollo sostenible, sino el derecho que todas las personas tienen a gozar de un ambiente sano. [19]. Además, este documento establece las disposiciones para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y aplica a todas las personas naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional. En virtud de todo lo expuesto, podemos concluir que Colombia cuenta con diversos documentos a nivel de normatividad que consigna los lineamientos a tener en cuenta para la elaboración de un modelo de plan ambiental y gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD), esto a fin de proteger, prevenir, controlar y planificar la diversidad, integridad y aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de conservarlos, para garantizar no solo el desarrollo sostenible, sino el derecho que todas las personas tienen a gozar de un ambiente sano [19].

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, no es común la implementación de la práctica de los RAP. A pesar de que existe

una normativa, no son evidentes los estudios económicos que permitan identificar la viabilidad económica de la práctica, en las principales ciudades Bogotá, Medellín, Santiago de Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés, en el año 2011 se produjeron 22.270.338 toneladas de RCD, (Resolución 472 de 2017).

Cundinamarca no es ajena a esta realidad, en el Departamento se desarrollan actividades de construcción que demandan gran uso de recursos naturales para el desarrollo de la actividad, la cual crece de manera desorbitante, por ello a mayor crecimiento del sector de la construcción mayor será la demanda de recursos para el sostenimiento de la misma y por ende sus residuos aumentaran.

El manejo actual de los escombros a nivel nacional se reduce a la disposición final en escombreras o terrenos para nivelaciones y la legislación existente en el tema de escombros no establece mayores controles para el manejo de éstos, de hecho, la ciudad tiene una escasa oferta de sitios destinados para la recepción y adecuado manejo de escombros (UNIDAD ADMINISTRATIVA DE SERVICIOS PUBLICOS, 2009). No se vislumbra una gestión ambiental clara y adecuada, hay desconocimiento por parte de los generadores de cómo es el proceso de manejo y disposición, la recolección de éstos se convierte en un problema de tipo socio económico por los elevados costos que conlleva la recolección de éstos por parte de las empresas autorizada por el distrito y sumémosle a eso la desarticulación que hay entre las entidades del estado que hacen la recolección, las entidades ambientales y los generadores que son quienes deben general un control en el tema. (Carvajal, 2009)

1.2.1 Pregunta de investigación

¿A través de qué estrategia se puede implementar un ejercicio de comparación financiera que permita evaluar el costo beneficio de un proyecto, desde procesos constructivos: convencional y

reciclado en caliente, para vías urbanas, ¿que permita decidir frente a su inversión?

1.2.2 Variables del problema

Los factores que pueden afectar los resultados de la investigación obedecen principalmente a la variación en los precios de los materiales reutilizables en el Departamento de Cundinamarca, de igual forma, el costo adicional que se genere en transporte por ubicación de las plantas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto busca crear una herramienta de consulta técnica que facilite la utilización en la Construcción de Vías Urbanas de materiales de construcción reciclados (RCD), provenientes de las actividades de demoliciones y excavación de la obra Caso de estudio “Vía Sector el Poblado en el Municipio de Mosquera Cundinamarca”.

Basados en los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida profesional y el afianzamiento de conocimientos a lo largo del estudio de la Especialización de Gerencia de Obras, se pretende proveer soluciones para dar tratamiento a los residuos sólidos generados en obra RCD, y mejorar la rentabilidad de las Empresas de Construcción.

Dado que el manejo actual de los escombros a nivel nacional se reduce a la disposición final en escombreras o terrenos para nivelaciones, y la legislación existente en el tema de escombros no establece mayores controles para el manejo de éstos, de hecho, la ciudad tiene una escasa oferta de sitios destinados para la recepción y adecuado manejo de escombros [20], no se vislumbra una gestión ambiental clara y adecuada, hay desconocimiento por parte de los generadores de cómo es el proceso de manejo y disposición, la recolección de éstos se convierte en un problema de tipo socio económico por los elevados costos que conlleva la recolección de éstos por parte de las empresas autorizada por el distrito y sumado a esto la desarticulación que hay entre las entidades del estado que hacen la recolección, las entidades ambientales y los generadores que son quienes

deben general un control en el tema.

Se sabe que, los residuos de Construcción y Demolición - RCD, se pueden convertir en materiales reutilizables, mediante procesos de aprovechamiento y valorización, con características de calidad y costo que los hacen potencialmente competitivos dentro del ámbito económico y productivo respecto a los que se disponen actualmente en el mercado y en especial los que tienen que ver con los proyectos de desarrollo de infraestructura, vial.

Además, de acuerdo con la “La Resolución 472 de 2017 del MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOTENIBLE, la cual establece las Disposiciones para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y aplica a todas las personas naturales o jurídicas, que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan residuos de Construcción y Demolición – RCD de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio Nacional. [21]

Según la normatividad colombiana los municipios y distritos deberán cumplir con las metas de aprovechamiento de RCD, establecidas en el Artículo 19 de la resolución 472 de 2017, los grandes generadores deberán, utilizar RCD aprovechables en un porcentaje no inferior al 2% en peso del total de los Materiales usados en la obra, conforme a lo dispuesto en la siguiente tabla(referenciada):

CATEGORIA MUNICIPAL	CUMPLIMIETO DE META
Especial 1,2 y 3	1 de enero de 2018
4,5 y 6	1 de enero de 2023

Tabla 3 Fechas de Implementación de la Norma.

En los Años posteriores se deberá garantizar un incremento anual de dos puntos porcentuales, hasta alcanzar como mínimo un 30 % de RCD aprovechables en peso de total de los materiales

usados en obra. [21]

Sin embargo, las administraciones municipales y distritales no han desarrollado un procedimiento con datos claros que tenga en cuenta los costos reales que conllevaría la utilización de materiales de RCD aprovechables, por ende, las partidas presupuestales para los nuevos proyectos no tienen en cuenta actividades de construcción con materiales RCD, generando sobrecostos en los proyectos o incumplimiento de las normas ambientales por parte de los constructores.

En contexto parece razonable establecer una metodología que oriente a los profesionales de la Construcción, en cuanto a la evaluación de los costos reales de ejecución de actividades de construcción que incluyen materiales o insumos provenientes del reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Por tanto, se ha identificado que mediante la formulación de una Matriz de Costos se puede evaluar la conveniencia económica de los materiales obtenidos en los procesos de reciclaje en la construcción de vías, mediante el análisis Gerencial estudiando un caso realizado en la Región Sabana Occidente específicamente en el Municipio de Mosquera, estableciendo sus costos reales exponiendo las características benéficas que pueden aportar los diferentes materiales obtenidos a través de mejores prácticas de tratamiento de los (RCD), y el valor real del mercado para clasificación, procesamiento, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final de los materiales, para el proyecto de estudio.

Teniendo en cuenta que no existen datos concretos acerca de la conveniencia económica, ni de los análisis de precios unitarios de los materiales provenientes del reciclaje de RCD que pueden utilizarse en la construcción de Proyectos viales, se plantea realizar un modelo comparador de los costos reales de operación y ejecución de actividades relacionadas con materiales provenientes del

reciclaje de materiales de RCD contra el costo actual en el mercado de los materiales extraídos de cantera usados normalmente en la construcción de vías en el Municipio de Mosquera Cundinamarca.

El modelo de matriz de costos para las actividades que incluyan materiales y/o insumos provenientes del RCD, permitirá el análisis costo-beneficio para un proyecto vial, convirtiéndose es una herramienta que puede utilizarse para mejorar la planificación de los proyectos, ayudando a que los generadores de RCD tengan soluciones y alternativas para mitigar los Impactos Ambientales causados por la manipulación de residuos de obra, así mismo reducir los gasto de operación de las empresas “transportes, permisos de disposición final, gastos Administrativos, impuestos, multas, etc.) lo cual se traduce en mayor rentabilidad para las empresas constructoras y además de la reducción en las disposiciones finales de estos residuos, evitando sanciones por parte de las entidades Ambientales de la Nación.

Consecuentemente con lo expuesto, una vez se cuente con la matriz de costos de ejecución del proyecto, utilizando esas alternativas de material convencional y reciclable, se evaluará el análisis de línea base de costos calculando los costos directos, costos indirectos y contingencias, asimismo, producto de ello se realizará el análisis financiero teniendo en cuenta los ingresos y egresos con ocasión a cada caso de estudio, a fin de obtener la TIR la VPN y flujo de caja que permitan establecer la mayor rentabilidad.

Lo anterior, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas en el módulo de gestión económica y financiera en la construcción y profundización de gestión de obras vista dentro del pensum de nuestra especialización en gerencia de obras.

1.4 HIPÓTESIS

El modelo de análisis costo-beneficio es una herramienta que puede utilizarse en la solución del

aprovechamiento de los RCD, a partir del método de reciclaje de pavimentos flexibles en caliente para la rehabilitación de las vías terrestres.

1.5 OBJETIVOS

El trabajo de investigación que se presenta se centra en el proceso de toma de decisiones a partir de una herramienta financiera. Empleando la reutilización de material reciclado en construcción de vías urbanas, teniendo en cuenta, los costos de herramientas, materiales, transporte, mano de obra, administración, utilidad e imprevistos, para lo cual se proponen los siguientes objetivos particulares:

1.5.1 Objetivo general

Analizar económica y financieramente la viabilidad de la implementación del reciclaje de componentes pétreos obtenidos a partir de los residuos de construcción y demolición (RCD), generados en la construcción y/o reconstrucción de vías y sus ventajas, Económicas, frente a la utilización de materiales convencionales. Específicamente en el Caso de estudio “Vía Sector el Poblado en el Municipio de Mosquera Cundinamarca”.

1.5.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una herramienta como metodología que evalúe la conveniencia económica frente a la utilización de materiales obtenidos a través de mejores prácticas de tratamiento de los (RCD), clasificación, procesamiento, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final contra la utilización de materiales convencionales.
- Evaluar la viabilidad de los procesos de reciclaje en la construcción de vías, Caso de estudio “Vía Sector el Poblado en el Municipio de Mosquera Cundinamarca”. Mediante el análisis gerencial de los proyectos obtenido del resultado de la herramienta.
- Comprobar si realmente existe una disminución en los costos de operación y

ejecución de proyectos viales con la utilización de materiales provenientes del RCD y si estos procesos son viables financieramente, evitando con esto el desequilibrio económico de los proyectos.

1.6 CRONOGRAMA

Para el desarrollo del proyecto se contará con un plazo total de dos (2) semestres, distribuidos de la siguiente manera:

- Anteproyecto: Cuatro (4) meses. (1 Semestre – Especialización gerencia de obras)
- Proyecto. Cuatro (4) meses. (2 Semestre – Especialización gerencia de obras)

1.7 PRESUPUESTO

Para la elaboración de la investigación, se contó con presupuesto de \$

Rubros	Valor unitario	Valor total
Equipos y software	\$ 580.000,00	\$ 580.000,00
Salidas de campo	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
Material bibliográfico	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Total		\$ 810.000,00

Tabla 4 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).

Equipo y software	Justificación	Valor total
4 computadores	Para desarrollar la recolección de información, elaboración del documento de investigación de anteproyecto y proyecto.	\$ 480.000,00
1 cámara fotográfica	Registro fotográfico que evidencie el estado de la vía.	\$ 50.000,00
1 impresora	Impresión de documentos soportes de la	\$ 50.000,00

	investigación.	
Total		\$ 580.000,00

Tabla 5. Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

Lugar / No. De viajes	Justificación1	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	Total
Mosquera	Evidenciar el estado de la vía y tomar la información requerida como insumo para el desarrollo dentro del marco de la investigación.	\$ 50.000,00	\$ 0,00	4	\$ 200.000,00
Total					\$ 200.000,00

Tabla 6. Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$).

Ítem	Costo unitario	#	Total
Internet	\$ 30.000,00	1	\$ 30.000,00
Total			\$ 30.000,00

Tabla 7. Valoración de las salidas de campo (en miles de \$).

Nota: Formato utilizado por Colciencias.

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para comprender un poco más la temática abordada es pertinente aclarar los siguientes conceptos:

Reciclaje: por reciclaje entendemos el tratamiento o manipulación de los desechos, de forma artesanal o industrial, para crear un componente o un material nuevo, una materia prima.

Como ejemplo el caso del concreto u hormigón, del cual, una vez demolido, se recupera el árido y la pasta cementante tras un proceso industrial para confeccionar nuevos concretos. Así mismo, el papel cumple un ciclo de reciclaje interesante, ya que con las cantidades de papel descartadas en oficinas, hogares y colegios, se fabrican nuevos papeles que van a sustituir en un porcentaje entre el 50 % y el 80 % recursos naturales como los árboles talados para la obtención de la pulpa, esto quiere decir, que una tonelada de papel reciclado, bien puede tener entre 500 kg y 800 kg de material reciclado, quedando entonces un porcentaje bajo de material extraído por tala de árboles, dando así un mayor margen de tiempo para la recuperación de bosques.

Reutilización: se puede definir la reutilización, como el uso de un material de desecho, sin manipulación ni tratamiento posterior alguno, a excepción de su saneado, limpieza o tratamiento superficial, para una función igual o parecida a la que tenía anteriormente.

La reutilización la podemos ejemplificar con la actividad de “quitar y poner” en el caso de la demolición de una construcción antigua, en la cual sus elementos tales como puertas, ventanas y rejas en buen estado después de ser desmontadas cuidadosamente, son instaladas en otra edificación, necesitándose solo de la limpieza de éstos para su ubicación en otro proyecto diferente al ocupado inicialmente.

Reciclable y reciclado: un material puede ser reciclable pero no necesariamente reciclado; así

mismo, un material puede ser, además de reciclable, reciclado. Esto quiere decir que un pliego de papel obtenido de la celulosa de la madera es reciclable, dado que una vez sea utilizado y desechado en la oficina o el colegio, podrá transformarse en materia prima para un nuevo ciclo, allí se convierte en un material reciclado, pues ha pasado por un proceso manual o industrial de reciclaje. Este nuevo producto es ya un material reciclado y también tendrá la posibilidad de ser reciclable. Una analogía similar se puede establecer con un agregado grueso para confeccionar concreto. Cuando éste proviene de la cantera, no es reciclado, pero sí tiene todas las posibilidades de ser reciclable. De tal manera que una vez los residuos provenientes de la demolición de una estructura de concreto, son valorados como agregados para una nueva mezcla, tendremos en nuestro proyecto un material que además de ser reciclado tiene la factibilidad de ser reciclable. En síntesis, el material reciclable es aquel que una vez cumple su vida útil, presenta un potencial de ser valorado como posible nueva materia prima a través del reciclaje. En tanto que un material reciclado es aquel que una vez clasificado como residuo o desecho, es valorado y transformado como materia prima para ser incluido en un nuevo ciclo de producción. (EPARD – UCM-2015)

Asfalto: La mayor parte de los residuos de asfalto proceden de proyectos de repavimentación. La mayor parte del pavimento reutilizado se procesa para formar una capa de base de carretera, pero hasta el 40% puede incluirse en nuevos pavimentos. El pavimento de asfalto se procesa solo o con el hormigón y otros escombros; se rompe la mezcla, se separan magnéticamente los metales férricos y se criba el material roto al tamaño deseado. Al material tamizado se le añaden otros escombros rotos y cribados, y se utiliza como capa de base de carreteras, o se mezcla con aglomerante asfáltico fresco, para fabricar material nuevo de pavimentación. (EPARD – UCM-2015)

Disposición final: Las escombreras son lugares destinados a la eliminación de los restos de

demolición no aprovechables y los escombros (materiales inertes). Es preferible utilizar aéreas naturales, aunque en este caso los aspectos de impacto ambiental -como la dirección del viento y la contaminación de aguas subterráneas- no son significativos, debido a las características inertes de los materiales. Es recomendable que el Estado y los gobiernos locales elaboren planes de zonificación para este tipo de función, de manera que se tenga claro cuales zonas son más aptas para ello y en cuales puntos sensibles no debe permitirse.

Los materiales que tienen como destino las escombreras son los desperdicios y escombros que, por exceso o por imposibilidad de ser reutilizados o reciclados, deben disponerse en esos sitios. Estos materiales no requieren una preparación específica, pero si su disposición temporal dentro de la obra mientras son trasladados a las escombreras.

En síntesis, las escombreras son los sitios destinados para la disposición final de los escombros, materiales y elementos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Se busca localizarlas principalmente en aéreas cuyo paisaje se encuentra degradado, tales como minas y canteras abandonadas. Se debe considerar siempre que, por los volúmenes que se van a disponer, se requieren aéreas extensas, de preferencia en depresiones naturales fuera de cursos de agua o quebradas. (EPARD – UCM-2015).

Metodología de Comparación de Costos de Ejecución de Obra: Se trata de una herramienta Gerencial en Proyectos de Construcción de obras civiles, la cual realiza el Análisis cualitativo, cuantitativo y financiero de cada una de las tareas a realizar en la construcción de una obra civil, estableciendo los costos reales en el mercado actual de cada uno de los insumos, Equipos a Utilizar, Mano de Obra, otros materiales o insumos requeridos de acuerdo con el tipo de Actividad, más los costos de Administración, dando como resultado el costo total para la ejecución de una actividad específica y su diferencia frente al precio contratado, estableciendo la utilidad real del proyecto.

En nuestro caso se tratará de la comparación de los costos de ejecución de actividades ejecutadas con materiales obtenidos de la explotación de canteras, versus los costos de ejecución de actividades ejecutadas con materiales y/o insumos de construcción reciclados.

2.2 MARCO TEÓRICO

La Metodología para realizar el análisis financiero que arroje el costo/ beneficio del proyecto utilizando material convencional contra material reciclado en vías, se realizará utilizando por un lado los costos ya establecidos en el presupuesto oficial del Contrato de Obra No. 009 de 2017 de Mosquera Cundinamarca, el cual contiene sus respectivos análisis de precios unitarios acompañados de sus especificaciones técnicas y por el otro los análisis de precios unitarios que se elaborarán dentro del desarrollo del presente estudio contemplando el método de reciclaje de pavimento asfáltico, asimismo, se determinará el análisis cualitativo, cuantitativo y financiero de cada una de las actividades a realizar dentro del presente ejercicio de comparación.

Lo anterior, enmarcado en el módulo de Gestión Económica Financiera en la Construcción, implementada dentro del Plan de Estudios de la Especialización de Gerencia de Obras, para lo cual se utilizará una matriz de costos elaborada en una hoja de cálculo de Excel.

2.3 MARCO JURÍDICO

A continuación, en la Tabla 8, se relaciona la normativa vigente colombiana que contiene los lineamientos y/o parámetros a implementar para el manejo de RCD en las construcciones.

<u>RESIDUOS SOLIDOS</u>	
Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Ministerio de Medio Ambiente- Julio de 1998	
Ley 55 de 1993	Por medio de la cual se aprueba el “Convenio número 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo”.
Ley 1252 de 2008	“Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.”
Ley 1259 de 2008	“Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones”
Decreto 1713 de 2002	“Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos”.
Decreto 1669 de 2002	“Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000”.

Decreto 1505 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 4126 de 2005	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000, modificado por el Decreto 2763 de 2001 y el Decreto 1669 de 2002, sobre la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
Decreto 620 de 2007	Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital.
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.

Resolución 6981 de 2011	“Por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en el Distrito Capital”
Resolución 1115 de 2012	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.
Resolución 6981 de 2011	“Por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en el Distrito Capital”.
Resolución 3841 del 5 de septiembre de 2011.	“Por el cual se modifica la resolución 3649 del 16 de septiembre de 2009, en relación con la especificación técnica para la aplicación del Grano de Caucho Reciclado (Gcr) en Mezclas Asfálticas en Caliente por Vía Húmeda. V1.0 y se adopta la Especificación Tecnica para la Aplicación del Grano de Caucho Reciclado (Gcr) en Mezclas Asfálticas en Caliente por Vía Húmeda V2.0”
Decreto Distrital 312 de 2006	Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital.
Decreto 442 de 2015	“Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones.”

Decreto 265 de 2016	“Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones”
Resolución 0472 del 2017	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones.
Guía para la elaboración del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra de 2015.	<p>La presente guía, en su tercera edición, pretende orientar a los profesionales que elaboran los planes de gestión de RCD para obras mayores a 1000m³ o 5000m², en cuanto a su estructura y aspectos mínimos a considerar en las diversas fases de ejecución de los proyectos constructivos.</p> <p>La guía para la elaboración del Plan de gestión de residuos de construcción y demolición, aplica para las obras constructivas que se desarrollan en el área urbana del Distrito Capital y que generen volúmenes de estos residuos mayores a 6 m³.</p>

Tabla 8 Normativa vigente colombiana

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

La obra a evaluar está localizada en el Departamento de Cundinamarca, específicamente en el municipio de Mosquera, ver Figura 3.



Figura 3 Mapa del Municipio de Mosquera, Cundinamarca (Colombia) – Fuente: [22]

Las vías en donde se localiza el proyecto específicamente se encuentran ubicadas en el barrio denominado el poblado en la dirección calle 9e entre carrera 15 y carrera 18 – tal y como se muestra en la figura 2.



Figura 4 Localización geográfica de la ubicación del proyecto en Mosquera Fuente: [23]

A continuación, relacionamos el registro fotográfico de la vía caso de estudio, a fin de realizar el análisis económico frente a su construcción convencional, contra el método de reciclado de pavimento asfáltico en caliente.



Figura 5 Vía Mosquera - Caso de Estudio Fuente: Propia



Figura 6 Vía Mosquera - Caso de Estudio Fuente: Propia









Figura 7 Vía Mosquera - Caso de Estudio Fuente: Propia



Figura 8 Vía Mosquera - Caso de Estudio Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los altos niveles de escombros generados a partir de las obras que se adelantan en el país a continuación relacionamos las empresas gestoras de residuos de construcción y demolición RCD su ubicación y tipo de material al que se le realiza el tratamiento.

Nombre de la empresa	Ubicación	Tipo de material al que le realiza tratamiento	Convención
<i>Ciclomat</i>	Cota – cundinamarca	Residuos pétreos	
<i>Sinesco</i>	Medellín – Antioquia	Residuos pétreos	
<i>Progea del valle s.a.s. e.s.p.</i>	Yumbo - valle del cauca	Residuos pétreos	
<i>Reciclados industriales</i>	Km 1.5 – costado sur vía Bogotá Siberia - cota, Cundinamarca	Residuos pétreos	
<i>C&d green investments</i>	Calle 71b no. 75 -70 Bogotá d.c.	Drywall	
<i>Maat soluciones ambientales</i>	Carrera 45 no 128-35 Bogotá d.c.	Rcd	
<i>Resescol s.a.s e.p.s</i>	Mosquera - Cundinamarca	Disposición final	
<i>Agregados y rellenos terrana s.as</i>	Mosquera - Cundinamarca	Disposición final	




<i>Manejo y gestion de residuos solidos e.s.p</i>	Soacha – cundinamarca	Disposición final	
<i>Agregados el vinculo ltda</i>	Soacha – cundinamarca	Disposición final	
<i>Cemex de colombia s.a</i>	Bogotá d.c.	Disposición final	

Tabla 9 Ubicación Plantas Tratamiento RCD

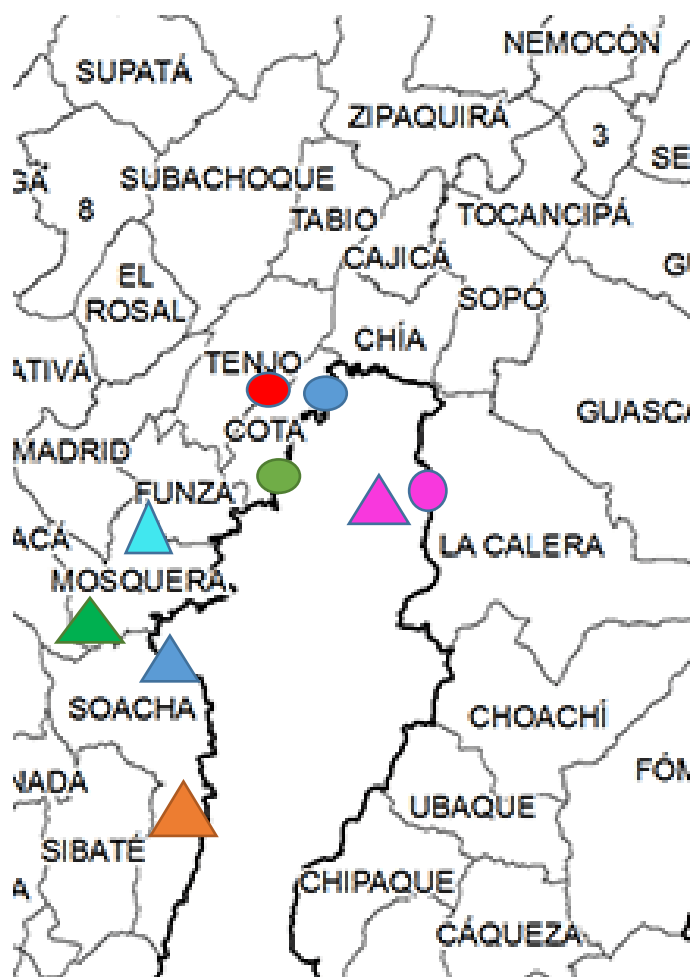


Figura 9 Ubicación Plantas de Tratamiento RCD

2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

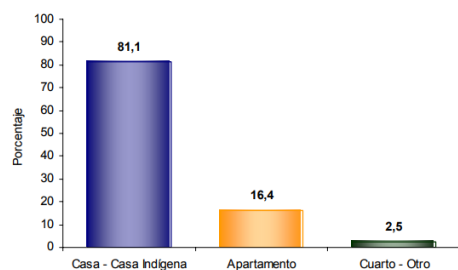
De acuerdo con el crecimiento demográfico del Municipio se puede establecer que este pasó de

ser un pequeño poblado de 700 habitantes a casi cien mil, actualmente. según el DANE tiene una tasa de crecimiento del 8.07%, deja ver su complejidad en cuanto a la optimización de vivienda, servicios públicos y todo lo que a infraestructura se refiere (vías), ya que la demanda de nuevos proyectos, principalmente de vivienda de interés social, que sigue aumentando.

Así mismo y de acuerdo con el último censo realizado en el país en el año 2005, presentamos los siguientes datos estadísticos del municipio en temáticas diversas.

1. Módulo de Viviendas

Tipo de vivienda



El 81,1% de las viviendas de Mosquera son casas.

Figura 10 Tipo de vivienda

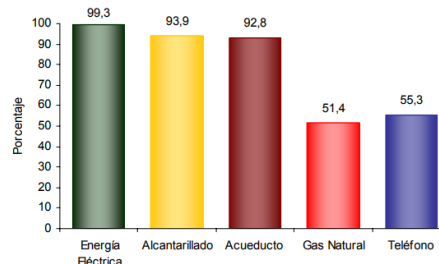
Hogares con actividad económica.



El 4,4% de los hogares de Mosquera tienen actividad económica en sus viviendas.

Figura 11 Hogares con actividad económica.

Servicios con que cuenta la vivienda

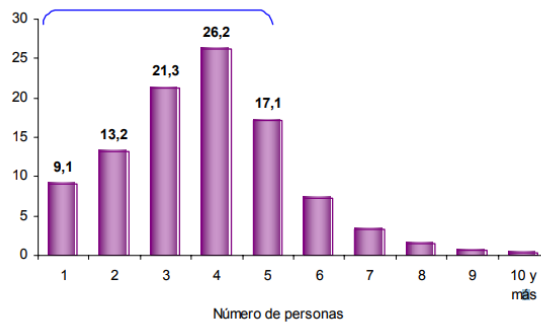


En Mosquera:

- El 99,3% de las viviendas tiene conexión a Energía Eléctrica.
- El 51,4 % tiene conexión a Gas Natural.

Figura 12 Servicios con que cuenta la vivienda

Hogares según número de personas

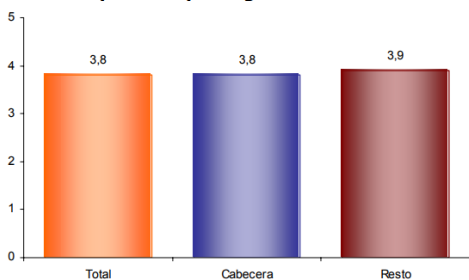


Aproximadamente el 69,8% de los hogares de Mosquera tiene 4 o menos personas.

Figura 13 Hogares según número de personas

2. Módulo de Hogares

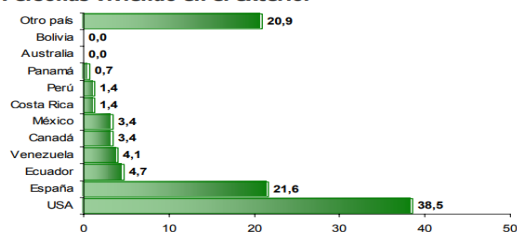
Número de personas por hogar



El número de personas por hogar en Mosquera es de 3,8.

Figura 14 Número de personas por hogar

Personas viviendo en el exterior



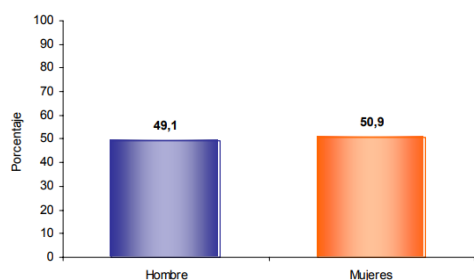
Se evidencia:

- Del total de hogares de Mosquera el 0,7% tiene experiencia emigratoria internacional.
- Del total de personas de estos hogares residentes de forma permanente en el exterior el 38,5% está en USA, el 21,6% en España y el 4,7% en Ecuador.

Figura 15 Personas viviendo en el exterior

3. Módulo de Personas

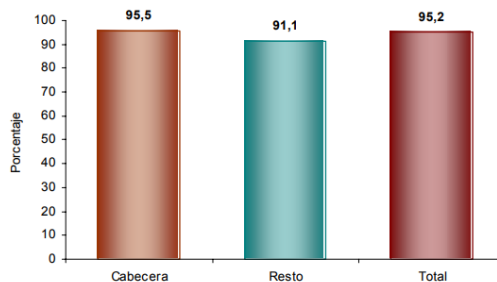
Población por sexo



Del total de la población de Mosquera el 49,1% son hombres y el 50,9% mujeres.

Figura 16 Población por sexo

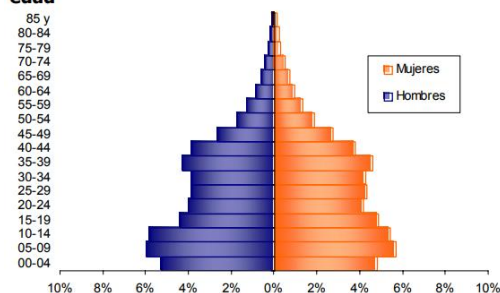
Tasa de alfabetismo de la población, cabecera resto



El 95,2% de la población de 5 años y más de Mosquera sabe leer y escribir.

Figura 17 Tasa de alfabetismo de la población, cabecera

Estructura de la población por sexo y grupos de edad

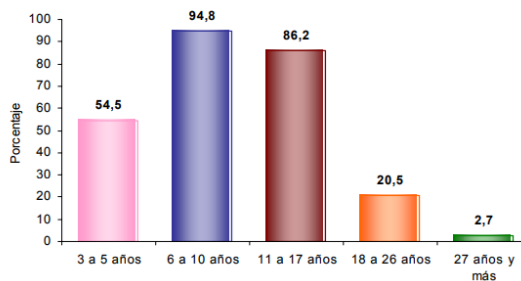


Se evidencia:

- Efecto de la migración por sexo y edad y sobre mortalidad masculina.

Figura 18 Estructura de la población por sexo y grupos de edad

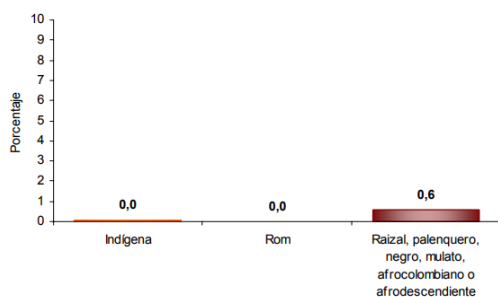
Asistencia escolar



El 54,5% de la población de 3 a 5 años asiste a un establecimiento educativo formal; el 94,8% de la población de 6 a 10 años y el 86,2% de la población de 11 a 17 años.

Figura 19 Asistencia escolar

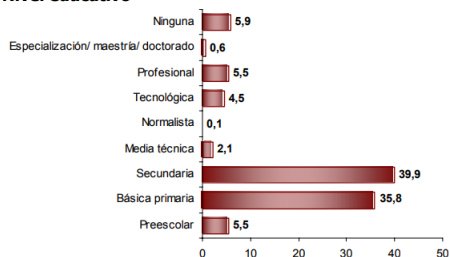
Pertenencia étnica



El 0,6% de la población residente en Mosquera se autorreconoce como Raizal, palenquero, negro, mulato, afrocolombiano o afrodescendiente.

Figura 20 Pertenencia étnica

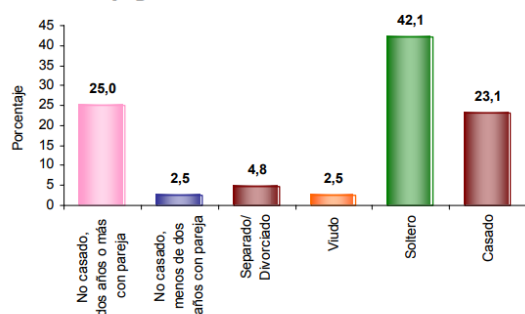
Nivel educativo



El 35,8% de la población residente en Mosquera, ha alcanzado el nivel básica primaria y el 39,9% secundaria; el 5,5% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,6% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 5,9%.

Figura 21 Nivel Educativo

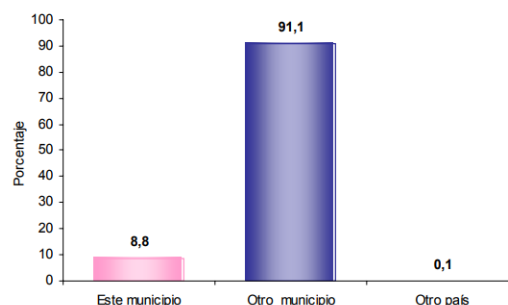
Estado conyugal



El 27,4% de las personas de 10 años y más de Mosquera viven en unión libre.

Figura 22 Estado conyugal

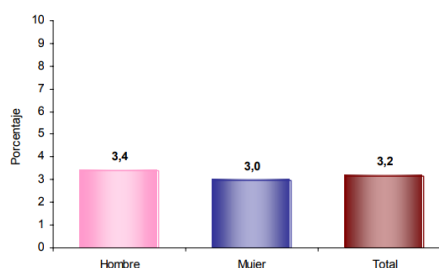
Distribución de la población según lugar de nacimiento



El 91,1% de la población de Mosquera nació en otro municipio.

Figura 23 Distribución de la población según lugar de nacimiento

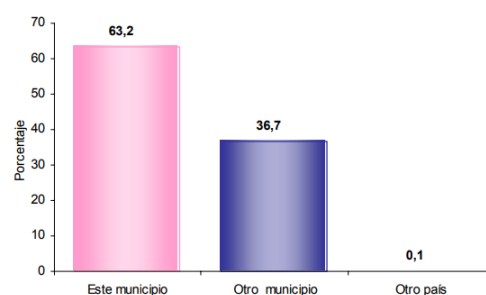
Prevalencia de limitaciones permanentes por sexo



El 3,2% de la población de Mosquera presenta alguna limitación permanente. El 3,4% en los hombres y el 3,0% en las mujeres.

Figura 24 Prevalencia de limitaciones permanentes por sexo

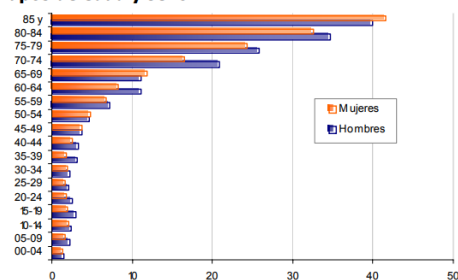
Residencia de 5 años antes (población de 5 años o más)



El 36,7% de la población mayor de 4 años residente actualmente en Mosquera procede de otro municipio y el 0,1% de otro país.

Figura 25 Residencia de 5 años antes (población de 5 años o más)

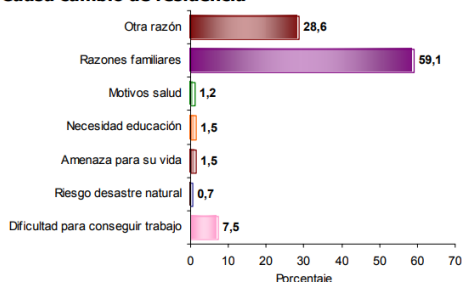
Prevalencia de limitaciones permanentes por grupos de edad y sexo



Las limitaciones permanentes aumentan con la edad. El 60% de la población en esta condición se presenta a partir de los 30 años.

Figura 26 Prevalencia de limitaciones permanentes por grupos de edad y sexo

Causa cambio de residencia

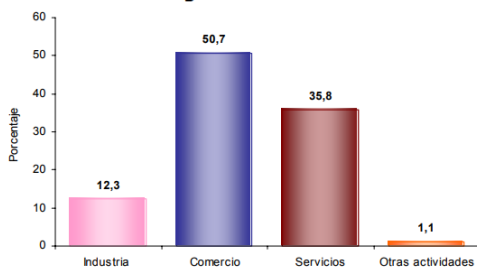


El 59,1% de la población de Mosquera que cambió de residencia en los últimos cinco años lo hizo por razones familiares. El 28,6% por otra razón; el 7,5% por dificultad para conseguir trabajo y el 1,5% por amenaza para su vida.

Figura 27 Causa cambio de residencia

4. Módulo de Económicas

Establecimientos según actividad

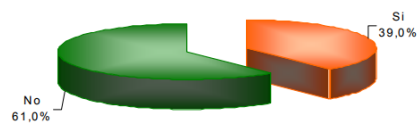


El 12,3% de los establecimientos se dedican a la industria; el 50,7% a comercio; el 35,8% a servicios y el 1,1% a otra actividad.

Figura 28 Establecimientos según actividad

5. Módulo de Agropecuarias

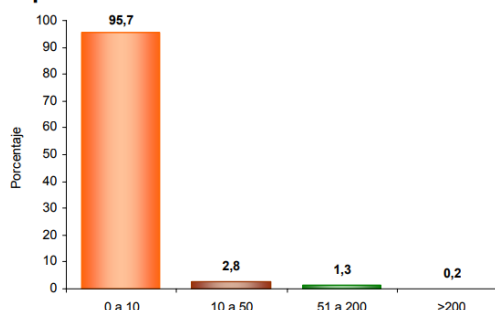
Unidades Censales con actividad agropecuaria asociada



El 39,0% de las viviendas rurales ocupadas, con personas presentes el día del censo, tenían actividad agropecuaria.

Figura 29 Unidades Censales con actividad agropecuaria asociada

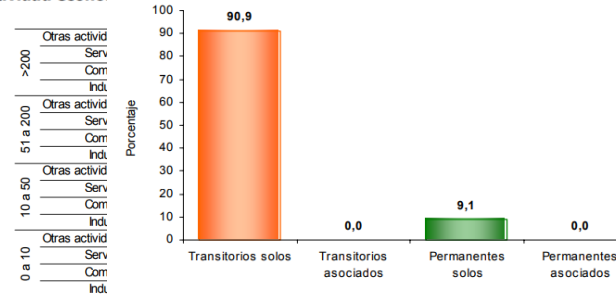
Establecimientos según escala de personas ocupadas el mes anterior al censo



El 95,7% de los establecimientos ocupó entre 1 y 10 empleos el mes anterior al censo.

Figura 30 Establecimientos según escala de personas ocupadas el mes anterior al censo

Establecimiento actividad econó. Tipos de cultivos en las unidades censales

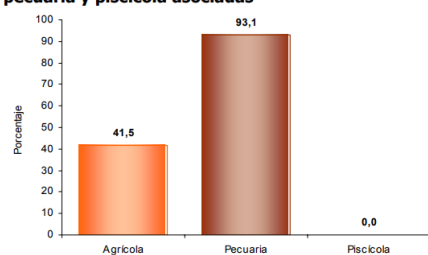


En los establecimientos con más de 200 empleos) el Comercio es la actividad principal y en el resto de establecimientos (con menos de 200 empleos) el Comercio es la actividad principal. Del total de cultivos asociados a la vivienda rural el 90,9% corresponde a transitorios solos, el 0,0% a transitorios asociados, el 9,1% a permanentes solos y el 0,0% a permanentes asociados.

Figura 31 Unidades censales con actividades agrícola, pecuaria y piscícola asociadas

Figura 32 Tipos de cultivos en las unidades censales

Unidades censales con actividades agrícola, pecuaria y piscícola asociadas



Porcentaje de viviendas rurales ocupadas, con personas presentes el día del censo, y que tenían actividad agropecuaria: Agrícola 41,5%, pecuaria 93,1%, piscícola 0,0%. La mayoría de las viviendas tiene simultáneamente 2 o 3 tipos de actividades.

Figura 33 Establecimientos según escala de personal por actividad económica [24]

El sector de estudio para el análisis de comparación, la necesidad de la intervención y la justificación de acuerdo con el plan de desarrollo municipal se describe en el siguiente aparte de los estudios previos del contrato 009 de 2017 “CONSTRUCCION, RECONSTRUCCION ADECUACION DE VIAS, ESPACIO PUBLICO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL SISTEMA VIAL – PLAN VIAL – DEL MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA”

“En el sector del transporte en cuanto a la adecuación, mantenimiento, reparación, rehabilitación y/o construcción de vías de transporte se trabajará para ofrecer una malla vial acorde a las necesidades del municipio, con el fin de brindar condiciones de transporte optimas y seguras a los habitantes, lo cual contribuirá al mejoramiento en la movilidad, desarrollo de actividades productivas, conectividad y calidad de vida de los habitantes del Municipio.

La movilidad de los ciudadanos es uno de los problemas más críticos de nuestro municipio, el incremento poblacional, el crecimiento industrial y las nuevas edificaciones han generado muchas dificultades a nivel de movilidad en el municipio, a través del presente programa se busca mejorar las condiciones de la infraestructura vial existente, permitiendo aumentar los indicadores de malla vial recuperada y construida”. [25].

2.6 ESTADO DEL ARTE

Para iniciar en el tema específico del reciclaje de pavimentos asfálticos, es necesario citar países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, España y Francia quienes tuvieron un desarrollo vial sobresaliente desde el año de 1950, los cuales ejercieron modelos de implementación de agregados pétreos, generando así la necesidad de llevar a cabo una técnica específica con material reciclado, inicialmente se adoptó como una alternativa de mantenimiento y luego, con estudios específicos, como materia prima de nuevos pavimentos. [1]

Se estima que el mayor incremento del reciclaje de las mezclas asfálticas en el continente europeo se dio en el año de 1989, motivado por el aumento desproporcionado en el concepto de desechos de botadero², y desde entonces la práctica del reciclaje de pavimentos asfálticos sigue siendo muy atractiva económicamente hablando. [26]

En países desarrollados, como Alemania y Bélgica, se han implementado prácticas de reutilización que han ido mejorando mediante la aplicación de los desarrollos tecnológicos y a través de los avances en el conocimiento de las propiedades y comportamiento de los materiales, sin embargo, se evidencia que España es el país que más métodos implementa con relación al porcentaje de material asfáltico reciclado en el desarrollo vial del país. [26]

La European Asphalt Pavement Association (EAPA), dentro de la cual se encuentra la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), recogió para el año 2009 las estadísticas del reciclado de material asfáltico las cuales se muestran en la Tabla 10 Tasas de reciclaje en diferentes países europeos [6]

² Botadero: Se denomina al lugar de disposición de escombros o fragmentos o restos de material que proviene del desecho de la construcción, remodelación o demolición de estructuras.

País	(t) Material asfáltico reciclable disponible	% Material asfáltico reciclable disponible usado en				% De la producción de las nuevas mezclas en caliente y templadas que contengan material reciclado
		Reciclado en caliente y reciclado semicaliente	Reciclado templado	Reciclado en frío	Capas granuladas	
Alemania	14.000.000	82			18	60
Austria	400.000	85		5	10	
Belgica	1.300.000	57				44
Dinamarca	307.000	55	0	0	45	46
Eslovenia	15.360	30	20	50		
España	1.850.000	52	9	15	24	9
Finlandia	500.000					
Francia	7.053.000	41				6,8
Grecia	-	0	0	0	0	0
Hungría	3.000	66	0		33	5
Islandia	30.000				25	6
Irlanda	100.000	30				1
Italia	12.000.000	20				
Noruega	720.000	11	0	10	63	9
Países Bajos	4.500.000	74				72
Polonia	1.100.000	5				0,2
Reino Unido	4.000.000					
Republica Checa	1.500.000	20	0	30	30	10
Rumania	13.000	60	10	15	3	12
Suecia	1.000.000	75	10	10	5	50
Suiza	1.200.000	50		50		17
Turquia	1.069.000	9			97	1

Tabla 10 Tasas de reciclaje en diferentes países europeos

3. METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

FASE 1: La investigación inicia con la recopilación de la información, relacionada a los insumos del contrato de obra utilizado como referente, es decir: los estudios previos, la minuta del

contrato y los anexos que recopilan toda aquella información técnica y financiera que detalla las actividades, cantidades y valores del área en referencia de estudio (análisis cualitativo, cuantitativo y financiero).

FASE 2: Análisis de la información recopilada encaminado a evaluar e identificar los parámetros comunes de comparación entre la técnica convencional (pavimento asfáltico) y la técnica del RAP.

FASE 3: Elaboración de los insumos requeridos para el análisis, se tomará como base la evaluación de los parámetros descritos en la fase dos (2), dichos insumos se componen del presupuesto, los análisis de precios unitarios y las especificaciones técnicas necesarias de todas las actividades.

FASE 4: Implementación de la matriz de costos comparativa de los datos recopilados (herramienta de Excel), elaborados y organizados a fin de generar datos concluyentes que nos permita bajo una comparación, definir si la optimización del sistema RAP, es viable desde el punto de vista costo/beneficio para casos específicos.

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

La matriz resulta de la comparación en los costos de los procesos constructivos, la cual fue elaborada teniendo en cuenta la información recopilada en las fases 1 y 2 y será tabulada en una hoja de Excel con los resultados financieros a fin de lograr identificar la mejor alternativa desde el punto de vista financiero.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

El área estudio se localiza en el Municipio de Mosquera específicamente en el barrio El Poblado en la calle 9 E entre carrera 15 y carrera 18, el Municipio de Mosquera tiene aproximadamente 30.000 habitantes, aunque en los últimos años ha llegado a los 45.000 limita con Fontibón, bosa y

el municipio de Soacha, con el Municipio de Bojaca, Municipio de Madrid y el municipio de Funza. Ver Figura 34.

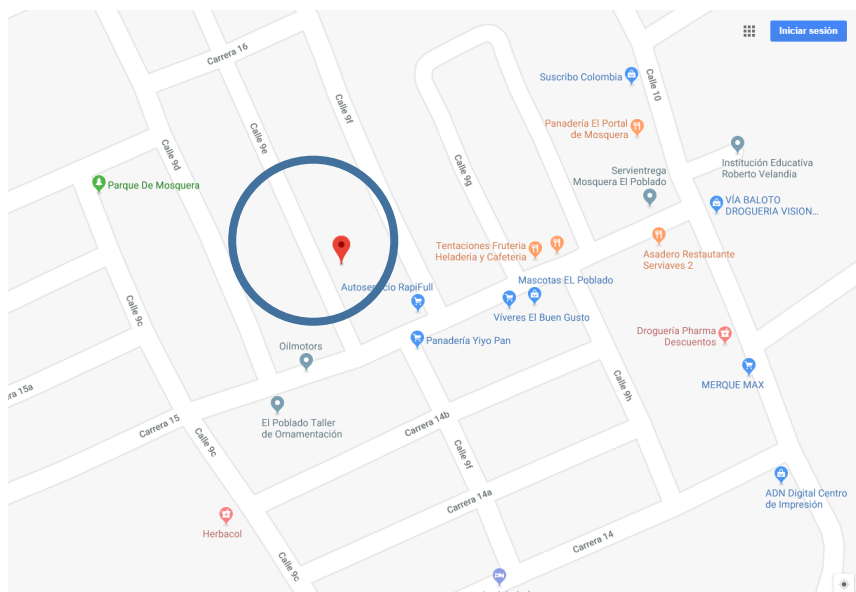


Figura 34 Zona objeto de Estudio

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Los factores que pueden afectar los resultados de esta investigación obedecen principalmente a la variación en los precios de los materiales reutilizables en el departamento de Cundinamarca, de igual forma, el costo adicional que se genere en transporte por ubicación de las plantas.

4. DESARROLLO DE LAS FASES

La recolección de datos refiere al proceso de reunir y recoger la información contractual que hace parte del caso estudio seleccionado, para lo cual, se consultó la plataforma del SECOPI I Y II.

Durante la etapa de selección del caso de estudio, se tuvo en cuenta que dentro del contrato elegido este contara con el proceso constructivo convencional para la construcción y el mejoramiento de la malla vial.

Así las cosas, se tomó como lugar de referencia el Municipio de Mosquera en Cundinamarca, específicamente el sector del poblado en Mosquera, lugar que presenta deterioro avanzado de la malla vial y requiere de atención prioritaria para el mejoramiento de esta, situación que afecta de manera directa la parte económica y social del Municipio.

Por lo anterior y teniendo en cuenta la problemática planteada, se buscaba a través de una herramienta financiera optimizar los recursos económicos del Municipio, que logren viabilizar la construcción y mejoramiento de la red vial a través de un proceso comparativo económico relacionado con dos procesos constructivos.

Mediante la comparación buscaba medir el impacto económico que genera la construcción, ya bien sea desde el proceso constructivo tradicional o bajo el método de reciclado en caliente in situ, para lo cual, se desarrolló una matriz de costos y beneficios que comprende el análisis desde los siguientes aspectos:

- ANÁLISIS DE COSTOS

Es el proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo una labor o proyecto, se determina la calidad y cantidad de recursos necesarios y analiza el costo del proyecto en términos de dinero. [27]

El análisis de costos ayuda a determinar el costo real del proyecto y su mantenimiento durante

la ejecución, así mismo, ayuda a identificar si es viable financieramente determinando los costos directos e indirectos para cada uno de los componentes del proyecto

- ANÁLISIS DE BENEFICIOS

Se considera para el análisis el cálculo de los beneficios económicos y sociales, tomando en cuenta la importancia de los interesados del proyecto y las bondades financieras y rentables que puede generar el modelo de negocio a partir del estudio de los procesos constructivos para el mejoramiento de la malla vial.

- ANÁLISIS DEL RETORNO

El método desarrollado para medir el impacto de la iniciativa es a través del cálculo del retorno de la inversión del proyecto, considerando como un máximo de duración de 10 años, teniendo en cuenta que el Municipio se beneficiara con la inversión realizada y retornara los recursos invertidos más una rentabilidad esperada durante el transcurso del tiempo.

Una inversión, desde el punto de vista financiero y gerencial, es la asignación de recursos económicos en el presente con el fin de obtener una rentabilidad a futuro, es decir que se requiere recuperar la inversión inicial y obtener un beneficio en el tiempo transcurrido que supere el monto inicial, logrando aumento en el patrimonio del inversionista.

Para tomar una decisión acertada frente el tipo de inversión a realizar se requiere conocer las determinantes de la oportunidad y la tasa de oportunidad del inversionista y/o sociedad, es decir, la tasa de interés máxima que se podría obtener a partir de los costos directos e indirectos que genera la oportunidad de negocio.

Teniendo en cuenta lo anterior, y de acuerdo con las lecciones aprendidas durante la especialización de Gerencia de Obras, se consideró importante utilizar los métodos que permiten comprobar los beneficios futuros que traería consigo la inversión en el presente.

De esta manera, dentro de los métodos para evaluar el valor del dinero en el tiempo, se contempló utilizar los siguientes:

- Valor Presente Neto (VPN)
- Tasa Interna De Retorno (TIR).

Por ello, fue preciso conocer los gastos y beneficios de las dos alternativas del caso de estudio como lo son: mano de obra, herramientas, equipos, transporte y materiales, los cuales fueron plasmados en la herramienta desarrollada, bien sea bajo el método constructivo convencional o el método de reciclaje en caliente in situ.

Esto resulta de diferenciar los efectos generados por un proyecto de acuerdo con el proceso constructivo seleccionado y con los objetivos que se pretenden alcanzar con su ejecución y puesta en marcha.

El Valor Presente Neto (VPN), es el método que permite transformar los costos de un proyecto a través del tiempo, teniendo en cuenta las tasas de interés financieras y se calcula bajo la siguiente fórmula para pagos o desembolsos:

$$\text{VPN} = \frac{\text{Valor Final}}{1 + \text{Interes N}^\circ \text{ de años}}$$

Figura 35 VPN Fuente: Propia

Fórmula para pagos uniformes:

$$\text{VPNA} = A \frac{(1 + \text{Interes})^{\text{Numero de años}} - 1}{\text{Interes} \times (1 + \text{Interes})^{\text{Numero de años}}}$$

Figura 367 VPNA Fuente: Propia

La ventaja que ofrece este método integrando de los ingresos y egresos del proyecto pueden ser convertidos a costos actuales a través del cálculo del interés, igualmente, permite realizar la

comparación entre varios proyectos bajo la premisa de los procesos constructivos del caso de estudio.

Asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR), es el método utilizado en el presupuesto para medir y comparar la rentabilidad de la inversión y nos indica la conveniencia de la inversión, cuando la tasa interna de retorno es más alta a la esperada, será más rentable el proyecto.

Para el desarrollo de la herramienta financiera, se ingresó la información que fundamenta conceptualmente los costos comparativos en los dos métodos constructivos, entendidos como herramientas, materiales, transporte y mano de obra, posteriormente, se realizó el análisis de resultados, en donde se describieron los objetivos, la forma de funcionamiento y los resultados provenientes del modelo.

Por otro lado, es pertinente resaltar que para la selección de las actividades a comparar en el presupuesto bajo el sistema constructivo reciclado en caliente y convencional, se elaboró una matriz donde se describe y clasifica cada una de las actividades a realizar; de igual forma, para la determinación del costo de cada una de las actividades se consultó a través de consultas reales de precios de mercado, consulta en diferentes bases de datos de entidades contratantes, como los son precios de IDU [28], INVIAS [29], y demás organismos de nivel nacional, esto para la elaboración de algunos análisis de precios unitarios.

Aunado a lo expuesto, es pertinente aclarar que algunas actividades del presupuesto tradicional se conservaron, debido a que estas no fueron modificadas.

La determinación del costo indirecto se conservó teniendo en cuenta que los trámites administrativos y de personal independiente del tipo de construcción son las mismas. Asimismo, para el porcentaje de la imprevisión se mantuvo las mismas condiciones del presupuesto tradicional.

5. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Teniendo en cuenta el tema abordado en la investigación, es importante resaltar que el reciclaje reduce la contaminación al medio ambiente utilizando una forma correcta para el manejo de los RCD, consistente en la reutilización del material proveniente de las demoliciones, específicamente pavimentos.

Asimismo, es de vital importancia conocer los procedimientos constructivos para la elaboración de los análisis de precios unitarios, por lo anterior a continuación se describen los procedimientos constructivos bajo el sistema tradicional y de reciclado en caliente in situ.

5.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CONVENCIONAL CON MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE PLANTA.

El procedimiento que se describe a continuación relaciona los lineamientos a tener en cuenta para la rehabilitación de una vía en pavimento flexible convencional, esto partiendo desde el caso de estudio, el cual se detalla así:

- **Demolición de capa de Rodadura Existente:** Consiste en fracturar las capas de pavimento existente mediante martillos neumáticos; luego se rompen las placas y se separan de las capas de base con máquina excavadora, una vez separadas se realiza el acopio, cargue y retiro en volqueta del material a botadero certificado.
- **Excavaciones:** Una vez retirada la capa de pavimento existente, se realiza la excavación con máquina para conformación de la caja para la estructura de la vía nueva, de acuerdo con el diseño específico y levantamientos topográficos, para cada zona.
- **Conformación de Subrasante:** Luego de realizadas las excavaciones hasta los niveles de fundación requeridos en los estudios y diseños, se realiza la inspección de la

subrasante y si se cumple con lo estipulado en los estudios de suelos se procede a compactar esta capa con vibro compactador de tambor, con el fin de mostrar posibles fallos en el terreno de fundación.

- **Mejoramiento de subrasante:** Cuando el tipo de terreno lo requiera y se calcule en los diseños de estructura de la vía, se realiza el mejoramiento de la subrasante, esto mediante la instalación de rajón o pedraplén, el cual le da una mayor capacidad de soporte al terreno de fundación, que soportara las capas de Sub-base y Base.
- **Capa de Sub-base:** Capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento, y son transmitidas a la cimentación (subrasante).

Para esta capa, se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, que serán colocados sobre la superficie de la subrasante.

Asimismo, para el proceso de conformación de la capa sub-base, se realiza el suministro de agregados granulares para su colocación en conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero Supervisor.

- **Capa de Base:** Es la capa del pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito en la capa de rodadura a la sub-base. El material a emplear deberá estar constituido por una combinación de grava de buena calidad, arena, y material de cantera, todos ellos previamente clasificados para ser colocados sobre la superficie de la sub-base.

De igual forma, para el proceso de conformación de la capa de base, se realiza el

suministro de agregados granulares, que se colocaran de conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero Supervisor.

El procedimiento de compactación de la capa base, se realiza por medio de compactadores mecánicos como: rodillos lisos, rodillos con ruedas neumáticas o con otro equipo aprobado para compactación que produzca los resultados exigidos.

Esta compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la vía y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior.

En el mismo sentido, el procedimiento continuará alternadamente hasta lograr una densidad que cumpla con la del Proctor modificado, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

- **Imprimante:** La función de la imprimación es proteger la superficie de la base una vez esta haya sido compactada, la cual consiste en el suministro y aplicación de un riego de material asfáltico, incluyendo la colocación del material secante, si se requiere, sobre dicha capa previamente preparada y aprobada.

Lo anterior, de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto en conformidad con los planos o según indique el Ingeniero Residente.

El riego de imprimación es una aplicación de emulsión asfáltica que cubre la capa de base, asimismo, ayuda a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial, protege la capa de base de la intemperie, impermeabiliza y endurece la superficie, cierra los espacios capilares, promueve la adherencia entre la superficie sobre la cual se coloca la capa asfáltica.

- **Mezcla Asfáltica:** Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más común la primera.

La fabricación de la mezcla asfáltica en caliente es un proceso industrial, realizado en plantas productoras de mezcla asfáltica.

Estas mezclas son un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos, en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica.

La planta de elaboración de la mezcla puede ser continua (prácticamente en desuso), de mezcla en el tambor o discontinua y debe disponer de los dispositivos adecuados para calentar y dosificar los agregados y el cemento asfáltico en caliente; las operaciones principales de una planta de asfalto son secado, cribado, proporcionado y mezclado.

El proceso principal de construcción de pavimento, consiste en extender la mezcla a lo largo de la vía y compactarla adecuadamente hasta lograr la densidad mínima especificada en las normas vigentes.

La mezcla se extiende con máquinas autopropulsadas diseñadas para colocarla con la sección transversal proyectada sobre la superficie en un ancho y un espesor determinados para proporcionarle una compactación inicial.

Sobre la superficie por pavimentar se debe colocar una guía longitudinal que sirva de referencia al operador de la máquina, para conservar el alineamiento.

La compactación de la mezcla asfáltica se realiza en tres fases, relacionadas así:

1. Compactación inicial: Es la primera pasada del compactador sobre la carpeta recién colocada; se usan compactadores vibratorios o estáticos.

Esta actividad se debe hacer sobre toda la carpeta.

2. Compactación intermedia: Para obtener la densidad requerida antes del enfriamiento de la mezcla; con esta compactación se logra la densidad y la impermeabilidad requeridas.
3. Compactación final: Para eliminar marcas sobre la superficie y alcanzar la suavidad final.

Generalmente, se usan los compactadores neumáticos y se realiza mientras la mezcla este todavía lo suficientemente caliente para permitir la eliminación de cualquier marca de la compactación. [30]

A continuación, se describe la estructura de una vía típica, ver Figura 37

ESTRUCTURA DE VIA

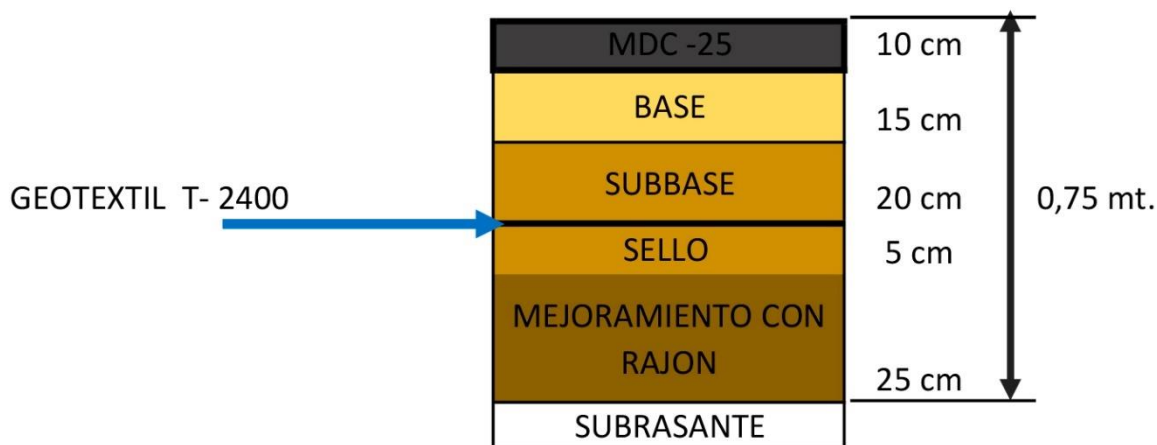


Figura 37 Estructura de una vía. Fuente: Propia

5.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTOS RECICLADOS.

De acuerdo con el proceso constructivo convencional descrito en el punto anterior, se aclara que los primeros siete (7) procedimientos descritos, son comunes a los dos procesos constructivos; así las cosas, el reciclaje de pavimentos en caliente —in situ, consiste en un procedimiento que se

ejecuta de acuerdo con los siguientes lineamientos:

- **Disgregación de los materiales del pavimento existente (Mediante el fresado del espesor recomendado por el diseño del tratamiento).**

Este espesor puede involucrar o no las capas de material granular que subyacen las capas asfálticas, o con contenido de bitumen, superiores.

La programación de este fresado inicial debe tener en cuenta el ancho efectivo de corte de la máquina y la capacidad del equipo en cuanto a profundidad de fresado. Las fresadoras poseen rotores que van desde los 0,35 m hasta los 4,20 m.

Después del fresado la maquina mediante una banda transporta el material a una volqueta con capacidad de (12m³), y se lleva a un patio de acopio para seleccionar el material.

- **Detección y extracción de sobre tamaños:** En algunos casos el espesor total fresado involucra capas de materiales granulares de construcción muy antigua que poseen granulometrías con tamaños superiores a 2”.

Este tipo de material, para el caso de interés en materiales de buenas especificaciones es inadecuado y debe retirarse para que no afecte las propiedades mecánicas del material reciclado resultante.

Podrá haber situaciones en las que no se requiera retirar las partículas de sobre tamaño porque sólo interesa obtener un material de condiciones netamente granulares, sin aprovechar la cantidad de ligante residual presente en la matriz disgregada.

- **Adición y mezclado de agente estabilizador.** Después de haber seleccionado el agente estabilizador más conveniente (de acuerdo al diseño), se procede a la adición del mismo según lo especificado en el diseño y se efectúa el mezclado hasta lograr una mezcla

homogénea, si es necesario se adiciona el agua para la pre- envuelta (algunos agentes necesitan el agua para su dilución y como vehículo para su reacción química). Este proceso se ejecuta al interior de la recicladora.

- **Extendido, nivelación y compactación:** Una vez obtenida la mezcla homogénea se procede a realizar el extendido, teniendo en cuenta que si las características del material reciclado son similares a la de una capa de rodadura se podrá llevar a cabo mediante la utilización de una finisher, de lo contrario el equipo a utilizar será una motoniveladora. En lo que respecta a la compactación, generalmente se ubica un rodillo vibro compactador adelante del compactador neumático, pues de esta manera se logra un mejor acabado en la nueva capa.

- **Curado:** Algunos de los agentes estabilizadores requieren de un curado especial, el cual puede lograrse con la apertura del tramo de vía al tráfico.

En general se estima que el tiempo de curado está dado por el contenido de humedad en el material reciclado, cuyo valor no debe ser inferior al 7.0%.

- **Colocación de la capa superficial nueva o cubrimiento del material reciclado:** Se realiza la extensión de una capa de rodadura que bien puede ser con base de mezcla asfáltica en caliente o un tratamiento superficial, según esté contemplado en el diseño.

[31]

5.3 CASO ESTUDIO

Para la vía objeto de estudio, se estimó instalar como rodadura un tratamiento superficial doble (TDS), compuesto por una primera capa de triturado tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " y una segunda capa de triturado tamaño máximo $\frac{3}{8}$ ", homogénea; si es necesario se adiciona el agua para la pre envuelta (algunos agentes necesitan el agua para su dilución y como vehículo para su reacción química),

este proceso se ejecuta al interior de la recicladora.

Antes de iniciar el reciclaje se debe identificar cual es el espesor de cada una de las capas del pavimento y su naturaleza, que tipo de sub rasante se tiene y qué tipo de fallo se ha producido.

Además de la identificación de los materiales existentes, es muy importante que se conozcan las condiciones de trabajo. Para ello se debe identificar con exactitud cuál es el tráfico que soporta la carretera en el momento presente y cuál es su evolución previsible (especialmente en lo que respecta a los vehículos pesados). No se debe olvidar que estos proyectos tienen un período de diseño de 5 a 10 años. El análisis de las deflexiones y las técnicas de cálculo inverso, nos aportan muchos datos para una mejor comprensión del comportamiento mecánico de las capas.

6. ANÁLISIS DE COSTOS OPERACIONALES.

Los costos operacionales son aquellos recursos que una empresa y/o una organización debe desembolsar en el desarrollo de las diferentes operaciones que genera un proyecto.

A continuación, citamos los más comunes:

- Pago por alquiler de equipos y herramientas.
- Pago de salarios operacionales (mano de obra, gastos administrativos).
- Gastos de transportes de materiales, personal, equipos.
- Gastos de ensayos de laboratorio.

Asimismo, en una empresa el control de costos es un tema del cual se habla mucho; sin embargo, el problema frente al análisis de costos no solo se debe efectuar en la inmediatez del riesgo, sino es una estrategia financiera que se debe implementar día a día a fin de conseguir beneficios permanentes y constantes; de esta manera, evitar oportunamente un desequilibrio financiero en el proyecto, dado que la manera más sencilla de aumentar las ganancias es reduciendo sus gastos.

Consecuentemente con lo expuesto, es fundamental que a la hora de considerar la rentabilidad de un determinado proyecto, la evaluación de los posibles gastos operantes debe ser fundamental; así las cosas, para comprobar si realmente existe una disminución en los costos de operación y ejecución de proyectos viales con la utilización de materiales provenientes del RCD y si estos procesos son viables financieramente, se determinó dentro de la investigación elaborar una herramienta formulada bajo indicadores financieros que permita establecer un análisis comparativo que establezca su conveniencia económica.

En este orden, y utilizando la herramienta como metodología para evaluar la conveniencia económica frente a la utilización de materiales obtenidos a través de mejores prácticas de tratamiento de los (RCD), clasificación, procesamiento, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final contra la utilización de materiales convencionales.

7. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

El presente instructivo detalla los pasos que el usuario debe implementar para así lograr un mejor desempeño en la utilización de la herramienta en Excel programada bajo el lenguaje VBA 5.0, que permitirá establecer la conveniencia económica de un proceso constructivo para el mejoramiento y construcción de vías urbanas desde procesos constructivos: convencional y reciclado en caliente.

La herramienta se compone de 17 botones de control y 65 hojas de cálculo, en las que el usuario complementa la información que se solicita, en cuanto a diseño de vía (Tipo de MDC, espesor, longitud), datos contractuales (nombre del contrato y demás), actualización de precios de insumos (equipos, materiales, personal etc), distancias a botaderos etc. A partir de dicha información, el usuario obtendrá un informe que resume los costos asociados a las posibles opciones de estructura de diseño de la vía, porcentaje de mezclas recicladas, los análisis financieros, TIR y VAN, matriz de costos, que permitirá al usuario analizar la opción financiera más favorable para la inversión de

su proyecto.

En los siguientes numerales, se explica detalladamente la conformación de dicha herramienta.

7.1 PORTADA

La hoja de portada ofrece una serie de enlaces que le permitirán al usuario conocer la información que se requiere alimentar para el óptimo diligenciamiento de la herramienta en Excel, lo que permitirá finalmente establecer la conveniencia económica, para el mejoramiento y construcción de vías urbanas, desde procesos constructivos: convencional y reciclado en caliente.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia
Vigilada Mineducación

RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA.

1. INSTRUCTIVO	6. MANO DE OBRA	11. COMPARATIVO/RESULTADOS
2. INFORMACION	7. TRANSPORTE	12. OCULTAR APU
3. DISEÑO	8. AIU	13. MATRIZ DE COSTOS
4. EQUIPOS	9. PRESUPUESTO CONVENCIONAL	14. TIR-VAN
5. MATERIALES	10. PRESUPUESTO RECICLADO	15. ANALISIS FINANCIERO
	17. MOSTRAR TODO	16. OCULTAR PRESUPUESTOS

Copyright © todos los derechos reservados, para el Grupo de tesis

► **PORTADA** | INFORMACION | DISEÑO | COMPARATIVO | MATRIZ DE COSTOS

Figura 38 Portada Fuente Propia.

7.2 INSTRUCTIVO

En la hoja de portada aparece el link No. 1 (Ver figura No. 2) Instructivo, el cual dará las pautas para el uso y diligenciamiento de cada uno de los componentes que conforman la herramienta y que requiere de su gestión por parte del usuario. Al darle clic el usuario debe de ir a la carpeta ESPECIALIZACION y abrir el archivo MANUAL DE INSTRUCCIONES DE HERRAMIENTA, el link abrirá un cuadro para determinar la ubicación del archivo en formato de extensión .PDF. (Ver figura No. 40).

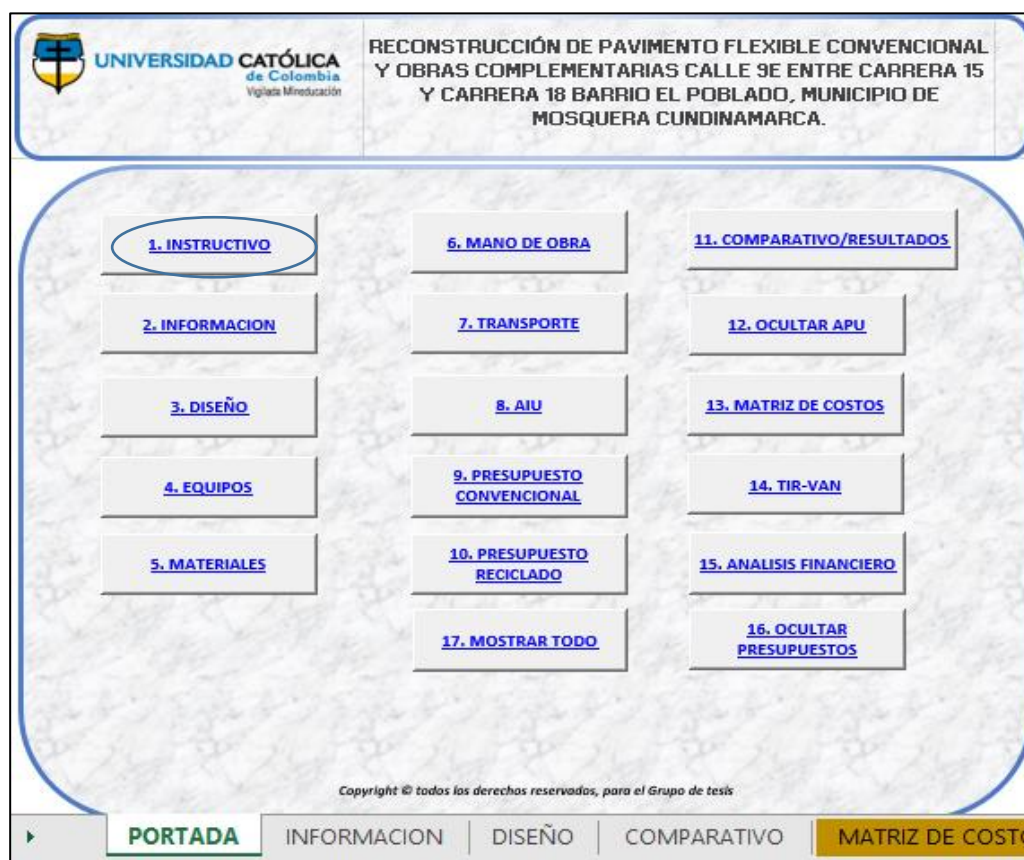


Figura 39 Instructivo Fuente propia.

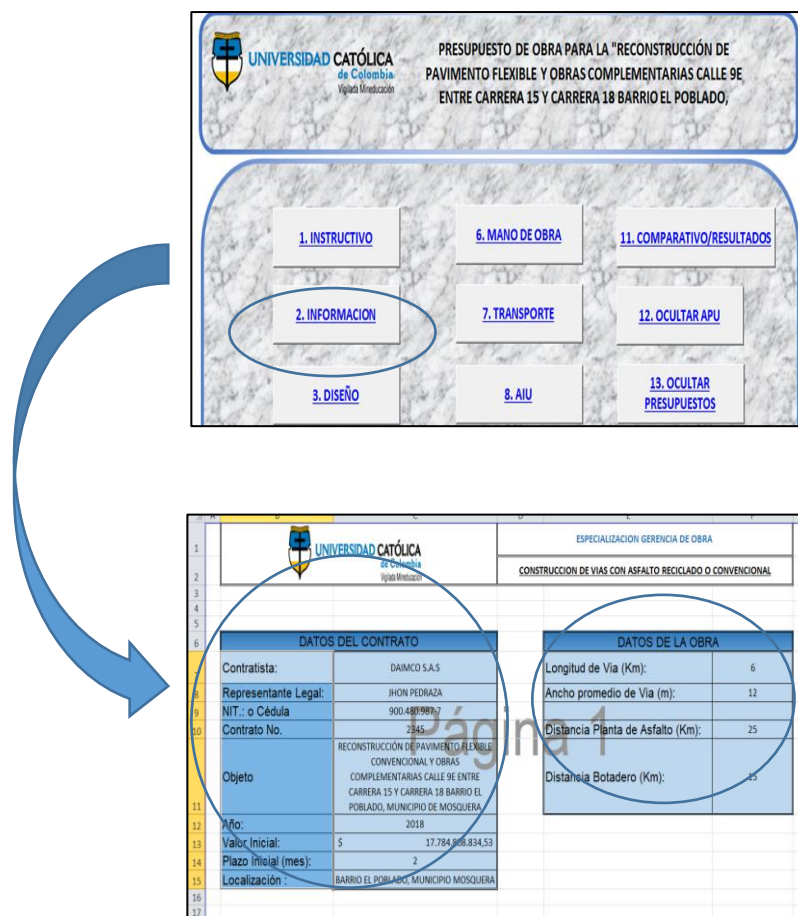


Figura 41 Información Fuente propia.

7.4 DISEÑO

En el link No. 3 (Diseño), el usuario tiene la opción de ingresar su estructura de diseño de la vía y la capa de rodadura a utilizar. (Ver Figura No. 41 y 42)

El usuario, podrá escoger el espesor de la rodadura asfáltica tildando la opción para desplegar las diferentes posibilidades de espesores. (Ver Figura No. 43)

En el cuadro de mezclas para diseño, el usuario tendrá la posibilidad de establecer las distintas combinaciones para el diseño de un pavimento reciclado. (Ver Figura No. 44)

Para un pavimento convencional, el usuario tendrá la posibilidad de establecer las diferentes mezclas convencionales para el cálculo de un presupuesto y sus respectivos APU. (Ver Figura No.

45 y 46).

Cuando el porcentaje de mezclas recicladas en una combinación estándar supera el 40%, la herramienta detendrá la introducción del dato en la celda y mostrara un cuadro de advertencia con el siguiente texto: “NO SE PUEDEN REALIZAR MEZCLAS RECICLADAS CON VALORES AL 40% SEGÚN NORMA INVIAS”; en este caso, el usuario debe insertar un valor menor al 40%. (Ver Figura No. 47).

El usuario puede modificar en la estructura del diseño, las medidas de la estructura de la vía. (Ver Figura No. 48).

Se recomienda al usuario diseñar estructuras de vía en un rango medio entre 0.90 y 1 m, ya que en un rango superior el usuario deberá tener en cuenta los datos de la estructura de la vía de un estudio de suelos certificados por un laboratorio.

Es necesario diseñar con los criterios vigentes para los pavimentos flexibles según norma INV-E-148-07 (CBR), INV-E-142-07 (Compactación Proctor modificado), INV-E-410-07 (Resistencia a la compactación) del INVIAS con el fin de confiar en un diseño óptimo y seguro por parte del usuario.



Figura 42 Diseño Fuente Propia.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA CONSTRUCCION DE VIAS CON ASFALTO RECICLADO O CONVENCIONAL	
CANTIDAD REQUERIDA PARA EL CALCULO DEL APU			
ESPEOR CAPA RODADURA (cm)	TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR	UNIDAD	CANTIDAD
6	MDC-25 (Convencional)	m ³	1
% ASFALTO RECICLADO DESEADO POR EL USUARIO			
MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) RECICLADA	MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) CONVENCIONAL
MDC-25 (Reciclado)	11%	MDC-25 (Convencional)	89.0%

Figura 43 Diseño Fuente: Propia

6			CAM
7			
8		ESPEOR CAPA RODADURA (cm)	TIPO DE
9		6	MDC
10	6		
11	6.5		
12	7		
13	7.5		
14	8		
15	8.5		
16	9		
17	9.5		

Figura 44 Espesor de la rodadura asfáltica. Fuente: Propia.

MEZCLA A UTILIZAR	
MDC-25 (Reciclado)	▼
MDC-10 (Reciclado)	
MDC-19 (Reciclado)	
MDC-25 (Reciclado)	

Figura 45 Combinaciones para el diseño para el diseño de un pavimento reciclado. Fuente Propia.

CLADO DESEADO POR EL USUARIO		
DA	MEZCLA A UTILIZAR	(M
	MDC-25 (Convencional)	▼
	MDC-10 (Convencional)	
	MDC-19 (Convencional)	
	MDC-25 (Convencional)	
UCTURA DE VIA		

Figura 46 Combinaciones para el diseño para el diseño de un pavimento convencional. Fuente Propia.

ESPEJOR CAPA	
RODADURA (cm)	TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR
6	MDC-25 (Convencional)
	MDC-10 (Convencional)
	MDC-19 (Convencional)
	MDC-25 (Convencional)
MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) RE EL USUARIO
MDC-25 (Reciclado)	11%

Figura 47 Combinaciones para el diseño para el diseño de un pavimento convencional. Fuente Propia.

MEZCLA RECICLADA	
NO SE PUEDEN REALIZAR MEZCLAS RECICLADAS CON VALORES MAYORES A 40% SEGÚN NORMA INVIAS	
Reintentar	Cancelar Ayuda

% ASFALTO RECICLADO DESEADO POR EL USUARIO			
MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) RECICLADA	MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) CONVENCIONAL
MDC-25 (Reciclado)	41%	MDC-25 (Convencional)	

ESTRUCTURA DE VIA	
	MEDIDA (cm)
MDC-25 (Reciclado)	2.46
MDC-25 (Convencional)	3.54
BASE GRANULAR (INVIAS)	15.00
SUB-BASE GRANULAR	

MEZCLA RECICLADA VALORES MENORES AL 40%

PORTADA | INFORMACION | **DISEÑO** | COMPARATIVO | MATRIZ DE COSTOS | TIR-VAN | ANALISIS

Figura 48% Permitido de reciclado Fuente Propia.

ESTRUCTURA DE VIA	
	MEDIDA (cm)
MDC-25 (Reciclado)	2.46
MDC-25 (Convencional)	3.54
BASE GRANULAR (INVIAS)	15.00
SUB-BASE GRANULAR (INVIAS)	20.00
GEOTEXTIL → SELLO	5.00
MEJORAMIENTO CON RAJON	25.00
SUBRASANTE	0.00

Figura 49 Estructura del diseño Fuente Propia.

7.5 INSUMOS (EQUIPOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TRANSPORTE).

En los links No. 4, 5, 6, 7, (Equipos, Materiales, Mano de Obra y Transporte), el usuario tendrá la opción de modificar las listas de insumos acorde a su proyecto base, esto en cuanto al precio de mercado de datos del proveedor y/o listas de referencias actualizadas. (Ver Figuras Nos. 49, 50,

51, 52 y 53).

Se ilustra los diferentes links, citados. (Ver figura No. 49).

En la hoja de cálculo de lista de equipos, el usuario tendrá la opción de modificar los precios y las referencias de las bases de datos de proveedores. Asimismo, el usuario podrá agregar celdas adicionales que puedan alimentar aún más la lista del insumo para crear nuevos APUs, esto de ser necesario. (Ver Figura No. 50).

En la hoja de cálculo de lista de mano de obra, el usuario tendrá la opción de modificar los precios y las referencias de las bases de datos de proveedores. Asimismo, el usuario podrá agregar celdas adicionales que puedan alimentar la lista del insumo para crear nuevos APUs, esto de ser necesario. (Ver Figura No. 51).

En la hoja de cálculo de lista de materiales, el usuario tendrá la opción de modificar los precios y las referencias de las bases de datos para la mano de obra actual. El usuario podrá también agregar celdas que puedan alimentar la lista del insumo para crear nuevos APUs. de ser necesario. (Ver Figura No. 52).

En la hoja de cálculo de lista de transporte, el usuario tendrá la opción de modificar las tarifas y las referencias de las bases de datos de proveedores. De igual forma, el usuario tendrá la opción de agregar celdas que puedan alimentar la lista del insumo para crear nuevos APUs, esto de ser necesario. (Ver Figura No. 53).

Para las columnas que indiquen la distancia a planta de asfalto y distancia a botadero o centro de acopio, están solo podrán modificarse en el link de Información al inicio de la Portada.


UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia
 Vigilada Mineducación

RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA.

[1. INSTRUCTIVO](#)

[6. MANO DE OBRA](#)

[11. COMPARATIVO/RESULTADOS](#)

[2. INFORMACION](#)

[7. TRANSPORTE](#)

[12. OCULTAR APU](#)

[3. DISEÑO](#)

[8. AIU](#)

[13. MATRIZ DE COSTOS](#)

[4. EQUIPOS](#)

[9. PRESUPUESTO CONVENCIONAL](#)

[14. TIR-VAN](#)

[5. MATERIALES](#)

[10. PRESUPUESTO RECICLADO](#)


[15. ANALISIS FINANCIERO](#)

[17. MOSTRAR TODO](#)

[16. OCULTAR PRESUPUESTOS](#)

PORTADA
INFORMACION
DISEÑO
COMPARATIVO
MATRIZ DE COSTOS
TIR-VAN

Figura 50 Link Insumos Fuente Propia.


UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia
 Vigilada Mineducación

LISTA DE EQUIPOS

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	REFERENCIA
1E	Estación de topografía	D	116.704,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
2E	Bobcat	H	120.000,00	POR DEFINIR
3E	Carrotanque de agua 10000 litros	H	63.102,41	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
4E	Compactador de Llantas	H	118.133,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
5E	Compresor	H	48.692,19	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
6E	Compresor Pintura	D	30.000,00	POR DEFINIR
7E	Herramienta Menor	D	1.250,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
8E	Irrigador de Asfalto	H	79.129,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018
9E	Motoniveladora 120 hp	H	120.000,00	POR DEFINIR
10E	Retroexcavadora 75 hp	H	120.000,00	POR DEFINIR

Figura 51 Celdas modificables lista de equipos. Fuente propia.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>					
MANO DE OBRA (INCLUYE FACTOR PRESTACIONAL)					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	REFERENCIA	
MO1	Maestro	Día	\$ 96.353	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO2	Oficial	Día	\$ 96.353	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO3	Ayudante	Día	\$ 48.177	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO4	Topografo	Día	\$ 144.530	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO5	Cadenero	Día	\$ 62.630	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO6	Inspector	Día	\$ 101.171	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO7	Paletero	Día	\$ 48.177	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
MO8	Celador	Día	\$ 48.177	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	

Figura 52 Celdas modificables lista de mano de obra. Fuente propia.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>					
LISTA DE MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	REFERENCIA	
1M	Agregado Petreo para Triturar (Crudo)	m ³	25.434,67	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
2M	Agua	lt	51,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
3M	Geotextil T-2400 o Similar	m ²	5.216,95	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
4M	Acero PDR-60	Kg	2.050,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
5M	Alambre Negro Para Amarre	Kg	3.904,14	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
6M	Arena lavada	m ³	39.496,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
7M	Cemento gris	Kg	537,67	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
8M	Concreto Resistencia 21 (Mpa)	m ³	424.641,80	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
9M	Formaleta	m ²	10.534,00	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
10M	Gravilla	m ³	54.524,24	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
11M	Cinta demarcación peligro no pase de 500 m	un	26.500,00	HOME CENTER	
12M	Listón 3 x 1,7 cm 2,5 metros cedro blanco	un	7.900,00	HOME CENTER	

Figura 53 Celdas modificables lista de materiales. Fuente propia.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>						
LISTA DE TRANSPORTES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	DISTANCIA	REFERENCIA	
T01	Recebo Común	m ² /Km	\$ 6.500	12	POR DEFINIR	
T02	Material Desmontado	m ² /Km	\$ 4.600	12	POR DEFINIR	
T03	Material Excavado	m ² /Km	\$ 5.000	12	POR DEFINIR	
T04	Transporte Afirmado	m ² /Km	\$ 8.000	50	POR DEFINIR	
T05	Transporte Sub-Base	m ² /Km	\$ 8.000	50	POR DEFINIR	
T06	transporte Base	m ² /Km	\$ 8.000	50	POR DEFINIR	
T07	Transporte de Materiales Varios	m ² /Km	\$ 8.000	12	POR DEFINIR	
T08	Transporte de equipos	m ² /Km	\$ 3.631	12	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
T09	Transporte de material de demolición	m ² /Km	\$ 881	12	INVIAS CUNDINAMARCA 2018	
	Distancias a Planta de Asfalto		50			
	Distancia a Botadero y Centro de Acopio		12			

Figura 54 Celdas modificables lista de transporte. Fuente propia.

7.6 A.I.U.

En el link No. 8 (A.I.U.), el usuario tendrá la opción de modificar a su criterio todos los datos indicados en las celdas marcadas de color azul en la hoja de cálculo, los cuales son inherentes al funcionamiento administrativo de cualquier tipo de obra pública y que son requeridos de manera desglosada, tales como: equipo de personal profesional, administrativo y técnico, porcentaje de dedicación, plazo, salario, costos varios generales, logísticos, servicios públicos, equipos, seguridad industrial, impuestos, pólizas y plan de manejo de tráfico, esto a fin de obtener el A.I.U. del presupuesto base a comparar y que una vez diligenciado se vincula directamente al presupuesto convencional, es decir en el Link No. 9 de presupuesto convencional.

Estos datos son de obligatorio cumplimiento, ya que son el complemento del presupuesto en sus costos directos y generan el valor global del proyecto a comparar, tal y como se ilustra en las figuras Nos. 54, 55, 56, 57, 58 y 59.

En la casilla de costo directo estimada en pesos, el valor se determina del presupuesto convencional, el cual, es el presupuesto base para el cálculo de los resultados de la matriz. Para la casilla de % del AIU, el usuario debe especificar un estimado a fin de que la matriz calcule el costo de los impuestos y pólizas. Ver figura No. 55.

Figura 55A.I.U. Fuente propia.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación					
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTO Y UTILIDAD					
Costo directo estimado de obra en pesos	\$	15.207.190.111	19465		SMLLV
Término estimado de ejecución obra en meses		2			
SMLLV	\$	781.242			
AIU Aproximado para cálculo de impuestos y bonifias		19%			
COSTOS DE PERSONAL					
Personal Profesional	Cantidad de personal	Dedicacion	Meses Requeridos de labores	Salario mensual	Valor Total
Director de Obra (Categoría 2)	1	50%	2	\$5.468.694,00	\$5.468.694,00
Residente de Obra (Categoría 2)	1	100%	2	\$3.906.210,00	\$7.812.420,00
Especialista en Pavimentos (Categoría 4)	1	25%	2	\$6.249.936,00	\$3.124.968,00
Especialista en Tránsito y Transportes (Categoría 4)	1	25%	2	\$6.249.936,00	\$3.124.968,00
Especialista Hidráulico (Categoría 4)	1	25%	2	\$6.249.936,00	\$3.124.968,00
Especialista SISOMA (Categoría 5)	1	100%	2	\$2.343.726,00	\$4.687.452,00
Residente Social (Categoría 6)	1	50%	2	\$2.343.726,00	\$2.343.726,00
COSTO TOTAL PERSONAL PROFESIONAL					\$29.687.196,00

Figura 56 Personal profesional. Fuente propia.

24	COSTO TOTAL PERSONAL PROFESIONAL					\$29.087.199,00
25						
26	Personal Administrativo	Cantidad de personal	Dedicacion	Meses Requeridos de labores	Salario mensual	Valor Total
27	Auxiliar Administrativo	1	100%	2	\$1.246.000,00	\$2.492.000,00
28	Secretaria	1	100%	2	\$843.000,00	\$1.686.000,00
29	COSTO TOTAL PERSONAL ADMINISTRATIVO					\$4.178.000,00
30						
31	Personal Técnico y Auxiliar Técnico	Cantidad de personal	Dedicacion	Meses Requeridos de labores	Salario mensual	Valor Total
32	Topógrafo Inspector	1	100%	2,00	\$1.874.000,00	\$3.748.000,00
33	Laboratorista Auxiliar	1	20%	2,00	\$1.164.000,00	\$485.600,00
34	Inspector	1	100%	2,00	\$1.365.000,00	\$2.730.000,00
35	Conductor	1	100%	2,00	\$1.164.000,00	\$2.328.000,00
36	Cadenero	1	100%	2,00	\$1.164.000,00	\$2.328.000,00
37	COSTO TOTAL PERSONAL TÉCNICO Y AUXILIAR TÉCNICO					\$11.599.600,00
38						

Figura 57 Personal administrativo y técnico. Fuente propia.

39	COSTOS VARIOS					
40						
41	Descripción	Cantidad	Unidad	Repetición	Valor Unitario	Valor Parcial
42	GASTOS GENERALES					\$ 72.003.792,00
43	LOGISTICA PREVIA					\$ 12.550.000,00
44	Valla informativa obra	1,0	GL	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
45	Dotación Campamento	1,0	GL	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
46	Almacén/Ctos/Baños/Casino	6,0	M2	1	\$ 500.000,00	\$ 3.000.000,00
47	Inst Hidráulicas Camp	1,0	GL	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
48	Construcción Campamento	1,0	M2	500	\$ 12.000,00	\$ 6.000.000,00
49	Instalaciones Elect Camp	1,0	GL	1	\$ 460.000,00	\$ 460.000,00
50	DER. INTAL. SER/PUBLICO					\$ 6.180.000,00
51	Instal. Provis/Ener	1,0	GL	1	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
52	Instal. Provis/Acued.	1,0	GL	1	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
53	Consumo Servicio Agua	1,0	MES	2	\$ 170.000,00	\$ 340.000,00
54	Consumo Servicio Energia	1,0	MES	2	\$ 620.000,00	\$ 1.240.000,00
55	Consumo Servicio Telefonico e Internet	1,0	MES	2	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00
56	Sistema Comunicación Celular	1,0	MES	2	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00
57	GASTOS VARIOS					\$ 25.887.000,00
58	Bombillos/Illuminación	1,0	GL	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
59	Madera	30,0	UN	1	\$ 30.000,00	\$ 900.000,00
60	Protección Polietileno	1,0	GL	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
61	Papelera/Implementos	1,0	MES	2	\$ 500.000,00	\$ 1.000.000,00
62	Copias Heliograficas Fotografico	1,0	GL	6	\$ 300.000,00	\$ 1.800.000,00
63	Caja Menor	1,0	MES	2	\$ 2.000.000,00	\$ 4.000.000,00
64	Celaduria 24h con arma	1,0	MES	2	\$ 1.500.000,00	\$ 3.000.000,00
65	Gastos Representación	1,0	GL	6	\$ 200.000,00	\$ 1.200.000,00

Figura 58 Gastos varios. Fuente propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H
49	Instalaciones Elect Camp	1,0	GL	1	\$	460.000,00	\$	460.000,00
50	DER. INTAL. SER/PUBLICO						\$	6.180.000,00
51	Instal. Provis/Ener	1,0	GL	1	\$	2.500.000,00	\$	2.500.000,00
52	Instal. Provis/Acued.	1,0	GL	1	\$	1.500.000,00	\$	1.500.000,00
53	Consumo Servicio Agua	1,0	MES	2	\$	170.000,00	\$	340.000,00
54	Consumo Servicio Energia	1,0	MES	2	\$	620.000,00	\$	1.240.000,00
55	Consumo Servicio Telefonico e Internet	1,0	MES	2	\$	150.000,00	\$	300.000,00
56	Sistema Comunicación Celular	1,0	MES	2	\$	150.000,00	\$	300.000,00
57	GASTOS VARIOS						\$	25.887.000,00
58	Bombillos/Iluminación	1,0	GL	1	\$	100.000,00	\$	100.000,00
59	Madera	30,0	UN	1	\$	30.000,00	\$	900.000,00
60	Protección Polietileno	1,0	GL	1	\$	500.000,00	\$	500.000,00
61	Papeleería Implementos	1,0	MES	2	\$	500.000,00	\$	1.000.000,00
62	Copias Heliograficas-Fotografico	1,0	GL	6	\$	300.000,00	\$	1.800.000,00
63	Caja Menor	1,0	MES	2	\$	2.000.000,00	\$	4.000.000,00
64	Celaduría 24h con arma	1,0	MES	2	\$	1.500.000,00	\$	3.000.000,00
65	Gastos Representación	1,0	GL	6	\$	200.000,00	\$	1.200.000,00
66	Pruebas Psicotecnicas/Poligrafo	1,0	UN	6	\$	400.000,00	\$	2.400.000,00
67	Herramientas	1,0	GL	6	\$	400.000,00	\$	2.400.000,00
68	Compra Software	1,0	GL	1	\$	6.900.000,00	\$	6.900.000,00
69	Gasolina	50,0	MES	2	\$	9.870,00	\$	987.000,00
70	CPM	40,0	MES	2	\$	8.750,00	\$	700.000,00
71	EQUIPOS						\$	21.444.292,00
72	Mantenimiento Equipo de Oficina	1,0	MES	2	\$	200.000,00	\$	400.000,00
73	Compra Radios	3,0	UN	1	\$	747.500,00	\$	2.242.500,00
74	Compra Computador	1,0	UN	2	\$	1.500.000,00	\$	3.000.000,00
75	Equipo Topografico	1,0	MES	2	\$	2.800.896,00	\$	5.601.792,00
	Laboratorio ensayos de calidad	1,0	MES	2	\$	500.000,00	\$	1.000.000,00
	INSTRUCTIVO							
	INFORMACION							
	ANSENO							
	COMPARATIVO							
	CONVENCIONAL							
	RECICLADO							
	EQUIPOS							
	MATERIALES							
	MANO DE OBRA							
	TRANSPORTE							
	LISTA							

Figura 59 Gastos varios Fuente propia

A	B	C	D	E	F	G	H
						Duración Proyecto	2
						Valor Total Aplicable al Proyecto	\$ 3.000.000,00
COSTOS DE IMPUESTOS							
Descripción	Tasa Impues	Valor					
Contribución Especial	5%	\$904.827.811,59	Artículo 6 ley 1106 de 2006				
Impuesto de Industria y Comercio	0,0069	\$0,00	Ley 14 de 1983				
Retención en la Fuente	1%	\$180.985.562,32	Decreto 2509 del 1985				
Publicación en Diario Oficial	3.937.000	\$3.937.000,00	Tarifa Imprenta Nacional de Colombia				
Gravamen a los Movimiento Financieros	0,004	\$0,00	Ley 1111 de 2006				
COSTO TOTAL DE IMPUESTOS		\$1.088.730.373,91					
COSTOS PÓLIZAS DE GARANTÍA							
Descripción	% Asegurado	Meses de Vigencia	Valor Base	Tasa de Aseguradora	Valor Póliza		
Cumplimiento	0,3	3,00	\$18.096.556.231,80	0,40%	\$72.386.225		
Salarios y prestaciones sociales	0,1	2,00	\$18.096.556.231,80	0,30%	\$54.289.668		
Todo Riesgo			\$18.096.556.231,80		\$0		
Estabilidad de la obra	0,3	62,00	\$18.096.556.231,80	0,40%	\$72.386.225		
Calidad de materiales y procesos const.	0,3	4,00	\$18.096.556.231,80	0,40%	\$72.386.225		
Calidad de los estudios y diseños	0,0	4,00	\$18.096.556.231,80	0,40%	\$72.386.225		
predios, labores y operaciones - vigencia	0,3	2,00	\$18.096.556.231,80	0,50%	\$157.812		
COSTO PÓLIZAS						\$343.992.381	
COSTO PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO							\$10.000.000

Figura 60 Gastos impuestos, pólizas y plan de manejo de tráfico. Fuente propia.

118			
119			
120	VALOR TOTAL ADMINISTRACIÓN DE OBRA	\$ 1.564.191.342,55	10,0%
121			
122			
123	VALOR TOTAL DE IMPREVISTOS	\$ 152.071.901,11	1,00%
124			
125			
126	VALOR TOTAL DE UTILIDAD	\$ 760.359.505,54	5,00%
127			
128			
129	VALOR TOTAL AIU DE OBRA	\$ 2.433.150.417,72	16,00%
130			
131			
132			

Figura 61 Resultado A.I.U. Fuente propia.

7.7 PRESUPUESTO CONVENCIONAL

En el link No. 9 (Presupuesto convencional), el usuario tendrá la opción de alimentar a su criterio técnico los datos correspondientes a su presupuesto base (convencional). (Ver figura No. 61).

Este presupuesto, es el que inicialmente el usuario definirá en cuanto a cantidades de obra y actividades a implementar; básicamente las celdas modificables en la hoja de cálculo son aquellas que presentan datos en color rojo, tal como se ilustra en la figura No. 62.

Asimismo, en este link, se presentan los capítulos generales del presupuesto convencional, como lo son: preliminares, excavaciones, infraestructura, instalaciones hidrosanitarias, andenes, vía y señalización.



Figura 62 Presupuesto convencional. Fuente propia.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA			
		CONTRATO:	2345 DE 2018		
		PLAZO:	2 MESES		
OBJETO: RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA.					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDA	VR. UNITARI	VR. TOTAL
1	PRELIMINARES				\$ 1,365,139,457.40
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO PERMANENTE, INCLUYE TOPOGRAFÍA DURANTE TODO EL PROYECTO.	M2	64000.00	\$ 3,625.26	\$ 232,016,534.83
1.2	SEÑALIZACIÓN PERMANENTE, INCLUYE CINTA PLÁSTICA DE DEMARCIÓN, DELINEADORES TUBULARES, CERRAMIENTO PERIMETRAL, ADECUACIÓN DE SENDEROS PEATONALES, PASOS PROVISIONALES, PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO Y DEMÁS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA SEGURIDAD DE LOS PEATONE	ML	16012.00	\$ 30,175.27	\$ 483,166,376.81
1.3	DEMOLICIÓN DE ANDENES, BORDILLOS Y CONCRETOS CON EQUIPOS NEUMÁTICOS	M2	19200.00	\$ 33,851.90	\$ 649,956,545.76

Figura 63 Presupuesto convencional. Fuente propia.

El presupuesto convencional está calculado con el diseño de mezcla convencional y la estructura de la vía determinada en la hoja de Diseño, especificado en el cuadro Tipo de Mezcla a Utilizar y espesor de Capa de Rodadura.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
32	ANDENES				\$ 3,238,975,743.01
5.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE SARDINEL PREFABRICADO REF A-10 TIPO TITAN, 50*20*80 INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA.	ML	16000.00	\$ 45,657.01	\$ 730,512,110.78
5.2	CONSTRUCCIÓN DE ANDEN EN CONCRETO DE 2,500 PSI, E = 0,10 M. INCLUYE ACABADO SUPERFICIAL, DILATACIÓN, BOCELADO, MATERIALES Y MANO DE OBRA.	M2	32000.00	\$ 78,389.49	\$ 2,508,463,632.23
35	VIA				\$ 2,103,818,254.75
6.1	IMPRIMACIÓN CON EQUIPO IRRIGADOR CRL - 1 O CRL - 0, INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA.	M2	48000.00	\$ 2,326.41	\$ 111,667,483.68
6.2 C	SUMINISTRO, EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE RODADURA ASFALTICA MDC-25 (Convencional) INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA. NORMA INVIAS 450.3 P	M3	2880.00	\$ 691,719.02	\$ 1,992,150,771.07
38	SEÑALIZACIÓN				\$ 618,202,178.78
7.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS O REGLAMENTARIAS EN LAMINA GALVANIZADA CAL 16 CON MATERIAL REFLECTIVO GRADO DE INGENIERIA TAMAÑO 75X75 CM Y POSTE DE 3 M. (INCLUYE TRANSPORTE, MANO DE OBRA Y MATERIALES)	UN	20.00	\$ 450,262.75	\$ 9,005,255.09
7.2	LÍNEAS DE BORDE Y CENTRAL DEMARCACIÓN CONTINUA PINTURA, Y RESINA TERMOPLASTICA, A = 0,12 M., E = 15 MILS. CON MICROESFERAS.	ML	16000.00	\$ 1,073.75	\$ 17,179,936.77
7.3	MARCAS VIALES CON PINTURA TERMOPLASTICA	M2	14400.00	\$ 34,806.77	\$ 501,217,495.95
7.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHA REFLECTIVA BIDIRECCIONAL. INCLUYE ENDURECEDOR Y RESINA PARA COLOCACIÓN, MATERIALES Y MANO DE OBRA.	UN	13334.33	\$ 6,809.45	\$ 90,799,490.97
COSTO DIRECTO					\$ 11,637,934,105.62
ADMINISTRACION					\$ 1,280,172,752
IMPREVISTO					\$ 116,379,341.06
UTILIDAD					\$ 581,896,705
IVA					\$ 110,560,374.00
COSTO TOTAL					\$ 13,726,943,277.58

Figura 64 Presupuesto Convencional Fuente propia.

7.2	LÍNEAS DE BORDE Y CENTRAL DEMARCACIÓN CONTINUA PINTURA, Y RESINA TERMOPLASTICA, A = 0,12 M., E = 15 MILS. CON MICROESFERAS.	ML	16000.00	\$ 1,073.75	\$ 17,179,936.77
7.3	MARCAS VIALES CON PINTURA TERMOPLASTICA	M2	14400.00	\$ 34,806.77	\$ 501,217,495.95
7.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHA REFLECTIVA BIDIRECCIONAL. INCLUYE ENDURECEDOR Y RESINA PARA COLOCACIÓN, MATERIALES Y MANO DE OBRA.	UN	13334.33	\$ 6,809.45	\$ 90,799,490.97
COSTO DIRECTO					\$ 11,637,934,105.62
ADMINISTRACION					\$ 1,280,172,752
IMPREVISTO					\$ 116,379,341.06
UTILIDAD					\$ 581,896,705
IVA					\$ 110,560,374.00
COSTO TOTAL					\$ 13,726,943,277.58
JHON PEDRAZA R.L DAIMCO S.A.S Nit ó Cedula: 900.480.987-7					

Figura 65 Presupuesto Convencional Fuente propia.

Las cantidades en texto rojo pueden ser modificables por el usuario, pero las de texto negro son calculadas basadas en los datos de información (Ancho y longitud de vía) y los datos diligenciados en la hoja de diseño definidas por el usuario. Ver figura 63.

7.8 PRESUPUESTO RECICLADO

En el link No. 10 (Presupuesto reciclado), el usuario tendrá la opción de alimentar a su criterio técnico los datos correspondientes a su presupuesto a comparar (reciclado). (Ver figura No. 63).

Este presupuesto, es el subsiguiente a diligenciar por parte del usuario y para el cual definirá igualmente las cantidades de obra y actividades a implementar; básicamente las celdas modificables en la hoja de cálculo son aquellas que presentan datos en color rojo, tal como se ilustra en la figura No. 64.

Asimismo, en este link, se presentan los capítulos generales del presupuesto convencional, como lo son: preliminares, excavaciones, infraestructura, instalaciones hidrosanitarias, andenes, vía y señalización.

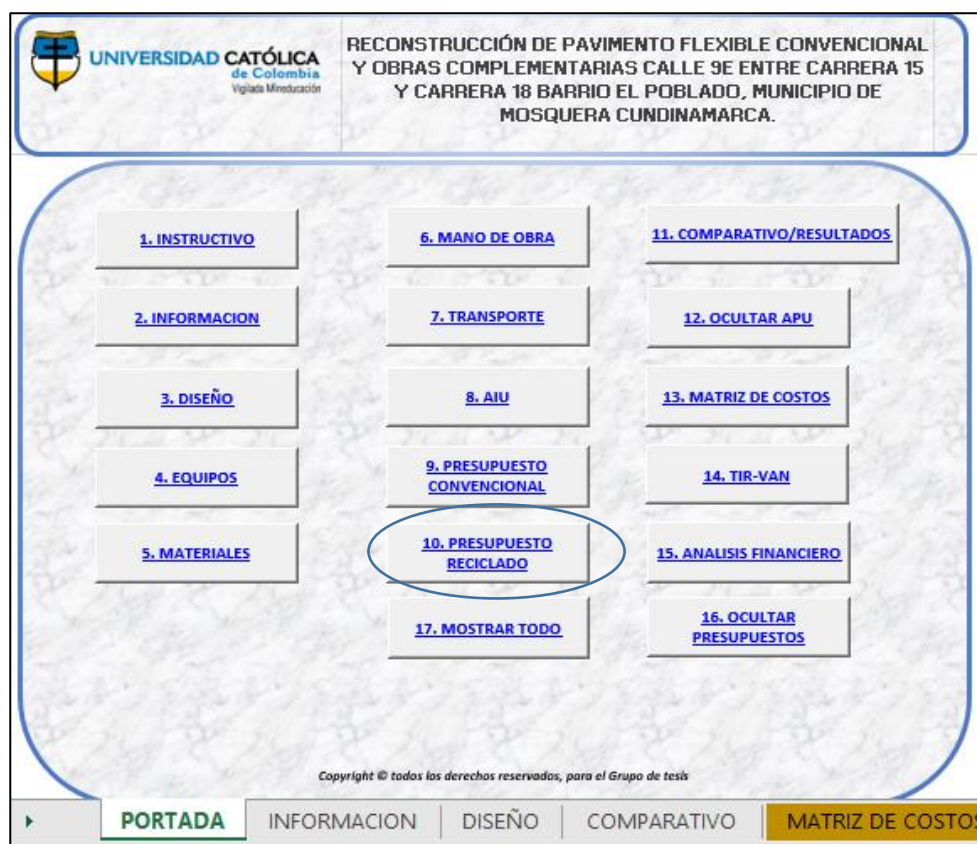


Figura 66 Presupuesto reciclado. Fuente propia.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1 PRELIMINARES \$ 1,365,139,457.40					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO PERMANENTE, INCLUYE TOPOGRAFÍA DURANTE TODO EL PROYECTO.	M2	64000.00	\$ 3,625.26	\$ 232,016,534.83
1.2	SEÑALIZACIÓN PERMANENTE, INCLUYE CINTA PLÁSTICA DE DEMARCACIÓN, DELINEADORES TUBULARES, CERRAMIENTO PERIMETRAL, ADECUACIÓN DE SENDEROS PEATONALES, PASOS PROVISIONALES, PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO Y DEMÁS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA SEGURIDAD DE LOS PEATONE	ML	16012.00	\$ 30,175.27	\$ 483,166,376.61
1.3	DEMOLICIÓN DE ANDENES, BORDILLOS Y CONCRETOS CON EQUIPOS NEUMÁTICOS (MARTILLO), INCLUYE CARGUE, RETIRO Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS.	M2	19200.00	\$ 33,851.90	\$ 649,956,545.76
2 EXCAVACIONES \$ 1,416,637,057.14					

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia
Vigilada Mineducación

ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA

CONTRATO: 2345 DE 2018
PLAZO: 2 MESES

OBJETO: RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA

MATRIZ DE COSTOS TIR-VAN ANALISIS FINANCIERO CONVENCIONAL **RECICLADO** EQUIPOS

Figura 67 Presupuesto reciclado Fuente propia.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
5 ANDENES \$ 3,238,975,743.01					
5.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE SARDINEL PREFABRICADO REF A-10 TIPO TITAN, 50*20*80 INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA.	ML	16000.00	\$ 45,657.01	\$ 730,512,110.78
5.2	CONSTRUCCIÓN DE ANDEN EN CONCRETO DE 2.500 PSI, E = 0,10 M. INCLUYE ACABADO SUPERFICIAL, DILATACIÓN, BOCELADO, MATERIALES Y MANO DE OBRA.	M2	32000.00	\$ 78,389.49	\$ 2,508,463,632.23
6 VIA \$ 1,193,031,235.10					
6.1	IMPRIMACIÓN CON EQUIPO IRRIGADOR CRL - 1 O CRL - O, INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA.	M2	48000.00	\$ 2,326.41	\$ 111,667,483.68
6.2 R	PAVIMENTO RECICLADO CON 40% DE MDC-25 (Reciclado) Y 60% DE MDC-25 (Convencional)	M3	2880.00	\$ 375,473.52	\$ 1,081,363,751.42
7 SENALIZACION \$ 618,202,178.78					
7.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS O REGLAMENTARIAS EN LAMINA GALVANIZADA CAL 16 CON MATERIAL REFLECTIVO GRADO DE INGENIERIA TAMAÑO 75X75 CM Y POSTE DE 3 M. (INCLUYE TRANSPORTE, MANO DE OBRA Y MATERIALES)	UN	20.00	\$ 450,262.75	\$ 9,005,255.09
7.2	LINEAS DE BORDE Y CENTRAL DEMARCACIÓN CONTINUA PINTURA, Y RESINA TERMOPLASTICA, A = 0,12 M., E = 15 MILS. CON MICROESFERAS.	ML	16000.00	\$ 1,073.75	\$ 17,179,936.77
7.3	MARCAS VIALES CON PINTURA TERMOPLASTICA	M2	14400.00	\$ 34,806.77	\$ 501,217,495.95
7.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHA REFLECTIVA BIDIRECCIONAL, INCLUYE ENDURECEDOR Y RESINA	UN	13334.33	\$ 6,809.45	\$ 90,799,490.97

MATRIZ DE COSTOS TIR-VAN ANALISIS FINANCIERO CONVENCIONAL **RECICLADO** EQUIPOS

Figura 68 Presupuesto Reciclado Fuente: Propia

El presupuesto Reciclado está calculado con el diseño de mezcla convencional y reciclado con su estructura de la vía, la cual, está determinada en la hoja de Diseño, especificado porcentaje % de ASFALTO RECICLADO DESEADO POR EL USUARIO.

Las cantidades en texto rojo pueden ser modificadas por el usuario, pero las de texto negro son calculadas basadas en los datos de información (Ancho y longitud de vía) y los datos diligenciados en la hoja de diseño definidas por el usuario.

7.9 COMPARATIVO/RESULTADOS

En el link No. 11 (Comparativo/Resultados), que es de solo lectura y análisis, se permite que el usuario revise los resultados tabulados en los links Nos. 2 y 3, los que a su vez se encuentran enrutados con los demás links de la herramienta (equipos, materiales, mano de obra, transporte, desglose de AIU, presupuesto convencional y presupuesto reciclado); de igual forma, el usuario encontrará los resultados en forma gráfica de la siguiente manera:

1. La primera tabla de esta hoja de cálculo denominada “Gráfica de Cálculo”, mostrará al usuario los resultados de la tabulación relacionada en el link No. 3 (diseño), con relación a los indicadores de mezcla utilizada y el porcentaje de material reciclado a implementarse en el ejercicio, asimismo, arrojará los resultados de costos con las tres proporciones de material reciclado, que fueron tomados como comparativos a la opción definida por el usuario.

Estos resultados arrojan los costos de manera global del proyecto a estudiarse de acuerdo a todas las opciones de mezclas y proporciones de pavimento reciclado tenidas en cuenta por el usuario. (Ver figura No. 65 y 66).

2. La gráfica subsiguiente denominada “Resultados”, arroja los resultados de acuerdo a

costos por medio de un diagrama de barras donde se identifica aquella opción que genera el menor costo, por ende, el más conveniente a utilizarse. (Ver figura No. 67).

3. Posterior a la gráfica de barras denominada “Resultados”, se muestra la tabla resumen de resultados, el cual arroja los costos de cada opción de manera porcentual acorde al tipo de mezcla utilizada y porcentaje a reciclar; en esta tabla se identifica la opción económicamente más viable desde el punto de vista operativo. (Ver figura No. 68).
4. Como resultado de la tabla resumen de costos, se presenta un gráfico de barras que permite analizar de manera porcentual el resultado más favorable y su comparativo con relación a las demás opciones analizadas. (Ver figura No. 69).

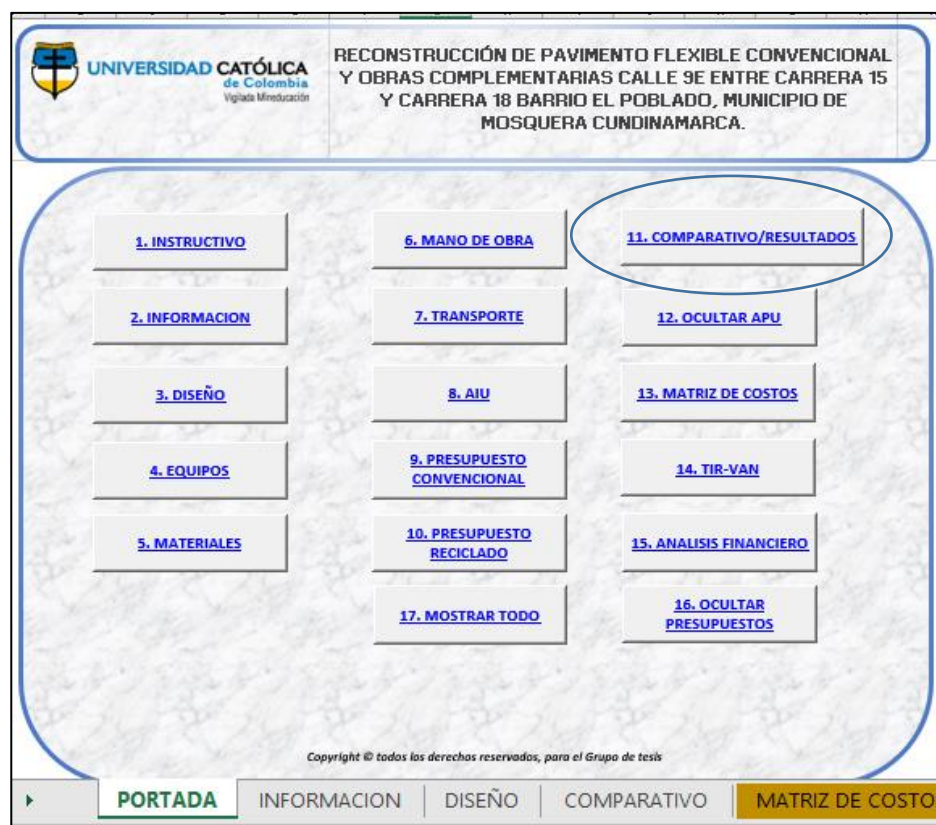


Figura 69 Comparativo/Resultados Fuente propia.

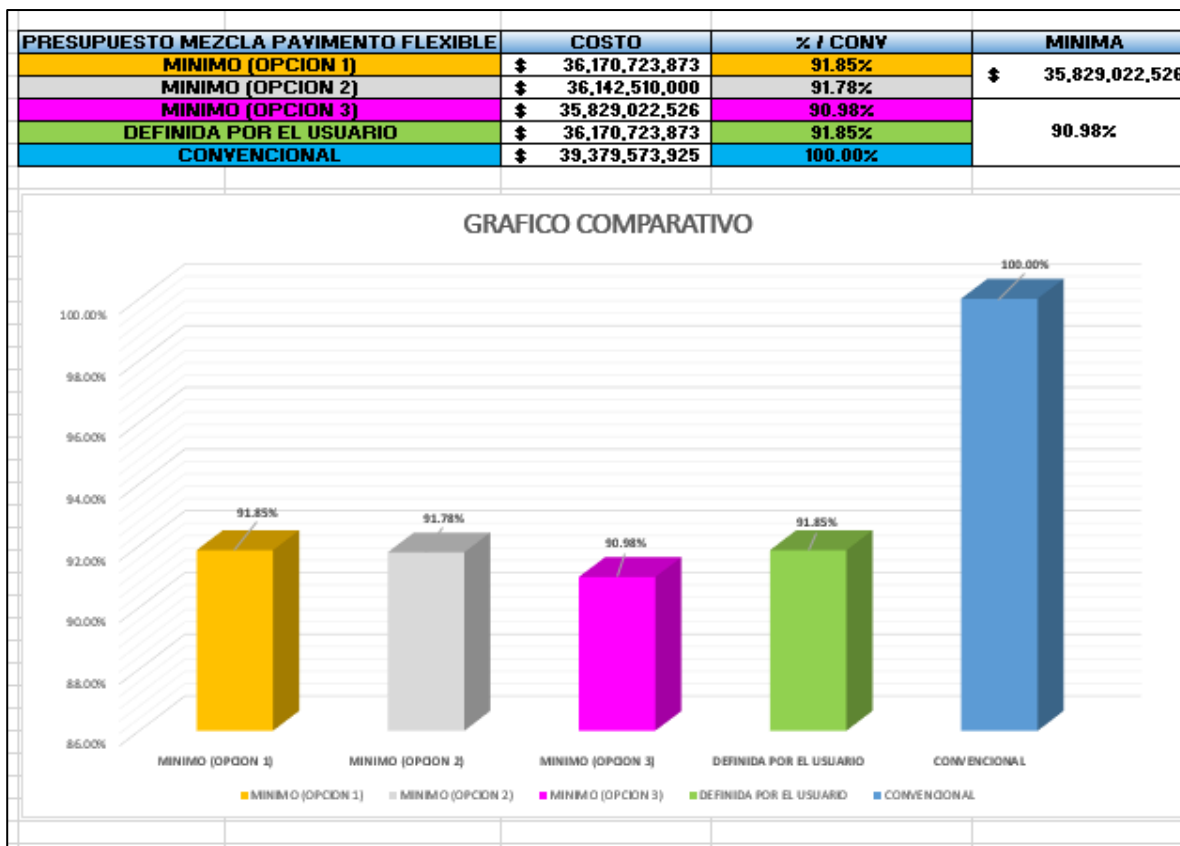


Figura 70 Grafica de cálculo. Fuente propia.

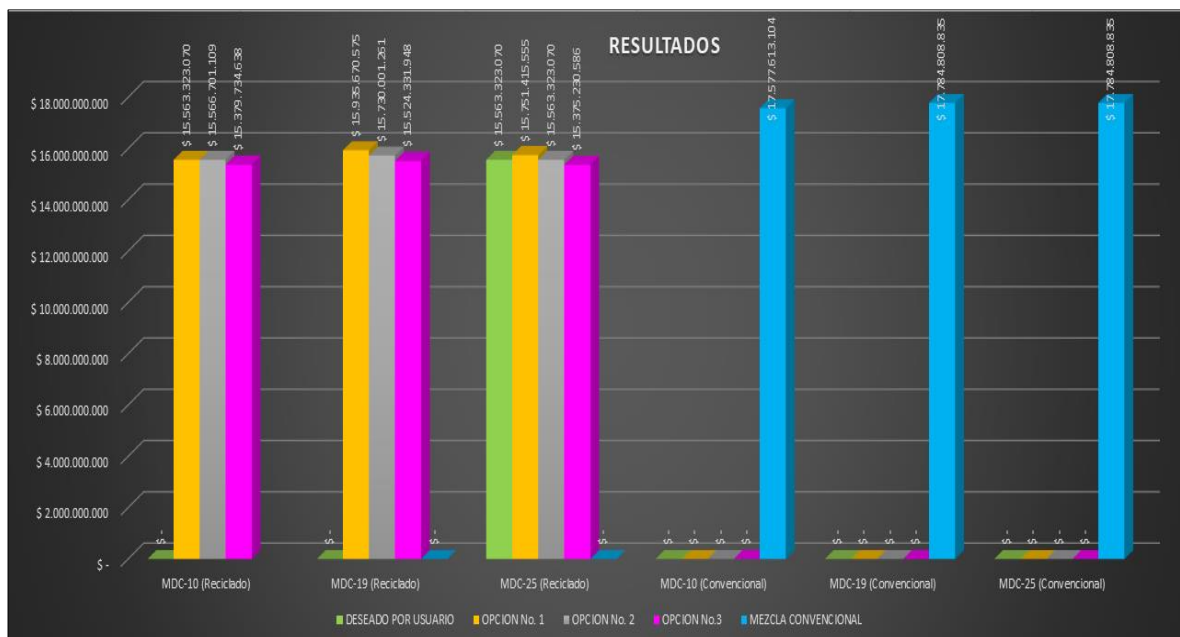


Figura 71 Grafica de resultados. Fuente propia.

GRAFICA DE RESULTADOS					
	DESEADO POR USUARIO 29%	OPCION No. 1 20%	OPCION No. 2 30%	OPCION No.3 40%	MEZCLA CONVENCIONAL 0%
INDICADORES					
MDC-10 (Reciclado)	\$ -	\$ 36,170,723,873	\$ 36,148,140,064	\$ 35,836,529,279	
MDC-19 (Reciclado)	\$ -	\$ 36,763,089,174	\$ 36,420,306,985	\$ 36,077,524,796	\$ -
MDC-25 (Reciclado)	\$ 36,170,723,873	\$ 36,455,997,474	\$ 36,142,510,000	\$ 35,829,022,526	\$ -
MDC-10 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,499,660,056
MDC-19 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,844,986,274
MDC-25 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,379,573,925

Figura 72 Grafica de resultados Fuente propia.

7.10 OCULTAR APU

En el link No. 12 (Ocultar APU), el usuario tiene la opción de ocultar todas las hojas de cálculo y/o el proceso de elaboración de los análisis de precios unitarios, los cuales fueron elaborados para la elaboración de los Links Nos. 9 y 10 (presupuesto convencional y reciclado). Se implementó esta opción a fin de generar una herramienta resumida y limpia visualmente para el lector.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia
Vigilada Mineducación

RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL
Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15
Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE
MOSQUERA CUNDINAMARCA.

1. INSTRUCTIVO	6. MANO DE OBRA	11. COMPARATIVO/RESULTADOS
2. INFORMACION	7. TRANSPORTE	12. OCULTAR APU
3. DISEÑO	8. AIU	13. MATRIZ DE COSTOS
4. EQUIPOS	9. PRESUPUESTO CONVENCIONAL	14. TIR-VAN
5. MATERIALES	10. PRESUPUESTO RECICLADO	15. ANALISIS FINANCIERO
	17. MOSTRAR TODO	16. OCULTAR PRESUPUESTOS

Copyright © todos los derechos reservados, para el Grupo de tesis

▶ **PORTADA** | INFORMACION | DISEÑO | COMPARATIVO | **MATRIZ DE COSTOS**

Figura 73 Ocultar APU. Fuente propia.

7.11 MATRIZ DE COSTOS

En el link No. 13 (Ver figura No. 74) Matriz de costos, el usuario tiene la opción de observar los costos globales de todos los insumos que se utilizaron (Equipo, material, transporte y mano de obra) para la elaboración de los APUs, y comprobar por medio de cuadros sombreados en color verde la opción de disminuirlos para la etapa de construcción y verificar si es viable al cotizarlos en el mercado. (Ver figura No. 75).

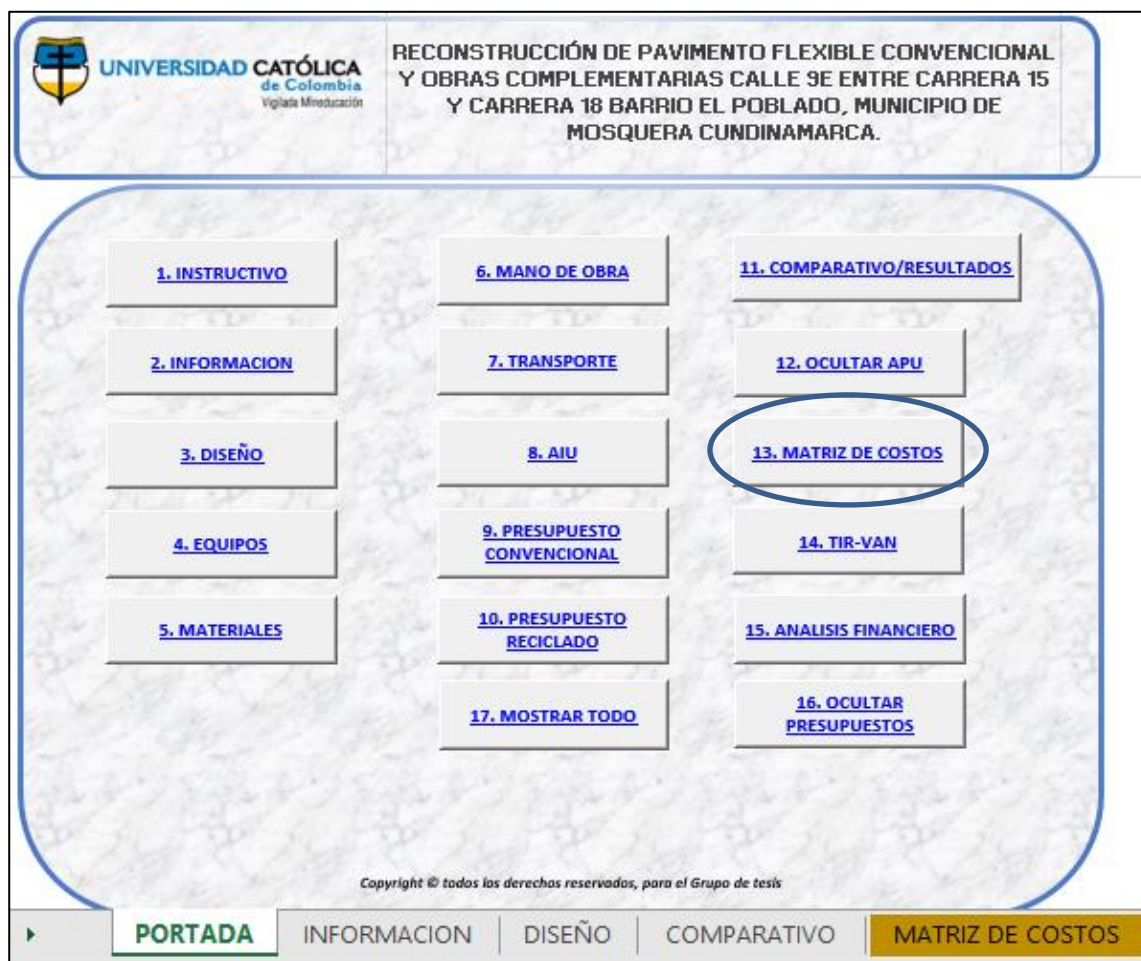



Figura 74 Matriz de costos Fuente propia.

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación											
ID	ITEM	DESCRIPCION	TOTAL MANO DE OBRA	V MO vs CD UNITARIO	VALOR OTROS	TOTAL OTROS	V OTROS vs CD UNITARIO	TOTAL UNITARIO	TOTAL COSTO	ANALISIS DE COSTOS	VR UNITARIO vs TOTAL UNITARIO
1.0	PRELIMINARES		617,981,585.47	1.8352%		68,246,109.77	0.2032%		\$ 2,753,722,860.04		
7.0	SEÑALIZACIÓN		342,118,057.66	1.0162%		30,580,750.16	0.0912%	\$ -	\$ 1,219,706,741.29		
7.1		SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS O REGLAMENTARIAS EN LAMINA GALVANIZADA CAL 16 CON MATERIAL REFLECTIVO GRADO DE INGENIERIA TAMAÑO 75X75 CM Y POSTE DE 3 M. (INCLUYE TRANSPORTE, MANO DE OBRA Y MATERIALES)	184,195.21	0.007%	\$ 9,005.26	180,105.10	0.007%	\$ 411,582.49	\$ 8,231,649.75	VIABLE	91.41%
7.2		LINEAS DE BORDE Y CENTRAL DEMARCACIÓN CONTINUA PINTURA, Y RESINA TERMOPLASTICA, A = 0.12 M., E = 15 MILS. CON MICROESFERAS.	2,599,529.12	0.008%	\$ 20.00	800,000.00	0.002%	\$ 1,093.77	\$ 43,750,641.92	PERDIDA	101.88%
7.3		MARCAS VIALES CON PINTURA TERMOPLASTICA	306,000,000.00	0.303%	\$ 696.14	25,060,874.80	0.074%	\$ 26,318.69	\$ 947,472,680.20	VIABLE	75.61%
7.4		SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHA REFLECTIVA BIDIRECCIONAL, INCLUYE ENDURECEDOR Y RESINA PARA COLOCACIÓN, MATERIALES Y MANO DE OBRA.	33,334,333.33	0.093%	\$ 136.19	4,539,770.27	0.013%	\$ 6,607.35	\$ 220,251,769.43	VIABLE	97.03%
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$ 1,746,594,824.16			\$ 1,278,521,708.42		C. DIRECTO \$ 23,844,784,418.12			
ADMINISTRACION								ADMINISTRACION	2,384,478,441.81		
IMPREVISTO								IMPREVISTO	238,447,844.18		
UTILIDAD								UTILIDAD	1,192,239,220.91		
IVA								IVA	228,525,451.97		
COSTO TOTAL								C. TOTAL	27,886,475,376.99		

Figura 75 Información Matriz de costos. Fuente: Propia

7.12 TIR-VAN

En el link No. 14 (Ver figura No. 76) TIR-VAN, el usuario tiene la opción de poder analizar la información del cálculo del flujo de caja (Ingresos-Gastos=Neto) el descuento de la tasa de interés de acuerdo con la inversión inicial para todas las combinaciones de presupuestos convencional y reciclado. En las casillas de color verde el usuario debe de introducir el flujo de caja de acuerdo a los presupuestos presentados en la pestaña de la Matriz de costos (Valor licitación y/o contrato) y la del valor del presupuesto para construir en obra de lo contrario la matriz de costos en Excel no mostrara los análisis de la TIR y la VAN. (Ver figura No. 77).



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilante Mineducación

**RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL
Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15
Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE
MOSQUERA CUNDINAMARCA.**

[1. INSTRUCTIVO](#)

[6. MANO DE OBRA](#)

[11. COMPARATIVO/RESULTADOS](#)

[2. INFORMACION](#)

[7. TRANSPORTE](#)

[12. OCULTAR APU](#)

[3. DISEÑO](#)

[8. AIU](#)

[13. MATRIZ DE COSTOS](#)

[4. EQUIPOS](#)

[9. PRESUPUESTO CONVENCIONAL](#)

[14. TIR-VAN](#)

[5. MATERIALES](#)

[10. PRESUPUESTO RECICLADO](#)

[15. ANALISIS FINANCIERO](#)

[17. MOSTRAR TODO](#)

[16. OCULTAR PRESUPUESTOS](#)

Copyright © todos los derechos reservados, para el Grupo de tesis

▶ PORTADA
INFORMACION
DISEÑO
COMPARATIVO
MATRIZ DE COSTOS

Figura 76 Información Matriz de costos. Fuente: Propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	VOLVER A PORTADA												
4													
5	MDC-25 (Convencional)												
6	Flujo de Caja del Proyecto												
7	FLUJOS DE CAJA DE ACUERDO A PROGRAMACIÓN												
8	MESES	0	4	8	12	16	20	24	25	26	27	28	
9	ETAPAS	Duración proyecto										Liquidación	
10	INGRESOS			\$ 5,906,936,088.71	\$ 5,906,936,088.71	\$ 7,875,914,784.94	\$ 7,875,914,784.94	\$ 7,875,914,784.94				\$ 3,937,957,392.47	39,379,573,924.70
11	EGRESOS		\$ - 2,091,485,653.27	\$ - 3,485,809,422.12	\$ - 5,577,295,075.40	\$ - 6,971,618,844.25	\$ - 5,577,295,075.40	\$ - 4,182,971,306.55					\$ - 27,886,475,376.99
12	Flujo Flujo Neto	0	\$ - 2,091,485,653.27	\$ 2,421,126,666.58	\$ 329,641,013.31	\$ 904,295,940.69	\$ 2,298,619,709.54	\$ 3,692,943,478.39	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,937,957,392.47	
13	INDICADORES FINANCIEROS SIN FINANCIAMIENTO												
14	Valor Actual Neto VAN	5,994,976,360											
15	Tasa De descuento del Proyecto	10.00%											
16	Tasa Interna de Retorno TIR	77.61%											
17													
18													
19													
20													
													Serie "MDC-25 (Reciclado)" Punto "CONVENCIONAL" Valor: 60.00% (60%)
													TRAN: ...

Figura 77 Calculo de TIR y VAN. Fuente: Propia

7.13 ANÁLISIS FINANCIERO

En el link No. 15 (Ver figura No. 78) Análisis Financiero, el usuario tiene la opción de poder analizar la información de todas las combinaciones de presupuestos (convencional y reciclado) y de acuerdo con los costos y a la inversión inicial poder realizar un análisis que lo lleve a encontrar la condición más correcta y económica para el cálculo del diseño de una vía con pavimento flexible, mostrado en una hoja como un informe ejecutivo. Ver figuras No.79, 80, 81y 82.

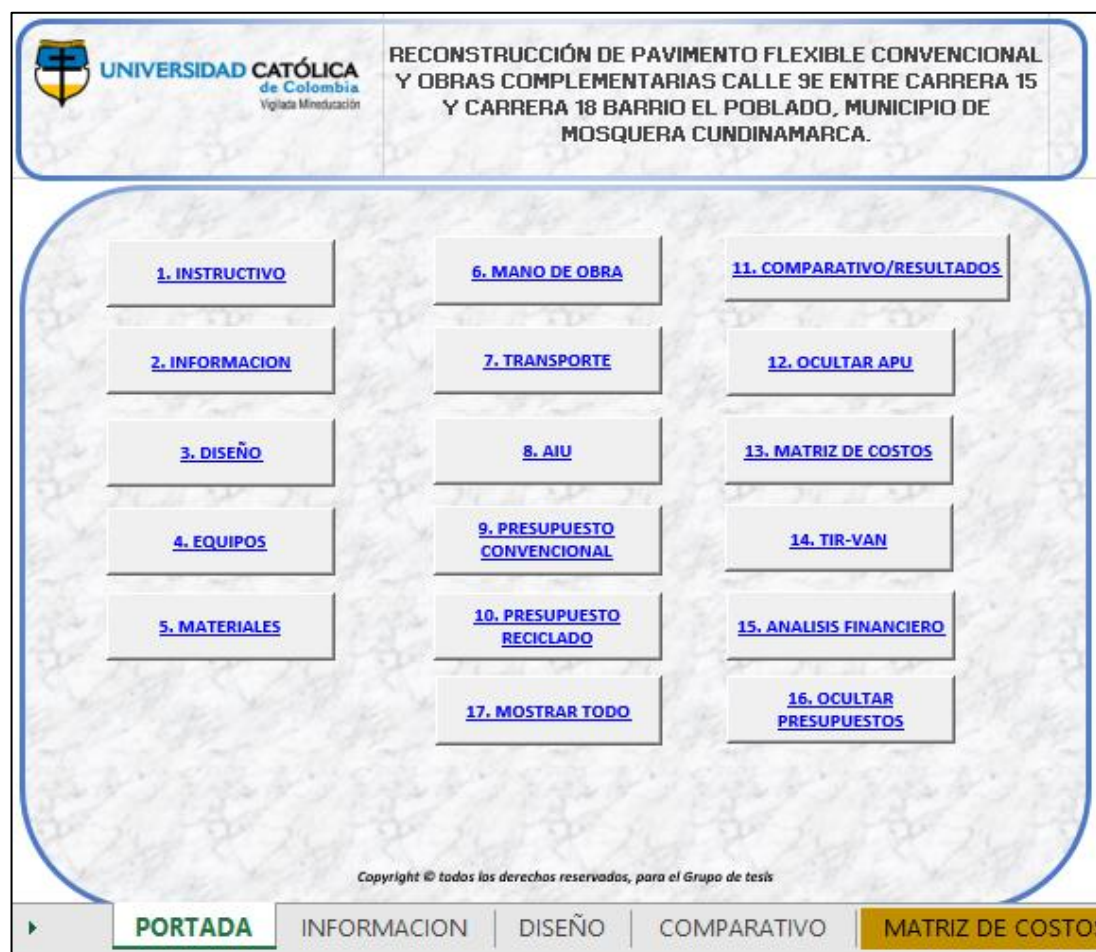


Figura 78 Análisis Financiero. Fuente: Propia

2. PRESUPUESTO				
No.	CAPITULO	VALOR	INCIDENCIA (%)	COMENTARIOS
1	PRELIMINARES	\$ 3,412,305,488.69	10.13%	
2	EXCAVACIONES	\$ 4,556,557,368.59	13.53%	
3	INFRAESTRUCTURA	\$ 9,049,172,812.99	26.87%	
4	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	\$ 105,011,639.49	0.31%	
5	ANDENES	\$ 8,097,439,357.53	24.05%	
6	VIA	\$ 6,919,671,279.42	20.55%	
7	SEÑALIZACIÓN	\$ 1,531,987,350.14	4.55%	
	COSTO DIRECTO	\$ 33,672,145,296.84	100.00%	

3. COMPARATIVO						
MEZCLAS ASFALTICAS	DESEADO POR USUARIO	OPCION No. 1	OPCION No. 2	OPCION No.3	MEZCLA CONVENCIONAL	MINIMOS
INDICADORES	29%	20%	30%	40%	0%	
MDC-10 (Reciclado)	\$ -	\$ 36,170,723,873	\$ 36,148,140,064	\$ 35,836,529,279	\$ -	\$ 35,836,529,279
MDC-19 (Reciclado)	\$ -	\$ 36,763,089,174	\$ 36,420,306,985	\$ 36,077,524,796	\$ -	\$ 36,077,524,796
MDC-25 (Reciclado)	\$ 36,170,723,873	\$ 36,455,997,474	\$ 36,142,510,000	\$ 35,829,022,526	\$ -	\$ 35,829,022,526
MDC-10 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,499,660,056	\$ 39,499,660,056
MDC-19 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,844,986,274	\$ 39,844,986,274
MDC-25 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 39,379,573,925	\$ 39,379,573,925

Figura 79 Análisis Financiero. Fuente: Propia

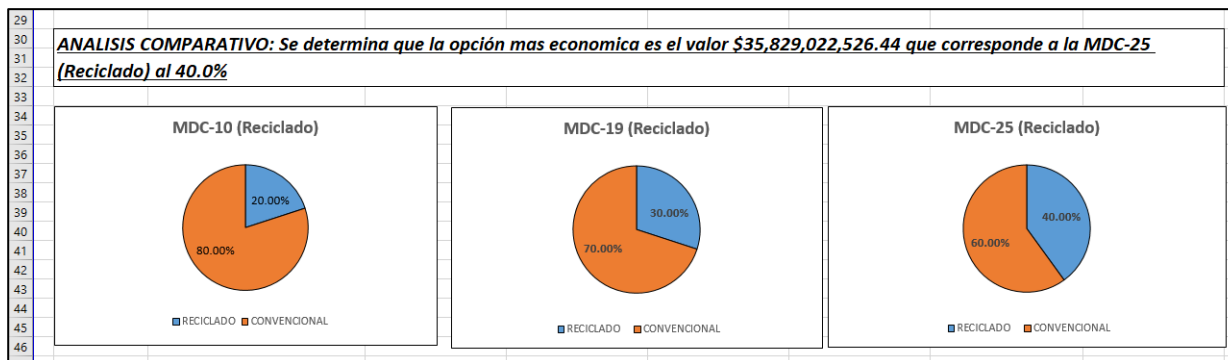


Figura 80 Análisis Financiero. Fuente: Propia

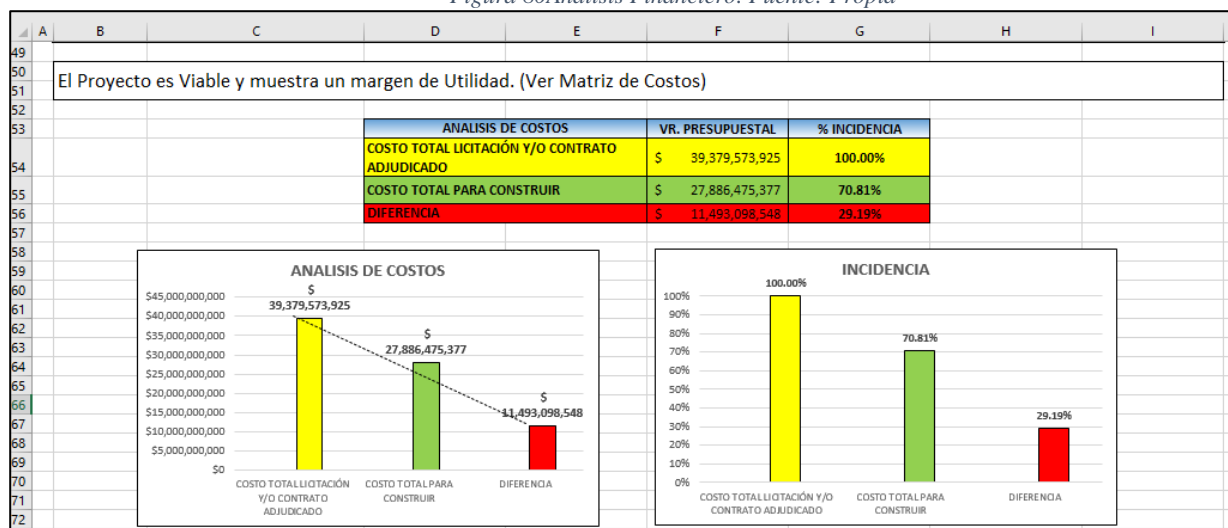


Figura 81 Análisis Financiero. Fuente: Propia

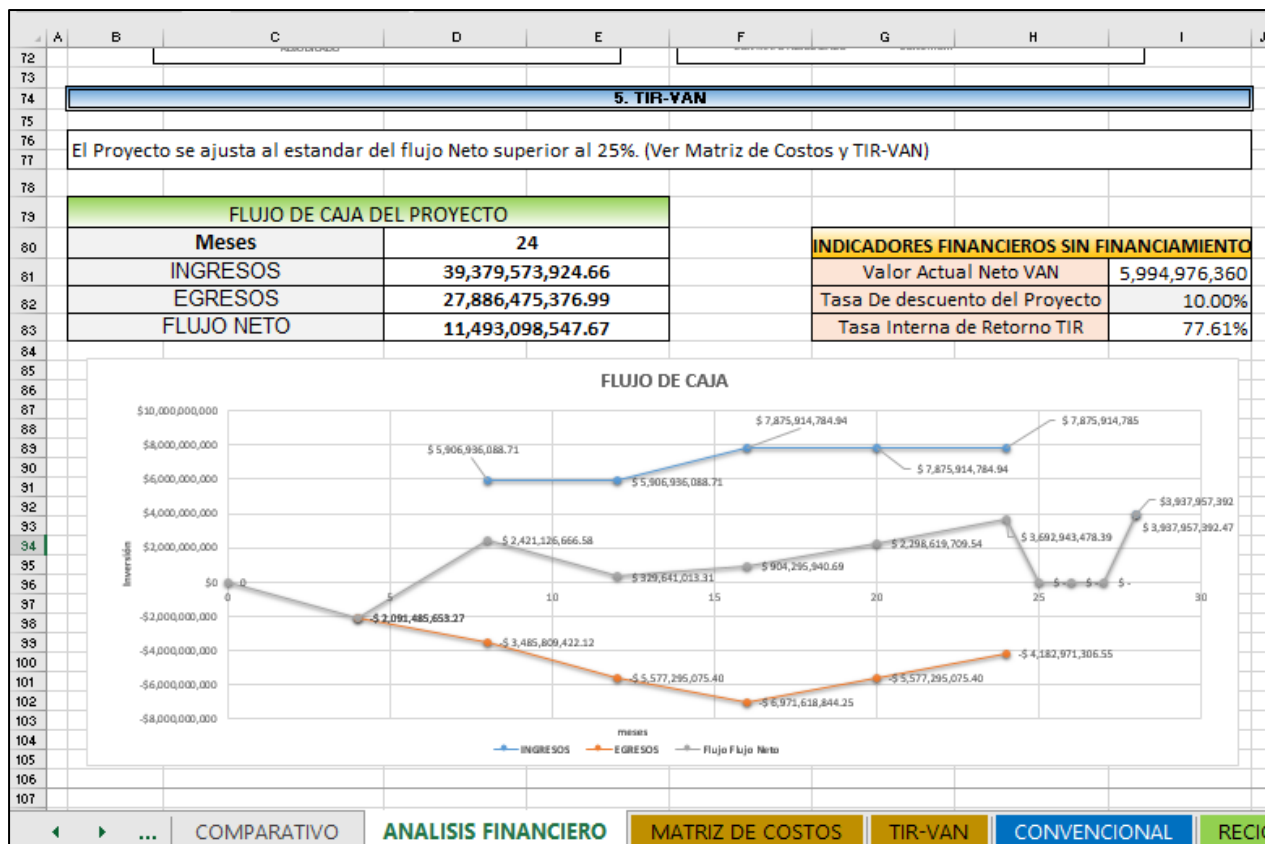


Figura 82 Análisis Financiero. Fuente: Propia

7.14 OCULTAR PRESUPUESTO

En el link No. 13 (Ocultar presupuesto), el usuario tiene la opción de ocultar todas las hojas de cálculo y/o el proceso de elaboración de los presupuestos, los cuales fueron elaborados para la elaboración de los Links Nos. 9 y 10 (presupuesto convencional y reciclado). Se implementó esta opción a fin de generar una herramienta resumida y limpia visualmente para el lector.

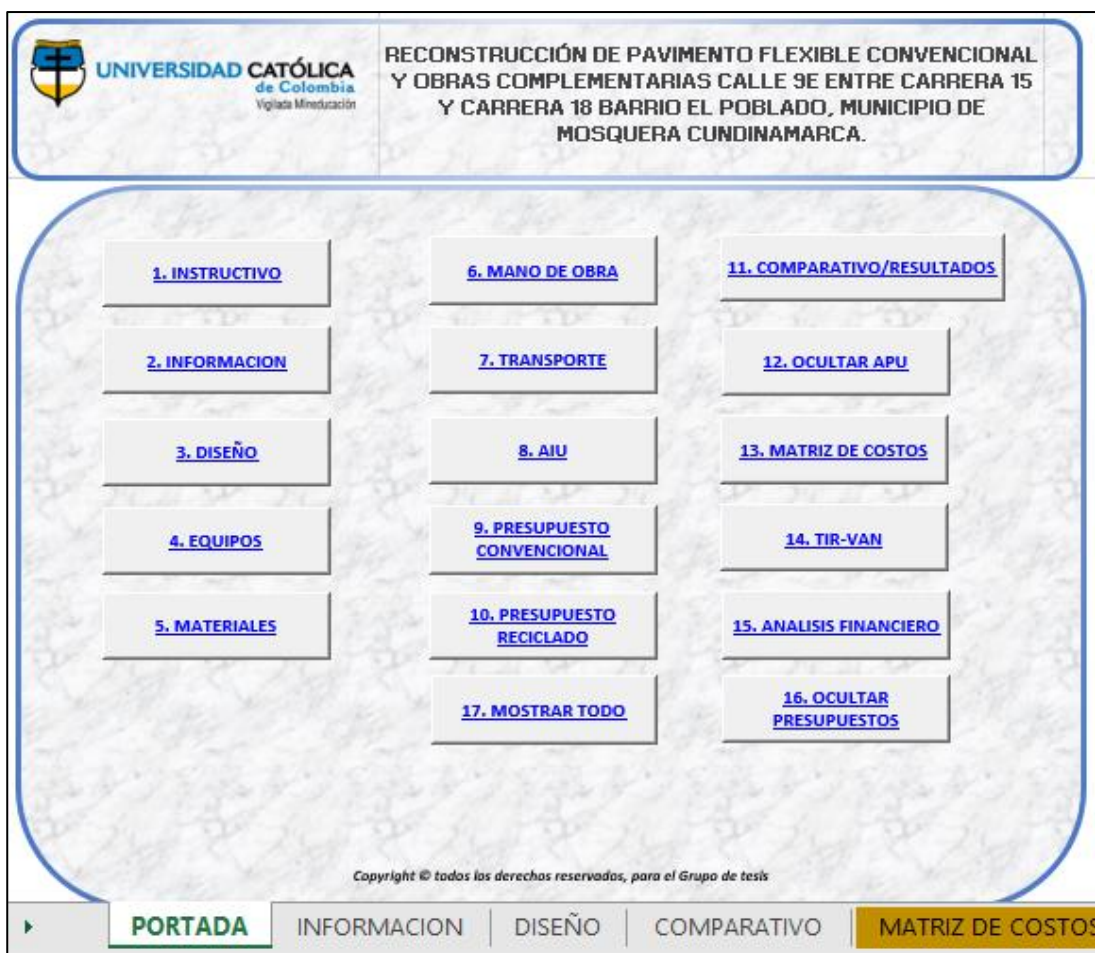


Figura 83 Ocultar Presupuesto Fuente: Propia

7.15 MOSTRAR TODO

El link No. 17 (Ver figura No. 84), le permite al usuario desplegar en la herramienta los todos los presupuestos y datos suministrados para la elaboración de los APUs.

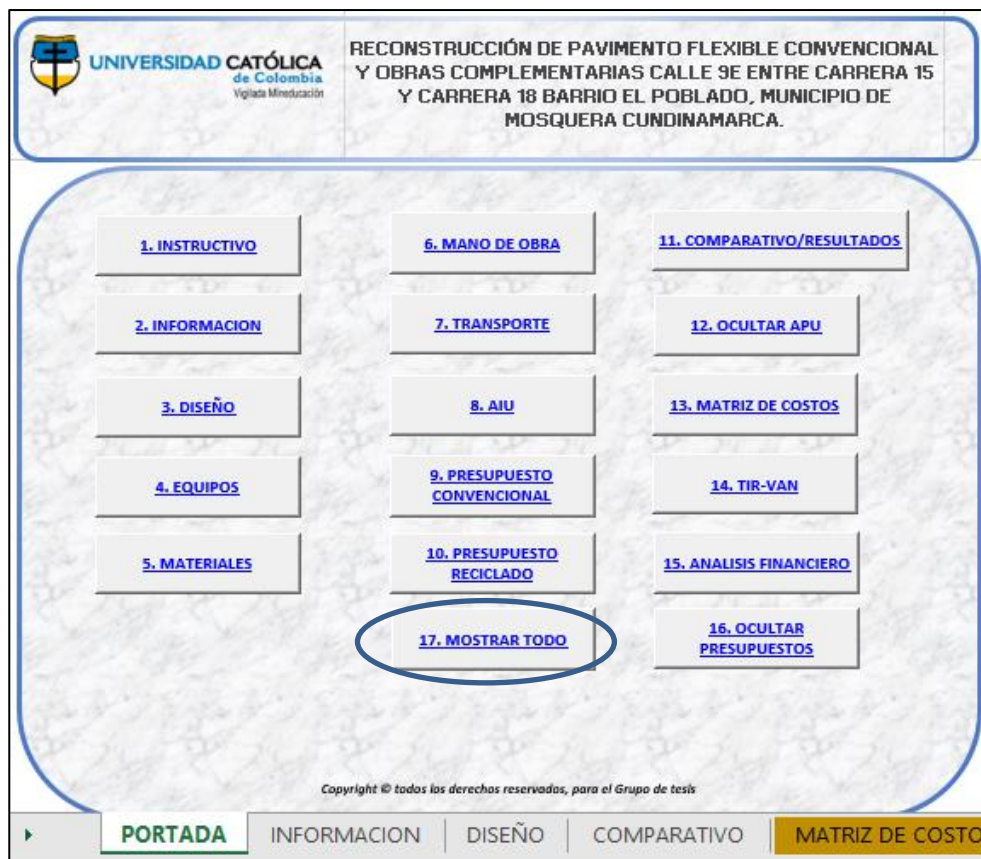


Figura 84 Mostrar presupuesto. Fuente propia.

Es importante mencionar que todas las hojas de cálculo antes relacionadas muestran a la derecha un link denominado “VOLVER A PORTADA”, el cual llevará al usuario de vuelta a la portada con solo darle un clic.

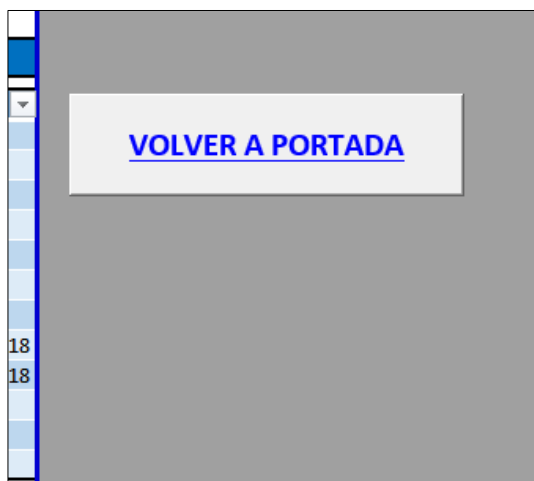


Figura 85 Volver a la portada. Fuente propia.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IMPACTOS

Para el análisis de los resultados se toma como base un ejercicio, donde se tabulo la información específica y requerida, es así que la herramienta por medio de los enlaces y vínculos diseñados arrojará no solo datos técnicos como lo son los APUs. detallados, el diseño de mezcla requerido, el espesor de la rodadura de las actividades de los presupuestos a comparar (convencional contra reciclado), sino también el análisis financiero de optimización de costos, rendimientos financieros, rentabilidad de la inversión y la ganancia aproximada en los diferentes periodos de su ejecución para cada caso específico.

Este análisis mostrara los resultados teniendo en cuenta la información desde una fuente de alimentación (definida por el usuario) y tres opciones más de acuerdo a la proporción del material reciclado y máximo permitido por la norma (20%,30% y 40%):

- **INGRESADA POR EL USUARIO:** en este caso el usuario debe alimentar la herramienta en la opción información, donde introduce los datos específicos del proyecto a analizar tales como: Longitud de la vía, ancho promedio de la vía, distancia planta de asfalto, distancia de botadero. (figura 1)
- **PROPORCION DEL MATERIAL:** En la opción diseño, la herramienta ofrece las posibilidades de combinación permitidas tanto por el espesor de la rodadura como el porcentaje a utilizarse y máximo requerido por la norma. (figura 2).

Los datos ingresados son formulados y analizados por la herramienta diseñada, que tiene en cuenta el presupuesto convencional, contra el presupuesto con material reciclado, estos dos insumos se construyen de acuerdo con la información inherente a estos, es decir, el desglose del

AIU, el listado de insumos (donde se referenciará su fuente en el caso que se modifique), los APUs y finalmente el análisis de la VAN y la TIR, dado que de estos dos últimos análisis nos arrojará los resultados financieros esperados.

Los resultados arrojados nos permitirán tomar una decisión desde el punto de vista financiero de acuerdo con lo requerido y costos estimados, finalmente el ejercicio realizado y tabulado se consultará en la opción “COMPARATIVO” (figura 3). El presente análisis y todos los resultados derivados están debidamente direccionados en el capítulo No 7. Desarrollo de la herramienta

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small>		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA	
		CONSTRUCCION DE VIAS CON ASFALTO RECICLADO O CONVENCIONAL	
DATOS DEL CONTRATO		DATOS DE LA OBRA	
Contratista:	DAIMCO S.A.S	Longitud de Vía (Km):	0,316
Representante Legal:	JHON PEDRAZA	Ancho promedio de Vía (m):	4,5
NIT.: o Cédula	900.480.987-7		
Contrato No.	2345	Distancia Planta de Asfalto (Km):	25
Objeto	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA.	Distancia Botadero (Km):	15
Año:	2018		
Valor Inicial:	\$ 786.240.873,67		
Plazo Inicial (mes):	6		
Localización :	CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA		

Figura 86 Datos Básicos Fuente: Propia


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA	
		CONSTRUCCION DE VIAS CON ASFALTO RECICLADO O CONVENCIONAL	
CANTIDAD REQUERIDA PARA EL CALCULO DEL APU			
ESPEJOR CAPA RODADURA (cm)	TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR	UNIDAD	CANTIDAD
8	MDC-25 (Convencional)	m ³	1
% ASFALTO RECICLADO DESEADO POR EL USUARIO			
MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) RECICLADA	MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) CONVENCIONAL
MDC-25 (Reciclado)	29,10%	MDC-25 (Convencional)	70,9%
ESTRUCTURA DE VIA			
	MEDIDA (cm)		
	MDC-25 (Reciclado)	2,33	
	MDC-25 (Convencional)	5,67	
	BASE GRANULAR (INVIAS)	20,00	
	SUB-BASE GRANULAR (INVIAS)	25,00	
GEOTEXTIL →	SELLO	5,00	
	MEJORAMIENTO CON RAJON	35,00	
	SUBRASANTE	0,00	

Figura 87Especificaciones. Fuente: Propia

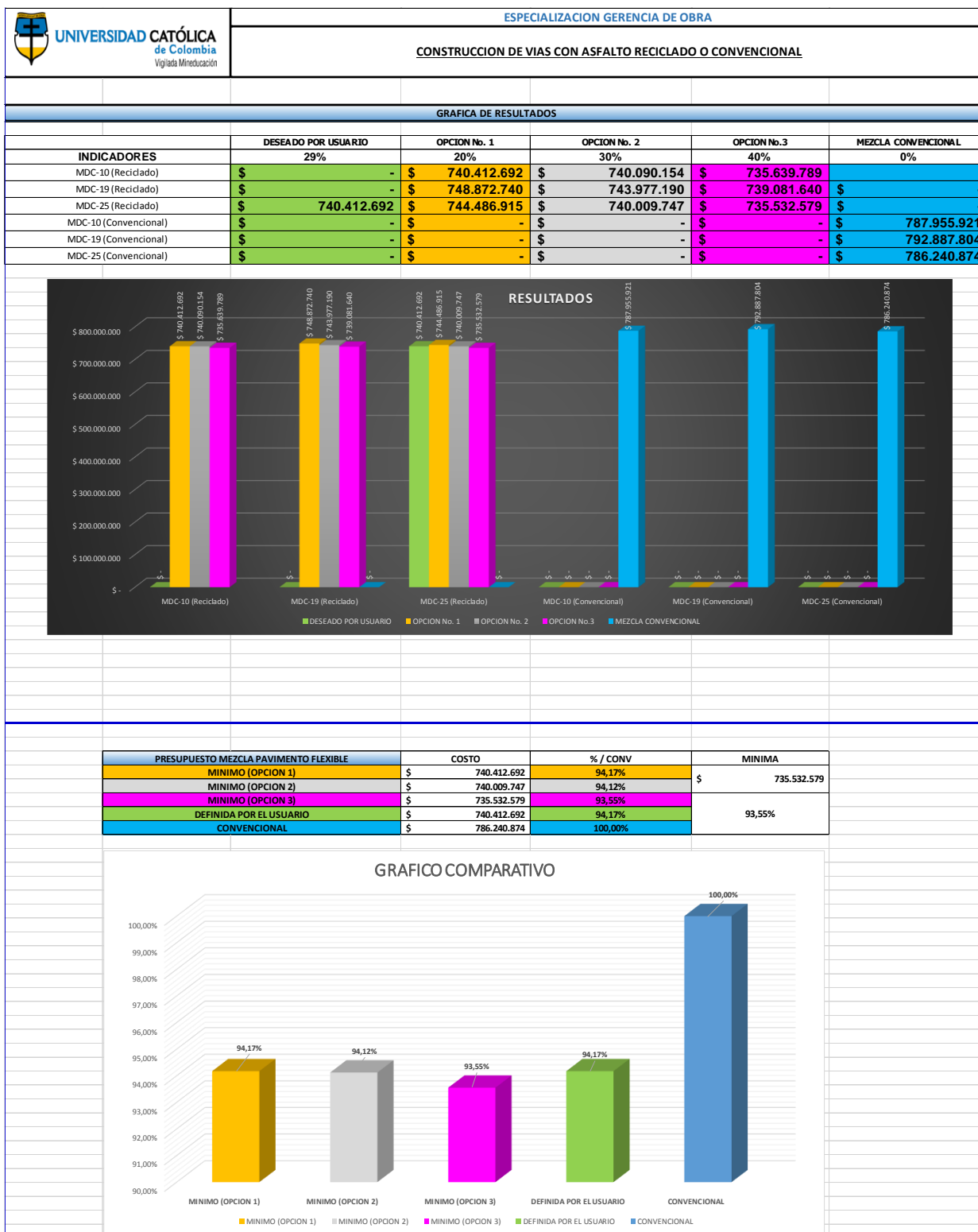


Figura 88 Resultados. Fuente: Propia

8.1 EJERCICIO BASE DE ANALISIS.

Para este caso, se toma como base los datos de información tabulados en el link N°2 “INFORMACION”. Figura 77


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA	
		CONSTRUCCION DE VIAS CON ASFALTO RECICLADO O CONVENCIONAL	
DATOS DEL CONTRATO		DATOS DE LA OBRA	
Contratista:	DAIMCO S.A.S	Longitud de Via (Km):	0,316
Representante Legal:	JHON PEDRAZA	Ancho promedio de Via (m):	4,5
NIT.: o Cédula	900.480.987-7		
Contrato No.	2345	Distancia Planta de Asfalto (Km):	25
Objeto	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y OBRAS COMPLEMENTARIAS CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA.	Distancia Botadero (Km):	15
Año:	2018		
Valor Inicial:	\$ 786.240.873,67		
Plazo Inicial (mes):	6		
Localización :	CALLE 9E ENTRE CARRERA 15 Y CARRERA 18 BARRIO EL POBLADO, MUNICIPIO DE MOSQUERA		

Figura 89 Datos básicos. Fuente: Propia.

De acuerdo con el ejercicio a analizar en el link diligenciado se referencia la información de 6 km de vía, un ancho promedio de 12 m, una distancia de la planta de asfalto de 25 km y una distancia al botadero de 15 km.

A continuación, en la Figura 78, tabulamos la información del link 3 “DISEÑO”


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación		ESPECIALIZACION GERENCIA DE OBRA CONSTRUCCION DE VIAS CON ASFALTO RECICLADO O CONVENCIONAL	
CANTIDAD REQUERIDA PARA EL CALCULO DEL APU			
ESPESOR CAPA RODADURA (cm)	TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR	UNIDAD	CANTIDAD
8	MDC-25 (Convencional)	m ³	1
% ASFALTO RECICLADO DESEADO POR EL USUARIO			
MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) RECICLADA	MEZCLA A UTILIZAR	(MDC) CONVENCIONAL
MDC-25 (Reciclado)	29,10%	MDC-25 (Convencional)	70,9%
ESTRUCTURA DE VIA			
		MEDIDA (cm)	
	MDC-25 (Reciclado)	2,33	
	MDC-25 (Convencional)	5,67	
	BASE GRANULAR (INVIAS)	20,00	
	SUB-BASE GRANULAR (INVIAS)	25,00	
GEOTEXTIL →	SELLO	5,00	
	MEJORAMIENTO CON RAJON	35,00	
	SUBRASANTE	0,00	

Figura 90 Parámetros iniciales. Fuente: Propia.

Para este caso se realiza el ejercicio con una capa de rodadura de 8 cm (celda C9), con un tipo de mezcla MDC- 19 convencional (celda C9), de acuerdo con el material reciclado a utilizarse se define la mezcla MDC -25 reciclada (celda B13), en una proporción del 15%.

Con la información tabulada se define que el espesor de la rodadura debe ser en una capa de 6,80 cm de MCD – 25 convencional y una capa de 1,20 cm de MCD-25 reciclado.

En el link Numero 14 se tabulan los resultados de la siguiente manera.

GRAFICA DE RESULTADOS					
	DESEADO POR USUARIO	OPCION No. 1	OPCION No. 2	OPCION No.3	MEZCLA CONVENCIONAL
INDICADORES	29%	20%	30%	40%	0%
MDC-10 (Reciclado)	\$ -	\$ 740.412.692	\$ 740.090.154	\$ 735.639.789	\$ -
MDC-19 (Reciclado)	\$ -	\$ 748.872.740	\$ 743.977.190	\$ 739.081.640	\$ -
MDC-25 (Reciclado)	\$ 740.412.692	\$ 744.486.915	\$ 740.009.747	\$ 735.532.579	\$ -
MDC-10 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 787.955.921
MDC-19 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 792.887.804
MDC-25 (Convencional)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 786.240.874

Figura 91 Resultados. Fuente: Propia.

En la tabla 79, podemos analizar que, de acuerdo con los datos anteriormente descritos, tenemos el análisis económico de cada una de las opciones, en la que se concluye que en cuanto a costos y valor del proyecto la opción más viable es la numero 3 con una proporción de pavimento reciclado del 40% y una mezcla de MDC-25 reciclado, con un costo de proyecto de \$735.532.579.

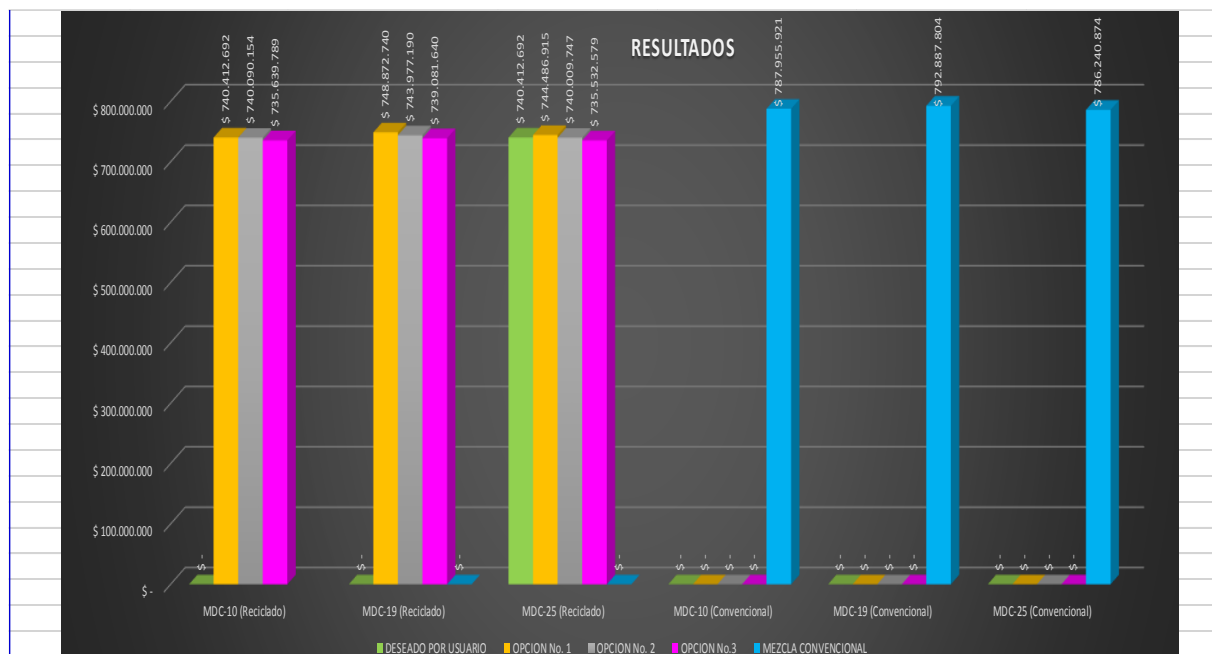


Figura 92 Indicadores. Fuente: Propia.

El análisis financiero del resultado por costo de cada una de las opciones se ve reflejado en el anterior diagrama de barras que la hoja de cálculo nos muestra Figura 80, en la cual podemos

concluir que bajo cualquier escenario siempre será más adecuado y económico para el costo de cualquier proyecto la utilización de material reciclado en las carpetas asfálticas.

En la tabla Figura 81, se reflejan nuevamente los resultados de los costos de cada una de las opciones del proyecto pero de acuerdo a los valores porcentuales de acuerdo al valor final obtenido.

PRESUPUESTO MEZCLA PAVIMENTO FLEXIBLE	COSTO	% / CONV	MINIMA
MINIMO (OPCION 1)	\$ 740.412.692	94,17%	\$ 735.532.579
MINIMO (OPCION 2)	\$ 740.009.747	94,12%	
MINIMO (OPCION 3)	\$ 735.532.579	93,55%	93,55%
DEFINIDA POR EL USUARIO	\$ 740.412.692	94,17%	
CONVENCIONAL	\$ 786.240.874	100,00%	

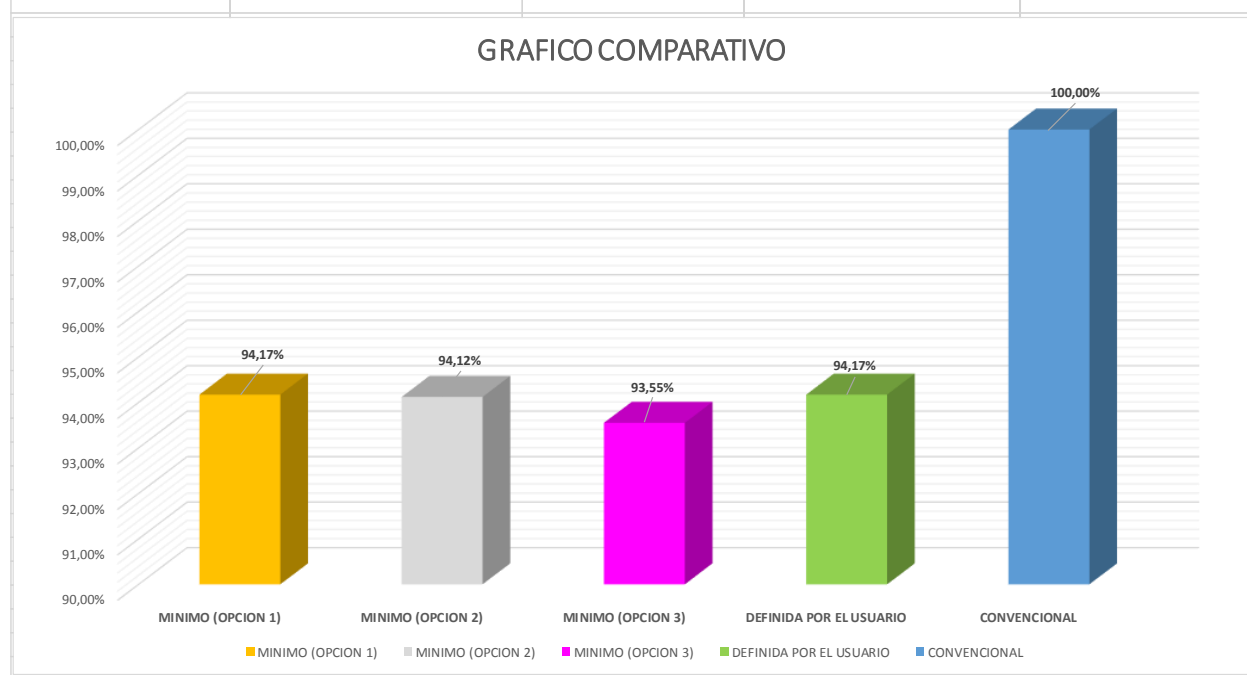


Figura 93 Porcentajes obtenidos. Fuente: Propia.

El diagrama de barra final Fig. 81, se presenta el valor de cada una de las opciones reflejadas en porcentajes obtenidos de acuerdo a los resultados económicos obtenidos, en ese orden de ideas podemos concluir que la opción 3 es la que menores costos representa en su ejecución, y a su vez optimiza los costos de operación analizados desde la perspectiva de la utilización de una proporción del 40 % de material reciclado.

8.2 APORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS

Los aportes de los resultados generados después de realizar el ejercicio de comparación financiera son enriquecedores, teniendo en cuenta que el caso estudio seleccionado, proviene de un proyecto real del sector de la construcción, en el cual nos desarrollamos como profesionales en ejercicio. A lo largo de los diferentes análisis realizados, se afirma que las prácticas en la gestión de procesos finalmente terminan en la búsqueda de rentabilidad financiera, la implementación de buenas o malas prácticas, pueden beneficiar a la compañía o tener problemas por la mala implementación o control de estas.

Las buenas prácticas en la gestión de proyectos es una manera óptima de dar control a los proyectos, en la parte técnica y en la parte administrativa; cada proyecto tiene maneras diferentes de abordarlos, teniendo en cuenta cada una de sus particularidades; tienen un inicio, una planificación, una implementación, un control y cierre, cada proceso es diferente, lo anterior, es un seguimiento cronológico para lograr el cumplimiento de los objetivos que al inicio se trazaron con el proyecto.

Para nosotros como Gerentes de Proyecto, debemos tener los grupos de procesos claros y definidos, es importante implementar modelos de negocio encaminados a adoptar criterios de reutilización de materiales y buenos hábitos en la gerencia de proyectos, esto con el fin de estandarizar procesos y optimizar los recursos, para así aumentar la rentabilidad económica y poder dar un resultado satisfactorio a un sponsor.

Los diferentes proyectos del sector de la construcción, bien sea edificaciones, vías, o de cualquier otro tipo del sector de la ingeniería, se debe desarrollar de manera idónea, con criterios de aceptación y con una tasa de rentabilidad aceptable que permita su desarrollo de la mejor manera, se sabe que poder ejecutar un proyecto con todos los grupos de procesos este se vuelve

costoso para las compañías, pero se debe implementar lo máximo posible y así poder garantizar que los proyectos cumplan el objetivo trazado al inicio.

Es importante darle un manejo óptimo y de manera clara, para tener un control efectivo durante el desarrollo de los proyectos, ya que ahí está la clave del éxito.

8.3 CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

La estrategia a desarrollar para realizar la evaluación costo-beneficio de un proyecto, es la implementación de una herramienta, en la que se tabule toda la información inherente a un contrato tipo para la ejecución de vías urbanas, la cual permita como elemento concluyente, la interpretación de una matriz de costos que, por medio de resultados tangibles (costos) y de análisis (gráficos), dirija al consultor a la toma de decisiones encaminada no solo a escoger la inversión más adecuada desde el punto de vista económico, sino también en la optimización de los recursos técnicos a fin de hacer más efectiva la gestión desde la Gerencia de Proyectos.

8.4 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Se desea que el desarrollo del presente trabajo sea divulgado a través de revistas de ingeniería, congresos a nivel nacional y/o páginas web, lo anterior a fin de lograr que las empresas adquieran la capacidad de realizar evaluación económica interna de comparación a través de una herramienta que evalúe diferentes alternativas constructivas, ayudando así con la toma de decisiones en cuanto al manejo en la gestión y dirección de proyectos.

La estrategia de marketing para la propuesta, genera un círculo de servicios asociados a un mercado directo, sector de la construcción, esto a fin de optimizar la toma de decisiones para el desarrollo económico de una propuesta, esto lo plantea el gerente de proyecto teniendo en cuenta sus conocimientos, puntos positivos y/o negativos de la toma de decisiones, se debe tener cuidado del riesgo del proyecto, y los recursos asociados a la propuesta, se debe tener clara la necesidad

del cliente y desarrollar la propuesta enfocada a esta a la solución de la problemática, para brindarle solución viable, donde el inversionista tenga la posibilidad de evaluar la mayor rentabilidad a la propuesta de negocio.

Así mismo, se espera que esta herramienta sea tomada como referencia en la toma de decisiones en el área de la construcción, consultorías e interventoría, ya que sirve como soporte de evaluación de la gestión económica de proyectos, y que se conozca mediante ponencias dirigidas a empresas del sector.

9. NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

En el desarrollo de la presente investigación se deja puerta abierta para ampliar los estudios relacionados de tipo ambiental, lo anterior relacionado al impacto que genera la implementación de técnicas constructivas basadas en la reutilización de materiales RCD.

Por otra parte, permitir la interacción de comparación con diferentes materiales y técnicas constructivas, esto con el fin de apoyar la toma de decisiones en la ejecución de proyectos en el sector de la construcción

10. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos como resultado del análisis financiero de cada una de las opciones calculadas por la Herramienta, se establece que la opción 3 que plantea la utilización de una proporción del 40 % de material reciclado, teniendo en cuenta que esta opción genera menores costos de operación, reflejando mejores márgenes de utilidad.

Como resultado de la evaluación financiera se determina que la opción más económica corresponde a la Utilización de MDC-25 (Reciclado) al 40%, el costo para la ejecución del proyecto es de (\$735.532.579. COP.), siendo esta 6,45% más Económica que el método Convencional.

11. BIBLIOGRAFÍA

X. E. Castells, *Reciclaje y tratamiento de residuos diversos*, Madrid: Ediciones Diaz de Snotos, 2012.

S. F. Cerdas, «RECICLAJE EN PAVIMENTOS LINEA DE INVESTIGACION,»
2] Marzo 2014. [En línea]. Available: [http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/productos-PITRA/Investigaciones/SIN%20FECHA/LM-PI-UMP-014-P%20\(RAP\).pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/productos-PITRA/Investigaciones/SIN%20FECHA/LM-PI-UMP-014-P%20(RAP).pdf).

U.S. Department of transportation Federal Highway Administration Research and
3] Technology, «U.S. Department of transportation,» 18 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/rap131.cfm>.

Instituto de desarrollo urbano, «Instituto de desarrollo urbano,» 18 Mayo 2006. [En
4] línea]. Available: <https://www.idu.gov.co/web/content/7574/ET-450-05.pdf>.

A. A. Mendez Revollo, *Evaluacion Tecnica y Economica del uso de Pavimento
5] Asfáltico Reciclado (RAP) en vias Colombianas*, Bogota, 2015.

E. A. Pavement, «European Asphalt Pavement Association,» [En línea]. Available:
6] <http://www.eapa.org/asphalt.php>.

Revista vial, «Reciclado de Mezclas Asfálticas,» *Revista vial*, 2017.
7]

Y. Brousseau, «El reciclado en pavimentos asfálticos y los procesos de mejora de la
8] resistencia al ahuellamiento: la experiencia francesa de mas de 25 años.,» Buenos Aires, 2014.

E. Saez, «La NAPA estadounidense señala que el 99% de los materiales retirados se

9] usaron en asfalto reciclado,» *Carreteras Pan-Americanas*, 2016.

J. Bryson, «Green Highways Partnership Home,» 2010. [En línea]. Available:
10] http://www.greenhighwayspartnership.org/index.php?option=com_content&view=article&id=10:green-highways-partnership-home&catid=1:homnepage20. [Último acceso: 20 Abril 2018].

K. Hansen, «NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION,» [En línea].
11] Available:
http://www.asphalt pavement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=872&Itemid=100303.

H. A. Restrepo Sierra y S. A. Stephens Zapata, «Universidad de medellin,» 2015. [En
12] línea]. Available:
http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/2163/TG_EVT_13.pdf?sequence=1.

hsbnoticias.com, «hsbnoticias.com,» 16 Octubre 2016. [En línea]. Available:
13] <http://hsbnoticias.com/noticias/nacional/11-6-millones-de-toneladas-de-basura-produce-colombia-al-ano-245078>.

Byr Construcciones S.A.S. Ingenieros Contratistas, «Programa de Gestión Integral de
14] Residuos Sólidos y Residuos de Construcción y Demolición RCD,» Byr Construcciones S.A.S. Ingenieros Contratistas, Mosquera, 2018.

M. Macdonald, «Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos
15] de Pequeños Municipios,» Enero 2017. [En línea]. Available:
<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20de%20Manejo%20de%20Residuos%202017.pdf>.

J. A. S. R. K. J. R. G. N. A. P. F. e. o. Carlos Jaime Orozco Gutiérrez,
16] «www.ambientebogota.gov.co,» 2014. [En línea]. Available:
<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de>

%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20(RCD)%20en%20obra.pdf.

Secretaria Distrital de Ambiente, «www.ambientebogota.gov.co,» 2012. [En línea].

17] Available:

<http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/1247415/Instructivo+para+el+ingreso+al+aplicativo+web+de+registro+de+reportes+y+manejo+de+RCD+en+obras+p%C3%ABlicas+y+privadas+resoluci%C3%B3n+01115+de+2012+%28generador%29.pdf>.

L. S. D. D. AMBIENTE, «RESOLUCIÓN 1115 de 2012,» Bogota DC, 2012.

18]

M. d. A. y. D. Sostenible, «www.alcaldiabogota.gov.co,» 28 febrero 2017. [En línea].

19] Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68359>.

Unidad administrativa de servicios publicos, 2009.

20]

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Resolución 472 de 2017*, 2017.

21]

Shadowxfox, *Mapa del Municipio de Mosquera, Cundinamarca (Colombia)*, 2012.

22]

Google Maps, «Google Maps,» [En línea]. Available:

23] <https://www.google.com/maps/@4.7142881,-74.2278806,14.5z>. [Último acceso: 2018].

DANE,

24] «<https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cundinamarca/mosquera.pdf>,» [En línea].

Alcaldia de Mosquera - , *PLIEGO DE CONDICIONES DEFINITIVO*, 2017.

25]

J. Alarcon, *Tesis Doctoral. Estudio del comportamiento de mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio.*, Barcelona, 2003.

P. Corps, *Diseño sistemático de proyectos - Manual para voluntarios*, Boston University: Fourth Edition, 1980.

Instituto Distrital Urbano - IDU, «Sistema de información de precios 2018 Precios Unitarios de Referencia 2018-I,» Bogota D.C, 2018.

Instituto Nacional de Vías, «APUS Cundinamarca 2018-1-Definitivo,» Bogota D.C., 2018.

Instituto Nacional de Vías, *ARTÍCULO 450 – 13 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras - Mezclas asfálticas en caliente de gradación*, Bogota D.C., 2013.

Invias, *Artículo 462 - 07 - Reciclado de pavimento asfáltico en planta y en caliente*, Bogota, 2007.