



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Juan Manuel Flores Reátegui

<https://orcid.org/0000-0001-8165-0205>

Jhony Heisten Morales Collantes

<https://orcid.org/0000-0003-1190-5414>

Asesor:

Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo

<https://orcid.org/0000-0002-4681-171X>

Tarapoto, Perú

2022



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

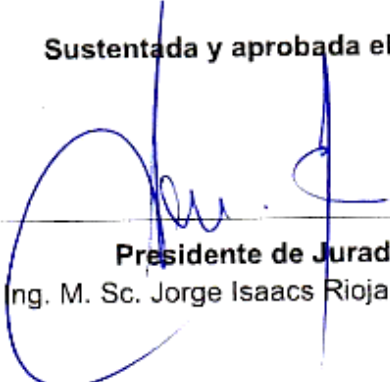
Tesis

Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena

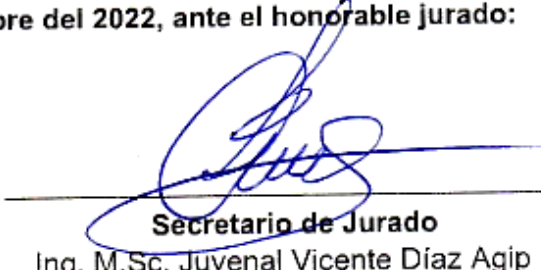
Autores:

Juan Manuel Flores Reátegui
Jhony Heisten Morales Collantes

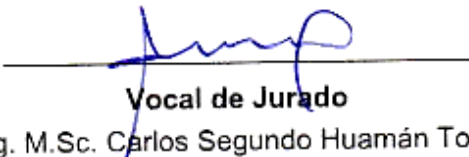
Sustentada y aprobada el 04 de noviembre del 2022, ante el honorable jurado:



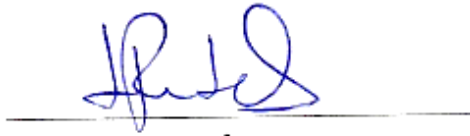
Presidente de Jurado
Ing. M. Sc. Jorge Isaacs Rioja Díaz



Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip



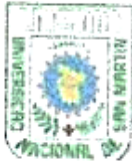
Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón



Asesor
Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo

Tarapoto, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTIN

FACULTAD
INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

*Acta de Sustentación de Tesis Para Optar
Título Profesional de Ingeniero Civil*

En el Distrito de Morales, a las 11:00 horas del día 04 del mes de NOVIEMBRE del año dos mil veintidós, se reunieron en la Plataforma Virtual Zoom de Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, los miembros del Jurado Calificador Ing. M. Sc. JORGE ISAACS RIOJA DIAZ - Presidente, Ing. M.Sc. JUVENAL VICENTE DIAZ AGIP- Secretario y el Ing. CARLOS SEGUNDO HUAMÁN TORREJÓN- Vocal; teniendo al Ing. IVAN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO - Asesor, con el objetivo de la sustentación y calificación de la Tesis Titulada:

"DISEÑO DEL PAVIMENTO FREXIBLE E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS VÍAS DE ACCESO DE LA LOCALIDAD DE REQUENA".

A cargo del Bachiller *Juan Manuel Flores Reátegui y*

Johnny Reinstein Morales Collantes

Con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil y dando cumplimiento a lo dispuesto por la Circular N° 031-2022-UNSM/FICA, de fecha 27 de octubre 2022 de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Escuchada la Sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, los señores miembros del Jurado Calificador de Tesis, después de debatir entre sí, reservada y libremente, declararon ... APROBADO

..... con el calificativo de 15 (QUINCE).....

A continuación, el Presidente del Jurado Calificador hizo saber a los Bachilleres el resultado de la Sustentación, con el cual se dio por terminado el acto, levantándose la presente Acta por cuadruplicado, siendo las 12:30 horas del mismo día, la misma que fue suscrita y transcrita al Libro de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Civil, los que en ella intervinieron.



Ing. M. Sc. JORGE ISAACS RIOJA DIAZ
Presidente



Ing. M. Sc. VICENTE JUVENAL DÍAZ AGIP
Secretario



Ing. CARLOS SEGUNDO HUAMÁN TORREJÓN
Vocal



Ing. IVAN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO
Asesor

C.C. - Comis. Seg. Egresado EPA

Archivo

Declaratoria de autenticidad

Juan Manuel Flores Reátegui, con DNI N° 71983885 y **Jhony Heisten Morales Collantes**, con DNI N° 76742091, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores de la tesis titulada: **Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena.**

Declaramos bajo juramento que:



1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 04 de noviembre del 2022



.....
Juan Manuel Flores Reátegui
DNI N° 71983885



.....
Jhony Heisten Morales Collantes
DNI N° 76742091

Declaración jurada


Juan Manuel Flores Reátegui, con DNI N° 71983885, con domicilio en Jr. Martínez de Compagnón 1566 – Tarapoto y **Jhony Heisten Morales Collantes**, con DNI N° 76742091, con domicilio en Jr. Manco Inca 215 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento**, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 04 de noviembre del 2022


.....
Juan Manuel Flores Reátegui
DNI N° 71983885




.....
Jhony Heisten Morales Collantes
DNI N° 76742091



Ficha de identificación

<p>Título del proyecto</p> <p>Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena</p>	<p>Área de investigación: Hidráulica</p> <p>Línea de investigación: Estrategia de tecnología de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible.</p> <p>Sublínea de investigación: Prevención de desastres y conservación de los recursos hídricos</p> <p>Tipo de Investigación: Cuantitativa</p>
<p>Autores</p> <p>Juan Manuel Flores Reátegui</p> <p>Jhony Heisten Morales Collantes</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0001-8165-0205</p> <p>https://orcid.org/0000-0003-1190-5414</p>
<p>Asesor</p> <p>Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo</p>	<p>Dependencia local de soporte:</p> <p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0002-4681-171X</p>

Dedicatoria

Este presente proyecto de investigación va dedicado a nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que día a día nos apoyaron para seguir adelante y vencer a pesar de las adversidades a la vida en cuanto problemas se nos presentaron en el camino que nos forjó a ser los profesionales que vamos a ir construyendo con el primer paso a dar que es esto. Que este logro que construyeron conjuntamente con nosotros y creyeron en nuestras capacidades, virtudes y decisiones lo disfruten porque son parte de este resultado. Gracias a todos ustedes, en conjunto, que son una unidad importante para ser las personas de bien, solidarios y llenos de humildad como corresponde al ser parte de esta sociedad y de nuestra ética profesional.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, el universo y la vida, a nuestros padres que son el eje principal de esto, familiares, amigos y personas que estuvieron acompañando en este largo proceso de formación profesional que sus palabras de aliento, una palmada en el hombro, una mano que nos ayudó a levantar y palabras que llenaban esa sensación de seguir luchando por nuestras metas profesionales, sueños y metas. Esto es de nosotros para ustedes en conjunto y para la sociedad, que tendrá a dos profesionales preocupados por el bienestar, mejorar la calidad de vida y actuar con el bien y la ética correspondiente ante las circunstancias que nos enfrentemos como futuros profesionales. ¡GRACIAS!

Los autores

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Resumen	11
Abstract	12
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la Investigación	16
2.2. Fundamentos Teóricos.....	18
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
3.1. Ámbito de la investigación	61
3.1.1. Periodo de ejecución	67
3.1.2. Autorizaciones y permisos.....	67
3.1.3. Control ambiental de bioseguridad	67
3.1.4. Aplicación de principios eticos internacionales	68
2.2. Tipo De Investigación	68
2.3. Población y/o muestra de estudio	69
2.4. Sistema de Variables.....	69
2.4.1. Variable Independiente.....	69
2.4.2. Variable Dependiente	69
2.4.3. Operalización de variables	70
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
3.1. Resultados	71
3.1.1. Matriz de Impacto Ambiental.	71
3.1.2. Metodología de Análisis.....	73
3.1.3. Identificación de Impactos Ambientales	75
3.1.4. Valoración de los Impactos Ambientales	75
4.2. Diseño de mezcla asfáltica	84
CONCLUSIONES	89

RECOMENDACIONES.....90

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS91

ANEXOS.....93

RESUMEN

En los últimos tiempos el Perú a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha puesto en marcha una política de impulsión para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado más de 14,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Cabe resaltar que el Pavimento Urbano de una ciudad es una de las infraestructuras más utilizadas por la sociedad para desarrollar sus actividades económicas, sociales, culturales, etc. es por esto que el estado de conservación de los mismos es un fiel reflejo del nivel de desarrollo alcanzado por los pueblos, tal es así que cuando visitamos alguna ciudad o centropoblado y vemos que su infraestructura vial está deteriorada, inmediatamente lo relacionamos con atraso, caos y en muchos casos desgobierno. Es conocido que un proyecto vial tiene una gran cantidad de componentes, desde los estudios preliminares que de acuerdo a la envergadura de la carretera o camino vecinal tienen tiempos importantes para su elaboración desde el diseño geométrico hasta la colocación de la capa de rodadura, medidas de recuperación y mitigación ambiental. Estas mezclas asfálticas pueden ser en caliente, lo más común, o en frío. El proceso de fabricación de las mezclas asfálticas en caliente implica calentar el ligante y los agregados (excepto quizás el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra se realizará a una temperatura muy superior al ambiente. Por consiguiente, en el presente Proyecto se analizará la elaboración de las mezclas asfálticas con adiciones en PET, analizando la factibilidad, comportamiento y reacción del PET con el material de muestreo, dicho estudio tiene como finalidad proponer el uso de una mejor alternativa que permita ampliar su vida útil y ahorrar considerables sumas de dinero que se utilizan en su mejoramiento y rehabilitación.

Palabras clave: pavimento flexible, impacto ambiental, vías, acceso, [localidad], Requena.

ABSTRACT

In recent times, Peru, through the Ministry of Transport and Communications, has implemented a policy to promote the construction of road works throughout the country. According to reports from the Ministry of Transport and Communications, more than 14,000 kilometres of roads have been built with asphalt pavements. It should be noted that the urban pavement of a city is one of the infrastructures most used by society to develop its economic, social, cultural, etc. activities, which is why the state of conservation of these is a true reflection of the level of development achieved by the people, so much so that when we visit a city or town centre and see that its road infrastructure is deteriorated, we immediately associate it with backwardness, chaos and in many cases misgovernment. It is well known that a road project has a large number of components, from the preliminary studies which, depending on the size of the road or local road, take a long time to prepare, from the geometric design to the laying of the wearing course, as well as environmental recovery and mitigation measures. These asphalt mixes can be hot mix, the most common, or cold mix. The manufacturing process for hot mix asphalt involves heating the binder and aggregates (except perhaps the mineral aggregate powder) and the asphalt is laid at a temperature well above ambient. Therefore, this project will analyse the preparation of asphalt mixes with additions in PET, analysing the feasibility, behaviour and reaction of PET with the sample material. The purpose of this study is to propose the use of a better alternative that will extend its useful life and save considerable sums of money that are used in its improvement and rehabilitation.

Keywords: flexible pavement, environmental impact, roads, access, [locality], Requena.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El mal estado en que se encuentran las vías de la ciudad de Requena genera problemas de tránsito vehicular, ocasionando deterioro en los componentes de las unidades vehiculares, y dificultad de libre tránsito tanto peatonal como vehicular, requiriendo más tiempo para llegar a destino, dificultad de ingreso a escuelas, hospitales y centros públicos; sobre todo en tiempo de lluvias, para tal efecto, se busca la rehabilitación de las mismas.

El documento equivalente al expediente técnico, concebido por el Gobierno Regional de Loreto, consiste en el Bacheo y Reposición de pavimento flexible en las vías de la ciudad de Requena, cuyas características de diseño constructivo, será básicamente de reparación y rehabilitación. En este sentido, se busca que las calles estén libres de baches y deformaciones de magnitud, a fin de reducir el déficit de calles en mal estado, mejorando la accesibilidad a las viviendas, centros comerciales y centros de salud.

A través del desarrollo del trabajo, se presenta una propuesta que se espera mejorar la calidad y reducir los costos ante el diseño de Emulsión Asfálticas. También se desarrolla el concepto de la reología del asfalto, que depende directamente de la composición química del mismo, presentando las propiedades reológicas de los materiales asfálticos a través de la mecánica del medio continuo, así como de los parámetros reológicos aplicando la tecnología Superpave. Así mismo, se discute la influencia de la granulometría y demás características de los agregados en la deformación permanente, el diseño de la mezcla asfáltica, y aspectos constructivos, se acondiciona a obtener un resultado factible cuya propuesta es con Adiciones de PET, permita y garantice la viabilidad del diseño en la carpeta asfáltica.

La presente investigación estudiara que a pesar del notable crecimiento económico que ha presenciado el país en los últimos años, el Perú no ha conseguido aún resolver su déficit de infraestructura en lo que concierne a vías de comunicación terrestre. “Este déficit hace del Perú un país no solo incomunicado e invertebrado, sino además lento y moroso en su gestión administrativa, productiva y económica, lo cual retrasa el desarrollo de muchas de sus provincias y preserva así seculares bolsones de pobreza”. El desarrollo y crecimiento de un país, según Vega, se sustenta en la integración de las distintas poblaciones a los mercados nacionales e internacionales para de esta manera fomentar el intercambio sociocultural entre ellas y así permitir potenciar sus ventajas

competitivas. Para lograr este objetivo es necesaria la elaboración de un plan de integración sustentado en el desarrollo de nueva infraestructura vial.

El Perú, desde el punto de vista de las vías de comunicación terrestres, presenta un cúmulo de dificultades debido a su territorio accidentado y variado. Sus diferentes accidentes morfológicos constituyen un desafío permanente que acentúa la desintegración nacional; por ello, es de vital importancia la creación de nueva infraestructura vial como parte de un plan por la integración política, social y económica del país.

En ese sentido, surgió la necesidad de construir una carretera que sirviera de acceso a la localidad de Requena el cual cumpliría un rol importante en el desarrollo del comercio local y regional. Esta tesis contempla el diseño de la carpeta asfáltica de las calles considerando dos diferentes opciones; pavimento flexible y pavimento rígido para de esta manera determinar la mejor opción técnico – económica de acuerdo a las variables de diseño que se presentan en el temario de tesis.

Planteamiento del Problema

En la ciudad de Requena se tienen diversas calles a la parte céntrica de la Localidad con su pavimento totalmente deteriorado lo que se muestra en las fotos más adelante lo que impide el normal tráfico, así como el desplazamiento de los peatones y por ende existen pérdidas económicas por parte de conductores por lo que sufren sus vehículos, así como el comercio por la poca afluencia de público.

Formulación del Problema

¿Será factible mejorar el pavimento de las calles de acceso a la localidad de Requena mediante un pavimento asfáltico?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar la estructura del pavimento flexible impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena.

Objetivos Específicos

- Determinar el IMD para el diseño estructural del pavimento flexible.
- Determinar el CBR para el diseño estructural del pavimento flexible.

- Analizar el resto de parámetros en el diseño estructural del pavimento flexible para los accesos a la localidad de Requena.
- Reconocer los parámetros a intervenir en la elaboración de la Matriz de Impacto Ambiental.

Justificación de la investigación.

La justificación se basa que en la actualidad la Transitabilidad Vial En La Localidad De Requena, presentan diversos tipos de falla en la estructura del pavimento (hundimiento, falla tipo piel de cocodrilo, pulimiento por abrasión, otros) en una zona que abarca 5944.58 m. Se observa empozamiento de aguas pluviales y basura en las zonas hundidas a lo largo de la vía.

Hipótesis

El diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de requena mejorará la transitabilidad en esa localidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pérez (2007), en su investigación, *“Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la colonia la unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa”*, presentada ante la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluyó: El análisis socioeconómico indica que el proyecto de pavimentación no produce ganancias, es decir que la inversión no se recuperará; pero se justifica su ejecución, en que no es un proyecto con fines de lucro, si no de tipo social, y su beneficio se verá en la mejora de la calidad de vida de los habitantes del lugar .

Masihy (2020), en su proyecto de tesis, *“Estudio de correlaciones entre los ensayos de CBR en terreno y CPT”*, presentada ante la Universidad de Chile, señala: Los ensayos de terreno que obtienen la capacidad soportante de la subrasante, son una parte importante en los proyectos viales. De estos, se obtienen variables de entrada necesarias para el diseño de pavimentos. Dado que en la actualidad existen nuevos métodos más eficientes para la obtención de parámetros del suelo, surge la posibilidad de aplicar estas tecnologías en el área mencionada anteriormente. Una forma de utilizar estas metodologías más recientes, es correlacionar los resultados de estas con variables entregadas por ensayos más antiguos y conocidos. De esta manera, se obtiene una relación empírica que permite calcular valores de diseño importantes, a partir de instrumentos nuevos, de mejor calidad y de forma más rápida.

Achury y Ramírez (2015), en su tesis de pre grado, *“Proceso constructivo pavimento en piedra pegada municipio de Sutatausa, Cundinamarca”*, presentada ante la Universidad Católica de Colombia, señalan como una alternativa de pavimento: La piedra pegada es buen atractivo para pueblos pequeños, coloniales y turísticos pero su duración depende mucho del proceso constructivo que se realice. Todo el proceso es de vital importancia para el éxito de los proyectos, empezando por los estudios, diseños y la construcción, si uno de ellos falla difícilmente se puede garantizar la duración de las obras.

Padilla (2015), En su tesis titulada “Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y Pluvial del corregimiento de la Mesa - Cesar” en la UNIVERSIDAD DE LA SALLE, BOGOTA, tiene como objetivo principal diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el corregimiento de la Mesa en el departamento del Cesar, su tipo de investigación fue investigación acción, que aborda los análisis sobre las prácticas sociales y se fundamentan en una metodología inductiva, y concluye que se realizó por un método convencional en la cual contempla todas las normativas vigentes a partir de los parámetros planteados por el reglamento de agua potable y saneamiento básico, asignándole a esta alcantarilla pluvial una disposición final de los residuos evacuados por las redes, se podrá hacer a una laguna de oxidación cercana a la población.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vásquez y Bendezú (2008), en su investigación titulada, “*Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú*”. Explica: la infraestructura vial constituye uno de los activos más importantes para estimular el desarrollo de las actividades privadas, promover la inversión y generar fuentes para el crecimiento económico en el Perú. No obstante, debe destacarse que una inadecuada y desigual dotación de los activos públicos como la infraestructura vial en el espacio regional puede ocasionar que las disparidades en el crecimiento de los departamentos se acentúen.

Olarte (2015), en su tesis de posgrado, “*Proceso innovado para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelos limo-arcillosos aplicado en la carretera puente Raither Puente Paucartambo*”, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería. Llegó a las siguientes conclusiones: Durante la construcción de carreteras es frecuente encontrar sectores donde la capacidad de soporte de la subrasante es deficiente ($CBR < 7\%$). Los eventos geológicos que caracterizan estas zonas han condicionado la presencia de una gran variedad de suelos finos, los mismos que deberán ser sometidos a una evaluación geotécnica para determinar si formarán parte de la plataforma o por el contrario deberán ser eliminados para ser reemplazados por suelos de mejor calidad.

2.1.3. Antecedentes locales

El “Estudio del Impacto Ambiental producido por la Construcción del Camino Vecinal San Juan de Tangumi-Santo Domingo”, ubicado en el departamento de San Martín; Este proyecto atraviesa los distritos de Habana y Calzada.

Con los resultados obtenidos de la investigación, se concluye que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental favorece la mejora continua del desempeño ambiental en las Actividades de mantenimiento de carreteras, ya que se fomenta el cuidado del ambiente en cada una de las actividades; mediante procedimientos precisos con objetivos y metas definidos para lograr resultados de acuerdo a la política ambiental de la empresa y el marco legal vigente.

Villanueva (2020), en su tesis, *“Estudio de mecánica de suelos y diseño de pavimento de la plaza de armas y calles adyacentes del distrito de San Rafael - provincia de Bellavista - región San Martín”*, nos indica: Al elegir el tipo de pavimento a construir se deberá tener en cuenta los aspectos técnicos ante el costo del mismo, pues de nada servirá un pavimento con bajo costo de construcción si su mantenimiento va a ser continuo y su tiempo de vida útil corto. El diseño de la estructura del pavimento se basa en la metodología de la AASHTO93; sin embargo, sería recomendable en futuras investigaciones a realizar diseños mediante los diversos métodos que existe y así poder comparar resultados, por ejemplo, las metodologías empíricas mecánicas que se aplican la teoría elástica para diseñar las capas del pavimento.

Pinchi (2017), tesis, *“Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas”*, realizó un estudio que servirá como fuente de información para ser tomada en cuenta para efectos de diseño de pavimentos asfálticos, tanto a nivel académico como para la ejecución de proyectos en la región, rescatando básicamente la metodología de diseño, pudiendo ser contrastada con cada realidad.

2.2. Fundamentos Teóricos

Levantamiento topográfico

Gámez (2015), define a la topografía como la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los elementos del espacio. Estos tres elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia y una dirección o bien una combinación de los tres elementos. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco (grado sexagesimal). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento, estos pueden ser topográficos y geodésicos.

- **Levantamiento Topográficos:** son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable.

- **Levantamientos Geodésicos:** son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.

Un levantamiento topográfico comprende de dos etapas:

- 1) **Etapla de Campo:** consiste en la toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc.
- 2) **Etapla de Gabinete:** corresponde al cálculo y dibujo de lo levantado en el campo.

Los levantamientos topográficos se clasifican en:

- a) **Levantamiento de terrenos en general:** tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.
- b) **Topografía de vías de comunicación:** es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, etc.
- c) **Topografía de minas:** tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.
- d) **Levantamientos catastrales:** son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

Suelos.

El suelo es el soporte de la estructura de pavimento y representa uno de los problemas más complejos de modelar y predecir su comportamiento debido a que se ve afectado por muchos factores. El efecto del suelo influye en la definición del trazo y las dimensiones de la estructura de pavimento, así como también los trabajos de mantenimiento que serán

requeridos durante a vida útil del pavimento.

El suelo de fundación proporciona una parte sustancial de la capacidad general del sistema estructural del pavimento, especialmente para los pavimentos flexibles. Los esfuerzos generados por las cargas de tráfico son mayores en las capas superiores, y disminuye con la profundidad. Por consiguiente, los materiales de mayor calidad y por lo general de mayor costo son utilizados en las capas superiores del pavimento, y los de menor calidad y menor costo se utilizan para las capas más profundas de la estructura. Esta optimización del uso de materiales reduce los costos de construcción y maximiza la capacidad de utilizar materiales disponibles localmente. Sin embargo, este enfoque también requiere una mayor atención a las capas de menor calidad en el diseño (el suelo de fundación) con el fin de reducir los costos del ciclo de vida del pavimento, ya que las

capas superiores deberían ser las únicas que requieren mantenimiento o reemplazo a lo largo de la vida útil del pavimento (Menendez, 2016).

Mecánica de suelos.

Terzaghi dice: La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería, que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

La mecánica de suelos incluye:

- a. Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.
- b. Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- c. Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Métodos de Exploración de suelos

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, (2017), indican y explican que los principales tipos de exploración de suelos (sondeos) que se usan en Mecánicas de Suelos para fines de muestreo son los siguientes:

Métodos de exploración preliminares:

- **Pozos a cielo abierto:** Consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.
- **Perforaciones con posteadora o barrenas helicoidales:** En estos sondeos la muestra obtenida es completamente alterada, pero suele ser representativa en lo referente a contenido de agua.
- **Métodos de lavado:** Este método constituye un procedimiento económico y rápido para conocer aproximadamente la estratigrafía del subsuelo, se usa también en ocasiones como auxiliar de avance rápido en otros métodos.
- **Método de penetración estándar:** El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial (muestreador o penetrómetro estándar); este método entre todos los preliminares es el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al subsuelo.

- **Método de penetración cónica:** Consiste en hacer penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece.

Métodos de sondeo definitivo:

- **Pozos a cielo abierto:** Cuando es factible este método, debe considerarse el mejor de todos los métodos de exploración a disposición del ingeniero.
- **Métodos con tubos de pared delgada:** La alteración producida por esta extracción es un factor importante y cuando se recurra al procedimiento de cortar longitudinalmente al muestreador para evitar la fricción lateral.
- **Métodos rotatorios para roca:** Cuando un gran bloque o un estrato rocoso aparezca en la perforación se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamantes o del tipo de cáliz.

Métodos geofísicos:

- **Sísmico:** Este proceso se funda en la diferente velocidad de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes materiales.
- **De resistencia eléctrica:** Este método se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, presentan una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a su través.
- **Magnético y gravimétrico:** Se usa un magnetómetro que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada en varias estaciones próximas entre sí.

Propiedades físico mecánica de los suelos.

Para el diseño del pavimento se requiere, en primer término, conocer las propiedades de los suelos que servirán como suelo de fundación y subrasante pudiendo ser naturales o transportados como es el caso de los rellenos. (Ministerio de Transportes Comunicaciones, 2014).

Las propiedades físico – mecánicas del suelo nos brindarán información básica para utilizar en el diseño y conocer las propiedades del mismo; para lo cual necesitamos extraer muestras mediante algún método anteriormente mencionados para ser posteriormente estudiadas en laboratorio.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos que se realizarán en laboratorio son los siguientes:

Contenido de Humedad (MTC E108-2000)

El contenido de humedad del suelo, también conocido como contenido de agua presente en el suelo. Por definición, el contenido de humedad es a relación del peso del agua en un amuestra con el peso del solido (secado en el horno) en la muestra, expresado como porcentaje (w).

Se expresa mediante la ecuación:

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad ; \quad W_w = W_h - W_s$$

donde:

w (%): Contenido de humedad expresado en porcentaje.

Ww: Peso del agua contenida en la muestra de suelo (gr.)

Wh: Peso de la muestra húmeda (gr.)

Ws: Peso de la muestra seca (gr.) (Menéndez Acurio, 2016)

Análisis Granulométrico (MTC E107-2000 ASTM D 422-69 Y ASTM 2217-85)

El análisis granulométrico, el cual se encuentra entre los ensayos de suelos más antiguos, es usado en la clasificación de suelos y es parte de las especificaciones de suelos para aeropuertos, carreteras, presas de tierra y otras construcciones con terraplenes de tierra. El análisis granulométrico estándar determina las proporciones relativas de distintos tamaños de granos mientras son distribuidos en ciertos rangos de tamaño, el cual se conoce como distribución granulométrica.

En los suelos granulares nos da una idea de su permeabilidad y en general de su comportamiento ingenieril, no así en suelos cohesivos donde este comportamiento depende más de la historia geológica del suelo.

El análisis granulométrico nos permite estudiar el tamaño de las partículas y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen. Este tipo de análisis se realiza por tamizado, o por sedimentación cuando el tamaño de las partículas es muy pequeño, se puede encontrar gravas, arenas, limos y arcillas. Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

La información obtenida del análisis granulométrico puede en ocasiones utilizarse para predecir movimientos del agua a través del suelo, aun cuando los ensayos de permeabilidad se utilizan más comúnmente. La susceptibilidad de sufrir la acción de las heladas en suelo, una consideración de gran importancia de climas muy fríos, puede predecirse a través del análisis granulométrico del suelo. (Menéndez Acurio, 2016).

Limite líquido, limite plástico y determinación del índice de plasticidad (MTC E110 Y MTC 111, ASTM D 4318-95A)

Los índices de plasticidad describen la respuesta de un suelo a los cambios en el contenido de humedad. Las arcillas pueden ser muy plásticas, los limos son menos plásticos y las arenas y gravas no tienen plasticidad. La plasticidad del suelo se establece en base a los límites de Atterberg, que corresponden a los valores de contenido de humedad:

- El límite líquido (LL), que define la transición entre los estados líquido y plástico.
- El límite de plástico (LP), que define la transición entre los estados y semi-sólido de plástico.
- El límite de contracción (SL), que define la transición entre sólido y semi sólido.

Las arcillas y algunos suelos finos muestran plasticidad si la cantidad apropiada de agua está presente en el suelo. Un suelo plástico es aquel que puede deformarse más allá del punto de recuperación sin romperse ni cambiar de volumen. Esos suelos pueden ser remodelados.

El límite líquido es el máximo contenido de agua que un material puede contener y manteniendo aun su plasticidad. Una mayor cantidad de agua ocasionaría que se convierta en un líquido espeso.

El límite plástico es el contenido menos de agua que un material puede tener para un comportamiento clásico. Con menos agua el suelo se torna quebradizo y se rompe en fragmentos al intentar remodelar los. El índice de plasticidad (IP) es la diferencia numérica entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

$$IP = LL - LP$$

Un valor alto de IP, nos indica que el suelo es altamente plástico; un valor bajo denota un suelo con poca plasticidad. A medida que el contenido de agua disminuye por debajo del límite plástico, la masa de suelo se retrae y se torna rígida. Ya que no existe una distinción exacta entre los estados de consistencia líquido, plástico, sólido, procedimientos estandarizados han sido establecidos para determinar el límite líquido y el límite plástico.

Estos límites de consistencia, así como el límite de retracción, son llamados Límites de Atterberg. (Menéndez Acurio, 2016).

Clasificación de Suelos

Para la clasificación de suelos en carreteras se puede emplear dos sistemas AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS. El sistema SUCS se utiliza con mayor frecuencia en suelos y, por ende, para la Clasificación del material de subrasante, mientras que el sistema de clasificación AASHTO es utilizada con frecuencia para la clasificación de materiales de subbase y base. (Menendez Acurio, 2016).

Sistema de Clasificación AASHTO (American association of state highway officiale)

Un sistema de clasificación de los suelos, es una agrupación de estos con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para la cual se desarrollaron, por consiguiente, sólo se explicarán las clasificaciones empleadas en obras viales.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo". Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0. El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de subrasante, subbase y bases. El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, como: A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc.

Cuando el suelo es NP o cuando el límite no puede ser determinado, el índice de grupo debe considerarse (0). Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto y fuerte. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Clasificación General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W_L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$				
	Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

Figura 1: Sistema de Clasificación AASHTO. (Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos).

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Está basado en la identificación de los suelos según sus calidades estructurales, la plasticidad y la agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción.

Para la clasificación se toma en cuenta lo siguiente:

- Porcentaje de la fracción que pasa el tamiz N° 200
- Forma de la curva de distribución granulométrica
- Características de plasticidad y compresibilidad.

Los suelos se separan en tres grupos.

- Suelos de grano grueso
- Suelos de grano fino
- Suelos altamente orgánicos

Los suelos de grano grueso:

Se dividen en gravas (G) y arenas (S), las gravas contienen un 50% $>$ de la fracción gruesa retenida en el tamiz N° 4 (4.75 mm). Y las arenas son aquellos suelos cuya porción 50% $>$ pasa el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G) como las arenas (S) se dividen en cuatro grupos secundarios:

- GW, SW: Limpio de finos bien graduado
- GP, SP: Limpio de finos mal graduado
- GM, SM: Con cantidad apreciable de finos no plásticos
- GC, SC: Con cantidad apreciable de finos plásticos.

Los suelos de grano fino:

Los limos (M) y las arcillas (C), se dividen a su vez en dos grupos secundarios basados en el hecho de que el suelo tiene un LL relativamente bajo (L = low), o alto (H = high)

Los suelos altamente orgánicos:

Son usualmente muy comprensibles y tienen características inadecuadas para la construcción. Se clasifican dentro del grupo designado por el símbolo Pt: turba, el humus y los suelos de pantanos son ejemplos típicos de este grupo de suelos.

DIVISION MAYOR		GRUPO SIMBOLOS	DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GW	Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos.	$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 No reúne los requisitos de granulometría para GW Limites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7	
		GP	Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos		
		GM	d		Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla.
			u		
		GC	Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante.		
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 20)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún finos)	SW	Arena bien graduada y arena gravilosa. Poco o ningunos finos.	$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 No reúne los requisitos de granulometría para SW Limites de Atterberg la línea "A" o I.P. menor de 4 Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. menor de 7
			SP	Arena mal graduado. Arena gravilosa. Poco o ningunos finos.	
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	d	Arena con finos. Arena muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla	
			u		
		SC	Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante		
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	ML	Limos inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad.	Menos del 5% Más del 12% Más del 17% Más del 20% Más del 25% Más del 30% Más del 35% Más del 40% Más del 45% Más del 50% Más del 55% Más del 60% Más del 65% Más del 70% Más del 75% Más del 80% Más del 85% Más del 90% Más del 95% Más del 100%	
		CL	Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla floja		
		OL	Limos. Orgánico. Limos - arcilla orgánico de baja plasticidad.		
	LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	MH	Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico		
		CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas		
		OH	Arcilla orgánica de media o alta plasticidad		
	Suelos altamente orgánico		Pt.		Turba (pect) y otros materiales altamente orgánicos.

Figura 2: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos.

Determinación del perfil de suelos

La primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, la forma como éstos están dispuestos en capas y la detección de la posición del nivel freático.

Debe registrarse, además, la posición del nivel freático en caso de detectarse, por cuanto este dato es importante para el diseño de los dispositivos de sub drenaje que sean necesarios en la obra vial.

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de las figuras 3 y 4:

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 3: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO (Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos)

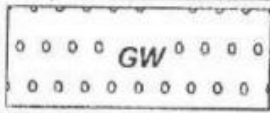


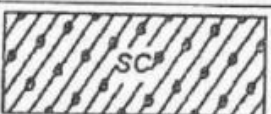
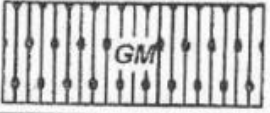



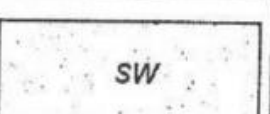
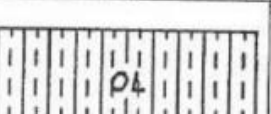
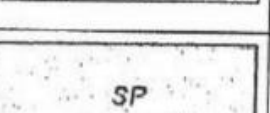
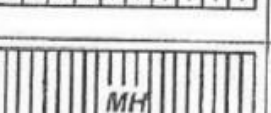
	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatomeacea, limo elástico

Figura 4: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS. (Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos)

Ensayo de Compactación (ASTM D 1557-91)

La compactación es uno de los procedimientos básicos de la construcción que comprende la subrasante y base de carreteras y pavimento de aeropuertos, terraplenes y estructuras similares. La compactación es el proceso de incrementar la cantidad de sólidos por unidad de volumen de suelo con técnicas mecánicas.

Este aumento de densidad tiene un efecto importante en el mejoramiento de propiedades del suelo tales como resistencia, permeabilidad y compresibilidad.

La cantidad de compactación es cuantificada en términos de densidad de suelo (peso unitario seco). Usualmente, el suelo puede ser compactado (y en consecuencia alcanzar una mayor densidad) si solo es añadida cierta cantidad de agua. El agua actúa como un lubricante, permitiendo que las partículas del suelo se cohesionen mejor. Sin embargo, si es que se agrega mucha agua, se obtendrá menos densidad porque el exceso de agua separa las partículas del suelo.

En consecuencia, para una determinada energía de compactado existe un contenido de humedad particular, en el cual la densidad seca es mayor y la compactación es

mejor. Este contenido de humedad, y la densidad seca asociada es llamada máxima densidad seca. (Menéndez Acurio, 2016)

Ensayo Razón Soporte California CBR (ASTM D 1883 y AASHTO T193)

El ensayo CBR es una medida indirecta de la resistencia del suelo a penetración y se tratade un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, subbase y base para uso en carreteras y aeropuertos, aunque por sí mismo no representa una propiedad fundamental del material. El valor CBR obtenido puede ser aplicado directamente para el diseño de pavimentos en los métodos empíricos y a través de correlaciones con el módulo resiliente en el caso de los métodos mecanísticos empíricos. El ensayo fue desarrollado por la División de Carreteras de California en 1929 y adoptado por el Cuerpo de Ingenieros para usarlo en el diseño de pavimentos flexibles en lugares donde el congelamiento no es un factor de control.

Requisitos de los materiales.

Los materiales deberán cumplir con los requerimientos que se dan a continuación. Los materiales que incumplan estos requisitos y sus tolerancias, serán rechazados.

De la Sub-Base:

Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos:

Tabla 1

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4,25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 2

Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Límite Líquido	NTP 339.129:1998	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1998	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

* 30% para pavimentos rígidos y de adoquines. 40% para pavimentos flexibles.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos

De la Base:

Estos materiales deberán cumplir los requisitos de gradación establecidos:

Tabla 3

Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

Tabla 4

Valor Relativo de Soporte, CBR

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos

Tabla 5*Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Partículas con una cara fracturada	MTC E – 210 (1999)	80% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E – 210 (1999)	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales Solubles	NTP339.152:2002	0,5% máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	---	12% máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	---	18% máximo

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos

Tabla 6*Requerimientos del Agregado Fino de Base Granular (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos)*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3000 msnmm	> 3000 msnmm
Índice Plástico	NTP 339.129:1999	4% máximo	2% máximo
Equivalente de arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Índice de durabilidad	MTC E214-2000	35% mínimo	

Pavimento

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

- **Capa de rodadura:** un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ≥ 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

- **Subbase:** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Pavimento Flexible

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Ventajas y desventajas de los pavimentos flexible

Ventajas:

- Mayor drenabilidad: Las mezclas asfálticas de granulometría abierta proporcionan una drenabilidad mayor al permitir el desalojo del agua transversalmente sobre la macro textura superficial que presentan, reduciendo el hidroneo y la proyección de agua.
- Confort: La sensación de confort que experimentan los pasajeros a bordo del vehículo es mayor sobre pavimentos asfálticos que sobre rígidos, debido a la naturaleza misma del pavimento asfáltico, su flexibilidad y a que las mezclas asfálticas se disponen en varias capas y no solo en una, como en el concreto.
- Resulta más económico en su construcción inicial.
- Transmite las cargas hacia las capas inferiores, por lo que necesita mayor cantidad de material en las bases.

Desventajas:

- Requieren que las acciones de mantenimiento sean adecuadas y constantes para que brinde un buen servicio durante la vida útil.
- Las cargas pesadas producen roderas y dislocamientos en el asfalto y son un peligro potencial para los usuarios. Esto constituye un serio problema en intersecciones, casetas de cobro de cuotas de peaje, rampas, donde el tráfico

está constantemente frenando y arrancando. Las roderas llenas de agua de lluvia en estas zonas, pueden causar derrapamientos, pérdida de control del vehículo y, por lo tanto, dar lugar a accidentes y a lesiones personales.

(Salazar, 2014)

Determinación de la subrasante de diseño

La subrasante de diseño debe ser calculada siguiendo el procedimiento que cada método de diseño plantea. A continuación, se mostrará de manera resumida el procedimiento requerido:

Método de la Norma Peruana del MTC de diseño de Pavimentos.

En el caso de la norma peruana del MTC (2013) se considera un material apto para ser considerado como subrasante cuando su CBR es mayor o igual al 6%. Si tiene un CBR menor se debe plantear el mejoramiento o reemplazo de dicho suelo. El CBR de diseño se calcula de acuerdo a los siguientes pasos:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño en base al promedio del total de valores analizadas por sector de características homogéneas.

2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño en base a lo siguiente:

Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (más bajo).

3. Una vez definido el valor de CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o sub tramo, según el cuadro siguiente:

Tabla 7

Categorías de la Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Diseño de pavimentos

Diseño de Pavimento Flexible

Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías AASHTO-93 y PCA, comúnmente empleadas en el Perú. (Ministerio de Vivienda, 2010).

Para la presente tesis se optó por usar la Metodología AASHTO 93 pues ha demostrado una gran efectividad para hallar los espesores correctos de las capas del pavimento, además de que es fácil de utilizar.

Método AASHTO 1993 para pavimentos flexibles (AASHTO 1993)

En la metodología AASHTO-93 para diseño de estructuras de pavimento flexible, se presenta un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro llamado número estructural (SN) cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento, está en función del tránsito y la confiabilidad entre otros. Para la determinación de este parámetro se utiliza normalmente un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo los valores de los demás parámetros como son el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad, se obtiene el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento. (García Morales, 2015).

Procedimiento de diseño

El objetivo principal es determinar los espesores de las capas de pavimento diferentes para satisfacer los objetivos de diseño. El procedimiento de diseño se puede dividir en los pasos que se indican a continuación:

Calcular el tráfico para el periodo de diseño.

Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar total.

Establecer el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante Mr.

Determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño.

Obtener el número estructural SN.

Establecer los espesores que satisfagan SN.

(Menendez Acurio, 2016)

Tráfico vial

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Tabla 9

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño

Tabla 10

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Flexibles, Semi-rígidos y Rígidos (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Crecimiento de tránsito

(Minaya Gonzales y Ordoñez Huaman, 2006). El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tránsito durante un período de años; por lo tanto, el crecimiento del tránsito se debe anticipar. El crecimiento puede considerarse como el Factor de Crecimiento:

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: tasa de crecimiento anual, %

n: período de diseño en años

Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%. Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la AASHTO: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Tabla 11

Factor de crecimiento (Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993)

Período de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual, g en porcentaje							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Periodo de diseño

El periodo de diseño está relacionado con los requerimientos de cada entidad o las condiciones contractuales; sin embargo, de acuerdo a la importancia de la vía, este puede estar comprendido dentro 5 años hasta 20 años, en el caso de vías de mayor importancia. El manual de diseño del MTC (2014) indica que el periodo de diseño a ser empleado para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, que puede darse en dos etapas de 10 años cada una y periodo de diseño en una etapa de 20 años. (Menendez Acurio, 2016).

Confiabilidad

El nivel de confiabilidad (R) es seleccionado en función de la clasificación funcional de la carretera y el tipo de zona (urbana o rural). La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento tendrá una duración para el periodo de diseño sin fallar. Un mayor valor de la confiabilidad asegurará un mejor comportamiento, pero se requerirá mayores espesores de cada capa. El siguiente cuadro presenta los valores recomendados por AASHTO para las diferentes clasificaciones funcionales de carreteras. (Menendez Acurio, 2016)

Tabla 12

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Desviación Estándar Combinada

La desviación estándar combinada (S_o) es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medioambiente, incertidumbre del modelo.

La Guía AASHTO recomienda adoptar, para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.4 y 0.5. En el Manual del MTC (2014) se adopta el valor de 0.45 para diseños recomendados. (Menendez Acurio, 2016).

Desviación estándar normal (Z_r)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. (Menéndez Acurio, 2016)

Tabla 13

Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_r) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{F0}	100,001	150,000	-0.385
	T_{F1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{F2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{F3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{F4}	750,001	1,000,000	-0.842
	T_{F5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
Resto de Caminos	T_{F6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{F7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{F8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{F9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{F10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{F11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{F12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{F13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{F14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{F15}	>30	3,000	-1.645

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Módulo Resiliente

Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad R.

Durante el año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo resiliente. Con este fin se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los resultados se divide el año en periodos en los cuales el Mr es constante.

Evaluación de los materiales

Para el diseño de los espesores de una sección estructural del pavimento flexible, el método actual del Instituto del Asfalto, considera como parámetro fundamental, dentro de la evaluación de los materiales, la obtención del Módulo de Resiliencia (Mr) de la subrasante.

Sin embargo, reconocen que no todos los organismos tienen el equipo adecuado para llevar a cabo tal prueba, por lo que han establecido factores de correlación entre Mr y la prueba estándar de Valor Relativo de Soporte CBR. Señalan que los resultados son bastante aproximados; sin embargo, para un diseño preciso, se recomienda llevar a cabo la prueba del Módulo de Resiliencia para la subrasante. Factores recomendados de correlación:

$Mr = 1500 \times CBR$ Para $CBR < 10\%$. (AASHTO) – Origen Heukelom & Klomp (1962).

$Mr = 3000 \times CBR^{0.65}$ Para $7.2\% < CBR < 20\%$ - Origen Sudáfrica.

$Mr = 4362 \times \ln CBR + 241$ Para $CBR > 20\%$.

$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$ Amplia gama de valores – Origen AASHTO 2004 Design Guide.

Coefficientes Estructurales de capa

La estructura del pavimento flexible está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias. Una vez que el diseñador ha obtenido el número estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta, de la capa base y de la sub base:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d1, d2, d3 = espesores de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Los subíndices 1, 2 y 3 se refieren a las capas de carpeta asfáltica, base y sub base (si se aplica) respectivamente. Los coeficientes de capa dependen del módulo resiliente del suelo (MR), se determinan empleando los conceptos esfuerzo-deformación de un sistema multicapa. Los coeficientes de capa usados en la pista de prueba AASHO son: (Minaya Gonzales y Ordoñez Huamán, 2006)

Concreto asfáltico superficial,	a1 0.40 - 0.44 pulg-1
Base de piedra chancada,	a2 0.10 - 0.14 pulg-1
Sub base de grava arenosa,	a3 0.06 - 0.10 pulg-1

El coeficiente estructural de capa es una medida de capacidad relativa de una unidad de espesor de un determinado material para funcionar como un componente estructural del pavimento. Tres coeficientes de capa estructural (a1, a2, a3) son necesarios para la superficie, base y subbase, respectivamente. Estos coeficientes fueron determinados en las pistas de pruebas de AASHO y se pueden estimar a partir de correlaciones con las propiedades del material, tal como se muestra en las siguientes figuras: (Menendez Acurio, 2016)

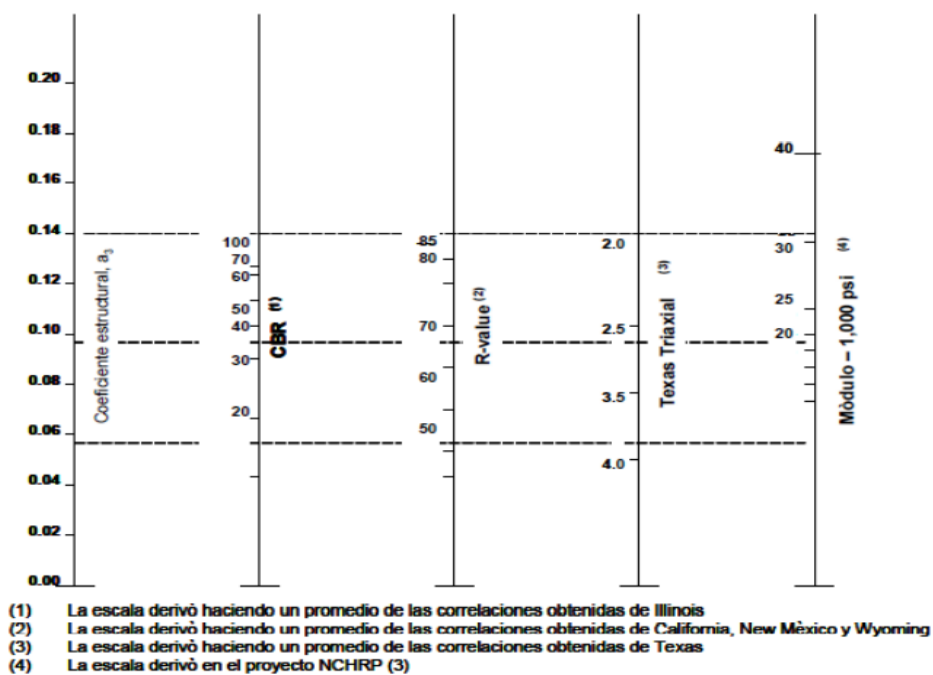


Figura 5: Variación en el coeficiente estructural de la capa de la base granular (a2)
 Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

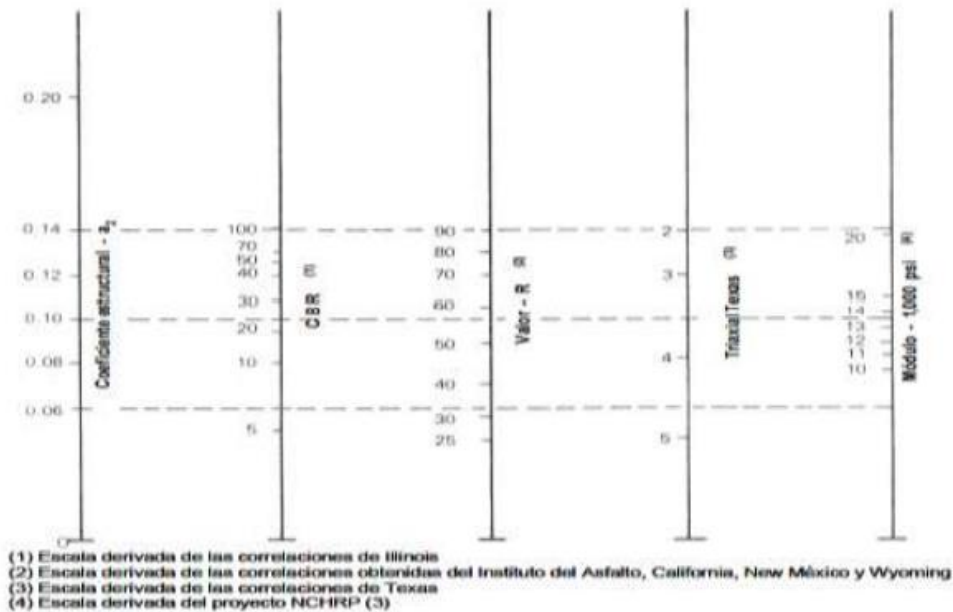


Figura 6: Variación de coeficiente de capa de sub base granular (a3).

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

Serviciabilidad

La Serviciabilidad representa el confort o comodidad de circulación que la vía ofrece al usuario. Su valor está comprendido entre 5 (condición máxima ideal) y 0 (condición de completo deterioro). Inicialmente se basaba en la evaluación visual de un grupo de calificadores (PSR). Posteriormente, se relacionó con el cambio en la pendiente, fisuras, parchados y ahuellamiento. Sin embargo, es bastante difundida la relación entre serviciabilidad y rugosidad.

La pérdida de serviciabilidad es la diferencia de serviciabilidad inicial y la final.

La serviciabilidad inicial p_0 es la condición que alcanza la vía inmediatamente después de ser construida y depende de la calidad de construcción, las condiciones topográficas y la estructuración del pavimento. El valor típico para una p_0 nuevo pavimento es de 4.5 a 3.8; mientras que la serviciabilidad final (p_t) es la condición mínima que se espera alcanzar al concluir el periodo de diseño. Los valores recomendados para p_t son 3.0, 2.5 o 2.0 para autopistas, caminos intermedios y caminos secundarios, respectivamente. La pérdida de serviciabilidad se expresa como: $\Delta \text{PSI} = p_0 - p_t$

La guía de diseño del MTC presenta una relación directa entre el tráfico y la serviciabilidad. Los valores indicados en dicha guía se muestran en la tabla 18, se aprecia que, a mayor cantidad de ejes equivalentes de diseño, la pérdida de serviciabilidad debe ser menor (Menendez Acurio, 2016).

Tabla 14*Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) Según Rango de Tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	1.80
	T _{P2}	300,001	500,000	1.80
	T _{P3}	500,001	750,000	1.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	1.50
	T _{P10}	10,000,001	12,500,000	1.50
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	1.50
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	1.20
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	1.20
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	1.20
	T _{P15}	>30,000,000		1.20

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

Coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje es la relación que existe entre el módulo resiliente en una condición de humedad óptima con respecto al módulo para una cierta condición de humedad. El valor 1.0 representa que las condiciones de drenaje son similares a las de las pistas de pruebas de AASHO, mientras que los valores por encima de 1.0 se trata de condiciones mejores que las obtenidas durante la pista de pruebas (Menéndez Acurio, 2016).

Tabla 15

Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje mi Para Bases y Sub Bases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MEJOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAJOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

Diseño de Espesores

El número estructural (SN) es un valor índice que combina espesores de las capas, la capa de coeficientes estructurales y los coeficientes de drenaje. El SN se calcula con la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W_{18} : número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas

Z_R : Desviación estándar normal

S_o : error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento

ΔPSI : diferencia entre en índice de servicio inicial y final

M_R : módulo resiliente

SN : número estructural

(Menéndez Acurio, 2016)

Espesores mínimos

Tabla 16

Valores recomendados de Espesores Mínicos de Capa Superficial y Base Granular

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T _{P2}	300,001	500,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T _{P3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T _{P4}	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
Resto de Caminos	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014.

Estudios de tráfico

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, así como estimar el origen - destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño cada tramo de la carretera. El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de

transporte; mientras que, el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular.

El estudio del tráfico nos determina el ESSAL, parámetro para diseñar los espesores del pavimento, el procedimiento de cálculo se presenta en el Capítulo IV de la presente tesis.

Clasificación de los vehículos

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o trídem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido por eje es:

- Eje simple: 7 ton de rueda simple y 11 ton de rueda doble.
- Eje tándem: 12, 16 y 18 ton.
- Eje trídem: 16, 23 y 25 ton.

Con esta clasificación se logra determinar el tipo de vehículo que transitara por la zona, ya que cada vehículo está conformado por un tipo de eje y así sabremos a la cantidad de ellos. Esto es muy importante ya que dependiendo del peso que cargue cada eje se le asignará un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar.

Estimación de la tasa de crecimiento

Se requiere de datos históricos que ayuden a tener una idea de cómo va aumentando la cantidad de vehículos que transitan por esa carretera. Depende de las actividades de la zona, del crecimiento poblacional, etc.

Factores destructivos

Para hallar el número de ejes equivalentes que se presentan en el tramo, primero se debe uniformizar los tipos de vehículos que circulan bajo un mismo estándar. Dicho estándar está representado por el factor equivalente de carga por eje, teniendo como base los ejes de 18 kip u 80 kN. Este factor es el denominado factor destructivo.

Cada eje que conforma algún vehículo tiene un peso que puede ser igual o diferente a la carga estándar. Para el caso de nuestra Norma, todos son diferentes por lo que resulta necesaria la aplicación de factores.

Por otro lado, dependiendo del tipo de pavimento a utilizar, existen dos ecuaciones diferentes para estimar estos factores. Si el pavimento es flexible se utilizarán los valores

proporcionados por el Instituto del Asfalto, en cambio sí es rígido se utilizarán los de la AASHTO.

Estudios hidrológicos-pluviométricos

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son importantes para poder determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario, en la metodología AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de m_i que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles. De igual forma, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del Instituto del Asfalto.

Impacto Ambiental

La EIA se utiliza para describir los impactos ambientales resultantes de proyectos o actividades humanas de cualquier tipo, tanto incluyendo los impactos causados por los procesos, como los productos de esa actividad

Es importante resaltar que la EIA contribuye al desarrollo sostenible, ayudando tempranamente a guiar a los responsables de la toma de decisiones, porque incorpora los costos de las medidas de protección ambiental, y pone a disposición alternativas eficientes (Espinoza, 2007).

De esta manera, debido a las diversas aplicaciones y beneficios resultantes de la EIA, se pueden encontrar diferentes denominaciones por varios autores. La EIA según Arce (2013), es un proceso de análisis que confronta las características del medio ambiente y las actividades propias de un proyecto, para identificar los posibles impactos ambientales y buscar la manera de mitigarlos.

Por otro parte, La EIA es considerada como el proceso que emerge de la National Environmental Policy Act (NEPA) en 1970 en Estados Unidos, y es usado como la herramienta que captura la idea esencial que evalúa las acciones propuestas (de políticas de proyectos) para las implicancias que se den respecto al ambiente y de lo social hasta biológico, antes que las decisiones respecto a la realización de un proyecto sean tomadas, tomando medidas apropiadas para cada acción (Morgan, 2012). Por lo cual, se concluye la importancia de realizar un EIA antes de realizarse las acciones de un proyecto, empleando métodos de valoración cualitativa que permita obtener datos

más reales de los posibles impactos. Con un similar concepto, Conesa Fdes (2010) señala que la EIA es un proceso Jurídico-Administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención corrección y valoración de los mismos. Este proceso al tener carácter legal, contribuye a la determinación de la factibilidad de un proyecto, basándose en los impactos negativos y positivos que pudieran producirse, y realizando un balance que determine su ejecución.

Por último, se puede concluir que la EIA es instrumento de advertencia temprana y análisis continuo para prevenir, mitigar, remediar o compensar efectos indeseables de los impactos ambientales, entendido como el conjunto de análisis científicos técnicos necesarios a realizarse para evaluar los impactos (CONAM, 1999). La EIA busca compensar los efectos negativos que pudieran presentarse mediante la elaboración de planes de mitigación y compensación, dando como resultado que los impactos negativos generados, puedan reducirse en una medida que no resulte una amenaza para el ambiente.

Antecedentes

Estado del Arte EIA Orígenes y Desarrollo

En los años 60 se presenta las primeras incorporaciones formales del proceso de evaluación ambiental al ámbito legal, orientadas a controlar la contaminación del agua, aire o suelo producida por las diferentes actividades industriales. De esta manera, el comienzo de las bases legislativas de EIA, se dan en Estados Unidos con la NEPA que trata los problemas ambientales de forma conjunta; y marcó el comienzo de políticas ambientales para el resto de países industrializados (Collazos, J, 2009).

Sin embargo, la NEPA abarca otros temas debido a que es una ley integral de medio ambiente que establece la obligatoriedad de analizar desde un enfoque ambiental, todas las políticas, planes y programas que se dicten, y se unen en una única legislación sobre espacios naturales protegidos y control de la contaminación (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Por otra parte, en el ámbito internacional, la institucionalización de la EIA ha progresado significativamente en los últimos años debido al reconocimiento político de los problemas asociados al cambio climático, pérdida de biodiversidad, amenazas a la calidad de agua y otras alteraciones ambientales (Morgan, 2012). Algunos de los convenios y tratados realizados fueron el Convenio sobre Evaluación de Impacto Ambiental Transfronterizo,

Convenio sobre la Conservación de las Zonas Húmedas y sus Valores, Cumbre de Río de Janeiro sobre Diversidad y Cambio Climático, Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente, Protocolo de Kyoto sobre el Cambio Climático y el Convenio de las Naciones Unidas sobre Leyes de Aguas. De esta forma, la EIA es reconocida en diferentes convenciones, protocolos y acuerdos internacionales. Por lo que, en el año 2011, los países de las Naciones Unidas que contaban con leyes nacionales o leyes que hacían referencia a leyes internacionales sobre el EIA como instrumento de gestión ambiental, eran 191 de 193 países.

Efectividad de EIA

El proceso de EIA se ha ido estableciendo alrededor del mundo, con el desarrollo de leyes ambientales y estándares internacionales; así como el apoyo de los grupos profesionales, agencias internacionales que proporcionan guía para el desarrollo del proceso y estudios basados en casos particulares. Sin embargo, la Evaluación de Impacto Ambiental ha tenido, durante los últimos años, menos apoyo e importancia de lo que sus creadores pensaron que sería en influenciar proyectos y la toma de decisiones (Macintosh & Waugh, 2014). Esto debido a las diferentes carencias y dificultades que se presentaran a lo largo del desarrollo de la EIA. Por lo cual, es necesario realizar modificaciones para mejorar el desempeño de EIA con la finalidad de que cumple con sus objetivos principales.

La efectividad de EIA busca determinar las diferencias que se logran realizando este proceso, así como si se cumplen con los objetivos principales de la evaluación de impacto ambiental. De esta manera, se puede evaluar el desempeño de la EIA en un principal objetivo que es el asegurar que las consideraciones ambientales sean tomadas en cuenta en el proceso de toma de decisiones (Jay , Jones, Slinn, & Wood, 2007).

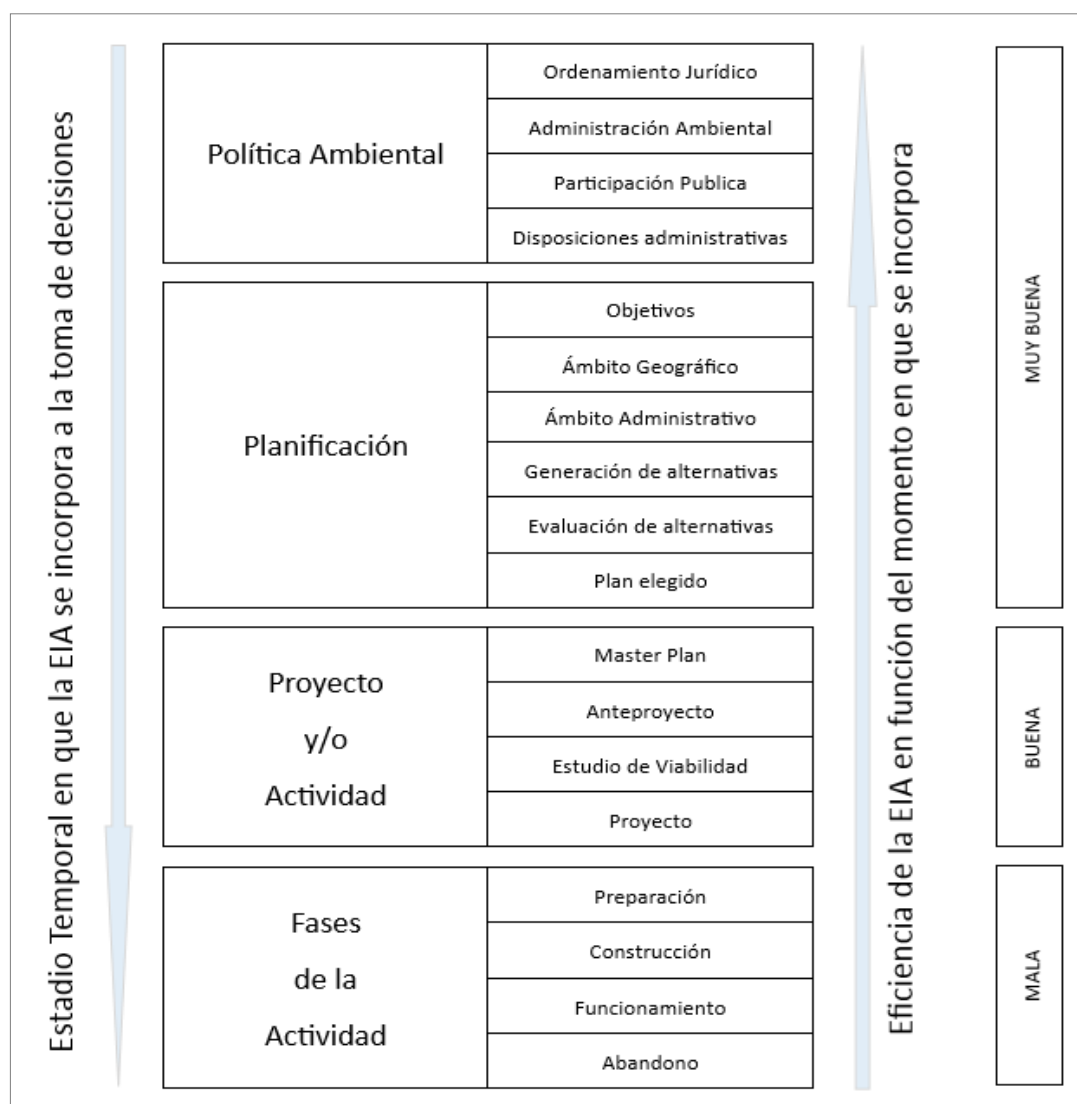
Al realizar la evaluación de efectividad de la EIA es necesario considerar, tanto el contexto socio- económico, político y cultural donde se lleva a cabo el proyecto, así como la naturaleza y propósitos que se manejan de la Evaluación de impacto ambiental (Morgan, 2012).

Primero, la efectividad de la EIA depende de las políticas de la región donde se llevará a cabo el proyecto, ya que la potencia de este instrumento se basa en la capacidad legal de prohibir proyectos que puedan generar impactos ambientales irreversibles, lo cual resulta una capacidad minorada en la práctica por la frecuencia con que se imponen los criterios económicos y políticos, no permitiendo la participación de la EIA en la toma de decisiones (Gómez Orea, 2003).

Segundo, es importante examinar la integración en los procesos de la EIA a la toma de decisiones, debido a que en la etapa donde se incorpore la EIA será determinante para evaluar su efectividad, tal como se describe en la Tabla 17.

Tabla 17

Eficiencia de la incorporación de la EIA



Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Por último, la EIA envuelve otros beneficios como es el incremento de conciencia ambiental y la enseñanza a los especialistas, comunidades e interesados involucrados, lo cual permite realizar una contribución a los asuntos ambientales, en un futuro, en los proyectos propuestos por individuos interesados en realizar planes ambientalmente más aceptables desde sus inicios. De esta manera, la efectividad de la EIA se basa en contribuir de otras formas a la toma de decisiones (Cashmore, 2004).

Limitaciones de EIA

Las limitaciones de la EIA que no se han logrado superar hasta la actualidad, y han contribuido a su comportamiento hasta el presente serán presentadas a continuación:

Solo se aplica proyectos individuales que no permiten evaluar ambientalmente las opciones estratégicas de nivel superior, por lo cual se recomienda en la actualidad que la EIA se realice después de una Evaluación Ambiental Estratégica que permitirá tener mayor integración en la evaluación ambiental de políticas, planes y proyectos.

Insuficientes consideración de los impactos acumulados, residuales y la interacción entre impactos. Por ejemplo, un la intervención en una sección de un río repercute aguas arriba y aguas abajo del propio sistema y los efectos llegan a ser más significativos. Estos impactos solo pueden ser afrontados desde una visión conjunta del aprovechamiento de los sistemas (Gómez Orea, 2003).

Inadecuada delimitación del ámbito espacial y los plazos temporales, lo cual no permite realizar una correcta identificación de los impactos y podría acarrear en la exclusión de impactos considerados significativos.

Limitada consideración de alternativas, ya que no existe un planeamiento estratégico y es reducido el número y carácter de las alternativas tácticas. Se debe considerar la integración de los objetivos, tecnologías, localización, tamaño, etc., con la finalidad de selección la mejor alternativa para el desarrollo del proyecto (Jay Jones , Slinn, & Wood, 2007).

Falta de participación pública, tanto en el proceso de elaboración del proyecto como en el proceso de la EIA; y esto debido al poco conocimiento del público de los asuntos legales, de licencia y planificación. Por otro lado, hay poco acceso a la información y a una asesoría legal que permita al público involucrarse en los asuntos ambientales del proyecto (Morgan, 2012).

La integración ambiental de los diferentes sectores de conocimiento, debido a que la EIA es un proceso multidisciplinario que abarca diferentes especialidades y deben desarrollarse en conjunto. Sin embargo, en el proceso actual de la EIA, cada especialidad realiza un estudio independiente del otro, dando como resultado un estudio deficiente.

Programa de Vigilancia Ambiental, el cual carece de un adecuado seguimiento y control del proyecto, así como no queda especificado el nivel de detalle a que deben definirse las medidas protectoras (Carrasco , Enriquez de Salamanca, Garcia , & Ruiz , 2013).

Principios de la Evaluación de Impacto Ambiental

Los principios que deben de ser respetados a lo largo de la Evaluación de Impacto Ambiental, para asegurar que se cumpla su propósito y que se base en las normas internacionales aceptadas. A continuación, en la Tabla 2 se detallan los principios básicos de la EIA, sin las cuales no se cumpliría su objetivo principal.

Tabla 18

Principios de EIA

PRINCIPIO	DESCRIPCION
Transparencia	Los requerimientos que contenga la EIA, deben ser comprensibles y asegurando que el público tenga acceso contaste a la información obtenida. Con el objetivo que todos los factores sean considerados en la toma de decisiones.
Utilidad	La EIA debe de colaborar a la resolución de problemas, buscando que las conclusiones sean aceptables y factibles para la ejecución del proyecto o actividad.
Sistemático	Asegurar que todas las alternativas que satisfagan el objetivo de la EIA sean consideradas y comparadas, describiendo los recursos ambientales involucrados y se diseñen las medidas necesarias para protegerlos.
Eficiencia	Debe buscar un equilibrio en términos de costo, tiempo y siendo consecuente de alcanzar las exigencias y objetivos aprobados.
Reproducibile	Permitir que terceros puedan evaluar independientemente las predicciones del proceso, y evaluar las conclusiones que se presenten en el análisis de impacto ambiental.
Flexibilidad	La EIA debe ajustarse a la realidad de cada zona de evaluación, identificando las realidades, resultados y circunstancias que pudieran presentarse a lo largo del proceso.
Interdisciplinario	Asegurar la contribución de diferentes especialidades en la evaluación, con el objetivo que la EIA sea más acertada y exhaustiva. De esta manera, conformar un equipo de trabajo que permite cumplir con todos los alcances descritos.
Participación	Proporcionar al público interesado y afectado, las oportunidades adecuadas de conocer y entender la acción propuesta, con la finalidad de que incorporen sus aportaciones y preocupaciones a la toma de decisiones.
Credibilidad	La EIA debe contar con altos estándares de precisión y exactitud, empleando metodologías y técnicas que sean las más apropiadas para cada caso.
Exhaustividad	Se debe contemplar las interrelaciones entre los diferentes aspectos físicos, biológicos, sociales y económicos, haciendo que la EIA sea de carácter integral.

Fuente: Elaboración Propia

Etapas de la Evaluación de Impacto Ambiental

La EIA es un proceso preventivo que evoluciona constantemente, y continúa rigiéndose por diversas exigencias legales, procedimiento y metodologías de análisis.

La EIA es un proceso iterativo, el cual presenta medidas de retroalimentación, las cuales son incluidas en el proceso con el objetivo de revisar y reconsiderar los impactos

ambientales de cualquier alternativa que puede darse a lugar. En la Figura 4, se representa en un flujograma los diferentes pasos lineales y etapas del proceso EIA (Espinoza, 2007).

Dependiendo de la jurisdicción del país donde se realiza la EIA, esta puede darle mayor o menor importancia a una de las actividades u omitirla. Sin embargo, la experiencia internacional muestra algunas etapas como obligatorias para su correcta aplicación como instrumento de gestión ambiental. De esta manera, se puede dividir el proceso en tres etapas importante: la etapa inicial, la etapa de análisis detallado y la etapa post-aprobación (Sanchez, 2002).

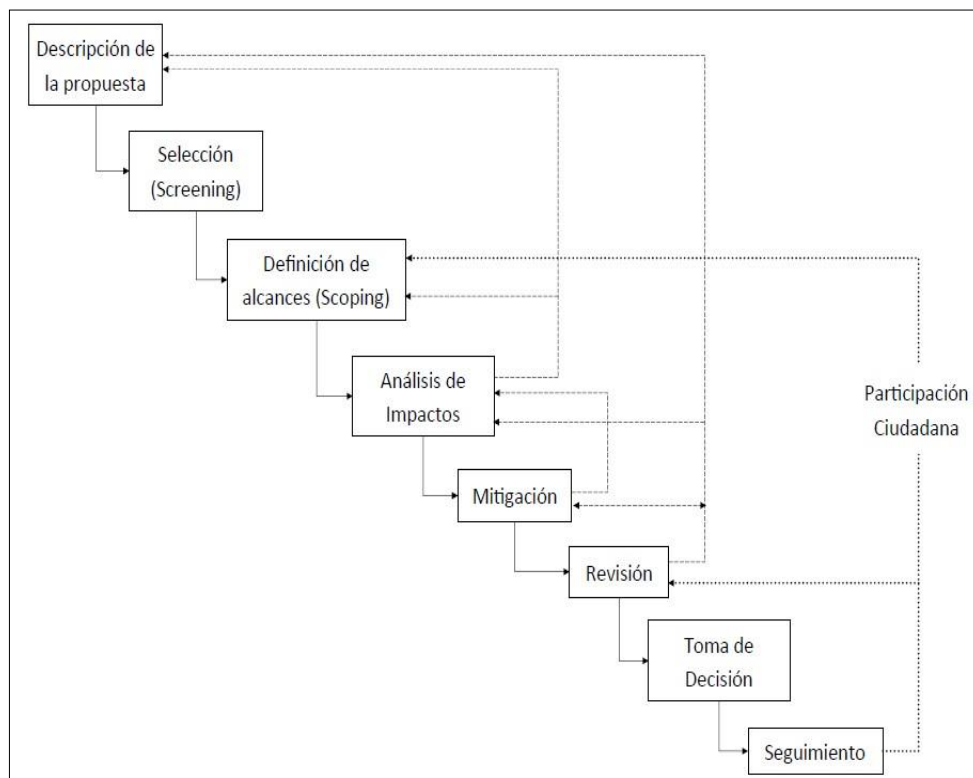


Figura 4: Proceso de la Evaluación de Impacto Ambiental

Fuente: (Espinoza, 2007)

Se definirá las actividades más relevantes de las etapas mencionadas.

Evaluación Preliminar

Se realiza con el objetivo de obtener la cobertura y alcance de una EIA. Desde los inicios del proceso, se debe contemplar la incorporación de los aspectos ambientales para tomar las decisiones correspondientes en el diseño de construcción y la localización del proyecto. De este modo, se pueden evitar los impactos ambientales significativos relacionados a localizaciones ambientalmente sensibles y realizar diseños que reduzcan los efectos ambientales.

Luego de estar determinada la forma y localización de la propuesta, se procede con los elementos más formales del proceso de EIA, los cuales son el “screening” y el “scoping”. El screening o selección hace referencia a la deliberación de si se necesita o no una EIA para la realización de la propuesta. Estas decisiones están influenciadas por el tipo y tamaño del proyecto, o también, la preocupación del proponente del proyecto por los posibles impactos ambientales. Por otra parte, el scoping o alcance se basa en la identificación de los impactos con más probabilidad de ser significativos; con la finalidad de enfocar el tiempo y recursos a tareas más importantes.

Es importante recalcar, que la cobertura y alcance se da a lo largo de todo el proceso de EIA, debido a diferentes variaciones en el diseño de proyecto que generen nuevos impactos antes no considerados (Espinoza, 2007).

Identificación, análisis, medición y jerarquización de los impactos significativos

Para realizar uno de los principales objetivos de EIA, el predecir los impactos ambientales de un proyecto, se debe considerar los siguientes elementos:

Línea base ambiental del emplazamiento, con la finalidad de entender y conocer como es el ambiente del emplazamiento en ausencia del proyecto en estudio. La determinación de la línea base se realiza mediante la revisión de datos o realizando estudios en el área de influencia.

Magnitud de los impactos, se debe realizar la predicción de tal magnitud con los cambios en el ambiente producidos por el proyecto. Estas alteraciones o cambios deben ser expresadas de manera cuantitativa si fuera posible. Por otra parte, para ciertos tipos de impactos se requiere una aproximación más cualitativa, donde los cambios pueden ser descritos o ilustrados. Sin embargo, no todos los impactos ambientales pueden ser descritos exactamente, por lo que se permite cierto grado de incertidumbre.

Grado de significancia de los impactos, con el motivo de clasificar los impactos significativos, es que se realiza una evaluación basada en los cambios de la condición del ambiente; de tal manera que se utilizan escalas de clasificación para representar si el impacto tiene una importancia menor, moderada o alta (Espinoza, 2007).

Plan de Manejo y Vigilancia Ambiental

Plan de Contingencia es aquel que toma en cuenta aquellos aspectos no considerados o no previstos y que tenga en consideración las eventuales fallas del proceso de predicción de impactos. Presenta una estructura estratégica y operativa que permitirá controlar una situación de emergencia y a minimizar sus efectos negativos. Por lo tanto, un plan de contingencia tiene que establecer ciertos objetivos y un plan de acción para cumplir con las metas trazadas (Iribarren, 1997).

Programa de Vigilancia Ambiental establece un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras con el objetivo de velar que el proyecto se realice según lo autorizado, así como determinar la eficiencia de las medidas preventivas y correctoras propuestas, en la evaluación de impacto ambiental, sean realizadas y eficaces. Una correcta ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental consigue evitar situaciones no previstas, debido al establecimiento de umbrales de alerta que permitan corregir el impacto antes de que se alcance valores no deseados.

Plan de Manejo de Residuos Solidos

Preparación de Informes

La preparación de unos o más informes es parte importante de EIA, ya que documentan los resultados del estudio de impactos; por lo que debe seguir un proceso lógico y consistente, contando con la fase de planificación inicial, fase de planificación detallada y por último, fase de redacción. Por otro lado, es importante resaltar que los informes realizados deben prepararse de manera coherente que permita comunicar la información que contiene a técnicos y a desconocedores de la materia (Canter, 1998).

Revisión

Con la finalidad de comprobar la calidad de los informes realizados, así como la revisión de los puntos de vista de los distintos actores y de esa forma calificar la aceptabilidad de la propuesta. De esta manera, se puede determinar si el informe realizado cumple con el objetivo de explicar los impactos ambientales y si la información proporcionada es suficiente para la toma de decisiones. Cabe resaltar, que la revisión solo se lleva a cabo si el informe está completo y las diversas actividades han sido concluidas.

Toma de decisiones

En esta etapa se define si se procederá con la propuesta y los condicionamientos, y por lo tanto, corresponde a una instancia formal de la autoridad correspondiente. La decisión final se debe basar en la información proporcionada por el informe final, ya que de esa forma se asegurará los beneficios aportados por el proceso de EIA. Por último, la aprobación la realiza la autoridad basándose en la información proporcionada. Los resultados de este proceso deben ser públicos, incluyendo las razones de su aprobación o rechazo.

Seguimiento y monitoreo

Se verifica el comportamiento de los impactos y de las medidas contenidas en el plan de manejo ambiental. Con la finalidad de asegurar que los resultados del EIA aumenten

la protección ambiental, es necesario implementar acciones de seguimiento. Estas actividades de seguimiento y monitoreo son implementadas, casi siempre, durante la fase de construcción y operación del proyecto (Espinoza, 2007).

Participación ciudadana

Se produce en dos momentos del proceso de EIA: en las consultas previas para orientar el alcance o el Scoping del caso en estudio, y en el proceso obligatorio establecido para los proyectos sometidos a EIA. En este proceso es importante considerar la percepción social del proyecto y la escala de valores sociales que resultan determinantes para definir los impactos significativos (Gómez Orea, 2003).

Los mecanismos más comunes para realizar el proceso de participación pública son las audiencias públicas y la puesta de los estudios a disposición del público para su revisión y consulta. Estos mecanismos deben celebrarse en forma temprana y deben ser efectivos, permitiendo al público acceder a las audiencias o reuniones que se llevan a cabo sobre temas relacionados al proyecto.

Metodologías para pronosticar impactos

Las metodologías para pronosticar los impactos son variadas en la actualidad, permitiendo contar con diferentes teorías que permitan evaluar y predecir impactos. Sin embargo, tal como señala Dueñas (2012) en su sustento técnico, no existe un único instrumento de EIA que se adecue a los diferentes proyectos, sino el método ideal es la combinación de diferentes herramientas. En la Tabla 3, se muestra el tipo de herramienta metodológica de la EIA y se señala en qué etapa de la EIA tiene mejor desempeño. Como se puede concluir los instrumentos con mejor desempeño durante todas las etapas, son las matrices y los índices, además de los sistemas expertos.

Por otra parte, se puede observar que el modelo cualitativo muestra efectividad en las etapas de descripción del ambiente afectado y predicción de impactos, motivo por el cual se desarrolla este modelo para la valoración de impactos del proyecto vial en estudio. Por último, se puede concluir que la etapa de predicción de impactos tiene gran compatibilidad con los métodos existentes del EIA, sin embargo, la elección de una metodología para esta etapa se deberá basar en los datos existentes y el tipo de actividad que se está evaluando.

Tabla 19*Evaluación de las capacidades de herramientas metodológicas de la EIA*

Herramientas metodológicas de la EIA	Definición de alcance	Identificación de impactos	Descripción del ambiente afectado	Predicción de impactos	Evaluación de impactos	Toma de decisiones	Comunicación de resultados	Puntaje
Análogos	1	1		1	1			0.625
Listas de verificación (Simple)	1	1			1	1	1	0.500
Listas de verificación en base a decisiones					1	1	1	0.375
Análisis costo-beneficio ambiental				1	1	1		0.375
Opinión de expertos		1		1	1			0.375
Sistemas expertos	1	1	1	1	1	1		0.750
Índices o indicadores ambientales	1		1	1	1		1	0.625
Pruebas de laboratorio y modelos a escala		1		1				0.250
Evaluación del paisaje			1	1	1			0.375
Revisión de la literatura		1		1	1			0.375
Balace de masa				1	1			0.250
Matrices	1	1		1	1	1	1	0.750
Seguimiento (línea de base)			1		1			0.250
Seguimiento (estudios de campo)				1	1			0.250
Redes		1	1	1				0.375
Superposición de mapas (SIG)			1	1	1		1	0.50
Montajes fotográficos		1	1				1	0.375
Modelaje cualitativo			1	1				0.250
Modelaje cuantitativo			1	1				0.250
Evaluación de riesgos	1	1	1	1	1			0.625
Construcciones de escenarios				1		1		0.250
Extrapolación de tendencias			1	1				0.250
Puntaje	0.227	0.454	0.500	0.818	0.681	0.272	0.272	

Fuente: (Dueñas. 2012)

Metodología Propuesta

La EIA tiene como objetivo identificar, describir y evaluar los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre el ser humano, fauna y flora, así como también los bienes materiales y el patrimonio cultural. Para lograr la credibilidad del proceso de una EIA es necesario contar con un equipo redactor de prestigio, la participación pública y que la metodología utilizada sea de rigor, calidad y fiabilidad (Conesa Fdez, 2010).

De esta manera, para realizar el desarrollo del proceso de EIA de la Carretera “Satipo – Mazamari – Desvió Pangoa – Puerto Ocopa” ubicada en la zona de Satipo en el departamento de Junín, se utilizará la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernandez-Vitora. En este capítulo se detallará el procedimiento de esta metodología.

Objetivos de la Metodología

El objetivo principal de esta metodología es aplicar la evaluación de impactos ocasionados por el proyecto, y que permitirá predecir y evaluar las consecuencias de las actividades de dicho proyecto. Posteriormente, con la información obtenida, se busca identificar y evaluar los impactos con la finalidad de diseñar las posibles medidas correctoras. Se realizará el estudio de las posibles alteraciones ambientales producidas por las actividades del proyecto, así como la valoración de las mismas, de manera cualitativa o cuantitativa.

Por otra parte, se presentará la información integrada de los impactos ambientales, que después de ser analizados por un modelo numérico de valoración, dará como resultados la determinación del índice global de impacto y la magnitud del impacto.

Esta metodología de valoración de impactos es del tipo numérico, y se basa en el método de matrices causa-efecto, derivadas de la Matriz de Leopold (resultados cualitativos) y del método de Instituto Batelle-Columbus (resultados cuantitativos) (Conesa Fdez, 2010).

Toma de Datos e Identificación de Efectos

Para poder iniciar con el proceso de EIA, es fundamental realizar el análisis de la situación pre- operacional que nos permitirá conocer el estado del entorno antes de llevarse a cabo el proyecto. De esta manera, podremos proceder a la identificación de los problemas ambientales potenciales y la evaluación de impactos ambientales más relevantes dentro del área de influencia. A continuación, se detallará la información necesaria para el análisis mencionado.

Estudio del proyecto y su entorno

Para realizar el estudio del proyecto y su entorno se describirá sus principales características, así como sus acciones en cada etapa. Esta información debe incluir: Información detallada de la localización geográfica del proyecto, así como las características del medio donde está localizado.

Estudios que determinen la relación de todas las acciones susceptibles de producir un impacto en el ambiente. En la fase de construcción se describirá los procesos constructivos en orden secuencial, y también se tendrán en consideración las actividades secundarias. Por otra parte, en la fase de operación se definirán las actividades que se llevarán a cabo una vez concluida la obra.

Descripción de los materiales que se emplearán en el proyecto, suelo a ocupar y otros recursos naturales que puedan verse involucrados o afectados por la ejecución del proyecto.

Descripción de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de las acciones del proyecto, como ruidos vibraciones, olores, emisiones luminosas, etc. Esta descripción se realizará para la etapa de construcción y operación del proyecto.

Exposición del análisis de las posibles alternativas al proyecto considerado, de esta manera se puede asegurar que se han considerado diferentes enfoques para el proyecto y para la prevención de posibles impactos. Por otra parte, se realizará la justificación de las razones que concluyeron en la solución adoptada. Cabe resaltar que las alternativas deben ser viables y económicamente asumibles, por lo que se pueden plantear en relación con la localidad del proyecto, proceso tecnológico, medidas correctoras y la problemática ambiental (Gómez, 2003).

Definición del entorno del proyecto, definido como el ambiente que interacciona con el proyecto. De tal manera, que se definirá el área de influencia directa e indirecta del proyecto, así como se contemplará la capacidad de acogida del entorno y la actitud de este para con el proyecto. Por otro lado, se elaborará una matriz de identificación de efectos con la información obtenida, en la Tabla 4 se muestra un ejemplo de la configuración de esta matriz; esto nos permitirá tener una percepción inicial de aquellos efectos que pueden resultar más sintomáticos debido a su importancia para el entorno.

Tabla 4*Matriz de Identificación de Efectos*

FACTORES DEL MEDIO	ACCIONES DEL PROYECTO								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	An
F1								●	
F2	●		●						
F3						●			●
F4						●			
F5				●			●		
F6		●	●			●			
F7									
Fn				●				●	

Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Matriz de Impactos

La matriz de impactos es una matriz de identificación de efectos, del tipo causa-efecto, con un grado mayor de desarrollo; el cual consiste en un cuadro de doble entrada donde las columnas representan las acciones y en las filas los factores ambientales susceptibles a recibir impactos, para su ejecución es necesario identificar de manera más precisa y amplia las acciones que puedan causar impactos. De esta manera, la matriz de impactos nos permite identificar, prevenir y comunicar los efectos del proyecto, para luego obtener la valorización de los mismos (Conesa Fdez, 2010).

Identificación de las acciones.

Las acciones del proyecto son las actuaciones últimas que se van a realizar en una obra. De este modo, solo se considerarán las acciones que sean relevantes desde el ámbito ambiental. Las acciones que se elijan deben poder ser medidas, mediante indicadores para tener un mayor conocimiento cuantitativo de los efectos ocasionados. De esta manera las acciones identificadas deben ser independientes y excluyentes una de la otra, con la finalidad de evitar duplicidad (Garmendia et al., 2005).

Cabe resaltar que las acciones deben ser detalladas por las etapas del proyecto, tanto ejecución como funcionamiento. Las acciones varían según el tipo y alcance del proyecto; sin embargo, se pueden considerar grupos de acciones generales:

Acciones que modifican el uso del suelo
Acciones que implican emisión de contaminantes
Acciones derivadas del almacenamiento de residuos
Acciones que causen impactos secundarios
Acciones que provocan riesgos naturales
Acciones que implican sobreexplotación de recursos
Acciones que deterioran el paisaje
Acciones que repercuten sobre infraestructuras
Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural

Estas acciones y sus efectos deben ser determinados en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso. Sin embargo, se podrían determinar acciones cuyos efectos, por su duración o persistencia, continúen a lo largo del proyecto.

Identificación de los factores ambientales

Para determinar la capacidad de acogida del ambiente hacia el proyecto, se evalúan los efectos causados por las acciones sobre los factores ambientales en el entorno. De esta manera, se logra evaluar la calidad ambiental durante todas las etapas del proyecto, con lo que se determinara el estado de cada componente y factor ambiental.

Por otra parte, es importante resaltar la composición del entorno para tener una mayor comprensión de la identificación de los factores.

En primer lugar, los Sistemas: Medio Biofísico, Medio Socio-económico-cultural

En el segundo nivel los Subsistemas: Medio físico, Medio biótico, Medio perceptual, Medio socio-cultural, Medio económico, Medio territorial, Medio demográfico

En el tercer nivel los Componentes Ambientales

En el último nivel los Factores Ambientales

A continuación, en la Tabla 5 se presenta la descomposición del entorno mediante un ejemplo aplicativo, que muestra los diferentes niveles del entorno.

Los factores ambientales deben ser representativos del entorno afectado y del impacto producido, deben ser relevantes, excluyentes, de fácil identificación y de fácil cuantificación. De este modo, con estos criterios de selección se podrá con el objetivo principal de esta fase, que es el detectar aspectos ambientales, cuyos cambios producto de las acciones del proyecto, suponen una modificación positiva o negativa.

Por último, después de identificar los factores ambientales y conocer su estado de conservación, antes de acometer el proyecto, se realizará el inventario ambiental. El cual

tiene como finalidad proporcionar una caracterización del medio y que posteriormente permita determinar los posibles impactos ambientales (Conesa Fdez, 2010). El inventario deberá comprender la descripción de los diferentes elementos ambientales y las interrelaciones entre ellos; así como, se debe internar predecir el comportamiento del ecosistema en caso no se vea alterado por el proyecto.

Tabla 20*Componentes Ambientales*

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	UIP
		Aire	60
		Clima	60
	M. Inerte	Agua	60
		Tierra y suelo	60
		Procesos	60
		TOTAL M. INERTE	300
MEDIO FISICO	M. Biótico	Flora	60
		Fauna	60
		Procesos	60
		TOTAL M. BIOTICO	180
	M. Perceptual	Valor Testimonial	20
		Paisaje intrínseco	20
		Intervisibilidad	20
		Componentes singulares	20
		Recursos científico-culturales	20
		TOTAL M. PERCEPTUAL	100
	TOTAL, MEDIO FISICO		580
		Recreativo al aire libre	20
		Rural y Productivo	20
		Conservación de la naturaleza	20
		Viario Rural	20
		Procesos	20
		TOTAL M. TERRITORIAL	100
MEDIO SOCIO-ECONOMICO Y CULTURAL		Estructura de los núcleos	30
		Estructura urbana y equipamientos	30
		Infraestructuras y servicios	40
		TOTAL M. NUCLEOS HABITADOS	100
		Aspectos culturales	30
		Aspectos colectivos	30
		Aspectos humanos	30
		Patrimonio histórico y artístico	30
		TOTAL M. SOCIO CULTURAL	120
		Economía	50
		Población	50
		TOTAL M. ECONOMICO	100
	TOTAL MEDIO SOCIO-ECONOMICO		420
TOTAL MEDIO AMBIENTE			1000

Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Valoración Cualitativa

Las técnicas de valoración de impactos buscan disminuir la subjetividad de las conclusiones, justificando del mejor modo posible todos los juicios de valor que se realizan. En las técnicas de valoración cualitativa se valoran de forma relativa, aunque el resultado obtenido sea numérico, una serie de cualidades de los impactos, asignando valores prefijados según esa cualidad sea alta, media o baja. Los valores obtenidos pueden volver a reflejarse en una matriz de cruce de acciones y factores, que algunos autores denominan matriz de importancia (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Matriz de Importancia

Después de haber identificado las acciones y los factores ambientales, se procede a elaborar la matriz de importancia, la cual tiene como finalidad obtener una valoración cualitativa al nivel requerido por una EIA. La razón para llamar así esta valoración cualitativa es que refleja de alguna manera la importancia (I) del impacto, midiendo la trascendencia de la acción sobre el factor alterado, mediante determinados atributos. Cabe resaltar que, la valoración cualitativa se efectuará a partir de la matriz de impactos, donde cada casilla de cruce en la matriz nos dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental. Al ir determinando la importancia del impacto, mediante el procedimiento que describiremos más adelante, se estará construyendo la matriz de importancia (Conesa Fdez, 2010).

La importancia del impacto se define como el ratio mediante el cual se mide cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto.

Las casillas de la matriz estarán ocupadas por la valoración correspondiente a once variables, a los que se agrega uno más que sintetiza en una cifra la importancia del impacto (I). A continuación, se describirá el significado de los símbolos que conforman las casillas de una matriz de importancia:

Signo (+-)

Representa el carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que actúan sobre los factores ambientales. El impacto se considera positivo cuando la acción produce una mejora de la calidad ambiental. Por el contrario, el impacto es considerado negativo cuando la acción genera una disminución de la calidad ambiental. Existe una tercera posibilidad, y es la de considerar una (x) que reflejaría los efectos asociados con circunstancias externas al proyecto.

Intensidad (IN)

Hace referencia al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa, así como expresa el grado de destrucción del factor en el caso que se produzca un efecto negativo, independiente de la extensión afectada. Los rangos de valoración se mostrarán más adelante.

Extensión (EX)

Refleja la fracción del medio afectada por la acción del proyecto, lo cual hace referencia al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto en que se sitúa el factor.

Momento (MO)

Plazo de manifestación del impacto alude al tiempo (t_m) que transcurre entre la aparición de la acción (t_o) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor del medio considerado.

$$t_m = t_j - t_o$$

Persistencia (PE)

Detalla las características del impacto con relación al tiempo. Entre sus clasificaciones podemos definir el efecto permanente y el efecto fugaz. El efecto permanente es aquel con una alteración indefinida en el tiempo de factores ambientales predominantes en los sistemas ambientales; mientras que el efecto fugaz supone una alteración no permanente en el tiempo con un plazo temporal menor a un año. Cabe resaltar, que un efecto fugaz siempre se considerara como reversible y recuperable; por otro lado, los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, así como pueden ser recuperables o irrecuperables.

Reversibilidad (RV)

Trata sobre los procesos naturales y la forma natural, que, al cesar la acción, el medio es capaz de eliminar el efecto en un determinado periodo. El efecto reversible es considerado cuando la alteración puede ser asumida por el entorno de forma medible a medio plazo, gracias al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio. Mientras, que el efecto irreversible se define como la imposibilidad de retomar por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Recuperabilidad (MC)

Hace referencia a la posibilidad de reconstrucción, ya sea total o parcial, del factor afectado como consecuencia de las acciones del proyecto, lo cual implica la intervención humana o medidas correctoras. Es importante resaltar que es posible recuperar impactos irreversibles, atenuar los mitigables y reemplazar o sustituir los irrecuperables por medios humanos. Asimismo, cuando el tiempo de reconstrucción de un efecto recuperable sea superior a quince años es considerado el efecto irrecuperable.

Sinergia (SI)

Se define como la acción de dos o más causas cuyos efectos es superior a la suma de los efectos individuales, por lo cual se considera como un reforzamiento de dos o más efectos simples. Por lo mismo, en esta categoría se incluye al efecto que con el tiempo produce la aparición de otros nuevos.

Acumulación (AC)

Muestra el incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando la acción se expresa en un solo componente ambiental, es individualizado o no hay efectos acumulativos se valoriza con 1; mientras que cuando una acción se incrementa progresivamente la magnitud del efecto se identifica una ocurrencia cumulativa, con un valor de cuatro.

Efecto (EF)

Este signo describe la relación causa-efecto, lo cual significa la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o indirecto. Los impactos son directos cuando es sin intermediaciones con un valor de 1; y los impactos son indirectos cuando son producidos por un impacto anterior con un valor de 4. Los impactos indirectos por ser consecuencia de una consecuencia, pueden ser difíciles de identificar y evaluar.

Periodicidad (PR)

Detalla la regularidad de manifestación del efecto, ya sea de manera continua o discontinua en el tiempo, se considera que la periodicidad discontinua es periódica. Para la valoración, se considerará un valor de 4 para los efectos continuos, un valor de 2 para efectos periódicos y un valor de 1 para aparición irregular.

Importancia del impacto (I)

Describe la estimación del impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto. La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto en la Tabla 6, en función del valor asignado a los símbolos considerados. La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Es muy importante reseñar que, al igual que sucede con los valores de los distintos símbolos, los valores de las cuadrículas de una matriz no son comparables, pero sí lo son cuadrículas y símbolos que ocupen lugares equivalentes en matrices que reflejen resultados de alternativas de un mismo proyecto, o previsiones de estado de situación ambiental consecuencia de la introducción de medidas correctoras (Conesa Fdez, 2010).

Tabla 21

Importancia del Impacto

NATURALEZA		INTENSIDAD (IN)	
- Impacto beneficioso	+	- Baja o mínima	1
- Impacto perjudicial	-	- Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		- Total	12
EXTENSION (EX)		MOMENTO (MO)	
- Puntual	1	- Largo plazo	1
- Parcial	2	- Medio plazo	2
- Amplio o Extenso	4	- Corto plazo	3
- Total	8	- Inmediato	4
- Crítico	(+4)	- Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
- Fugaz o Efímero	1	- Corto Plazo	1
- Momentáneo	1	- Medio Plazo	2
- Temporal	2	- Largo Plazo	3
- Pertinaz	3	- Irreversible	4
- Permanente	4		
SINERGIA (SI)		ACUMULACION (AC)	
- Sin sinergismo	1	- Simple	1
- Sinergismo	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
- Indirecto o Secundario	1	- Irregular	1
- Directo o Primario	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (I)	
- Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm (3 IN + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
- Recuperable a corto plazo	2		
- Recuperable a medio plazo	3		
- Recuperable a largo plazo	4		
- Mitigable, sustituible y compensable	4		
- Irrecuperable	8		

Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Valoración de acciones y factores ambientales

Según la metodología propuesta por Conesa (2010) en esta etapa se inicia la valoración cualitativa de cada una de las acciones que han sido causa de impacto y a su vez de los factores ambientales que han sido objeto de impacto.

Por lo cual iniciaremos detallando la ponderación de la importancia de los factores lo cual representa la contribución de los factores a la situación ambiental. De esta manera, se puede detallar que cada factor representa una parte del ambiente por lo que atribuye a cada factor un peso o índice ponderal expresado en unidades de importancia (UIP).

La suma de todos los factores

del medio es un total de 1 000 puntos, el cual es distribuido en los diferentes sistemas, luego en subsistemas, y por último en los componentes ambientales. (Ver Tabla 6)

Es importante resaltar que si bien la asignación de pesos a los factores depende del ambiente, puede variar por casos concretos relacionados a las actividades del proyecto.

Valoración Relativa

Después de realizar la ponderación de los factores ambientales, se puede iniciar a realizar la valoración cualitativa, donde la importancia (I) de los efectos, que cada acción (A) de la actividad produce sobre cada factor ambiental (F).

Para este proceso, se realizará la suma ponderada de la importancia del impacto para cada elemento por columnas y por filas, lo cual nos representará las acciones más agresivas y las consecuencias del funcionamiento de la actividad respectivamente.

La importancia relativa total de los efectos causados en los distintos componentes y subsistemas presentes en la matriz de impactos se calcula como la suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo correspondientes a los componentes a los componentes y subsistemas estudiados.

Después de realizar la valoración cualitativa, en base a la importancia de los efectos, se puede proceder a la valoración del efecto total que la acción (A) produce sobre los componentes ambientales, subsistemas, etc. (Conesa Fdez, 2010).

Valoración Absoluta

Otro modo de realizar la valoración es mediante la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento tipo por columnas (I), la cual identifica la mayor o menor agresividad de las acciones.

Siguiendo el mismo proceso del acápite anterior, se realiza la suma algebraica por filas y columnas de los factores ambientales, donde las filas indicaran los factores

ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias de la actividad, mientras que las columnas se refleja los efectos totales permanentes producidos por cada etapa del proyecto.

Cabe resaltar, que los elementos tipo ni casillas de la matriz no son comparables entre sí, lo cual genera que los resultados de las sumas de filas o columnas sean cualitativos y no cuantitativos. Por otro lado, la valoración absoluta no determina la importancia real del impacto de una acción sobre un componente ambiental, o sobre un sistema del medio, ni tampoco la importancia real del impacto que sobre un factor producen determinados acciones de la actividad. La utilidad de la valoración absoluta, radica en la detección de factores que, presentan bajo peso específico en el caso estudiado, son altamente impactados.

Bases Teóricas

AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials, o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte de los Estados Unidos de Norte América

SUCS. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS. United Soil Classification System (USCS) en inglés.

Análisis granulométrico. Se llama también análisis mecánico, y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una cierta masa de suelo.

Peso específico. El peso específico, o gravedad específica, de un suelo, es la relación entre el peso, al aire, de sus partículas minerales y el peso, al aire, del agua destilada, considerando un mismo volumen y una misma temperatura.

Pavimento. Es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

Pavimento flexible. El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

Terreno de fundación. Sirve de fundación del pavimento después de terminado el movimiento de Tierra y una vez compactado tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

Sub-rasante. Es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento.

Sub-base. Es la capa del pavimento que transmite directamente las cargas a la sub-rasante y absorbe las irregularidades de la sub-rasante para que no afecten las capas superiores.

Base. Capa de material pétreo, mezcla de suelo, cemento, mezcla bituminosa o piedra tratada que se coloca sobre la sub-base.

Superficie de Rodadura. Área designada a la circulación de vehículos.

Cantera. Sitio al aire libre o subterráneo de donde se extrae agregados grueso o fino, otros materiales para la construcción.

Evaluación

Es la acción de considerar, calcular o señalar el valor de algo. Es un avance que tiene como objetivo el determinar en qué dimensión se han alcanzado los objetivos antes establecidos.

Bache

Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Conservación vial

Es un grupo de actividades técnicas orientadas a preservar en forma constante el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se asegure un servicio excelente al conductor, puede ser de una condición frecuente o regular.

Contracción

Es un esfuerzo de volumen que se ve asociado con una disminución en sus dimensiones.

Desintegración

Es la separación de las partículas de agregado en el pavimento vial, que va desde la superficie hasta abajo. Una de las causas por desintegración puede darse por falta de compactación.

Elasticidad

Es la propiedad de un material que hace que se deforma pero a su vez que regrese

a su forma inicial.

Fisura

Es una hendidura delgada, que por lo general está dado con un ancho igual o menor a 3 mm.

Rehabilitación

Es la realización de las algunas obras que son necesarias para así poder devolver a la infraestructura vial sus características iniciales.

Tratamiento Superficial

Es el uso de una o más capas que están constituidas como riegos asfálticos y que pueden también pueden ser nombrados los aditivos y agregados cuyas características son definidas según especificaciones técnicas.

Ambiente: Conjunto de factores bióticos y abióticos que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo, así como también incluye las circunstancias que rodean a las personas, animales o cosas (Arce Ruiz, 2013).

Acción: Cualquier política, plan, programa o proyecto que pudiese alterar de manera positiva o negativa el ambiente.

Acción Propuesta: Política, plan, programa o proyecto que se ofrece para consideración en el proceso de evaluación ambiental.

Aspecto Ambiental: Se refiere a lo los productos generados por una actividad, servicio o proyecto; como pueden ser las emisiones, vertidos, residuos o ruidos. Estos productos causan una incidencia sobre el ambiente.

Calidad Ambiental: Estado físico, biológico y ecológico de una zona determinada de la biosfera, en términos relativos a su unidad y a la salud presente y futura del hombre y las demás especies animales y vegetales (Conesa Fdez, 2010).

Compensación: Actividad realizada que tiene un impacto beneficioso en el ambiente, con el propósito de compensar parte de las consecuencias resultantes de un impacto negativo del proyecto (Macintosh & Waugh, 2014).

Ecosistema: Sistema de relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno. Por lo tanto, es un espacio donde los seres vivos, plantas y animales interactúan entre ellos, de esta manera, un ecosistema no tiene una concreción geográfica general sino particular (Gómez Orea, 2003).

Efectos ambientales: Consecuencias producidas en el ambiente por las acciones que forman parte de proyectos o acciones humanas.

Factor ambiental: Variables susceptibles que pueden ser inventariadas, cartografiadas, medidas, valoradas y tratadas con los diferentes instrumentos disponibles, con la finalidad de obtener una aproximación más operativa del concepto ambiente.

Gestión Ambiental: Conjunto de acciones o diligencias con el objetivo de lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente.

Impactos Ambientales: Cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o beneficioso, resultante en todo o parte de las actividades, productos y servicios de una organización. Estos pueden estar divididos en los elementos del medio que afectan como impactos sobre la tierra, paisaje, hábitat, atmosfera, agua, etc. (Garrido & Requena, 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito de la investigación.

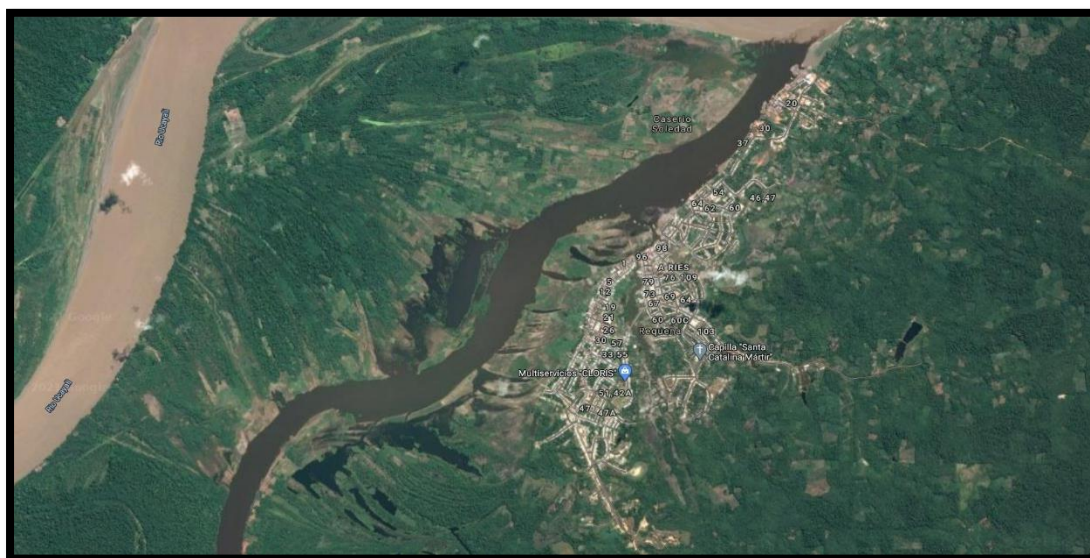
a) Nombre del Proyecto

Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena

Ubicación Geográfica del Proyecto.



VISTA SATELITAL DEL LUGAR DEL PROYECTO



VISTA SATELITAL DE LA CIUDAD DE REQUENA

El Proyecto de red de transporte se encuentra en diferentes tramos de la Ciudad de Requena.

EL PROYECTO SE ENCUENTRA UBICADO ESPECÍFICAMENTE:	
Ciudad	Requena
Distrito	Requena
Provincia	Requena
Región	Loreto

Factores climáticos. - La ciudad de Requena localizadas en las tierras más bajas del trópico húmedo peruano, a orillas del río Ucayali, se encuentra fuertemente influenciada por la circulación atmosférica tropical, climáticamente esta región se caracteriza por ser un tipo tropical húmedo todo el año sin meses secos.

Se establece que los principales agentes en la formulación del suelo son la lluvia y la temperatura, la primera determina la humedad del suelo, la aireación y el grado de lavaje del perfil, mientras que la segunda tiene como acción directa sobre la formación del suelo e influye en la velocidad de las reacciones químicas que se duplican por cada 10 °C de incremento de temperatura. Otros agentes del clima, además de la precipitación y de la temperatura son la humedad relativa, la radiación solar, el viento, la evapotranspiración, entre otros, así como la acción del hombre con la depredación de los bosques sin reforestación.

Temperaturas. - La zona de Requena presenta mínimas medias de 20 – 22 °C y máximas de 29 – 31 °C. Las medidas anuales superan los 25° C las máximas absolutas no sobrepasan de 35° C. Este hecho se relaciona con las brisas fluviales que soplan desde el río Ucayali. La variación diaria de la temperatura oscila entre 5 – 8 °C lo que es mucho mayor que la variación anual, que apenas llega a ser de 1 a 2 °C.

La temperatura media mensual varía entre 24 a 28 °C y el rango térmico tiende a aumentar durante los meses de invierno, en la estación invierno pueden tenerse días en los que las máximas temperaturas logran alcanzar hasta 36 °C, mientras que las mínimas pueden alcanzar 10 °C o menos pocas horas después, este comportamiento es característico del fenómeno que regionalmente se le conoce como friagem. Los meses más calientes ocurren durante el verano, entre los meses de setiembre – enero con una temperatura promedio anual de 27 °C y los más fríos los meses de Junio y Julio, teniendo una variación de temperatura al día con las más bajas en la madrugada y las más altas entre las 11 am y las 3 pm.

Precipitaciones.- Los máximos de lluvias se presentan entre finales de verano e inicios de otoño, con totales anuales entre 2400 – 3100 mm, y con el trimestre más lluvioso entre febrero – abril; la estación con menos lluvias ocurre entre junio – agosto.

Viento.- Estudios de HONREN y Marengo (1983 a) han indicado que en la región de Requena, los vientos por lo general no son tan intensos, con promedios mensuales entre 3 – 4 m/s durante los meses de verano, y de 4 – 5 m/s durante el invierno. Las calmas se manifiestan generalmente en horas de la mañana y en la noche, mientras que a medio día predominan los vientos débiles del norte y noreste.

Humedad.- La humedad relativa es casi constante a lo largo del año, la misma que es bastante alta, con valores que oscilan entre 80 y 90%, los meses de invierno presentan una mayor extensión de valores superiores a 90%. La humedad atmosférica es alta a lo largo de todo el año, favorecidas por la evaporación del bosque.

Radiación solar y evapotranspiración potencial.- La radiación solar en la zona de Requena se mide usando la información de horas y nubosidad, teniendo una media regional de 381.1 cal cm⁻¹ días⁻¹ como una evaporación potencial de 1040.60 mm año⁻¹.

Tabla 1

Promedios climatológicos en Requena

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Acu
Temperatura Promedio(°C)	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	27	26	26
Temperatura Máxima (°C)	31	30	30	30	30	29	29	30	31	31	31		30
Temperatura Mínima (°C)	22	22	22	22	22	22	21	22	22	22	22	22	22
Precipitación (mm)	354	245	350	330	200	180	218	220	250	270	320	250	3087
Viento (ms)	4.4	4.4	3.9	3.3	3.9	3.9	3.9	3.9	4.9	3.9	3.9	4.9	4.4
Humedad Relativa Máx. (%)	96	96	96	96	96	95	96	96	96	96	95	95	95
Humedad relativa Mín. (%)	73	73	73	75	75	76	73	72	72	73	74	75	74

Hidrografía.

La red hidrográfica en el ámbito de estudio es bastante densa y está compuesta por ríos y quebradas, como el Ucayali, Marañón, Amazonas, Nanay, Itaya, Tamshiyacu, Momón y Manítí entre otros, que son utilizados como medio de comunicación y transporte, y en pequeña escala como fuentes de agua para satisfacer necesidades primarias de las

comunidades asentadas en la zona. De estos ríos, la llanura meándrica del río Ucayali es bastante compleja, dinámica y cambiante, también las características físicas y químicas de las aguas en los ríos son variables y existen numerosos lagos de distinto origen y de características muy variables.

Topografía.

Reconocimiento del terreno

En las diversas visitas efectuadas al área de trabajo, se pudo observar que se trata de una zona de topografía plana, con desniveles; sufrieron hundimiento a causa de la filtración de aguas, ocasionando accidentes peatonales y de tránsito, porque el agua cubre las partes hundidas a causa de las fuertes lluvias, propias del clima de la región.

Levantamiento topográfico

Los trabajos topográficos estuvieron dirigidos a obtener la planimetría y altimetría de la zona del proyecto; por lo que en el proyecto se está presentando un informe topográfico; donde se presentan los resultados de los estudios de topografía y trazo, efectuados en diversos tramos de la ciudad de Requena políticamente situada en el Distrito de Requena, Provincia de Requena, Región Loreto, de acuerdo a los requerimientos propios y de estudios en otras áreas.

El estudio describe en primer lugar la situación geográfica del proyecto y concluye con la geometría del diseño vial a nivel de Expediente Técnico.

1. Características geométricas del pavimento

La zona de intervención del proyecto de tesis "DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS VÍAS DE ACCESO A LA LOCALIDAD DE REQUENA", Distrito De Requena, Provincia De Requena, Departamento de Loreto y cuenta con una Sección Transversal Variable.

Distrito de requena

PRINCIPALES CALLES DEL DISTRITO DE REQUENA		
ITEM	CALLE	LONGITUD
		(metros)
1	CA. MALECON MANAOS	246.15
2	CA. MALECON BOLOGNESI	222.94
3	CA. MALECON GRAU	656.60
4	CA. BOLIVAR	280.00
5	CA. PADRE GINER - CA. SAN ANTONIO	530.52
6	PSJE. ROCIO	79.08
7	CA. JORGE CHAVEZ	88.34
8	CA. 3 DE OCTUBRE	97.35
9	CA. 9 DE OCTUBRE	105.44
10	CA. TAPICHE	107.46
11	CA. MARTIRES DEL PETROLEO	197.21
12	CA. SAN FRANCISCO	104.16
13	CA. INDEPENDENCIA	529.61
14	CA. RECREO	141.29
15	CA. SAN JUAN	178.89
16	CA. UNION	413.42
17	CA. TUPAC AMARU	441.12
18	CA. JUAN PABLO II	322.49
19	CA. SAN MARTIN DE PORRAS	146.68
20	AV. JOSE DE SAN MARTIN	527.75
21	CA. CESAR VALLEJO	124.88
22	CA. UCAYALI	218.06
23	AV. JOSE CARLOS MARIATEGUI	185.14
	TOTAL	5944.58

Estado actual de la via:

El estado actual de El (La) Transitabilidad Vial En La Localidad De Requena, presentan diversos tipos de falla en la estructura del pavimento (hundimiento, falla tipo piel de cocodrilo, pulimiento por abrasión, otros) en una zona que abarca 5944.58 m. Se observa empozamiento de aguas pluviales y basura en las zonas hundidas a lo largo de la vía.



En esta foto, se observa que en este tramo de la Calle Malecón Grau c/ Calle Recreo, hay empozamiento de aguas pluviales. Este problema es usual, a lo largo de la vía.



En la Calle Malecón Grau (Entre Calle Unión y Calle Constitución) se observa, pérdida y deterioro de la losa de rodadura.



En esta vista, se observa pérdida de losa de rodadura en la Calle Túpac Amaru (Entre Calle Circular y Calle Alfonso Ugarte).

3.1.1. Periodo de ejecución.

El período de ejecución del informe de proyecto de tesis se está considerando de seis (6) meses, desde mayo del 2022 hasta octubre del 2022

3.1.2. Autorizaciones y permisos.

No aplica

3.1.3. Control ambiental de bioseguridad.

Dentro de la zona de la selva encontramos temperaturas medias anuales superiores a 28 °C, máximas absolutas siempre mayores a 36 °C, exceptuando la estación de la zona donde se realizará el proyecto en donde la máxima absoluta asciende a 35 °C, debido a las brisas fluviales que soplan del río Ucayali, además las mínimas absolutas en la Selva Baja están comprendidas entre 22 y 25 °C.

Las precipitaciones anuales son siempre superiores a los 1916 mm, pero sin pasar los 4000 mm, existen meses en los que las precipitaciones son inferiores a 100 mm, las que se dan dentro de los meses de abril y Junio Cuando hablamos del control ambiental en la industria de la construcción, nos referimos a las condiciones en el interior de una instalación al que están expuestos los trabajadores, es decir, la calidad ambiental. Las diversas normativas varían en función de la actividad que se desarrolla en la obra.

La aplicación de un plan de Bioseguridad requeriría, necesariamente, de una organización institucional que vigile el cumplimiento de las normativas establecidas. De

esta forma, se recomienda que cada institución constituya un Comité Institucional de Bioseguridad (CIB) que se encargue de formular las políticas y prácticas internas en materia de bioseguridad, examinar los protocolos de investigación, evaluación de riesgos, vigilancia y solución de controversias que sean consonante con el Manual de Normas de Bioseguridad y Riesgos Asociados-Fondecyt-CONICYT 2018. Se sugiere también que cada institución cuente con al menos un Manual de procedimientos institucional en base a las Normativas internacionales y lo establecido en el presente documento.

3.1.4. Aplicación de principios éticos internacionales.

La ética principialista, que se desarrolló y consolidó en la segunda mitad del siglo xx, constituye una referencia indispensable en el amplio campo temático de la ética profesional, tanto en un nivel general como en el caso de disciplinas específicas. A pesar de su alto nivel de abstracción y generalidad, se ha convertido en un ámbito de orientación e interpretación para la toma de decisiones de carácter ético, especialmente en el caso de dilemas y en la búsqueda de aminorar las conductas no éticas que se han vuelto frecuentes en las instituciones y organizaciones.

La ética es indispensable para cada ser humano. Es una costumbre, por así decirlo, que viene inculcada de la mayoría de los hogares; sin embargo, en la actualidad hemos podido notar cómo esta va perdiendo su gran valor ya que muchas personas prefieren romper sus principios por dinero, intereses personales o cualquier beneficio que se les pueda presentar. En la ingeniería civil se puede notar cómo algunos expertos prefieren hacer mal las cosas, rompiendo reglas de construcción sin importar las consecuencias que esto pueda traer a la comunidad.

3.2. Tipo De Investigación

Tipo y diseño de la investigación

“La investigación es un modelo Aplicado con enfoque cuantitativo, se caracteriza porque busca el manejo de los conocimientos obtenidos y a su vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la practicabasada en investigación.” (Murillo, 2008)

Diseño de la investigación

Es de nivel Descriptivo-Exploratoria, porque se pretende ahondar conla investigación alcances poco antes estudiada, estableciendo prioridades para futuras investigaciones.

3.3. Población y/o muestra de estudio

Población

Para la presente investigación se considera como población muestraaleatoria.

Muestra

Se utilizará a las Calles de acceso a la localidad de Requena.

3.4. Sistema de Variables

3.4.1 Variable Independiente

Calles de acceso.

3.4.2 Variable Dependiente

Pavimento Flexible

2.4.3. Operalización de variables

Tabla 17

Operacionalización de variables (Fuente: Elaboración propia)

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable Independiente: Características físico-mecánicas del suelo natural.	Dichas características del suelo natural serán necesarias porque nos brindarán información y datos que van a permitir diseñar el pavimento flexible en el cercado y el sector mercantil del centro poblado de Requena.	La variable se medirá con diferentes estudios en campo y laboratorio que tengan influencia en el diseño del pavimento flexible	Levantamiento topográfico	Trazo longitudinal	Diseño geométrico en planta
			Estudio de mecánica de suelos	Perfiles longitudinales	Diseño geométrico en planta DG-2014
				Granulometría	Tamizado de muestra
				Límites de consistencia	ASHTO T-89/90 y ASTM D-423/424
				Contenido de humedad	Proctor modificado
				C.B.R	ASHTO T-180-D
Densidad máxima	Proctor modificado				
Variable dependiente: Diseño del pavimento flexible.	Consiste en realizar diseño estructural del pavimento flexible en el cercado y el sector mercantil del centro poblado de Requena	Se emplea el Manual de Carreteras (MTC, 2014) para interpretar los datos de mecánica de suelos obtenidos de los estudios para así elaborar un correcto diseño de pavimento flexible.	Diseño de pavimento flexible	Elementos de diseño (EE, So, Δ PSI, Modulo Resiliente)	Parámetros de diseño Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos
				Determinación de los espesores de las capas	Parámetros de espesores mínimos Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Matriz de Impacto Ambiental.

Tabla 18

Matriz Conesa

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL						
		ABIÓTICO					BIÓTICO	
		COMPONENTE AMBIENTAL						
		AGUA	ATMÓSFERA	SUELOS	CLIMA	PAISAJE	FLORA	FAUNA
PRODUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA	Emisión de partículas a la atmosfera	•	•		•	•		•
	Emisión de gases a la atmosfera	•	•		•	•	•	•
	Generación de residuos solidos	•	•	•		•	•	•
	Generación de ruido, sonido y vibraciones						•	•

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Matriz Conesa

IMPACTO AMBIENTAL	NATURALEZA NA	INTENSIDAD IN	EXTENSIÓN EX	MOMENTO MO	PERSISTENCIA PE	REVERSIBILIDAD RV	RECUPERABILIDAD MC	CORRELACIÓN SI	ACUMULACIÓN AC	EFECTO EF	PERIODICIDAD PR	IMPORTANCIA	CONTROL	MEDIDAS PREVENTIVAS A IMPLEMENTAR
													CONTROLADO	
Alteración de los componentes ambientales abióticos y bióticos	-1	4	2	2	2	2	4	2	4	4	2	-38	NO	IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTINUO CON EL FIN DE CAPTURAR EL MATERIAL PARTICULADO. ESTE DEBE SER UN SISTEMA CONECTADO CON UN POZO DE SEDIMENTOS Y LA BOCA DE CHIMENEA.
Alteración de los componentes ambientales abióticos y bióticos	-1	4	2	2	2	4	4	1	4	4	2	-39	NO	IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTINUO CON EL FIN DE CAPTURAR LOS GASES PRODUCIDOS A CAUSA DE LA PRODUCCIÓN. ESTE DEBE SER UN SISTEMA CONECTADO CON UN POZO DE SEDIMENTOS Y LA BOCA DE CHIMENEA.
Alteración de los componentes ambientales abióticos y bióticos	-1	2	1	2	4	2	2	2	4	4	2	-30	NO	CREAR UN ÁREA DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN. ASÍ MISMO SEPARAR EL ÁREA DE LOS MATERIALES EXCEDENTES CON LOS RESIDUOS PELIGROSOS (ASFALTOS TIPO MC-30 Y PEN 60/70). CREAR UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.
Alteración de los componentes ambientales bióticos	-1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	-15	SI	AL MOMENTO DE LA PRODUCCIÓN ASEGURAR QUE TODOS LOS QUE SE ENCUENTRAN INTERVINIENDO SE ENCUENTREN CON SUS RESPECTIVOS EPP AUDITIVO.

Se realizó el análisis de las implicancias ambientales del Proyecto, para lo cual se tomará en cuenta los Componentes o Elementos Ambientales: Aire, Agua, Suelo, Paisaje, Vegetación, Fauna y Socioeconomía, como susceptibles a ser afectados y; las propias actividades o acciones que conllevan a la ejecución de Proyecto durante las Etapas de Planificación, Construcción y Mantenimiento, las mismas que son capaces de generar impactos. El objetivo que se persigue con la presente Evaluación de Impactos Ambientales, es identificar tanto los negativos como positivos, describirlos y valorar las acciones a implementar para mitigar los negativos con un Plan de Manejo Ambiental, que forma parte de la Inversión propuesta con el Proyecto.

3.1.2. Metodología de Análisis

Para identificar los Impactos Ambientales del proyecto de Tesis : DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS VIAS DE ACCESO DE LA LOCALIDAD DE REQUENA, de las siguientes calles :

PRINCIPALES CALLES DEL DISTRITO DE REQUENA		
ITEM	CALLE	LONGITUD
		(metros)
1	CA. MALECON MANAOS	246.15
2	CA. MALECON BOLOGNESI	222.94
3	CA. MALECON GRAU	656.60
4	CA. BOLIVAR	280.00
5	CA. PADRE GINER - CA. SAN ANTONIO	530.52
6	PSJE. ROCIO	79.08
7	CA. JORGE CHAVEZ	88.34
8	CA. 3 DE OCTUBRE	97.35
9	CA. 9 DE OCTUBRE	105.44
10	CA. TAPICHE	107.46
11	CA. MARTIRES DEL PETROLEO	197.21
12	CA. SAN FRANCISCO	104.16
13	CA. INDEPENDENCIA	529.61
14	CA. RECREO	141.29
15	CA. SAN JUAN	178.89
16	CA. UNION	413.42
17	CA. TUPAC AMARU	441.12
18	CA. JUAN PABLO II	322.49
19	CA. SAN MARTIN DE PORRAS	146.68
20	AV. JOSE DE SAN MARTIN	527.75
21	CA. CESAR VALLEJO	124.88
22	CA. UCAYALI	218.06
23	AV. JOSE CARLOS MARIATEGUI	185.14
	TOTAL	5944.58

En primer lugar, utilizamos el Método de Listas de Chequeo Descriptivo, el mismo que funciona como una lista de cuestionarios y/o ayuda memoria estructurada. Luego empleamos el Método Matricial, el mismo que por ser bidimensional posibilita la confrontación entre los factores ambientales y las actividades del proyecto.

Actividades de Proyecto

Etapa de Planificación

- Contratación de Mano de Obra
- Identificación de Canteras y Botaderos
- Movilización y Desmovilización de Equipos y Maquinarias

Etapa de construcción

- Construcción y Operación de Campamentos
- Movimiento de Tierras
- Extracción de Material de Canteras
- Transporte de Material
- Conformación de Pavimento
- Construcción de Obras de Arte y Drenaje (Cunetas de Base, Badenes y Alcantarillas).

Etapa de mantenimiento

- Limpieza de las Obras de Arte y Drenaje (Alcantarillas, Badenes, Cunetas de Base, etc)
- Bacheo Localizado
- Mantenimiento de Dispositivos para el Control del Tránsito
- Limpieza General

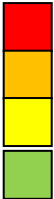
3.1.3. Identificación de Impactos Ambientales

Confeccionamos la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales; en una fila colocamos los componentes ambientales y en la columna, el listado de acciones o actividades de las diferentes etapas del proyecto, permitiendo asignar los impactos de cada acción sobre los componentes modificados, en las cuadrículas correspondientes a las intersecciones de filas y columnas.

3.1.4. Valoración de los Impactos Ambientales

Una vez identificados los impactos en la fase anterior, procedimos a evaluarlos, para ello confeccionamos la Matriz de Valoración de Impactos Ambientales. Para la valoración se emplearán los criterios que se indican en el cuadro siguiente:

IMPACTO	COLOR
Negativo Fuerte	Rojo
Negativo Moderado	Mostaza
Negativo Débil	Amarillo
Positivo	Verde claro



Descripción de los Principales Impactos Ambientales

Como el Proyecto se refiere a una obra existente que requiere mejoramiento, se estima que la ocurrencia de impactos ambientales estará asociada básicamente al manejo de las áreas de uso temporal (campamentos, patios de máquinas, canteras). En menor medida se presentan en los frentes de trabajo de la obra propiamente dicha, como en el movimiento de tierras (corte y relleno) a lo largo de la vía, conformación de pavimentos y construcción de obras de arte y drenaje.

Etapa de Planificación

Impactos Positivos

Expectativa de generación de empleo

Al requerirse mano de obra no calificada, se generarán expectativas entre la población local; otra fuente de generación de empleo temporal se da con el establecimiento de instalaciones de lugares de venta de comidas del lugar de obra y campamentos, para el expendio de alimentos, bebidas, entre otros; la población que directamente se beneficiaría por ser puntos de paso obligado de las localidades aledañas como: Genaro Herrera, Contamana, Bretaña, entre otros.

Impactos Negativos

Áreas Afectadas por Ubicación de Canteras y Botadores

Dentro de la Etapa de Planificación se incluyen las actividades de exploración e identificación de Canteras de Materiales de préstamo para rellenos, afirmado y preparación de concretos. El impacto negativo se produce en las áreas que se

encuentran ocupadas por construcciones para uso de viviendas o indebidamente como invernadas dentro del Derecho de Vía de la carretera, para ello, se deberá coordinar con las Autoridades del lugar para evitar conflictos con los moradores del lugar.

Etapas de Construcción

Impactos negativos

Perturbación de la tranquilidad en la población

Los habitantes de los caseríos y poblados que se ubican adyacentes a los lugares en donde se trabajará, podrían ver perturbada su tranquilidad, debido a que, durante el proceso de construcción, los equipos y maquinarias empleados generarán ruidos y vibraciones. Además, el movimiento de tierras, extracción material de canteras, el transporte de material y la conformación de pavimentos, producen material particulado (polvo), que causarían problemas respiratorios, oculares y alérgicos.

Incremento de Gases de Combustión

Uno de los potenciales impactos en la calidad del aire será producido por la emisión de gases, tales como: dióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), provenientes del funcionamiento de las maquinarias y vehículos diesel; principalmente, durante las operaciones de extracción de material de cantera y en los movimientos de tierra (cortes, rellenos, conformación de pavimentos, etc).

Sin embargo, se considera que las emisiones serán de magnitud baja, muy puntuales en canteras y a lo largo de 5.962 Km; por lo tanto, dichas emisiones no causarán mayor efecto en la calidad del aire del lugar, debido que el área intervenida es una zona abierta con la presencia de vientos moderados que favorecen la dispersión de dichas emisiones, reduciendo sustancialmente su poder contaminante.

Contaminación de los Suelos

Pérdida de calidad edáfica y de la vegetación circundante, debido a derrames de lubricantes, combustibles y grasas de vehículos, maquinarias y equipos, por mal manejo, vertidos accidentales o disposición inadecuada sobre los suelos. Esta situación se presenta latente en toda la zona de trabajo; sin embargo, de acuerdo a la experiencia, los problemas de contaminación de suelos ocurren principalmente en los patios de máquina, depósito de cemento y zonas aledañas. Del mismo modo, durante el proceso de desmantelamiento de las instalaciones, pueden quedar pisos de concreto, paredes, recipientes u otros elementos contaminantes en los alrededores.

Se aclara que los lubricantes y las grasas al derramarse sobre la superficie, no sólo se quedan a nivel superficial, sino que llegan a filtrarse hasta 10 cm de profundidad.

Erosión y Socavación

La erosión en los suelos durante la construcción de obras de arte en cauces con regímenes permanentes, generaría erosión y posible socavación, por agentes naturales, en las riberas ante la necesidad de desviar los cauces provisionalmente; además, durante las actividades de movimiento de tierras, extracción de materiales de cantera, conformación de pavimentos, se daría por agentes mecánicos. Sin embargo, este efecto podrá minimizarse con el empleo de un método constructivo que proteja los suelos de la erosión y socavación.

Compactación de Suelos

La compactación de suelos de fundación con estructuras naturales de subdrenaje que pudieran afectarse posteriormente a las labores de construcción, será mitigado con la ejecución de sub drenajes de ser el caso.

Incremento de los Niveles de Ruido

El funcionamiento de la maquinaria y de los vehículos de trabajo, durante del desarrollo de las actividades de la Obra en sí, generará un incremento de los niveles de ruido ambiental en estas áreas. Sin embargo, por la naturaleza de dichas operaciones, las emisiones serán por lo general menores, no existiendo en las áreas próximas elementos frágiles que sean vulnerables a este tipo de contaminante como ecosistema especial que pudiera ser afectado, a excepción del personal de Obra cuya protección estará bajo la responsabilidad del Contratista de Obra.

Incremento de Partículas Suspendidas

La polución del aire por polvo se producirá principalmente durante las actividades de extracción y transporte de material de Cantera, así como, durante los movimientos de tierra y conformación de pavimentos.

Sedimentación en los cursos de agua

La probable afectación de la calidad de las aguas superficiales está referida a la extracción inadecuada de materiales de cantera, movimiento de tierras, conformación de pavimentos y a la construcción de obras de arte para el cruce de quebradas y canales de riego. Estos trabajos podrían generar el incremento de los niveles de turbidez y/o sólidos en suspensión en los recursos hídricos, comprometiendo a las parcelas que se ubican en la parte baja.

Contaminación de los cursos de agua

Otro aspecto está referido a la falta de información o conciencia de muchos trabajadores, quienes generalmente lavan su ropa, vehículos, maquinarias y/o equipos sobre los cursos de agua. Lo cual origina que se contamine con aceites y grasas, no sólo la ribera, sino el ecosistema aguas abajo.

Alteración del Paisaje

Durante esta etapa, el paisaje actual presentará mínimos cambios, debido a la pérdida de cobertura vegetal por desbroce, deslizamientos, explotación de las canteras y construcción de campamentos (incluidos rellenos, silos) y algunos cortes para ensanchar la vía.

Modificación del Relieve

Los cortes y depresiones producto de la extracción de materiales de préstamo, necesarios para el proceso constructivo de la Obra, ocasionará un efecto sobre el relieve de las canteras seleccionadas en el recorrido de los 5.962 Km. y por la acumulación de material será de tipo visual.

Interrupción parcial del tránsito vehicular local

El movimiento de tierras, conformación del pavimento, construcción de obras de arte y drenaje, la mayor presencia de vehículos, maquinarias y trabajadores, en la zona del proyecto, alterará el normal desenvolvimiento del tránsito local.

Reducción de la Cobertura Vegetal

Este impacto se producirá durante la construcción de Campamentos y remoción de material para Canteras. Las Canteras y su entorno más próximo se caracterizan por cobertura vegetal de baja a mediana densidad, compuesto por especies arbóreas y arbustivas propias de la zona. Debido a la pequeña dimensión de las áreas a ser intervenidas con los fines mencionados, con relación a la amplitud del ecosistema de este lugar

Perturbación de la Fauna Local

Las operaciones de construcción de campamentos, extracción de material en Canteras y durante el desplazamiento de la maquinaria, podrían ocasionar perturbación en la fauna local. Se estima que el incremento de la presencia humana y de maquinarias durante el proceso constructivo de la Obra no causará mayor perturbación en la fauna, pues no hay riesgo de procesos migratorios. Debido a la pequeña dimensión de las áreas a ser intervenidas con los fines mencionados, con relación a la amplitud del ecosistema de este lugar.

Afectación a la Salud Pública

La emisión de material particulado (polvo y gases) durante los movimientos de tierra (corte y relleno), transporte de material y conformación de pavimentos, podrían afectar la salud de los habitantes lugareños en la zona adyacente a la obra y por donde se desplazan los vehículos, que podría manifestarse con enfermedades bronquio pulmonar alérgicas.

Afectación de la Salud del Personal de Obra

El riesgo de ocurrencia de este impacto recaerá exclusivamente sobre el personal de obra, y sería ocasionado por la emisión de gases y polvo generado por la extracción de material de las canteras, durante el movimiento de tierras, excavaciones, preparación de mezclas y vaciado de concreto, conformación de pavimentos, etc.

Etapas de Mantenimiento

Impacto positivo

Afianzamiento vial

El mejoramiento de esta vía, facilitará la comunicación de los caseríos y centros poblados del área de influencia del Proyecto, esto traerá beneficios en la comercialización de productos y en el acceso a los servicios públicos.

Dinamización del comercio local

Una vez que la vía entre en operatividad permitirá que los ciudadanos de la Localidad de Requena un total acceso igualmente se mejorara la economía.

Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)

El Programa de Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales está orientado a implementar acciones preventivas y/o correctivas para evitar o mitigar los impactos negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto.

a. Durante el proceso constructivo es probable que se perturbe la tranquilidad de los pobladores que residan cerca a los lugares en donde se trabajará, por lo que será necesario adoptar las siguientes medidas

Se exigirá al Contratista de Obra, el uso de silenciadores y el óptimo funcionamiento de los mismos, para aminorar la emisión de ruidos como consecuencia del empleo y movimiento de las maquinarias, vehículos y equipo. Es por ello, que, dentro de los ítems

de calificación de Postores en el Proceso de Selección para designación del Contratista de Obra, se exigirá asumir el compromiso de cumplimiento de esta medida de mitigación.

Se recomienda el humedecimiento diario en todas las áreas de trabajo, para evitar la emisión de material particulado (polvo). La disposición de materiales excedentes será efectuada cuidadosamente, de manera que el material particulado originado sea mínimo. El humedecimiento de las áreas de trabajo, se realizará en forma Inter diaria, a partir del inicio de los trabajos de movimiento de tierras y explotación de canteras.

Los materiales transportados deben ser humedecidos adecuadamente y cubiertos para evitar su dispersión.

b. Para evitar la posible contaminación de los suelos, se deben considerar las siguientes medidas:

Se dispondrá de sistemas adecuados para la eliminación de residuos sólidos, se dotará al campamento de un sistema de limpieza, que incluya el recojo de basura y su traslado a un micro relleno sanitario.

En los campamentos se instalarán sistemas para el manejo y disposición de grasas y aceites; para ello es necesario contar con recipientes herméticos para la disposición de residuos de aceites y lubricantes, los cuales se dispondrán en lugares adecuados para su posterior eliminación.

Si existen derrames de concreto sobre la superficie del suelo, de inmediato se realizarán las acciones correspondientes para la limpieza del mismo y serán eliminados en las áreas seleccionadas para la disposición de material excedente.

Además, se sellarán los pozos sépticos, pozas de tratamiento de aguas negras y el desagüe, como parte del acondicionamiento del área ocupada por el Campamento Provisional de Obra.

Se considerará la posibilidad de donar las instalaciones del campamento a las comunidades que hubiera en la zona. De no ser así, se procederá a dismantelar el campamento.

c. Para evitar la posible contaminación de los cursos de agua, se deben considerar las siguientes medidas:

En zonas dedicadas al cultivo donde se prevé la construcción de alcantarillas y badenes se deben desviar los cursos de agua, el mismo que evitará la generación de turbidez en las aguas, que podría afectar las áreas agrícolas.

Se prohibirá el lavado de vehículos, maquinarias y equipos en los cursos de agua. Para este fin, se construirán áreas de lavado y mantenimiento de maquinarias, que contarán con suelos impermeables (concreto o asfalto), cunetas perimetrales, desarenadores y trampas de grasas, que impidan que cualquier tipo de residuo pueda afectar directamente, o por efectos de escorrentías, a los cursos de agua; estas medidas deberán implementarlas el Contratista de Obra bajo el control de la Supervisión de Obra.

Las instalaciones sanitarias en los campamentos contarán con sistemas de tratamiento que incluyan trampas de grasas y pozos sépticos. Se prohibirá el vertimiento de aguas negras y/o arroyos de residuos sólidos a cualquier curso de agua, estas medidas deberán implementarlas el Contratista de Obra bajo el control de la Supervisión de Obra.

El abastecimiento de combustible se efectuará de tal forma que se evite el derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes a canales de riego y quebradas. Similares medidas se tomarán para el mantenimiento de maquinarias y equipo.

El sistema de extracción de agua elegido no debe producir turbiedad en el agua, encharcamiento ni otros daños al entorno.

Se evitará la utilización de fuentes de agua que representen conflictos con terceras personas.

Los lugares de disposición de material excedente estarán lo suficientemente alejados de los cuerpos de agua, de manera que aun durante la creciente, no sean alcanzados por el agua.

d. Para evitar alterar el paisaje en la zona, se deben considerar las siguientes medidas:

El Contratista efectuará el levantamiento y demolición total de los pisos de concreto, paredes y cualquier otra construcción temporal para trasladarlos al lugar de disposición de materiales excedentes. El área donde estuvo el campamento debe quedar totalmente limpia de basura, papeles, trozos de madera, etc.

Una vez desmanteladas todas las áreas utilizadas temporalmente, se procederá a escarificar el suelo y readecuarlo a la morfología original, utilizando para ello la vegetación y materia orgánica reservada anteriormente.

Los taludes obtenidos del corte y de las canteras deberán ser re vegetados a fin de incrementar su estabilidad. Esta medida minimizará las alteraciones paisajísticas que se producirán en el área.

e Para no causar la interrupción del normal tránsito vehicular durante los trabajos de movimiento de tierras, transporte de material, conformación de pavimentos, construcción de obras de arte y drenajes, se recomienda colocar señales tanto fijas como móviles y comunicar a los usuarios.

f Durante el tiempo que dure la ejecución de la obra se deben desarrollar actividades de CAPACITACIÓN AMBIENTAL, la misma que debe impartirse al personal de obras (técnicos y profesionales) con énfasis en los componentes ambientales, ya que la etapa constructiva constituye el período en que el ambiente estará expuesto a las modificaciones que supongan la construcción de las obras civiles propuestas con el Proyecto. Se debe incidir en el cuidado que deben tener en el lavado de las maquinarias, equipos, ropas, vertimiento de combustible, lubricantes y grasas para no contaminar el suelo, y el agua de riego y quebradas. Por otro lado, para evitar accidentes de trabajo se impartirán recomendaciones de Seguridad Laboral entre los trabajadores.

Valorización del Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)

La ejecución del PAMA corresponde al Contratista de Obra en el plazo de ejecución de obra y de acuerdo al Presupuesto de Obra destinado para tal fin; por ello estas acciones están contempladas en el presupuesto general de ejecución del proyecto.

Cronograma de Ejecución del Programa de Medidas Preventivas y Correctivas

La ejecución de este Programa, destinado la Mitigación de Impactos Ambientales Negativos identificados en el presente Análisis, se llevará a cabo en directa relación con las actividades de ejecución del mejoramiento de la vía; por ello, formará parte del Cronograma de Actividades de Ejecución de Obra.

Partidas contempladas en el Plan de Mitigación Ambiental

En el Costo Directo del Presupuesto se está considerando las siguientes partidas de Mitigación Ambiental que el Contratista ejecutor del Proyecto deberá realizarlo según las especificaciones técnicas del presente Proyecto:

- Riego permanente en Obra
- Reacondicionamiento de área de campamento y patio de máquinas
- Restauración de canteras
- Acondicionamiento de Botaderos

4.2 Diseño de mezcla asfáltica

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA TRÁNSITO MEDIANO- PESADO)

Proyecto : DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE E IMPACTOR AMBIENTAL DE LAS VÍAS DE ACCESO DE LA LOCALIDAD DE REQUENA.

Localización : Localidad de Requena/ Distrito de Requena/ Provincia de Requena/ Región Loreto.

Tesistas : Juan Manuel Flores Reátegui
Jhonny Heinsten Morales Collantes.

Datos de Diseño

Tipo de Tránsito : Mediano- Pesado

Índice Medio Diario : 1133 Vehiculos

Vehiculos Livianos : 64.00 %

Vehiculos Pesados : 36.00 %

Veh. Ligeros hasta 4000 lbs/eje	= 722 Vehiculos	}	66.00 % (Vehiculos Livianos)
Veh. Ligeros > 4000 lbs/eje pero < 8000 lbs/eje	= 403 Vehiculos		
Vehiculos Tipo C-2	= 8 Vehiculos	}	34.00 % (Vehiculos Pesados)
Vehiculos Tipo C-3	= 1 Vehiculos		

Clasificación Funcional : Local

Número de Carriles : 01 carril

Periodo de Diseño "Pd" : 20 años

Tasa de Crecimiento de Anual de Tránsito : 2.0 %

Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) : Pi = 4.0

Índice de Serviciabilidad Final (Pf) : Pf = 1.5

C.B.R. Sub Rasante Natural : 8.73 % (C.B.R. Como Mínimo al 95% de Compactación)

C.B.R. Sub Base granular : 81.46 % (C.B.R. al 100% de Compactación)

C.B.R. Base granular : 99.82 % (C.B.R. al 100% de Compactación)

Temperatura Media de la Zona : 26.0 °C

Calidad de Drenaje : Excelente

Procedimiento de Cálculo

1. Cálculo del Factor de Crecimiento : Factor de Crecimiento = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$

Factor de Crecimiento = 24.3

2. Determinación del Número de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño para el Perio de Diseño :

Tipo de Vehículo	N° veh./día (02 sent.)	N° veh./día (01 sent.)	N° veh./año	F.C.	ESAL en carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESALdiseño
Veh. Ligeros hasta 4000 lbs.	722.00	361.00	131,765.00	0.002	263.50	24.3	6403.00
Veh. Ligeros entre > 4000 lbs. hasta 8000 lbs.	403.00	201.50	73,547.50	0.030	2,206.40	24.3	53616.00
Vehiculos Tipo C-2	8.00	4.00	1,460.00	3.840	5,606.40	24.3	136236.00
Vehiculos Tipo C-3	1.00	0.50	182.50	2.810	512.80	24.3	12461.00
Total	1,134.00	567.00	206,955.00	6.68	8,589.10		208,716.00
						W^o₁₈ =	2.09E+05

4. Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}): $W_{18} = D_D \times D_L \times W^{\circ}_{18}$
 Se considera para : $D_D = 1.00$ (Factor de Distribución Direccional)
 $D_L = 1.00$ (Factor de Distribución por Carril)
 Entonces : $W_{18} = 208,716.00$
 $W_{18} = 2.09E+05$
3. Factor de Confiabilidad "R": $R = 80\%$ (Para una via cuya funcionabilidad es local)
4. Desviación Estandar Normal "Zr": $Z_r = -0.841$ (Obtenido en función de la confiabilidad)
5. Perdida por Serviciabilidad " ΔPSI ": $\Delta PSI = P_i - P_f$
 $\Delta PSI = 2.50$
6. Módulo Resiliente Efectivo del Suelo "Mr": $Mr = 2555 \times C.B.R.^{0.64}$ (En psi) \Rightarrow Ec. "a"
 $Mr = 4326 \times \ln(C.B.R.) + 241$ (En psi) \Rightarrow Ec. "b"
- a. Módulo resiliente de sub rasante natural = 10224 psi = 10.22 ksi
- b. Módulo resiliente de sub base granular = 19276 psi = 19.28 ksi
- c. Módulo resiliente de base = 20155 psi = 20.16 ksi
7. Error Estandar "So": $So = 0.4$ (Se recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

8. Número Estructural Requerido "SN":

a. Número estructural requerido para Sub Rasante Natural :

$$SN = 2.25$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{SN + 1}^{5.19}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$5.30 = 5.50$$

b. Número estructural requerido para Sub Base Granular :

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= 1.65 \\
 \log_{10}(W_{18}) &= Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{\text{SN} + 1}} + 2.32 \cdot \log_{10}(\text{Mr}) - 8.07 \\
 5.30 &= 5.30
 \end{aligned}$$

c. Número estructural requerido para Base Granular :

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= 1.60 \\
 \log_{10}(W_{18}) &= Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{\text{SN} + 1}} + 2.32 \cdot \log_{10}(\text{Mr}) - 8.07 \\
 5.30 &= 5.30
 \end{aligned}$$

9. Coefficientes de Drenaje Recomendado "mi" :

Para el proyecto se esta considerando una condición de drenaje:
Excelente

De acuerdo a esto se considera los siguientes niveles de humedad próximos a la saturación que son:

- a. Para Sub Base Granular : 5.0 % - 25.0 %
- b. Para Base Granular : 1.0 % - 5.0 %

Con estos datos referenciales de humedades próximos a la saturación, entramos a los monogramas respectivos de donde se obtendra los coeficientes de drenaje recomendado. De esta manera se obtuvo los siguientes valores:

- a. Para Base Granular : m2 = 1.35
- b. Para Sub Base Granular : m3 = 1.20

10. Coefficientes de Capas :

- a. Carpeta asfáltica : Módulo de elasticidad "E" : E = 475000 psi
Coeficientes: a1 = 0.45 pulg⁻¹
- b. Base Granular : Módulo resilente de Base Granular : 20155 psi
(C.B.R. = 100 %)
Coeficientes: a2 = 0.15 pulg⁻¹
- c. Sub Base Granular : Módulo resilente de SubBase Granular : 19276 psi
(C.B.R. = 81 %)
Coeficientes: a3 = 0.14 pulg⁻¹

11. Diseño de Espesores : Con el valor ESALdiseño entramos a tabla para encontrar los espesores mínimos recomendados:

Para un ESALdiseño de 208,716.00 tenemos :

- a. Se sabe que la carpeta asfáltica se cimentará sobre la base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor carpeta asfáltica (Eca) :

$$Eca = \frac{SN \text{ (Base Granular)}}{a1}$$

$$Eca = 3.56 \text{ pulg.}$$

$$Eca = 4.00 \text{ pulg.}$$

Por recomendaciones de espesores mínimos de la AASHTO se tiene que para un ESALdiseño entre 50,001 - 150,000 se considere un espesor de 2.00 pulg.

Por tanto, se tiene: $Eca = 2.00 \text{ pulg.}$

La diferencia se considera un espesor de colchón de piedra chancada (Ecpch) :

$$Ecpch = 2.00 \text{ pulg.}$$

- b. Se sabe que la base granular se cimentará sobre la sub base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor base granular (Ebg) :

$$Ebg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca)}{(a2 \times m2)}$$

$$Ebg = 3.70 \text{ pulg.}$$

$$Ebg = 4.00 \text{ pulg.}$$

El espesor total es :

$$Ebg \text{ T} = Ebg + Ecpch$$

$$Ebg \text{ T} = 6.00 \text{ pulg.}$$

- c. Se sabe que la sub base granular se cimentará sobre la sub rasante natural, por tanto el espesor requerido para esta será:

Para el cálculo solo tener en cuenta el Ebg (Espesor de base granular) obtenido inicialmente:

$$Ebg = 4.00 \text{ pulg.}$$

Espesor sub base granular (Esbg) :

$$Esbg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca) - (a2 \times m2 \times Ebg)}{(a3 \times m3)}$$

$$Esbg = 3.33 \text{ pulg.}$$

$$Esbg = 4.00 \text{ pulg.}$$

Resumen

12. Espesores a tener en consideración para un tránsito mediano - pesado:

a. Carpeta asfáltica : Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.

b. Base Granular : Espesor base granular = 6.00 pulg.

c. Sub Base Granular : Espesor sub base granular = 4.00 pulg.

Considerando margen de seguridad y proceso constructivo considerar 6"

Nota: Se considera una sola capa en la estructura de sub base y base, debido a que estos tienen espesores mínimos. De esta manera la estructura del pavimento será:

a. Carpeta asfáltica : Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.

b. Base Granular : Espesor base granular = 6.00 pulg.

b. Sub Base Granular : Espesor sub base granular = 4.00 pulg.

Espesor Parcial

A considerar : = 5.00 cm

A considerar : = 15.00 cm

A considerar : = 15.00 cm

Espesor Final

Para mejorar la Transitabilidad Vial En La Localidad De Requena, se debe ejecutar una capa de rodamiento de aproximadamente 2" de espesor con mezcla arena asfalto en caliente con una capa nivelante de 1" anterior a la colocación de la capa de rodadura e incluye la realización de tareas previas de bacheo en un todo de acuerdo a las especificaciones técnicas que rigen la obra.

El bacheo será con mortero de 210kg/cm², y abarca también todos los baches puntuales que se encuentren a lo largo del desarrollo de las distintas vías de acceso, y que son necesarios ejecutar para restituir las condiciones superficiales aceptables de transitabilidad .

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarburo. Se fabrican en unas plantas fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan.

Se usa la fórmula : $A = 0.020 a + 0.045 b + cd$ Siendo: A= contenido de asfalto (expresado como cemento asfáltico) referido al peso del agregado. La estabilidad y densidad máxima de la mezcla asfáltica se encuentra entre 140 y 150 °C de temperatura de compactación. · El flujo mínimo de la mezcla se encuentra a 130 °C. · están a 140 °C y a las temperaturas de 110 y 100 °C, los descensos ascienden hasta 20%.

CONCLUSIONES

1. Del estudio de tráfico es el dato de entrada más importante en la metodología de diseño de pavimentos y es por ello que en proyectos como el de la presente tesis se recomienda instalar estaciones de pesaje que regulen las cargas máximas legales permitidas por tipo de vehículo para así no incurrir en un subdimensionamiento del pavimento.
2. Del estudio de suelos se obtuvo que el material de la subrasante estaba formado por Suelo arenoso limoso inorgánico de color rojizo, no plástico, saturado, que pasa la malla N° 200 el 16.88%. Con un porcentaje de humedad de 27.54 % y no posee índice plástico.
- 3.- El diseño de la estructura del pavimento se realizó considerando las características originales de la subrasante; es decir no existió ninguna mejora sobre ella. Ya que este contaba con una subrasante, sub base y base mejorada por la pavimentación rígida que posee.
4. Como se pudo observar en el desarrollo de la presente tesis se constató que las características de la subrasante, especialmente el CBR, afectan directamente a los espesores de capa del pavimento flexible mientras que para el pavimento rígido su efecto en la elección del espesor de la losa de concreto es prácticamente nulo.
5. Del estudio de impacto ambiental se obtiene que se debería mejorar o implementar medidas para el mejor desempeño de la planta de asfalto en caliente para poder reducir los daños atmosféricos, ambientales y físicos durante la realización de dicho proyecto.

RECOMENDACIONES

- El diseño de pavimento flexible de las vías de acceso a la Localidad de Requena, en el aspecto académico y profesional es de gran importancia porque nos permite ampliar nuestro conocimiento y estudiar nuestras tendencias o disposiciones en el campo de la construcción de pavimentos. Entonces es recomendable utilizar los materiales más adecuados a si no se encuentran en la zona, para poder obtener los resultados que se busca.
- Se debe tener en cuenta que es de vital importancia considerar en todos los proyectos el programa de Impacto Ambiental. Más aún cuando se tratan de proyectos en los cuales se van a emplear materiales muy contaminantes y peligrosos.
- Para la Elaboración de Mezclas Asfálticas se debe tener en cuenta la cantera a utilizar para realizar la mezcla, lo que conlleva a tener una dosificación correcta de los materiales a emplear en la carpeta asfáltica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHURY Figueroa, Albeiro y Ramírez Reyes, Booris. Proceso constructivo pavimento en piedra pegada municipio de Sutatausa, Cundinamarca. Tesis de pre grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2015.
- BRANDIS García, Dolores. Las imágenes del paisaje como valor cultural del patrimonio urbano. Guanajato: Editorial Universidad de Guanajato. 2010.
- CARRASCO-Osorio, Arturo. Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad. Tesis de maestría. Lima: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2014.
- CHUMBE Ydrogo, Brian y ROJAS Berru, José. Propuesta de diseño de pavimentos y obras de drenaje pluvial en la reconstrucción de jirones y/o pasajes (Jr. Francisco Bolognesi cdra. 10 – 17, Jr. Perú cdra. 04 – 15, Jr. España cdra. 09 – 13...), principales vías de acceso al sector Partido Alto y la Hoyada, distrito de Tarapoto, provincia y región de San Martín. Tesis. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2018.
- CORONADO Iturbide, Jorge. Manual centroamericano para el diseño de Pavimentos. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2002.
- Comisión Nacional del Agua de México. El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacan: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- GÁMEZ Morales, William. Texto básico autoformativo de topografía general. Managua: Universidad Nacional Agraria, 2015. ISBN: 978-99924-1-036-3
- Instituto de la Construcción y Gerencia. Norma Técnica CE – 010 Pavimentos Urbanos.
- JUÁREZ Badillo (2017), Eulalio y RICO Rodríguez, Alfonso. Mecánica de Suelos Tomo 1: Fundamentos de la mecánica de suelos. 3° ed. Ciudad de México: Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, 2000. ISBN: 968-18-0069-9.
- MENÉNDEZ Acurio, José. Ingeniería de pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación. Lima: Fondo Editorial ICG, 2009.
- MINAYA Gonzales, S., & Ordoñez Huaman, M. Diseño Moderno De Pavimentos Asfálticos. Lima: ICG. 2006.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: MTC, 2013.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016.

- NIÑO Cotrina, Jhoan y GARCIA Chozo, Michelle. Diseño y optimización del sistema de drenaje de las aguas pluviales de la urbanización El Chilca. Tesis. Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2021.
- PAREDES Vela, Fernando y DELGADO Mego, Jorge. Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. Tesis. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2019.
- PÉREZ Corado, Esdras. Estudio y diseño para la pavimentación y drenajes de las calles de sabana larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentación de la entrada a la colonia la unión, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. Tesis. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.
- PINCHI Vergara, Luis. Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas. Tesis. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2017.

ANEXOS

- **Estudio de mecánica de suelos certificado.**
- **Planos de planta general.**
- **Plano en planta y perfiles de las distintas vías de acceso**

Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena

por Juan Manuel Flores Reátegui - Jhony Heisten Morales Collantes

Fecha de entrega: 18-abr-2023 11:07a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2068435626

Nombre del archivo: Manuel_Flores_Re_tegui_y_Jhony_Heisten_Morales_Collantes_3.docx (10.35M)

Total de palabras: 22531

Total de caracteres: 121151

Diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de Requena

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

core.ac.uk

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

3

es.slideshare.net

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

2%

6

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

qdoc.tips

Fuente de Internet