

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



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>



Obra publicada con autorización del autor

5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

5

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

**Juan Manuel Flores Reátegui
Jhony Heisten Morales Collantes**

2

ASESOR:

Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo

Tarapoto – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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, ⁵ante el honorable jurado:

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

.....
Ing. Msc. Juvenal Vicente Díaz Agip
Secretario

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

.....
Ing. M. Sc. Iván Gustavo Reátegui Acedo
Asesor

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 Compañón 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.

Tarapoto, 04 de noviembre del 2022



.....
Juan Manuel Flores Reátegui

DNI N° 71983885



.....
Jhony Heisten Morales Collantes

DNI N° 76742091

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.

Agradecimiento

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!

Índice general

| | |
|---|-----------|
| Dedicatoria | vi |
| Agradecimiento | vii |
| Índice general | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 1.1. Antecedentes de la Investigación | 4 |
| 2.4. Fundamentos Teóricos | 6 |
| CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS | 61 |
| 2.1. Ámbito de la investigación | 61 |
| 2.1.1. 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 éticos 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 BIBLIOGRAFICAS | 91 |
| 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 centro poblado 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 ¹³the Ministry of Transport and Communications, has implemented ²⁰a policy to promote the construction of road works throughout the country. According to reports from the Ministry of Transport and Communications, more than ⁴14,000 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 ⁴laying 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 ⁴the 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.

Introducción

¹³ El mal estado en que se encuentran las vías de la ciudad de Requena genera problemas de tránsito vehicular, ocasionando ¹³ 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 ¹¹ diseño constructivo, será básicamente de reparación y rehabilitación. En este sentido, ¹¹ 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.

Se espera que la sugerencia del trabajo conduzca a normas más elevadas en el diseño de emulsiones asfálticas a menor coste. También se presentan las cualidades ⁴ reológicas de los materiales asfálticos mediante la mecánica del medio continuo y los parámetros reológicos mediante la tecnología Superpave, todos ellos dependientes de la composición química del asfalto, que se desarrolla más adelante. Asimismo, se examina el papel que desempeñan ⁴ la granulometría y otras propiedades de los áridos en la deformación permanente, el diseño de las mezclas asfálticas y las consideraciones constructivas.

A pesar del impresionante progreso económico de Perú en los últimos años, la nación aún no ha resuelto una carencia crítica en sus vías de comunicación terrestre, como se investigará en esta investigación. "Esta carencia convierte a Perú en una nación no sólo incomunicada e invertebrada, sino también lenta y aletargada en su gestión administrativa, productiva y económica, lo que frena el desarrollo de muchas de sus regiones y, por tanto, mantiene ⁴⁷ seculares zonas de pobreza." Según Vega, ⁴⁷ la clave para el crecimiento económico y el desarrollo de un país es facilitar la interacción social y cultural de sus numerosos segmentos de población mediante la integración de los mercados nacionales y mundiales. Para lograr este objetivo se requiere una estrategia de integración basada en la construcción de carreteras adicionales.

40

Desde el punto de vista de las vías de comunicación terrestres, el terreno montañoso y diverso de Perú plantea una serie de retos. La variada topografía del país es un reto constante que contribuye a una mayor fragmentación nacional, por lo que la construcción de nuevas carreteras es un componente esencial de cualquier estrategia para lograr una mayor cohesión política, social y económica.

De ahí la necesidad de construir una carretera que condujera a Requena, ciudad clave en el crecimiento del comercio regional y local. Con el fin de encontrar el diseño de firme asfáltico más ventajoso técnica y económicamente, esta tesis compara y contrasta dos opciones: pavimento flexible y pavimento rígido.

Planteamiento del Problema

En la ciudad de Requena se tienen diversas calles a la parte central 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.

6

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

² El diseño del pavimento flexible e impacto ambiental de las vías de acceso de la localidad de requena mejorará la transitabilidad en esa localidad.

5 CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación

1.1.1. Antecedentes internacionales

Pérez, E. (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: Según el estudio socioeconómico, el proyecto de pavimentación no es rentable, lo que significa que no se recuperará la inversión inicial. A pesar de ello, el estudio concluye que el proyecto debe seguir adelante porque no se trata de una aventura empresarial sino social, cuyos resultados se reflejarán en un aumento del nivel de vida de los residentes.

Masihy, J. (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: Para el éxito de cualquier proyecto de construcción de carreteras son importantes los análisis del suelo que miden la capacidad portante de la subrasante. De estos análisis pueden deducirse los factores de entrada necesarios para el diseño del firme. La posibilidad de utilizar las tecnologías mencionadas en este sector se debe a la disponibilidad de métodos nuevos y más eficaces para recopilar las características del suelo. Los resultados de estos métodos más recientes pueden aprovecharse correlacionándolos con los datos de pruebas más consolidadas. De este modo, puede derivarse una conexión empírica que facilite la determinación rápida y precisa de las variables críticas de diseño utilizando equipos más avanzados y precisos.

Achury, A y Ramírez, B. (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: Aunque la piedra encolada puede ser una gran atracción turística para las ciudades históricas y coloniales, su durabilidad depende en gran medida del procedimiento de construcción. Cada paso, desde la investigación y planificación iniciales hasta el diseño detallado y la

construcción propiamente dicha, es fundamental para el éxito general de los proyectos; si falla alguna de estas fases, puede ser muy difícil garantizar que los proyectos se terminen a tiempo.

⁵ Padilla, Mayra (2015) En su tesis titulada “Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario y Pluvial del corregimiento de la Mesa - Cesar” El objetivo principal del estudio fue diseñar un ⁵ sistema de alcantarillado y aguas lluvias para el corregimiento de La Mesa en el departamento del Cesar; la investigación concluyó que se había realizado con un enfoque convencional, teniendo en cuenta toda la normatividad aplicable con base en los parámetros establecidos por las normas de agua potable y saneamiento básico.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Vásquez, A y Bendezú, L. (2008), en su investigación titulada, “*Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú*”. Explica: Uno de los activos más valiosos de Perú es su red de carreteras, que desempeña un papel clave a la hora de fomentar la actividad del sector privado, atraer inversiones y producir crecimiento económico. Sin embargo, es importante recordar que las desigualdades regionales en la distribución de recursos públicos como las carreteras podrían exacerbar las brechas de crecimiento existentes entre departamentos.

Olarte, J. (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 ³ Universidad Nacional de Ingeniería. En su investigación, descubrió que no es infrecuente que zonas de una carretera tengan una subrasante con una capacidad portante inferior a la norma mínima (CBR7%). Los procesos geológicos propios de estas regiones han dado lugar a una amplia gama de suelos finos, todos los cuales deben evaluarse geotécnicamente para decidir si se incluirán en la plataforma o, por el contrario, si deben eliminarse y sustituirse por suelos de mayor calidad.

1.1.3. Antecedentes locales

El “Estudio del Impacto Ambiental producido por la Construcción ⁵ del Camino Vecinal San Juan de Tangumi-Santo Domingo”, ubicado en el departamento de San Martín; Este ⁵ proyecto atraviesa los distritos de Habana y Calzada. A partir de las conclusiones del estudio, se determinó que las operaciones de mantenimiento de carreteras se benefician

de un Sistema de Gestión Medioambiental porque fomenta el cuidado del medio ambiente en todas ellas, utilizando procesos bien definidos cuyos fines están alineados con la política medioambiental de la empresa y la legislación vigente.

Villanueva, A. (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: Dado que un firme con un coste de construcción barato tendrá poco valor si su mantenimiento va a ser constante y su vida útil es limitada, los elementos técnicos deben tenerse en cuenta antes que el coste. Para construir la estructura del firme se utilizó el método AASHTO93, sin embargo, sería útil comparar los resultados de emplear otros métodos en futuros estudios. Estos otros métodos incluyen las metodologías mecánicas empíricas que utilizan la teoría elástica para crear las capas del firme.

Pinchi, L. (2017), tesis, “*Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas*”, realizó un estudio que se utilizará como referencia para el diseño de pavimentos asfálticos, tanto en el aula como sobre el terreno; contribuirá a salvar el proceso de diseño al permitir realizar comparaciones con las condiciones reales.

1.2. Fundamentos Teóricos

Levantamiento topográfico

William R. Gámez Morales (2015), define a la topografía es el estudio de los métodos utilizados para localizar lugares en la superficie terrestre utilizando coordenadas espaciales y otros marcos de referencia. Estos tres componentes pueden ser cualquier combinación de dos distancias separadas, una elevación y una dirección, o una sola distancia y una dirección. Las unidades de longitud (sistema métrico decimal) se utilizan para las distancias y las alturas, mientras que los grados de arco (sistema sexagesimal) se utilizan para las direcciones. Tanto en topografía como en geodesia, un levantamiento es la serie de pasos necesarios para localizar puntos y trazarlos en un mapa.

- **Levantamiento Topográficos:** son aquellas que, a pesar de la forma esférica del globo, pueden crearse sin apenas margen de error, ya que pertenecen a regiones relativamente limitadas.

- **Levantamientos Geodésicos:** son estudios que abarcan vastas regiones, por lo que es necesario tener en cuenta la forma de elipse.

Un levantamiento topográfico consta de dos fases.

1) La primera etapa, La recogida de datos (incluidos ángulos, distancias, etc.) es el primer paso de la fase de campo.

2) La segunda etapa, "Gabinete", es cuando los datos recogidos en el levantamiento sobre el terreno se convierten en un formato utilizable mediante una serie de cálculos y dibujos.

Suelos.

Dado que es el suelo sobre el que se asienta la construcción del pavimento, modelar y predecir su comportamiento es una de las tareas más difíciles que existen. Las condiciones del suelo influyen en el diseño y la construcción de un pavimento, así como en la cantidad de mantenimiento necesario durante el transcurso de la vida útil del pavimento.

Particularmente para pavimentos flexibles, el suelo de cimentación suministra una porción significativa de la capacidad total del sistema estructural del pavimento. Cuando se trata de cargas de tráfico, los esfuerzos son mayores en las capas superficiales y disminuyen a medida que se profundiza. Como resultado, las capas superiores del pavimento se construyen con materiales más caros y superiores, mientras que los niveles inferiores se construyen con materiales más baratos e inferiores.

Al maximizar el uso de recursos de origen local y minimizar los gastos de construcción, se duplica la eficiencia de los materiales. Dado que sólo las capas superiores deberían necesitar mantenimiento o sustitución durante la vida útil del pavimento, esta estrategia también requiere una mayor consideración de las capas de menor calidad en el diseño (el suelo de cimentación) con el fin de minimizar los costes del ciclo de vida del pavimento. (Menendez Acurio, 2016).

Mecánica de suelos.

Según Terzaghi, la mecánica de suelos aplica los principios de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería relacionados con los sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que contengan o no materia orgánica.

La mecánica de suelos incluye:

- a. Utilización de conocimientos tanto teóricos como empíricos para resolver problemas del mundo real.
- b. La segunda opción consiste en examinar las características físicas del suelo.
- c. Teorías del comportamiento del suelo, basadas en simplificaciones esenciales dado el nivel de teoría existente, cuando determinados suelos están expuestos a cargas.

Métodos de Exploración de suelos

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 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:

- **Perforaciones con posteadora o barrenas helicoidales:** El contenido de agua de estas muestras suele ser representativo, a pesar de que se adquieren a partir de muestras drásticamente modificadas en estos sondeos.
- **Método de penetración estándar:** Para la aplicación de la técnica se requiere un muestreador específico (muestreador o penetrómetro estándar); este enfoque, entre todos los preparatorios, es el que mejores resultados proporciona en la práctica y el que ofrece la información más importante sobre el subsuelo.
- **Métodos de lavado:** Esta técnica se emplea a menudo como auxiliar de avance rápido en otros procedimientos, y es a la vez barata y rápida para obtener una comprensión aproximada de la estratigrafía del subsuelo.
- **Método de penetración cónica:** El método consiste en introducir una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que encuentra la punta.
- **Pozos a cielo abierto:** Se trata de perforar un pozo lo suficientemente profundo como para que un técnico pueda descender a él y ver las distintas capas del suelo tal como existen en la naturaleza, así como extraer agua del subsuelo y analizar sus propiedades químicas y físicas específicas.

Métodos de sondeo definitivo:

- **Métodos con tubos de pared delgada:** Cortar el muestreador por la mitad longitudinalmente para eliminar la fricción lateral es una práctica habitual debido a la alteración que provoca esta extracción.
- **Métodos rotatorios para roca:** Es necesario emplear equipos de perforación rotatoria, con brocas de diamante o de tipo cáliz, cuando en la perforación se encuentra un bloque enorme o un estrato rocoso.
- **Pozos a cielo abierto:** Cuando resulte práctico, los ingenieros deben dar prioridad a este enfoque de investigación por encima de cualquier otro.

Métodos geofísicos:

- **De resistencia eléctrica:** Esta técnica se basa en la observación de que cuando se produce una corriente eléctrica a través del suelo, diferentes tipos de suelo mostrarán diferentes niveles de resistividad eléctrica.
- **Sísmico:** Este método se basa en el hecho de que las ondas de vibración sísmica viajan a velocidades diferentes a través de diversas sustancias.
- **Magnético y gravimétrico:** La componente vertical del campo magnético terrestre en la región considerada se mide en muchos lugares mediante un magnetómetro.

Propiedades físico mecánica de los suelos.

Las cualidades del suelo de cimentación y de la subrasante, ya sean naturales o transportados como rellenos, deben determinarse antes de diseñar el pavimento. (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)

Para determinar la humedad contenida en una muestra se debe tener en cuenta que, “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 es uno de los estudios del suelo más antiguos y es un elemento obligatorio de los requisitos del suelo para aeropuertos, carreteras, presas de tierra y otras estructuras de terraplén de tierra. La distribución granulométrica, o análisis granulométrico, es un método común para determinar los porcentajes de varios tamaños de grano a lo largo de un rango dado de tamaños.

En el caso de los suelos granulares, esto nos ayuda a comprender su comportamiento ingenieril y su permeabilidad, pero en el caso de los suelos cohesivos, cuya permeabilidad y otras propiedades dependen más de su fondo geológico, no es así.

Mediante el análisis granulométrico, podemos investigar el tamaño de las partículas y predecir el papel que desempeñarán las distintas fracciones del suelo. Para este tipo de estudio se utiliza el tamizado, o sedimentación en el caso de partículas extremadamente finas como gravas, arenas, limos y arcillas. En el caso de gravas y arenas, basta con un examen granulométrico, pero en el de arcillas y limos, turbas y margas, la investigación debe completarse con pruebas que caractericen la flexibilidad del material.

Aunque las pruebas de permeabilidad son las más empleadas, la información obtenida del análisis granulométrico puede utilizarse ocasionalmente para estimar el flujo de agua a través del suelo. El análisis granulométrico del suelo puede utilizarse como predictor de la vulnerabilidad del suelo a la acción de las heladas, lo que resulta crucial en zonas muy frías. (Menéndez Acurio, 2016).

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

Para realizar el procedimiento normativo sobre la determinación del límite líquido, plástico y el índice de plasticidad, menciona que “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 moldearlos. 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” (Pinedo & Campana, 2020, p. 20).

Clasificación de Suelos

El suelo de las carreteras puede clasificarse utilizando cualquiera de los dos métodos AASHTO o el ² SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). El suelo se clasifica a menudo utilizando el sistema SUCS, por lo que es el método más utilizado para la clasificación del material ³ de la subrasante. Sin embargo, los materiales de la subbase y la base suelen clasificarse utilizando el sistema AASHTO (Menendez Acurio, 2016).

³ **Sistema de Clasificación AASHTO (American association of state highway oficiale)**

Para realizar la clasificación de suelos Pinedo & Campana hace uso de su interpretación del manual emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual describe que “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” (Pinedo & Campana, 2020, p. 22).

| 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)

Los tipos de suelo se clasifican y categorizan en función de sus propiedades estructurales, su flexibilidad y su comportamiento como materiales de construcción.

A efectos de esta clasificación, consideramos:

- Expresado en porcentaje, es la cantidad que puede pasar por un tamiz de malla N° 200.
- La forma de la curva que representa la distribución granulométrica.
- Poseer propiedades plásticas y compresibles.

Existen tres tipos distintos de suelos.

- Suelos granulares
- Suelos de granulometría fina
- Suelos ricos en materia orgánica

Los suelos de grano grueso:

Para la clasificación de los granos gruesos hace mención que “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 granulometría fina:

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)” (Villanueva, 2020, p. 23).

Los suelos altamente orgánicos:

La mayoría de las veces, se comprimen con extrema facilidad y carecen de las propiedades deseables para su uso en la construcción. Los tipos de suelo como la turba, el humus y la ciénaga son representantes del grupo de suelos Pt.

| DIVISION MAYOR | GRUPO SÍMBOLOS | 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. | $C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 4}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_g)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ —entre 1 y 3}$ No reúne los requisitos de granulometría para GW Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 Límites 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 | Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla. | | | |
| | | 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° 40) | ARENA LIMPÍA (Poco o ningún finos) | SW | Arena bien graduada y arena gravilosa. Poco o ningunos finos. | $C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 6}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ —entre 1 y 3}$ No reúne los requisitos de granulometría para SW Límites de Atterberg en la línea "A" o I.P. menor de 4 Límites 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) | SM | Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla. | | |
| | | | 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 (Límite líquido es menor de 50) | ML | | Limos inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad. |
| | | | | CL | | Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla foja. |
| OL | Limos. Orgánico. Limos —arcilla orgánico de baja plasticidad. | | | | | |
| MH | Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico. | | | | | |
| ARCILLA (Límite líquido es menor de 50) | 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. | | |

5 **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

El primer paso en la realización de un estudio del suelo es perforar metódicamente el terreno para evaluar la composición, profundidad y disposición de las capas del suelo, así como para localizar posibles aguas subterráneas. Si se encuentra un nivel freático, también debe documentarse su ubicación, ya que se utilizará en la planificación de los sistemas de drenaje subterráneo necesarios para la construcción de la carretera. Las muestras de suelo se analizarán y clasificarán según las normas AASHTO y SUCS para su uso en la construcción de carreteras., 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 material fino, 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 diatometacea, 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)

El subsuelo y la base de carreteras pavimentadas, pistas de aeropuertos, terraplenes y otras estructuras similares se compactan como parte del proceso estándar de construcción. El término "compactación" se refiere al proceso mecánico de aumentar los sólidos por unidad de volumen del suelo.

La resistencia, permeabilidad y compresibilidad del suelo mejoran gracias al aumento de su densidad.

La densidad del suelo se utiliza como medida de la compactación (peso unitario seco). Añadir la cantidad justa de agua permite que el suelo se comprima (y, por tanto, adquiera una mayor densidad). Debido a sus propiedades lubricantes, el agua ayuda a que las partículas de tierra se adhieran entre sí. Sin embargo, si se añade una cantidad excesiva de agua, las partículas de tierra se separarán más y el resultado será una densidad menor.

Por lo tanto, hay un cierto contenido de humedad en el que la densidad seca es mayor y la compactación es mejor para una energía de compactación dada. La densidad seca a este nivel de humedad se define como densidad seca máxima. (Menéndez Acurio, 2016)

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

Aunque el ensayo CBR no refleja directamente un atributo básico del material, es un ensayo sencillo para adquirir una indicación de la resistencia de los suelos de la subrasante, la subbase y la base para su uso en carreteras y aeropuertos. En el caso de las técnicas mecanicistas empíricas, el valor del CBR se aplica al diseño del pavimento mediante correlaciones con el módulo resiliente, mientras que en el caso de los métodos empíricos, el valor se utiliza directamente. En 1929, la División de Carreteras de California creó una prueba que posteriormente sería aceptada por el Cuerpo de Ingenieros para su uso en la construcción de pavimentos flexibles en zonas donde las temperaturas de congelación no fueran un problema.

Requisitos de los materiales.

Cada material debe cumplir las normas que se indican a continuación. Todo material que no se ajuste a estos parámetros será descartado.

De la Sub-Base:

Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos:

Tabla 1

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos)

| 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 |

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

Tabla 2

Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos)

| 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.

De la Base:

Estos materiales deberán cumplir los requisitos de gradación establecidos:

Tabla 3

Requerimientos Granulométricos para Base Granular (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos)

| 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 |

Además, el material de la Base Granular debe tener las siguientes propiedades físico-mecánicas y químicas:

Tabla 4

Valor Relativo de Soporte, CBR (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos)

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

Tabla 5

Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular (Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE. 010 pavimentos Urbanos)

| 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 |

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 que se asienta sobre la subrasante de la carretera para soportar el peso de los vehículos, reducir los efectos de las vibraciones de la carretera y aumentar la sensación de seguridad y comodidad de los automovilistas. Las partes estándar incluyen una base, una subbase y una capa de rodadura.

- **Base:** La subrasante es la capa situada debajo de la capa de rodadura y es la responsable de transmitir, distribuir y soportar las cargas del tráfico. Esta capa de base estará hecha de un material granular permeable (C.B.R. al ochenta por ciento) o se le aplicará asfalto, cemento o cal.
- **Subbase:** Es una capa de material predeterminada de cierto grosor que mantiene unidas la base y el aglutinante. También sirve como rotura capilar y capa de drenaje para la gestión del agua. La naturaleza, el diseño y las dimensiones del pavimento determinan si esta capa es necesaria o no. Esta capa base puede ser de asfalto, cal o material granular modificado con cemento (C.B.R. cuarenta por ciento).
- **Capa de rodadura:** Superficie de carretera, como superficies bituminosas (flexibles) o de hormigón de cemento Portland (rígidas) o pavimentadas, cuya finalidad principal es transportar el tráfico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Pavimento Flexible

Las capas de material granular (subbase, base) son la base de un pavimento flexible, que luego se cubre con una capa de rodadura hecha de materiales bituminosos (ligantes, áridos y, si es necesario, aditivos). El mortero asfáltico, el tratamiento superficial bicapa, el micropavimento, el macadán asfáltico, las mezclas asfálticas en frío y las mezclas asfálticas en caliente son posibles capas de rodadura asfálticas sobre capas granulares (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Ventajas y desventajas de los pavimentos flexible

Ventajas:

- Puede drenar más agua transversalmente a través de la macrotextura superficial de las mezclas asfálticas con granulometría abierta, minimizando el hidroplaneo y la proyección de agua.

- Los pasajeros del interior del vehículo declaran un mayor nivel de confort al conducir sobre pavimentos de asfalto en comparación con pavimentos rígidos como el hormigón. Esto se debe a que las mezclas de asfalto se colocan en varias capas, lo que aumenta el grosor total del pavimento y absorbe las vibraciones y los impactos mejor que una sola capa de hormigón.
- El peso se transfiere a las tierras inferiores, lo que aumenta la necesidad de bases resistentes.
- Resulta más económico en su construcción inicial.

Desventajas:

- Para que funcionen correctamente y de forma fiable ⁸ durante toda su vida útil, necesitan un mantenimiento regular y exhaustivo.
- Los surcos y dislocaciones en el asfalto son una posible amenaza para los conductores, y las cargas pesadas los producen. Esto es especialmente problemático en lugares de parada y arranque como cruces, peajes y rampas. En ciertas regiones, ³ las roderas llenas de lluvia pueden provocar deslizamientos, ³ pérdida de control del vehículo y, en última instancia, accidentes y lesiones (Salazar, 2014).

³ Determinación de la subrasante de diseño

Cada técnica de diseño tiene su propio método para determinar la subrasante de diseño, y debe seguirse ese método. A continuación, se describen brevemente los pasos necesarios.

El Método ³ de Diseño de Pavimentos de la Norma Peruana del MTC.

De acuerdo con ³ la norma peruana MTC 2013, un material es elegible para la consideración de subrasante si tiene un CBR de 6% o superior. El suelo con un CBR menor debe ser mejorado o reemplazado si es posible. Los pasos para determinar el CBR de un diseño son los siguientes:

1. La media de los valores totales examinados por sector de características homogéneas se utilizará para estimar el valor CBR de diseño en las zonas en las que se hayan realizado ² 6 o más mediciones CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas del suelo.

2. Cuando se hayan medido menos de seis valores de CBR para el tipo de suelo típico de un sector determinado o para una cierta porción con características de suelo homogéneas, deben utilizarse los siguientes criterios para establecer el valor de CBR utilizado en el diseño:

Si las cifras son próximas, se utilizará la media.

Si los valores difieren drásticamente entre sí, debe utilizarse el más bajo.

3. Una vez determinado el valor CBR de diseño para cada sector homogéneo, puede determinarse la categoría de subrasante a la que pertenece el sector o subtramo utilizando la siguiente tabla.

Tabla 7

Categorías de la Subrasante (Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

| 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% |

Diseño de pavimentos

Diseño de Pavimento Flexible

Las técnicas AASHTO-93 y PCA son ampliamente empleadas en el Perú, aunque cualquier enfoque de diseño estructural basado en la teoría y la experiencia puede y debe ser aplicado. La metodología AASHTO-93 fue seleccionada para esta tesis debido a su éxito comprobado en la determinación de espesores apropiados de capas de pavimento y su relativa simplicidad. (Ministerio de Vivienda, 2010).

Método AASHTO para pavimentos flexibles

En la metodología AASHTO del año 1993 para el diseño de estructuras de pavimentos flexibles se ofrece un modelo o ecuación para obtener el parámetro denominado número estructural (SN), cuyo valor es un indicador del espesor total necesario para el pavimento y está en función del tráfico y la fiabilidad, entre otros. Introduciendo el valor de la fiabilidad en un ábaco y conociendo los valores de los demás parámetros como el tráfico,

la desviación típica, la fiabilidad y el índice de servicio, se obtiene el SN, que es un valor fundamental para determinar los espesores finales de las distintas capas que componen la estructura del firme. (García Morales, 2015).

Procedimiento de diseño

Para ejecutar el procesamiento de diseño Villanueva interpreta a Menendez y menciona que “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 servicialidad de diseño.

Obtener el número estructural SN.

Establecer los espesores que satisfagan SN” (Villanueva, 2020, p. 62)

Tráfico vial

Para planificar y diseñar correctamente varios componentes del diseño de carreteras, como el diseño del pavimento y el firme, el ingeniero debe tener un conocimiento relativo y adecuado de la demanda de tráfico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Tabla 9

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

| 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

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 |
|--------------------------------------|--|
| TP0 | > 75,000 EE ≤ 150,000 EE |
| TP1 | > 150,000 EE ≤ 300,000 EE |
| TP2 | > 300,000 EE ≤ 500,000 EE |
| TP3 | > 500,000 EE ≤ 750,000 EE |
| TP4 | > 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE |
| TP5 | > 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE |
| TP6 | > 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE |
| TP7 | > 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE |
| TP8 | > 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE |
| TP9 | > 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE |
| TP10 | > 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE |
| TP11 | > 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE |
| TP12 | > 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE |
| TP13 | > 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE |
| TP14 | > 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE |
| TP15 | > 30'000,000 EE |

Crecimiento de tránsito

(Minaya Gonzales y Ordoñez Huaman, 2006). El pavimento debe construirse para satisfacer adecuadamente la demanda de tráfico a lo largo de varios años; por lo tanto, debe preverse el aumento del tráfico. El término "Factor de Crecimiento" puede utilizarse para describir la expansión:

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

Donde:

r: tasa de crecimiento anual, %

n: período de diseño en años

En general, la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de pasajeros está relacionada con la tasa de crecimiento anual de la población, mientras que la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de mercancías está relacionada con la tasa de crecimiento anual de la economía medida por el Producto Interior Bruto (PIB). La tasa de crecimiento anual típica del tráfico se sitúa entre el 2% y el 6%. Los valores para los factores de crecimiento requeridos por la AASHTO se muestran en la siguiente tabla para una variedad de tasas anuales y horizontes de diseño (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 |
| 2 | 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 |

29

Período de diseño

El tiempo necesario para completar el proceso de diseño depende de las necesidades de cada organización o de las condiciones del contrato, aunque puede oscilar entre cinco y veinte años para las vías principales. De acuerdo con el manual de diseño del MTC (2014), para las carreteras con bajo volumen de tráfico, el tiempo de diseño que se utilizará para los pavimentos flexibles será de hasta 10 años, que se pueden proporcionar en dos etapas de 10 años cada una, y el período de diseño en una etapa de 20 años (Menendez Acurio, 2016).

Confiabilidad

Tanto la categorización funcional de la carretera como el entorno que la rodea influyen a la hora de determinar el nivel de fiabilidad (R) que debe utilizarse (urbano o rural). El término "fiabilidad" se refiere a la probabilidad de que una carretera se mantenga en buenas condiciones para su finalidad prevista. El aumento de la fiabilidad conlleva una mejora del rendimiento, aunque sea a costa de aumentar el espesor de las capas. En la tabla siguiente encontrará los valores recomendados por la AASHTO para los distintos tipos de funciones de las 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. (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

| 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% |
| | 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% |
| Resto de Caminos | 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% |

2 Desviación Estándar Combinada

Para tener en cuenta la incertidumbre inherente a las previsiones de tráfico y otros factores (como la construcción, el entorno y la incertidumbre del modelo) que afectan al comportamiento del firme, se utiliza una estadística denominada **desviación estándar combinada (So)**. En la guía AASHTO para pavimentos flexibles se recomiendan valores de So entre 0,40 y 0,50. El manual del MTC (2014) recomienda construir si la puntuación es de 0,45 o superior. (Menendez Acurio, 2016).

18 Desviación estándar normal (Zr)

Para los datos que siguen una distribución normal, el valor de la Fiabilidad elegida es el coeficiente estadístico de Desviación Normal Estándar (Zr) (Menéndez Acurio, 2016)

8 **Tabla 13**

Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) | |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------------------|--------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,001 | 150,000 | -0.385 |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | -0.524 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | -0.674 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | -0.842 |
| | T _{P4} | 750,001 | 1,000,000 | -0.842 |
| | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | -1.036 |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | -1.036 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | -1.036 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | -1.282 |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | -1.282 |
| Resto de Caminos | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | -1.282 |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | -1.282 |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | -1.645 |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | -1.645 |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | -1.645 |
| | T _{P15} | >30 | 1,000 | -1.645 |

Módulo Resiliente

El nivel de fiabilidad R tiene en cuenta el potencial de variación de los resultados medios obtenidos en los ensayos de laboratorio, que luego se emplean en el diseño de pavimentos flexibles.

La humedad de la subrasante fluctúa a lo largo del año, influyendo en la resistencia del suelo; determinar los efectos de la humedad en el módulo resistente es crucial para evaluar este fenómeno. Para ello, se determinan los módulos resistentes para una serie de contenidos de humedad que pretenden representar los que podrían experimentarse a lo largo del año, y los resultados se utilizan para dividir el año en períodos en los que el Sr. permanece constante.

Evaluación de los materiales

La técnica actual del Instituto del Asfalto tiene en cuenta el Módulo de Resiliencia (Mr) de la subrasante como parámetro crucial en la evaluación de los materiales a la hora de diseñar los espesores de una sección estructural de pavimento flexible.

Reconocen que no todos los organismos disponen de los recursos necesarios para realizar una prueba de este tipo, por lo que han creado factores de correlación entre Mr y la prueba normal de Valor de Soporte Relativo CBR. El ensayo del módulo de resiliencia de la subrasante se recomienda para un diseño preciso, si bien se señala que los resultados son aproximados. Indicadores correlacionales muy recomendables

$Mr = 1500 \times CBR$ 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 $CBR > 20\%$.

$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$

Coefficientes Estructurales de capa

Pinedo y campana en su trabajo de investigación interpretan el concepto de coeficientes estructurales de Gonzales y Ordoñez el cual refiere que “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:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = 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:

Concreto asfáltico superficial (a_1 0.40 - 0.44 pulg-1), base de piedra chancada (a_2 0.10 - 0.14 pulg-1), sub base de grava arenosa (a_3 0.06 - 0.10 pulg-1)” (Pinedo & campana, 2020, p. 53).

Se puede evaluar el rendimiento ⁷ de un determinado material como elemento estructural del pavimento examinando su coeficiente de capa estructural. La superficie, la base y la subbase necesitan cada una su propio coeficiente de capa estructural (a_1, a_2 y a_3). Estos coeficientes se han calculado a partir de datos recogidos en pistas de ensayo AASHO, y sus aproximaciones se muestran gráficamente en las tablas adjuntas. ³ (Menendez Acurio, 2016)

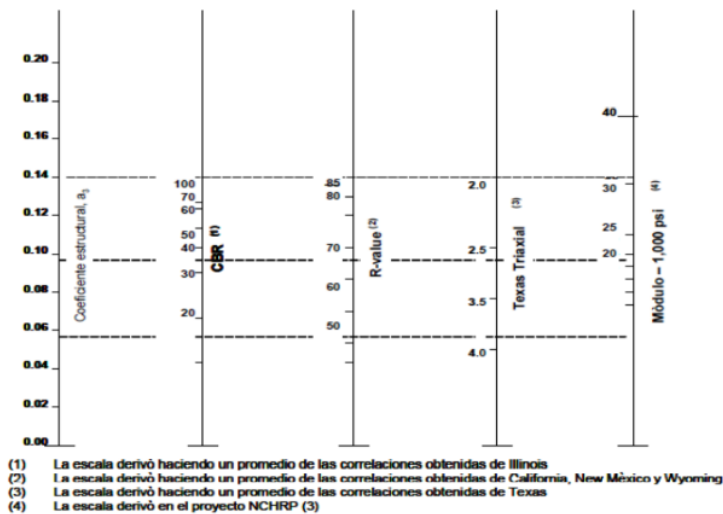


Figura 5: Variación en el coeficiente estructural de la capa de la base granular (a_2) (Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHO, 1993)

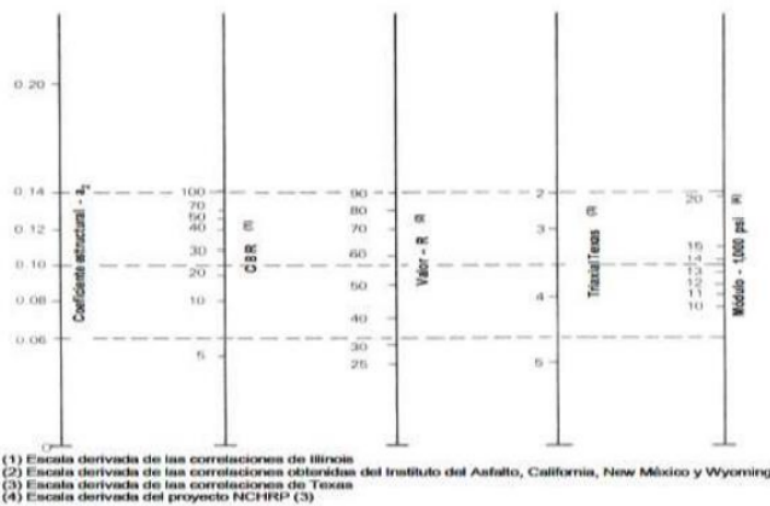


Figura 6: Variación de coeficiente de capa de sub base granular (a3). (Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993)

Serviciabilidad

El grado de servicio de una carretera determina la facilidad de circulación de los conductores. Su rango va de 5 (el mejor estado posible) a 0 (estado completamente deteriorado). Un conjunto de observaciones iniciales de los calificadores sirvió de base para la puntuación final (PSR). A continuación, la relacionaron con aspectos como un desplazamiento oblicuo, daños en el pavimento (agrietamiento, parchado, formación de surcos) y un deterioro general. Sin embargo, existe una correlación general entre la capacidad de servicio y la rugosidad.

La degradación de la capacidad de servicio puede calcularse como el nivel inicial menos el nivel final de capacidad de servicio.

La calidad de la construcción, las circunstancias topográficas existentes y la estructura del firme contribuyen a la capacidad de servicio inicial p_0 de la carretera inmediatamente después de su terminación. La capacidad de servicio final (pt) es la condición mínima que se prevé alcanzar al final del período de diseño, y para un pavimento nuevo, este valor se sitúa entre 4,5 y 3,8. Pt debe fijarse en 3,0 en autopistas, 2,5 en vías menores y 2,0 en carreteras intermedias. Para cuantificar la disminución de la fiabilidad, escribimos:

$$\Delta \text{PSI} = p_0 - p_t$$

Según el manual de diseño del MTC, existe una relación de uno a uno entre el volumen de tráfico y la facilidad de uso. La tabla 18 de este manual indica que los números de ejes

de diseño comparables dan lugar a una pérdida decreciente de facilidad de uso a medida que aumenta el número de ejes de diseño similares (Menendez Acurio, 2016).

Tabla 14

Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) Según Rango de Tráfico (Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”).

| 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 |
| | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 1.50 |
| Resto de Caminos | 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 |

3 Coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje se define como la relación entre el módulo robusto en condiciones ideales de humedad y el módulo en unas condiciones de humedad determinadas. Para el drenaje, una puntuación de 1.0 indica que las condiciones son

comparables a las encontradas en las pistas de prueba AASHO, mientras que los valores superiores a 1,0 indican que las condiciones son superiores a las observadas durante la prueba. (Menéndez Acurio, 2016).

Tabla 15

Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje mi Para Bases y Sub Bases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles (Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”)

| CALIDAD DEL DRENAJE | P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN. | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|---------------|
| | MENOR QUE 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | MAYOR 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 |

Diseño de Espesores

Para el diseño de espesores se tiene en cuenta que “El numero 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:

W₁₈: 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

Δ PSI: diferencia entre en índice de servicio inicial y final

M_R: módulo resiliente

SN: número estructural” (Menéndez Acurio, 2016).

3 Espesores mínimos

Tabla 16

Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

(Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | CAPA SUPERFICIAL | BASE GRANULAR |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|--|---------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP1 | 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 |
| | TP2 | 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 |
| | TP3 | 500,001 | 750,000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm | 150 mm |
| | TP4 | 750,001 | 1,000,000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm | 200 mm |
| | TP5 | 1,000,001 | 1,500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm | 200 mm |
| | TP6 | 1,500,001 | 3,000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200 mm |
| | TP7 | 3,000,001 | 5,000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200 mm |
| Resto de Caminos | TP8 | 5,000,001 | 7,500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm | 250 mm |
| | TP9 | 7,500,001 | 10'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm | 250 mm |
| | TP10 | 10'000,001 | 12'500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm | 250 mm |
| | TP11 | 12'500,001 | 15'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm | 250 mm |
| | TP12 | 15'000,001 | 20'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm | 250 mm |
| | TP13 | 20'000,001 | 25'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300 mm |
| | TP14 | 25'000,001 | 30'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300 mm |

Estudios de tráfico

11

La evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño de cada tramo de carretera requieren estimaciones precisas del origen y destino de los

vehículos que circulan por la carretera, que pueden obtenerse mediante un estudio del tráfico de vehículos, así como mediante la cuantificación, clasificación y conocimiento del volumen de vehículos que circulan por la carretera. Tránsito se refiere al flujo de automóviles que circulan por la carretera, mientras que tráfico vehicular es el término más común. Tráfico se refiere al movimiento de productos y/o personas en medios de transporte.

En el capítulo IV de esta tesis, detallo la metodología para calcular el ESSAL, una métrica clave para construir los espesores de los firmes que se deriva de los estudios de tráfico.

Los automóviles se dividen en muchas categorías.

El Reglamento Nacional de Vehículos divide los vehículos en varias categorías en función de factores como el número de ejes, el tipo de ejes que tienen y el peso total que puede distribuirse entre ellos. El peso máximo autorizado es de 48 toneladas. Como tal, el peso máximo para cada eje es:

- Una rueda puede transportar 7 toneladas, mientras que dos ruedas pueden transportar 11 toneladas en un solo eje.
- El eje tandem puede transportar 12, 16 ó 18 toneladas.
- Capacidades de remolque de 16, 23 y 25 toneladas con un eje tridem.

Con esta categorización, podemos anticipar la cantidad y el tipo de vehículos que circularán por la región, ya que cada vehículo tiene un determinado tipo de eje que debe tener. Esto es crucial porque el factor destructivo asignado a la carretera se basa en el peso de cada eje, y éste a su vez viene determinado por el tipo de pavimento que se va a utilizar.

Estimación de la tasa de crecimiento

Para entender el ritmo de crecimiento del número de coches que utilizan esa ruta, tenemos que volver la vista atrás. Que sea así o no depende de factores como el aumento de la población, el desarrollo económico y variables similares.

Factores destructivos

Para determinar el número total de ejes comparables en la zona, es necesario normalizar primero los distintos tipos de vehículos que utilizan la misma carretera. El factor de carga equivalente por eje de 18 kip u 80 kN representa este nivel normativo. Denominamos a este elemento "factor destructivo".

La carga normal de un vehículo puede o no distribuirse uniformemente entre todos sus ejes. Nuestra Norma exige el uso de factores debido a su singularidad.

Por el contrario, existen dos fórmulas distintas para estimar estos componentes, una de las cuales depende del tipo de pavimento propuesto. Los valores proporcionados por el

Instituto del Asfalto se utilizarán si el pavimento es flexible, mientras que los valores proporcionados por la AASHTO se utilizarán si el pavimento es rígido.

Investigación sobre pluviometría e hidroclimatología

Para disponer de un registro creíble, es necesario conocer la precipitación media diaria en la estación elegida a lo largo de un período de años.

El valor de m_i que altera los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles, o el coeficiente de drenaje (Cd) que necesita la metodología AASHTO para los pavimentos rígidos, dependen ambos de estas cifras. También se puede calcular la temperatura media anual de la atmósfera. Según las directrices del Instituto del Asfalto, este valor representa la temperatura media anual del aire (MAAT), que debe seleccionarse para elegir el gráfico adecuado y determinar el espesor de la capa asfáltica.

Impacto Ambiental

Las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) se utilizan para detallar los procesos y resultados de las actividades humanas sobre el medio ambiente.

La EIA contribuye a promover el desarrollo sostenible al orientar a tiempo a los responsables de la toma de decisiones, teniendo en cuenta los costes de las medidas de protección del medio ambiente y ofreciendo alternativas viables (Espinoza, 2007).

Como consecuencia de los múltiples usos y resultados de la EIA, varios autores han creado su propia terminología para describirla. Según Arce (2013), la evaluación del impacto ambiental (EIA) es un método analítico que reúne las características ambientales y las actividades del proyecto para determinar las posibles consecuencias ambientales y explorar estrategias de mitigación.

La EIA, por su parte, es vista como un proceso que tiene su origen en la Ley Nacional de Política Ambiental de los Estados Unidos (NEPA) de 1970 y es empleada como el instrumento que recoge la idea central que evalúa las acciones propuestas (de políticas de proyectos) por las implicaciones que se producen con respecto al medio ambiente y desde lo social hasta lo biológico, antes de que se tomen las decisiones relativas a la ejecución de un proyecto, tomando las medidas adecuadas para cada acto. (Morgan, 2012).

Dado que los enfoques de evaluación cualitativa permiten obtener datos más genuinos sobre las repercusiones prospectivas, debe realizarse una EIA antes de iniciar las actividades de un proyecto.

Conesa Fdes (2010) describe la EIA en términos similares: es un procedimiento jurídico-administrativo que pretende detectar, anticipar e interpretar las repercusiones ambientales que un proyecto o actividad causaría si se llevara a cabo, así como evitar, remediar y analizar estos impactos. Debido a su fundamento jurídico, este procedimiento ayuda a sopesar los posibles beneficios e inconvenientes de un proyecto para llegar a una decisión sobre la conveniencia o no de seguir adelante con su ejecución.

En resumen, una EIA es una serie de evaluaciones técnico-científicas necesarias para analizar las consecuencias sobre el medio ambiente, sirviendo como sistema de alerta temprana y estudio continuo para evitar, minimizar, corregir o compensar los efectos negativos (CONAM, 1999). Mediante la creación de medidas de mitigación y compensación, la EIA espera compensar cualquier resultado desfavorable, garantizando que cualquier consecuencia resultante sobre el medio ambiente sea mínima.

Antecedentes

Estado del Arte EIA Orígenes y Desarrollo

Las primeras incorporaciones formales de la evaluación ambiental al ámbito jurídico se propusieron en la década de 1960, con el objetivo de reducir la contaminación industrial del agua, el aire y el suelo. Con la aprobación de la Ley Nacional de Política Medioambiental (NEPA), que adopta un enfoque holístico de las cuestiones medioambientales, Estados Unidos se convirtió en la primera nación industrializada en promulgar una legislación medioambiental integral (Collazos, J, 2009).

No obstante, la NEPA se extiende a otras cuestiones como resultado de su condición de ley medioambiental global que obliga al análisis medioambiental de todas las políticas, planes y programas prescritos y a la consolidación de leyes independientes relativas a las áreas naturales protegidas y a la gestión de la contaminación (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Sin embargo, debido al reconocimiento político de las preocupaciones relacionadas con el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los riesgos para la calidad del agua y otras modificaciones medioambientales, la institucionalización de la EIA ha avanzado mucho a nivel mundial en los últimos años (Morgan, 2012).

Entre los tratados y convenios figuran el Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Agua, el Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente,

el Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático, la Cumbre de Río sobre la Diversidad y el Cambio Climático y la Convención sobre la Conservación de los Humedales y sus Valores. La EIA está así reconocida en diversos convenios, protocolos y tratados internacionales. Así, en 2011, 191 de los 193 Estados miembros de la ONU contaban con legislación nacional que aplicaba o hacía referencia a la normativa internacional sobre la EIA como herramienta para la gestión ambiental

Efectividad de EIA

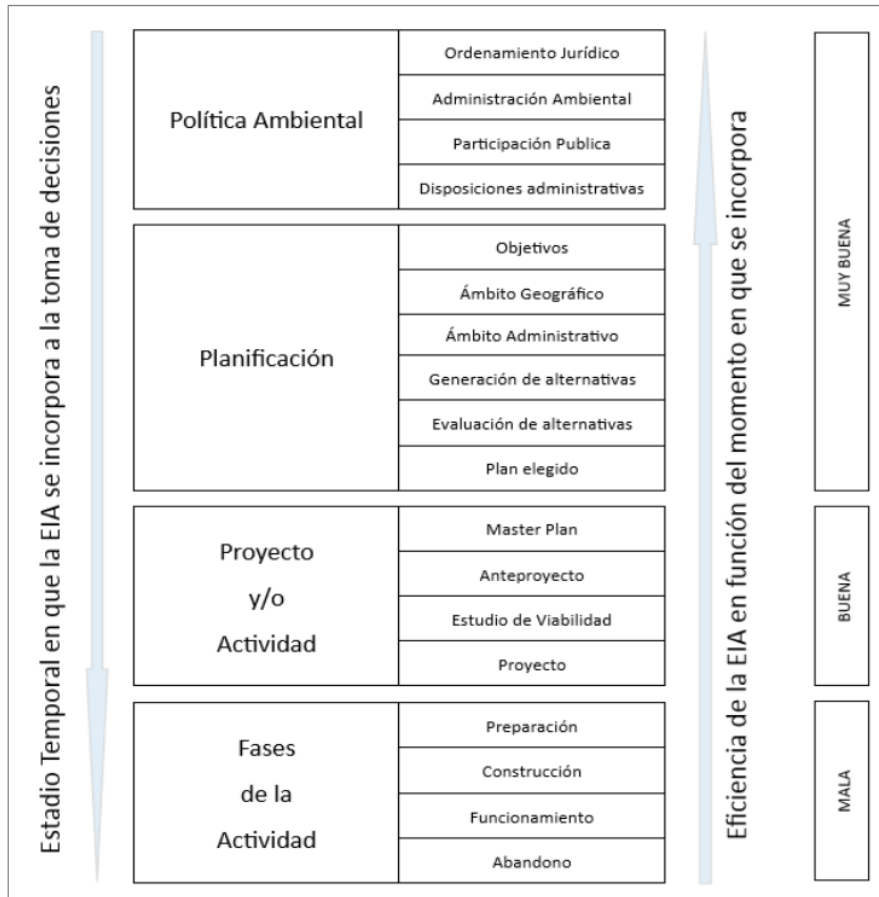
Con la ayuda de la evolución de la legislación ambiental y las normas internacionales, así como los esfuerzos de organizaciones profesionales, organismos internacionales e investigaciones de casos concretos, el proceso de EIA está ahora bien establecido a escala mundial. Pero en los últimos años, la evaluación de impacto ambiental ha recibido menos respaldo y atención de lo que esperaban sus diseñadores, lo que la ha hecho menos eficaz a la hora de influir en proyectos y decisiones (Macintosh & Waugh, 2014). Esto se debe a que muchos de los problemas e inconvenientes irán surgiendo a medida que se trabaje para perfeccionar la EIA. Por lo tanto, es necesario introducir ajustes en el funcionamiento de la EIA para garantizar que alcance sus objetivos principales.

El propósito de evaluar la eficacia de la EIA es averiguar si se han alcanzado sus objetivos principales y qué tipo de cambios se han derivado de su realización. Para calibrar hasta qué punto la EIA ha logrado su objetivo principal de incorporar los factores medioambientales al proceso de toma de decisiones, podemos fijarnos en los resultados. (Jay, Jones, Slinn, & Wood, 2007).

Tanto la naturaleza y los objetivos de la evaluación de impacto ambiental como el entorno socioeconómico, político y cultural en el que se desarrolla el proyecto deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar la eficacia de la EIA (Morgan, 2012).

En primer lugar, la EIA sólo tiene tanto poder como las políticas de la región en la que se ejecutará el proyecto, ya que su eficacia se basa en la capacidad legal de prohibir proyectos que puedan generar impactos ambientales irreversibles. Sin embargo, este poder se ve mermado en la práctica debido a la prevalencia de criterios económicos y políticos, que no permiten a la EIA participar en la toma de decisiones (Gómez Orea, 2003).

En segundo lugar, como muestra el cuadro 17, el momento en que la EIA se integra en los procesos de toma de decisiones es fundamental para determinar su grado de éxito.

Tabla 17**Eficiencia de la incorporación de la EIA**

Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Por último, la EIA tiene otras ventajas, como educar a los profesionales, las comunidades y las partes interesadas sobre los problemas ambientales, lo que puede ayudar a marcar la diferencia en el futuro cuando la gente sugiera proyectos que sean ecológicamente más aceptables desde el principio. Así pues, el valor de la EIA reside en las múltiples formas en que puede ayudar en el proceso de selección (Cashmore, 2004).

Limitaciones de EIA

A continuación se exponen las restricciones actuales y no resueltas de la EIA que han influido en su realización hasta el momento:

Actualmente se recomienda ¹ que la EIA se realice después de una Evaluación Ambiental Estratégica, lo que permitirá una mayor integración en la evaluación ambiental de políticas, planes y proyectos. Esto se debe a que sólo se aplican proyectos individuales, lo que no permite la evaluación ambiental de opciones estratégicas de nivel superior.

Falta de conciencia de la interacción entre los efectos y de la necesidad de considerar tanto los efectos inmediatos como los efectos a largo plazo. Un cambio realizado en una parte de un río, por ejemplo, puede tener consecuencias de largo alcance para el ecosistema del río y para la zona circundante. Sólo mediante una comprensión compartida del potencial de los sistemas podrán mitigarse esos efectos (Gómez Orea, 2003).

Delimitación geográfica y temporal inadecuada, que dificulta la identificación precisa de los efectos y puede dar lugar a la omisión de efectos clave.

Debido a la falta de planificación estratégica y a la disponibilidad restringida de alternativas tácticas viables, el abanico de opciones objeto de evaluación es reducido. Para elegir la opción más adecuada para el avance del proyecto, es necesario tener en cuenta la integración de objetivos, tecnologías, ubicación, tamaño, etc (Jay Jones , Slinn, & Wood, 2007).

Debido a su falta de comprensión de los problemas legales, de concesión de licencias y de planificación, el público no puede participar activamente ni en el desarrollo del proyecto ni en los procesos de EIA. Sin embargo, la capacidad del público para participar en los problemas medioambientales del proyecto se ve obstaculizada ³ por la falta de acceso a la información y de asesoramiento jurídico (Morgan, 2012).

La EIA es un proceso multidisciplinar que requiere la integración de muchos campos de conocimiento, ya que implica muchas áreas de especialización distintas. En cambio, el enfoque actual de la EIA hace que cada especialista realice una investigación por separado de las demás, lo que da lugar a un análisis global defectuoso.

La supervisión y la gestión del proyecto en el Programa de Vigilancia Ambiental son insuficientes, y no se proporciona la cantidad de detalles necesaria para especificar las salvaguardias adecuadas ¹ (Carrasco, Enriquez de Salamanca, García , & Ruiz , 2013).

Principios de la Evaluación de Impacto Ambiental

Las normas que deben seguirse en toda la EIA para garantizar que cumple la función prevista y se adhiere a los parámetros de calidad universalmente reconocidos. No podrá

hacer nada con la EIA que no se ajuste a los principios fundamentales expuestos en la Tabla 2.

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

12

Etapas de la Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso proactivo regulado por requisitos legislativos, métodos y técnicas analíticas cambiantes.

La EIA es un procedimiento cíclico que incorpora mecanismos de retroalimentación para reevaluar los efectos ambientales de cada posible curso de acción. La figura 4 es un

56

diagrama de flujo que representa las acciones secuenciales y las fases implicadas en la Evaluación de Impacto Ambiental (Espinoza, 2007).

La EIA puede hacer más o menos hincapié en una de las actividades, o incluso omitirla por completo, en función de la legislación del país en el que se lleve a cabo. Sin embargo, la evidencia de otras partes del mundo sugiere que son necesarios ciertos pasos para su correcta utilización como herramienta de gestión ambiental. Por lo tanto, hay que tener en cuenta tres fases principales: aprobación previa, aprobación y aplicación (Sanchez, 2002).

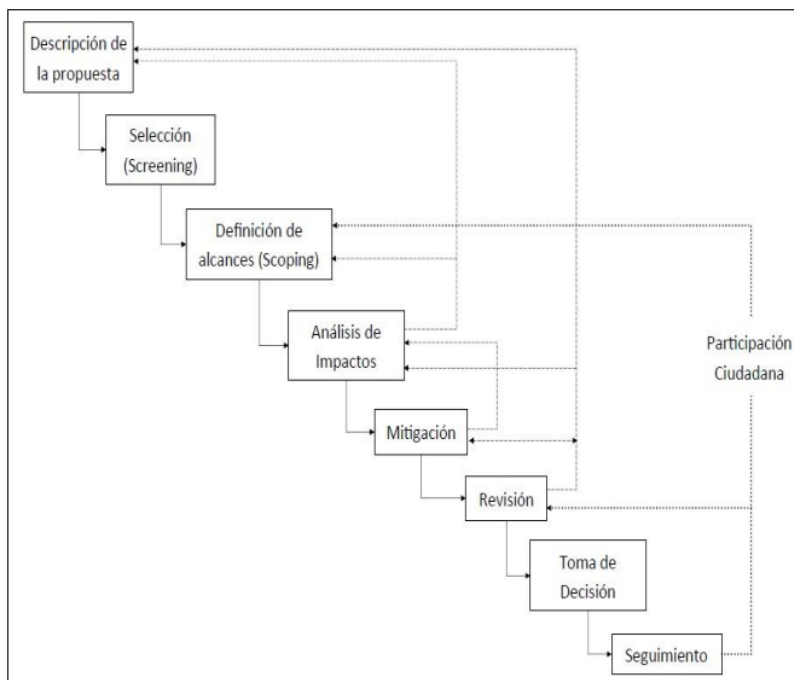


Figura 4: Proceso de la Evaluación de Impacto Ambiental

Fuente: (Espinoza, 2007)

En última instancia, se identificarán los pasos más importantes de entre los descritos anteriormente.

Evaluación Preliminar

Se realiza con el fin de obtener el alcance y la cobertura de una EIA. Las consideraciones medioambientales deben tenerse en cuenta desde el principio para poder tomar las decisiones adecuadas sobre el trazado del proyecto y los materiales de construcción. Pueden evitarse consecuencias medioambientales significativas en regiones

ecológicamente sensibles, y pueden crearse diseños que disminuyan los efectos medioambientales.

La selección y el alcance son los pasos más formales del proceso de EIA que se dan una vez que se ha decidido la forma y la ubicación de la propuesta.

³ El proceso de decidir si es necesaria una evaluación de impacto ambiental antes de la ejecución de un proyecto se denomina cribado o selección. La magnitud y el alcance del proyecto propuesto, así como la concienciación del proponente sobre los problemas ambientales, desempeñan un papel en estas determinaciones. El objetivo de la determinación del alcance es limitar el énfasis a los aspectos más críticos de un proyecto para poder dedicarles tiempo y recursos suficientes.

La determinación del alcance y la revisión del alcance son procesos continuos en las EIA porque los cambios en el diseño del proyecto pueden tener consecuencias imprevistas (Espinoza, 2007).

Identificación, análisis, medición y jerarquización de los impactos significativos

Predecir las implicaciones medioambientales de un proyecto es un objetivo primordial de la EIA y, para ello, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

Línea de base ambiental del emplazamiento, para conocer y comprender el entorno del emplazamiento antes de la ejecución del proyecto propuesto. La revisión de los datos existentes o la realización de nuevas investigaciones sobre el terreno ayudan a establecer la línea de base.

Dada la magnitud de los cambios ambientales que se espera que provoque el proyecto, es necesario hacer una previsión de la escala correspondiente. Si es factible, estas modificaciones o ajustes deben cuantificarse. Sin embargo, es necesario un método cualitativo para describir e ilustrar los cambios de determinados tipos de efectos. Se entiende que no todos los efectos ambientales pueden definirse con precisión, por lo que es aceptable cierto grado de ambigüedad.

Para clasificar los efectos de distinto grado de importancia, ¹ se realiza una evaluación basada en los cambios del estado del medio ambiente y, a continuación, se utilizan sistemas de graduación para describir si el impacto es leve, moderado o sustancial (Espinoza, 2007).

Plan de Manejo y Vigilancia Ambiental

Un plan de contingencia es aquel que tiene en cuenta posibles fallos en el proceso de predicción del impacto, así como factores que no se habían examinado o previsto previamente. Establece un marco para gestionar las crisis y mitigar sus impactos desde el punto de vista estratégico y operativo. Por consiguiente, un plan de contingencia tiene que definir sus objetivos y los pasos que hay que dar para alcanzarlos (Iribarren, 1997).

Para asegurar que el proyecto se realiza conforme a lo permitido y evaluar la eficacia de las medidas preventivas y correctoras propuestas en la evaluación de impacto ambiental, el Programa de Vigilancia Ambiental establece un sistema que garantiza el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras. Mediante el establecimiento de niveles de alarma que permiten modificar el efecto antes de que alcance valores inaceptables, el Programa de Vigilancia Ambiental es capaz de evitar que se produzcan sucesos imprevistos.

Plan de Manejo de Residuos Sólidos

Preparación de Informes

Dado que los informes describen las conclusiones de la EIA, deben redactarse de forma sistemática y lógica, incluyendo una fase de planificación preliminar, una fase de planificación exhaustiva y una fase de redacción. No obstante, es fundamental subrayar que los informes deben organizarse de forma que la información contenida en ellos resulte accesible tanto para técnicos como para no especialistas (Canter, 1998).

Revisión

Para determinar si la idea es viable o no, es necesario evaluar los informes presentados y considerar las perspectivas de todas las partes implicadas. Es factible evaluar la eficacia del informe a la hora de describir las consecuencias medioambientales y la exhaustividad de la información presentada de este modo. Es importante recordar que la revisión sólo se lleva a cabo cuando el informe está terminado y se han completado todas las acciones.

Toma de decisiones

Esta fase es representativa de una instancia formal de la autoridad competente, ya que determina si se sigue adelante o no con la propuesta y en qué términos. Las ventajas del proceso de EIA sólo pueden garantizarse si la decisión final se toma utilizando la información facilitada en el informe final. Por último, la autoridad toma la decisión de aprobar o desaprobar en función de las pruebas presentadas. Los resultados de este

procedimiento, incluidas ¹ las razones de la aprobación o el rechazo, deben hacerse públicos.

Seguimiento y monitoreo

Los efectos y contramedidas del plan de gestión medioambiental se supervisan y comprueban para garantizar su eficacia. Para asegurarse de que las conclusiones de la EIA mejoran realmente la protección del medio ambiente, hay que tomar otras medidas. Este tipo de controles y contrapesos suelen establecerse a lo largo de las fases ¹ de construcción y explotación del proyecto (Espinoza, 2007).

Participación ciudadana

Ocurre dos veces en el proceso de EIA: una durante las consultas preliminares que ayudan a determinar el alcance del caso investigado, y otra durante el procedimiento obligatorio establecido para los proyectos que necesitan una EIA. La escala de valor social y la impresión pública del proyecto son dos factores de crucial importancia en este proceso (Gómez Orea, 2003).

Las audiencias públicas y la puesta a disposición de la investigación para su revisión y aportación pública son las formas más típicas de llevar a cabo el proceso de participación pública. Las audiencias o reuniones celebradas sobre asuntos relacionados con el proyecto deben estar abiertas al público, y estos procesos deben celebrarse con prontitud y eficacia.

Metodologías para pronosticar impactos

En la actualidad se utilizan muchos enfoques distintos para hacer predicciones, lo que a su vez permite aplicar muchas teorías alternativas a la tarea de evaluar y prever los resultados. Sin embargo, como explica Dueas (2012) en su apoyo técnico, los distintos proyectos necesitan diferentes herramientas de EIA, por lo que lo mejor es utilizar una variedad de ellas. ¹ La Tabla 3 muestra el tipo de herramienta metodológica y la fase de la EIA en la que resulta más útil. Puede establecerse que las matrices, los índices y los sistemas expertos son las herramientas más eficaces en todos los casos.

Por el contrario, está claro ¹ que el modelo cualitativo es útil en las fases ² de descripción del entorno impactado y predicción de repercusiones, por lo que está diseñado para la evaluación de impactos del proyecto de carretera considerado. La conclusión final es que la fase de predicción de efectos es muy compatible con las metodologías actuales de EIA; no obstante, la selección de una metodología para esta etapa debe depender de ¹ los datos disponibles y del tipo de actividad que se evalúe.

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 | 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 | 1 | | 0.375 |
| Revisión de la literatura | | 1 | | 1 | 1 | | | 0.375 |
| Balance 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 | | | 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

Los impactos directos e indirectos sobre las personas, los animales, las plantas, los bienes y los recursos culturales son el objeto de una evaluación de impacto ambiental (EIA). Para

que la EIA se tome en serio, debe haber sido redactada por un grupo de expertos respetado, incluir al público y utilizar un enfoque riguroso, de alta calidad y digno de confianza. (Conesa, 2010).

Por lo tanto, el procedimiento ¹ de EIA para la carretera "Desvío Satipo - Mazamari - Pangoa - Puerto Ocopa" en la región Satipo del departamento de Junín se desarrollará utilizando la técnica dada por Vicente Conesa Fernandez-Vitora. Los pasos metodológicos se describen en esta sección.

¹ **Objetivos de la Metodología**

El objetivo principal de este planteamiento es utilizar la evaluación de impacto para prever y evaluar los resultados de las actuaciones del proyecto. A continuación, los datos recogidos se utilizarán para identificar y evaluar los efectos, tras lo cual se elaborarán medidas correctoras. Se investigarán y evaluarán las posibles repercusiones de las acciones del proyecto en el entorno, tanto positivas como negativas.

Por otro lado, se suministrarán datos exhaustivos sobre los efectos medioambientales; a continuación, estos datos se examinarán mediante un modelo de valoración numérica, que calculará tanto el índice de impacto global como el alcance del efecto.

La evaluación numérica del impacto se basa en el enfoque de la matriz causa-efecto, desarrollado a su vez a partir ¹ de la matriz de Leopold (resultados cualitativos) y el enfoque del Instituto Batelle-Columbus (resultados cuantitativos) (Conesa Fdez, 2010).

Recopilación de información y determinación de causas

Para poner en marcha el procedimiento de EIA es necesario realizar un estudio previo del escenario operativo que permita determinar el estado del medio ambiente antes de que se lleve a cabo el proyecto. Se podrán identificar los posibles problemas ambientales y evaluar las consecuencias ambientales más importantes dentro de la esfera de influencia. A continuación, se exponen en detalle los datos necesarios para la citada evaluación.

¹ **Estudio del proyecto y su entorno**

Se describirán las principales características y actividades del proyecto en cada fase para poder realizar una evaluación del impacto ambiental. Deberán incluirse los siguientes detalles

⁵⁷ Datos específicos sobre la zona en la que se desarrollará el proyecto, incluida su ubicación y cualquier característica destacable.

Investigación destinada a establecer las conexiones entre todas y cada una de las actividades humanas que puedan tener un efecto sobre el mundo natural. La fase de construcción incluirá una descripción detallada de cada procedimiento de construcción en secuencia, junto con la consideración de cualquier actividad secundaria relevante. Sin embargo, en la fase de explotación se esbozan las tareas que se llevarán a cabo una vez finalizada la construcción.

Describa los recursos que se utilizarán y se verán afectados por la ejecución del proyecto, incluido el suelo que se ocupará y cualquier otra característica natural.

Los residuos, vertidos, emisiones y otros elementos (como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas) resultantes de las actividades del proyecto deben tener sus fuentes y composiciones descritas. Esta descripción estará vigente durante el desarrollo y la explotación del proyecto.

Un examen de posibles sustitutos del proyecto actual, con el objetivo de garantizar que se han explorado todas las opciones pertinentes y se han mitigado todas las consecuencias previsibles. Por otro lado, se presentará una explicación de por qué se ha elegido esta opción concreta. Es importante señalar que las alternativas presentadas a la luz de la ubicación del proyecto, el proceso técnico, las medidas correctoras y los retos medioambientales deben ser realistas y económicamente viables (Gómez Orea, 2003).

Aquí se especifica el entorno en el que interactúa el proyecto. Esto ayudará a determinar el alcance de los efectos directos e indirectos del proyecto, así como el grado de receptividad y apoyo del entorno al proyecto. En el Cuadro 4 se muestra un ejemplo de la disposición de esta matriz; con ella podemos hacernos una idea de qué impactos pueden ser más perceptibles al principio por su importancia para el mundo natural.

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

Las matrices de causa-efecto de orden superior, como la matriz de impacto, requieren una identificación más precisa y exhaustiva de las acciones que pueden causar impactos antes de que puedan utilizarse con eficacia. Esto se debe a que la matriz de impacto es una tabla de doble entrada con las acciones en las columnas y los factores ambientales en las filas. Utilizando la matriz de impacto, podemos anticipar, mitigar y difundir los impactos del proyecto, al tiempo que cuantificamos su valor (Conesa Fdez, 2010).

Reconocer las actividades que se realizan.

Las medidas finales del proyecto son las cosas que hay que hacer. Por consiguiente, sólo se tendrán en cuenta las medidas que sean buenas para el medio ambiente. Es necesario disponer de indicadores para las actividades seleccionadas si queremos tener una comprensión cuantitativa de los resultados. Para evitar solapamientos, es importante que las actividades indicadas se excluyan mutuamente (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Es importante señalar que los pasos deben desglosarse en sus respectivas fases en función de la ejecución y el funcionamiento del proyecto. Los detalles de lo que debe hacerse

cambian ⁶³ en función de la naturaleza y la escala de la empresa, pero las siguientes categorías generales pueden servir de punto de partida:

- Medidas de alteración del hábitat.
- Disposiciones que provocan la liberación de contaminación
- Efectos de la acumulación de basura
- Medidas con consecuencias imprevistas
- Causas de desastres naturales
- Actividades que provocan un uso excesivo de los recursos
- Cosas que dañan el medio ambiente Cosas que afectan a la estructura de la tierra
- Cambios en la forma de sustentar económica y culturalmente la vida de las personas.
- Todas estas intervenciones y sus resultados deben medirse en términos de magnitud, duración, persistencia, reversibilidad y calendario. Aunque es posible identificar actividades cuyas consecuencias, por su duración o persistencia, permanecen a lo largo de todo el proyecto.

³ Identificación de los factores ambientales

La viabilidad de un proyecto se mide por su compatibilidad con el medio ambiente circundante, y esta compatibilidad se calcula analizando los impactos que las actividades del proyecto tendrán sobre esos elementos. De este modo, se puede determinar el estado medioambiental de cada componente y elemento durante el transcurso del proyecto, garantizando el mantenimiento de las normas más estrictas en todo momento.

Sin embargo, para comprender mejor la identificación de los elementos, es esencial hacer hincapié en la composición del entorno.

En primer lugar, están los Sistemas, que incluyen el Entorno Biofísico, el Entorno Cultural Socioeconómico y el Entorno Cultural Sociocultural.

Los subsistemas incluyen en el segundo nivel el Entorno Físico, el Entorno Biótico, el Entorno Perceptivo, el Entorno Sociocultural, el Entorno Económico, el Entorno Territorial y el Entorno Demográfico.

El tercer nivel se centra en las Partes y Piezas del Entorno.

Para concluir, examinamos el papel de los factores medioambientales.

Véase a continuación un desglose ilustrativo del medio ambiente en el Cuadro 5, en el que se detallan los distintos niveles que componen el mundo natural.

Deben seleccionarse parámetros medioambientales pertinentes, excluibles, fácilmente reconocibles y cuantificables para reflejar el entorno afectado y el efecto generado. Así

1 pues, con estos criterios de selección se cumplirá el objetivo principal de esta fase, que es identificar las variables ambientales cuyas modificaciones tendrían una influencia buena o negativa como consecuencia de las actividades del proyecto.

Por último, se realizará el inventario ambiental antes de iniciar el proyecto, para saber qué elementos ambientales están en juego y en qué estado de conservación se encuentran. El objetivo es caracterizar el entorno para poder calcular los posibles efectos ambientales (Conesa Fdez, 2010). El inventario debe detallar los numerosos componentes ambientales, cómo interactúan entre sí y cómo podría responder el ecosistema si no se modificara.

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 |
| | | Viarío 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, 2010)

Valoración Cualitativa

Los métodos utilizados en las evaluaciones de impacto intentan eliminar el sesgo en los resultados proporcionando una justificación sólida para cada juicio de valor. A pesar de que el resultado final de las metodologías de valoración cualitativa es numérico - asignación de valores preestablecidos en función de si la calidad es alta, media o baja-, implica una serie de valoraciones relativas de las distintas características de los efectos. Algunos autores se refieren a este tipo de matriz como matriz de significación, y puede utilizarse para reflejar los valores recogidos (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Matriz de Importancia

La matriz de significación se elabora una vez determinadas las actividades y las variables medioambientales con el fin de alcanzar el grado de evaluación cualitativa necesario para una EIA. Esta evaluación cualitativa es útil porque permite conocer la importancia (I) del efecto al calibrar el carácter global de la acción sobre el elemento modificado.

Es importante destacar que la matriz de impacto servirá de base para la evaluación cualitativa, ya que la información proporcionada por cada casilla cruzada de la matriz dará una idea de la influencia que tendrá cada actividad que afecte a cada aspecto medioambiental. La matriz de significación se construirá siguiendo los pasos que se indican a continuación para establecer la significación del efecto (Conesa Fdez, 2010).

La significación del impacto se define como la relación por la que se cuantifica cualitativamente el impacto ambiental, según la incidencia o intensidad del cambio creado y la caracterización del efecto.

En las celdas de la matriz se introducirán las valoraciones de once variables diferentes, y el valor de una duodécima variable (la significación del impacto) se resumirá numéricamente (I). En este artículo explicaremos el significado de los símbolos que pueblan las celdas de una matriz de importancia.

Signo (+/-)

Refleja si una actividad tiene un impacto positivo (+) o negativo (-) en los parámetros medioambientales. Si la actividad provoca un aumento de la calidad ambiental, se considerará que tiene una influencia positiva. Cuando, por el contrario, una actividad provoca un descenso de la calidad ambiental, lo denominamos efecto adverso. Una tercera

opción es introducir el factor (x), que representa el impacto de factores ajenos al control del proyecto.

Intensidad (IN)

Es una forma de indicar qué parte del componente se destruye en caso de una mala consecuencia, independientemente de la región afectada. Siga este enlace para ver los rangos de precios que se han calculado para usted.

Extensión (EX)

Este valor refleja la proporción del entorno circundante que se verá afectado por las acciones del proyecto, y se calcula dividiendo el área teórica de influencia del efecto por el entorno circundante del proyecto.

Momento (MO)

Efectos del impacto El tiempo (tm) se define como el intervalo transcurrido entre el momento instantáneo de una acción (to) y el momento instantáneo de su impacto (tj) sobre el factor del entorno estudiado.

$$to = tj - tm$$

Persistencia (PE)

La oportunidad de la influencia se discute ampliamente. Sus resultados pueden ser permanentes o efímeros. El impacto a corto plazo prevé que los principales componentes medioambientales de los sistemas medioambientales vuelvan a su estado anterior al cambio, mientras que el efecto a largo plazo espera un cambio a lo largo del tiempo que dure al menos un año. Los efectos a corto plazo siempre se consideran recuperables y reversibles, pero los efectos a largo plazo pueden ser recuperables o permanentes.

Reversibilidad (RV)

Se trata de procesos sin ayuda y de forma natural, por los que los efectos medioambientales pueden eliminarse una vez que ha cesado una actividad. Cuando los procesos naturales de sucesión ecológica y los mecanismos de autodepuración del medio ambiente son capaces de asumir la modificación de forma cuantificable en un plazo de tiempo medio, lo denominamos efecto reversible. La definición de un impacto irreversible es la incapacidad de deshacer los efectos de una actividad por métodos naturales (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005).

Recuperabilidad (MC)

La reconstrucción se refiere a la probabilidad de que el factor afectado pueda restablecerse total o parcialmente como resultado de las operaciones del proyecto; esto presupone algún tipo de implicación humana o medidas correctoras. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de recordar que los seres humanos tienen la capacidad de reemplazar o sustituir las consecuencias que no pueden deshacerse, así como de recuperarse de las que no pueden deshacerse. Del mismo modo, si se tarda más de quince años en recrear un efecto recuperable, éste deja de considerarse recuperable.

Sinergia (SI)

Un efecto sinérgico se describe como el resultado de dos o más causas cuyos efectos combinados son superiores a la suma de sus efectos individuales, por lo que se entiende como el refuerzo de dos o más efectos simples.

efectos. También es el caso de la causa que, con el tiempo, da lugar a la aparición de nuevos efectos.

Acumulación (AC)

Demuestra cómo el impacto se hace más perceptible con el paso del tiempo cuando la causa del mismo se compromete regularmente. A cualquier acción que sólo tenga un impacto localizado o aislado en el medio ambiente se le asigna un valor de 1, mientras que a un suceso acumulativo se le da un valor de cuatro, ya que representa una progresión en el tamaño del efecto.

Efecto (EF)

Aquí se simbolizan la causa y el efecto, y la primera significa la expresión externa del segundo. El impacto puede sentirse inmediatamente o más tarde. Los efectos no mediados tienen un valor de 1, mientras que los que son el resultado de otra influencia tienen un valor de 4. Al ser el resultado de otros efectos, los efectos indirectos pueden ser difíciles de detectar y evaluar.

Periodicidad (PR)

Especifica si el impacto se manifiesta de forma continua o intermitente a lo largo del tiempo; este último también se denomina periódico. A los efectos continuos se les asignará un valor de 4, a los efectos periódicos un valor de 2 y a la ocurrencia irregular un valor de 1 en la valoración.

Importancia del impacto (I)

Tiene en cuenta la valoración de la magnitud de un impacto según el grado en que se percibe cualitativamente su influencia. La importancia de la influencia puede cuantificarse utilizando la metodología propuesta en el Cuadro 6, que se aplica a continuación al valor asignado a los símbolos en cuestión. Recordemos que los valores de las cuadrículas de una matriz no son comparables, como tampoco lo son los valores de los distintos símbolos. Sin embargo, las matrices que representan los resultados de alternativas para un mismo proyecto o las proyecciones del estado del medio ambiente tras la ejecución de medidas correctoras tienen cuadrículas y símbolos análogos que sí son comparables. (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 | | |
| EFEECTO (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 | | |
| - Recuperable a corto plazo | 2 | $I = \pm (3 IN + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC$ | |
| - Recuperable a medio plazo | 3 | $+ EF + PR + MC)$ | |
| - Recuperable a largo plazo | 4 | | |
| - Mitigable, sustituible y compensable | 4 | | |
| - recuperable | 8 | | |

Fuente: (Conesa Fdez, 2010)

Valoración de acciones y factores ambientales

En este punto del proceso, comenzamos la evaluación cualitativa de cada actividad que creó el efecto y, a su vez, de los componentes ambientales que se vieron afectados, tal como se describe en la metodología presentada por Conesa (2010).

En primer lugar, discutiremos cómo calculamos la importancia de cada aspecto en la creación del escenario ambiental actual. Al hacerlo, podemos especificar que cada componente representa una faceta concreta del entorno, y también podemos otorgar a cada elemento un peso o índice de ponderación que se describe en términos de cuánto impacto se espera que tenga (UIP). Mil puntos, que representan la suma de todos los elementos medioambientales, se dividen entre los distintos sistemas, luego entre los **subsistemas y, por último**, entre **los componentes** medioambientales (véase el **Tabla 6**). Véanse ejemplos en el Cuadro 6.

Téngase en cuenta que la importancia relativa de los distintos criterios cambiará en función del contexto en el que se lleve a cabo el proyecto.

Valoración Relativa

La importancia (I) de los impactos que cada acción (A) de la actividad crea en cada componente medioambiental se determina durante la evaluación cualitativa que sigue después de haber asignado pesos (F) a los elementos medioambientales.

Los actos más agresivos y las consecuencias del funcionamiento de la actividad se representarán por columnas y filas, respectivamente, en este procedimiento, y sus pesos relativos se sumarán para determinar la relevancia global de la influencia para cada elemento.

La suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo relativos a los componentes y subsistemas objeto de estudio se utiliza para determinar la relevancia relativa global de los impactos inducidos sobre los distintos componentes y subsistemas contenidos en la matriz de impacto.

El impacto global que una acción (A) tiene sobre los elementos medioambientales, subsistemas, etc., puede evaluarse después de haber realizado una evaluación cualitativa, ponderando los efectos en función de su importancia (Conesa Fdez, 2010).

Valoración Absoluta

La evaluación también puede realizarse mediante la suma algebraica de la importancia de la influencia de cada tipo de elemento por columnas (I), que determina la agresividad relativa de las actividades.

Del mismo modo que en el apartado anterior se calcula una suma algebraica sumando filas y columnas para dar cuenta de todos los factores medioambientales que se verán afectados por el proyecto en cada etapa. Las filas representan los factores

medioambientales que se verán afectados en mayor o menor medida por la actividad, mientras que las columnas representan el total de efectos permanentes producidos por cada etapa.

No se pueden comparar directamente las celdas de la matriz entre sí ni con sus componentes, por lo que cualquier suma que se haga en las filas o columnas sólo dará resultados cualitativos, no números brutos. Sin embargo, la verdadera importancia de la influencia de una acción sobre un componente medioambiental o un sistema medioambiental, o la verdadera importancia del impacto sobre un factor creado por determinadas acciones de la actividad, no puede determinarse por el valor absoluto. La valoración absoluta puede ayudar a identificar aspectos influyentes que tienen poco peso en el contexto del estudio de caso.

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 dada con un ancho igual o menor a 3 mm.

Rehabilitación

Es la realización de 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 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 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).

5 CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 **Ámbito de la investigación.**

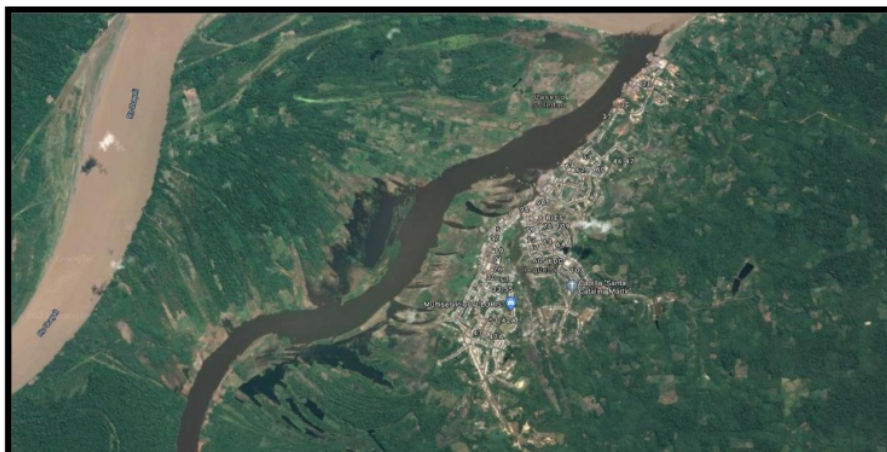
a) **Nombre del Proyecto**

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. - Como resultado de su posición sobre el río Ucayali en las tierras bajas del trópico húmedo peruano, la ciudad de Requena tiene un clima típico del trópico durante todo el año, sin meses secos.

La lluvia y la temperatura han sido identificados como los principales agentes en la formación del suelo; la primera controla la humedad del suelo, la aireación y el grado de lavado del perfil, mientras que la segunda actúa directamente en la formación del suelo e influye en la velocidad de las reacciones químicas, que se duplica por cada 10 ° C de aumento de la temperatura. La humedad, la radiación solar, el viento, la evapotranspiración, etc. son factores que influyen en el clima, además de la actividad del hombre a través de la destrucción de los bosques sin reemplazo.

Temperaturas. - Mínimas de 20 grados y máximas de 30 son típicas de la comarca de Requena. Las temperaturas medias anuales superan los 25 grados centígrados, mientras que las máximas diarias extremas están por debajo de los 35 grados. Esto se debe a los efímeros pero bienvenidos vientos fluviales del río Ucayali. En comparación con el cambio anual de sólo 1-2° C, la variación diaria es bastante grande, de 5-8° C.

Los días de invierno pueden registrar máximas de 36 grados Celsius y mínimas de 10 grados o menos, un comportamiento característico del fenómeno conocido localmente como friagem, que se produce cuando la temperatura media del mes oscila entre 24 y 28 grados Celsius y la amplitud térmica tiende a aumentar durante los meses de invierno. Hay una gran oscilación térmica a lo largo del día, con las temperaturas más bajas a primera hora de la mañana y las más altas entre las 11 y las 15 horas. Los meses más cálidos se dan a lo largo del verano, entre los meses de septiembre y enero, con una temperatura media anual de 27° C.

Precipitaciones.- El trimestre más lluvioso es entre febrero y abril, mientras que la estación más seca es entre junio y agosto. Las precipitaciones totales anuales oscilan entre 2.400 y 3.100 mm, y el periodo más lluvioso se sitúa entre finales de verano y principios de otoño.

Viento. - Según las investigaciones realizadas por HONREN y Marengo (1983 a), la velocidad media del viento en la zona de Requena es de sólo 3-4 m/s en verano y de 4-5 m/s en invierno. Las mañanas y las noches suelen ser tranquilas, pero por las tardes y las primeras horas de la noche soplan ligeras brisas del norte y el noreste.

Humedad. - La humedad relativa es constantemente alta, rondando el 80%-90% durante todo el año, con una mayor concentración de estos valores más altos en los meses de invierno. Durante todo el año, la evaporación del bosque contribuye a una humedad relativa media elevada.

Radiación solar y evapotranspiración potencial. - Los datos horarios y de nubosidad se utilizan para calcular la radiación solar media y la evapotranspiración potencial de la zona de Requena, que resultan ser 381,1 cal cm⁻¹ días⁻¹ y 1040,60 mm⁻¹, respectivamente, cada año.

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.

Ríos y quebradas como el Ucayali, Maraón, Amazonas, Nanay, Itaya, Tamshivacu, Momón y Manit forman una densa red hidrográfica en el área de estudio, sirviendo como medio de comunicación y transporte y, en menor escala, proveyendo de agua para

satisfacer las necesidades primarias de las comunidades que allí se han asentado. La planicie meandriforme del río Ucayali es la más complicada, dinámica y cambiante de estos ríos. Hay varios lagos con fuentes y calidades de agua muy variadas, y el agua de los ríos también es diversa.

Topografía.

Reconocimiento del terreno

Los hundimientos debidos a filtraciones de agua han provocado el hundimiento de taludes en la zona de obras, creando peligros tanto para peatones como para automovilistas cuando se combinan con los frecuentes aguaceros característicos del entorno de esta región.

Levantamiento topográfico

Para obtener la planimetría y altimetría del área del proyecto, se realizaron los trabajos topográficos, incluyéndose en el proyecto un informe topográfico. Este informe detalla los resultados de los estudios topográficos y de trazo realizados en diferentes puntos de la ciudad de Requena, ubicada en el Distrito de Requena, Provincia de Requena, Región Loreto, y fue realizado de acuerdo a las necesidades propias del proyecto y a los resultados de otros estudios.

Comenzando con una discusión de la ubicación física del proyecto, la investigación pasa a la geometría del expediente técnico de la carretera.

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 vía:

En la aldea de Requena, 5944,58 m de pavimento de carretera han experimentado algún tipo de fallo (hundimiento, fallo tipo piel de cocodrilo, pulido por abrasión, etc.). Los hundimientos junto a la carretera están llenos de basura y agua de lluvia.



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).

5

2.1.1. 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

2.1.2. Autorizaciones y permisos.

No aplica

2.1.3. Control ambiental de bioseguridad.

La temperatura media anual en la selva supera los 28 grados centígrados, con máximas de más de 36 grados centígrados y mínimas de unos 22 a 25 grados centígrados en la selva baja, gracias a las brisas fluviales que soplan del río Ucayali.

11

Nunca llueve menos de 100 mm ni en abril ni en junio, y el total anual es siempre superior a 1916 mm, pero nunca supera los 4000 mm. En el sector de la construcción, el término "control medioambiental" se refiere a la regulación de la calidad del aire interior a la que están sometidos los empleados a diario. Las normas y reglamentos que se aplican a un lugar determinado cambian en función del tipo de trabajo que se realice en él.

Cuando se pone en marcha una estrategia de bioseguridad, es necesario que un organismo institucional garantice el cumplimiento de los requisitos. El Manual de Normas de Bioseguridad y Riesgos Asociados-Fondecyt-CONICYT 2018 recomienda que cada institución establezca un Comité Institucional de Bioseguridad (CIB) para desarrollar e

16

implementar ⁵⁰ políticas y prácticas internas de bioseguridad, revisar protocolos de investigación, realizar evaluaciones de riesgo, monitorear actividades y resolver disputas. También se recomienda que todas las instituciones cuenten con un Manual de Procedimientos Institucionales que siga los lineamientos establecidos en este texto y en las Normas Internacionales.

⁵ 2.1.4. Aplicación de principios éticos internacionales.

El desarrollo y consolidación de la ética principialista ⁹ en la segunda mitad del siglo XX la ha convertido en un recurso inestimable para explorar la ética profesional como área amplia e interdisciplinar. A pesar de su alto grado de abstracción y generalidad, se ha convertido en un área de orientación e interpretación ³² para la toma de decisiones éticas, sobre todo en caso de dilemas y en el intento de eliminar conductas poco éticas, cada vez más frecuentes en instituciones y organizaciones.

Todo el mundo debe guiarse por principios morales. Si bien es cierto que la moral y los valores de muchas personas les fueron inculcados por sus familias, podemos observar que esta práctica está perdiendo importancia con el paso del tiempo. Muchos individuos prefieren comprometer sus creencias a cambio de ganancias materiales u otras ventajas. Algunos ingenieros civiles parecen disfrutar burlándose de las prácticas aceptadas y poniendo en peligro la seguridad de los demás.

2.2. Tipo De Investigación

⁶ 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

Este estudio se clasifica como Descriptivo-Exploratorio porque su objetivo general es profundizar en áreas poco estudiadas con el fin de establecer ⁶ prioridades para futuras investigaciones.

2.3. 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.

34

2.4. Sistema de Variables**2.4.1 Variable Independiente**

Calles de acceso.

2.4.2 Variable Dependiente

Pavimento Flexible

2.4.3. Operalización de variables

Tabla 17

| 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 cercano 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 Estudio de mecánica de suelos | Trazo longitudinal Perfiles longitudinales Granulometría Límites de consistencia Contenido de humedad C.B.R Densidad máxima | Diseño geométrico en planta Diseño geométrico en planta DG-2014 Tamizado de muestra ASHTO T-89/90 y ASTM D-423/424 Proctor modificado ASHTO T-180-D Proctor modificado |
| Variable dependiente: Diseño del pavimento flexible. | Consiste en realizar diseño estructural del pavimento flexible en el cercano 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, ΔPSI, Modulo Resiliente) Determinación de los espesores de las capas | Parámetros de diseño Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos Parámetros de espesores mínimos Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos |

Operacionalización de variables (Fuente: Elaboración propia)

5 CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Matriz de Impacto Ambiental.

Tabla 18

Matriz Conesa

| ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | 10 FACTOR AMBIENTAL | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---------------------|-----------|--------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|--|--|---|
| | | ABIÓTICO | | | | | BIÓTICO | | | | | | | |
| | | AGUA | ATMÓSFERA | SUELOS | CLIMA | PAISAJE | FLORA | FAUNA | FLORA | FAUNA | FLORA | | | |
| PRODUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA | Emisión de partículas a la atmósfera | • | • | | • | • | | | | | | | | • |
| | 38 Emisión de gases a la atmósfera | • | • | | • | • | | | | • | • | | | • |
| | Generación de residuos sólidos | • | • | • | | | | | | | | | | • |
| | Generación de ruido, sonido y vibraciones | | | | | | | | | | | | | • |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18
Matriz Conesa

| 10 IMPACTO AMBIENTAL | NATURALEZA NA | INTENSIDAD IN | EXTENSIÓN EX | MOMENTO MO | PERSISTENCIA PE | REVERSIBILIDAD RV | MC RECUPERABILIDAD | CORRELACIÓN SI | ACUMULACIÓN AC | EFECTO EF | PERIODICIDAD PR | IMPORTANCIA | MEDIDAS PREVENTIVAS A IMPLEMENTAR | |
|---|---------------|---------------|--------------|------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|-------------|-----------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | CONTROL | CONTROLADO |
| 10 Alteración de los componentes ambientales abioticos y bioticos | -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. |
| 10 Alteración de los componentes ambientales abioticos y bioticos | -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. |
| 10 Alteración de los componentes ambientales abioticos y bioticos | -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. ASI 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. |
| 10 Alteración de los componentes ambientales bioticos | -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. |

En el análisis de los impactos ambientales del Proyecto se consideraron el aire, el agua, el suelo, el paisaje, la vegetación, la fauna y la socioeconomía, así como las actividades o acciones involucradas en la ejecución del Proyecto durante las Etapas de Planificación, Construcción y Mantenimiento, todas las cuales tienen el potencial de generar impactos. En la Inversión propuesta para el Proyecto se incluye un Plan de Manejo Ambiental, y parte del propósito de esta EIA es identificar, caracterizar y evaluar las potenciales consecuencias ambientales de la Inversión y el Proyecto propuestos.

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 |

Empezamos ⁴⁹ utilizando el método de la lista de comprobación descriptiva, que consiste esencialmente en una serie de preguntas y/o dispositivos mnemotécnicos. A continuación, utilizamos el método de la matriz, una herramienta bidimensional para contrastar las condiciones externas con los resultados del proyecto.

Para identificar las actividades a realizar en un proyecto se debe tener el siguiente orden:

“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” (Capuñay & Pérez, 2021, p. 246)

3.1.3. ² Identificación de Impactos Ambientales

Confeccionamos una EIIM, o matriz de identificación del impacto ambiental, enumerando en una columna los aspectos ambientales que debían tenerse en cuenta y en la otra las acciones o actividades que debían llevarse a cabo durante cada fase del proyecto, con la intención de asignar posteriormente los efectos de estos cambios a las filas y columnas respectivas.

3.1.4. ⁹ Valoración de los Impactos Ambientales

Con el fin de evaluar las consecuencias una vez descubiertas en el paso anterior, hemos diseñado la Matriz de Evaluación del Impacto Ambiental. Cada candidato se evaluará de acuerdo con el siguiente cuadro:

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

³⁵ Descripción de los Principales Impactos Ambientales

Se prevé que las consecuencias medioambientales estén relacionadas sobre todo con la administración de las zonas de uso temporal, ya que el Proyecto hace referencia a una actividad ya existente que necesita modificaciones (campamentos, patios de máquinas, canteras). ² El movimiento de tierras (corte y relleno) a lo largo de la carretera, la pavimentación, la forma y ¹ la construcción de obras de arte y drenaje son sólo algunos ejemplos de frentes de trabajo que se verán afectados.

⁷ Etapa de Planificación

Impactos Positivos

Expectativa de generación de empleo

Se crearán expectativas entre los lugareños como consecuencia de la necesidad de mano de obra no cualificada y se crearán puestos de trabajo temporales mediante el establecimiento de instalaciones de ² venta de alimentos en la obra y los campamentos. Los pueblos de Genaro Herrera, Contamana y Bretaa, entre otros, serán los más directamente afectados.

7 Impactos Negativos

Áreas Afectadas por Ubicación de Canteras y Botadores

Como parte del proceso de planificación, deben descubrirse y cartografiarse las posibles canteras para el préstamo de materiales de relleno, pavimentación y preparación del hormigón. Es importante colaborar con las autoridades locales para evitar problemas con los lugareños, ya que el efecto negativo se produce en zonas ocupadas por proyectos de viviendas o utilizadas inadecuadamente como invernaderos dentro del derecho de paso de la carretera.

2 Etapa de Construcción

Impactos negativos

Perturbación de la tranquilidad de la población

El ruido y las vibraciones producidos por los equipos y la maquinaria de construcción pueden resultar molestos para los residentes de las aldeas y pueblos cercanos. Además, actividades como el movimiento de tierras, la explotación de canteras, el transporte de material y la pavimentación generan partículas (polvo) que pueden agravar afecciones respiratorias, oculares y alérgicas.

Incremento de Gases de Combustión

Los equipos y vehículos diésel suponen una amenaza para la calidad del aire, ya que emiten gases como dióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros. Esto es especialmente cierto en entornos de canteras y movimiento de tierras (corte, relleno, pavimentación, etc.).

Sin embargo, se considera que las emisiones serán de baja magnitud, muy puntuales en canteras y a lo largo de 5.962 km; por lo tanto, no se espera que estas emisiones tengan un efecto significativo en la calidad del aire de la zona. La región en cuestión es una zona abierta con vientos moderados que favorecen la dispersión de estas emisiones, reduciendo sustancialmente su poder contaminante.

Contaminación de los Suelos

Daños al suelo y a la vegetación circundante causados por la mala manipulación, el vertido involuntario o la eliminación inadecuada de lubricantes, combustibles y grasas procedentes de automóviles, maquinaria y equipos. La contaminación del suelo es una

preocupación subyacente en toda la obra, pero la experiencia demuestra que se manifiesta con mayor frecuencia en los patios de máquinas, las instalaciones de almacenamiento de cemento y sus alrededores inmediatos. Los suelos de hormigón, las paredes, los contenedores y otros contaminantes potenciales también pueden quedar atrás cuando se demuelen las instalaciones.

Cuando se derraman lubricantes o grasas sobre una superficie, no sólo permanecen allí sino que pueden filtrarse hasta 10 centímetros en el suelo.

Erosión y Socavación

Cuando es necesario desviar temporalmente los cursos de agua para construir obras en ellos, la erosión y la posible socavación de las orillas son causadas por agentes naturales; cuando se realizan actividades de movimiento de tierras, extracción de material de canteras y construcción de pavimentos, la erosión es causada por agentes mecánicos. Sin embargo, un estilo de construcción eficaz que proteja los suelos contra la erosión y la socavación puede disminuir considerablemente este impacto.

Compactación de Suelos

Si es necesario, se instalarán drenajes subterráneos para reducir el impacto de la construcción en suelos de cimentación que tengan sistemas naturales de drenaje subterráneo.

Incremento de los Niveles de Ruido

La contaminación acústica aumentará en estas regiones como consecuencia del uso de equipos de construcción y automóviles. Sin embargo, debido a la naturaleza de estas operaciones, las emisiones serán generalmente menores, y no existen elementos frágiles en las zonas circundantes que sean susceptibles de sufrir este tipo de contaminantes, como ecosistemas especiales que pudieran verse afectados, a excepción del personal de construcción, cuya protección será responsabilidad del contratista de obras.

Incremento de Partículas Suspendidas

Se prevé que la extracción y el transporte del material de cantera, junto con el movimiento de tierras y la conformación del pavimento, generen la mayor cantidad de polvo y, por tanto, la mayor contaminación atmosférica.

Sedimentación en los cursos de agua

La extracción inadecuada de material de cantera, el movimiento de tierras, la pavimentación y la construcción de obras para cruzar arroyos y canales de riego pueden afectar a la calidad de las aguas superficiales. Las parcelas situadas a menor altitud pueden

verse comprometidas si estas operaciones aumentan la turbidez y/o las partículas en suspensión en los suministros de agua.

Contaminación de los cursos de agua

El desconocimiento o la falta de concienciación de los trabajadores es otro factor; muchos de ellos suelen utilizar los cursos de agua locales como lavadero y para limpiar sus efectos personales, coches, maquinaria y/o equipos. Como consecuencia, la ribera y la ecología aguas abajo se contaminan con aceite y grasa.

Alteración del Paisaje

Como resultado del desbroce, los desprendimientos, la explotación de canteras y la construcción de campamentos (incluidos rellenos, silos y cortes menores para ampliar la carretera), el terreno existente mostrará pocos cambios en este punto.

Modificación del Relieve

Debido al apilamiento de materiales, los desmontes y depresiones provocados por la retirada de los materiales de préstamo necesarios para la fase de construcción de la obra serán visibles a lo largo de los 5,962 km del trazado, afectando a varias canteras bien seleccionadas.

Interrupción parcial del tránsito vehicular local

Debido a la mayor presencia de coches, equipos y personal en la zona del proyecto para fines tales como el movimiento de tierras, la conformación del pavimento, la construcción de obras de arte y el drenaje, el flujo regular del tráfico local se verá perturbado.

Reducción de la Cobertura Vegetal

Esta perturbación se producirá mientras se construyen los campamentos y se retiran los materiales para abrir paso a las canteras. La vegetación dentro y alrededor de las canteras suele ser de densidad baja a media y está formada por árboles y arbustos autóctonos de la región. La ecología de este lugar es extensa, y las partes que hay que intervenir son más bien menores.

Perturbación de la Fauna Local

La fauna de la zona puede verse perjudicada como consecuencia de actividades humanas como la construcción de campamentos, la explotación de canteras y el transporte de equipos pesados. Durante la fase de construcción aumentará la presencia de seres humanos y máquinas, pero no se espera que ello tenga un impacto significativo en la fauna local debido a la ausencia de amenaza de migración. Porque las regiones que hay que alterar por estos motivos son muy poco en comparación con el resto del ecosistema.

Afectación a la Salud Pública

Los residentes que viven cerca de la obra y de las rutas por las que transitan los vehículos pueden correr el riesgo de desarrollar enfermedades broncopulmonares alérgicas debido a la emisión de partículas (polvo y gases) durante el movimiento de tierras (corte y relleno), el transporte de materiales y la conformación del pavimento.

Afectación de la Salud del Personal de Obra

Este efecto es enteramente responsabilidad del equipo de construcción y se produciría por la liberación de gases y polvo producidos por las operaciones de la cantera, incluidos el movimiento de tierras, la excavación, la mezcla y vertido del hormigón, la conformación del pavimento, etc.

Etapa de Mantenimiento

Impacto positivo

Afianzamiento vial

Habrán un impacto positivo en la comercialización de los productos y en el acceso a los servicios públicos como resultado de una mejor conectividad entre los pueblos y ciudades dentro del ámbito de influencia del Proyecto, gracias al mantenimiento y reparación de esta ruta.

Dinamización del comercio local

Cuando esté terminada, la carretera mejorará las condiciones económicas de Requena y facilitará la vida de sus habitantes.

Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)

El objetivo del Programa de Medidas de Mitigación del Impacto Ambiental es adoptar medidas correctoras y/o preventivas para reducir a un nivel aceptable la gravedad de cualquier consecuencia ambiental imprevista en la zona de servicio del proyecto.

- a. Para que los vecinos de las obras no vean perturbada su tranquilidad, deberán tomarse las siguientes precauciones:

El contratista que trabaje en la obra será responsable de instalar y mantener silenciadores en todos los vehículos y máquinas para mitigar el ruido que produzcan. Esta estrategia de mitigación es importante, por lo que se incluirá como factor de calificación para los licitadores en el proceso de selección del contratista de la obra.

Para reducir las emisiones de polvo y partículas, se aconseja humedecer diariamente todas las zonas de trabajo (polvo). Se tomarán medidas deliberadas para eliminar los

materiales sobrantes de forma que se minimice la cantidad de polvo y suciedad levantada. A partir del primer día de actividad de movimiento de tierras y canteras, se mojarán diariamente las zonas de trabajo.

Para evitar que los materiales vuelen durante el transporte, se humedecerán y recubrirán a fondo.

- b. Se tomarán las siguientes medidas para evitar la contaminación del suelo:

El campamento estará equipado con un sistema de saneamiento, que incluirá la recogida de basura y su transporte a un minivertedero sanitario, para que los residuos puedan eliminarse adecuadamente.

Los campamentos contarán con métodos para procesar y eliminar grasas y aceites, incluidos contenedores herméticos para residuos de aceites y lubricantes que se guardarán en los lugares adecuados hasta que puedan eliminarse correctamente.

Todo el hormigón que se derrame accidentalmente sobre el suelo se limpiará de inmediato y se depositará en los lugares designados para los residuos.

Como parte de los preparativos para el Campamento de Construcción Temporal, sellaremos fosas sépticas, pozos de tratamiento de aguas residuales y desagües.

Se estudiará la posibilidad de ceder los edificios del campamento a los vecindarios cercanos. Sin permiso, el campamento será demolido.

- c. Deben tomarse las siguientes precauciones para proteger las fuentes de agua de una posible contaminación:

Los cursos de agua deben desviarse lejos de las zonas agrícolas en los lugares donde se prevean alcantarillas y badenes. Esta es la misma medida que puede tomarse para evitar la formación de turbidez en los cursos de agua.

Será ilegal lavar coches, camiones y otra maquinaria en ríos y arroyos. El contratista de la obra, bajo la supervisión del equipo de gestión de la obra, instalará suelos impermeables (hormigón o asfalto), zanjas perimetrales, trampas de arena y trampas de grasa en las zonas designadas para el lavado y mantenimiento de la maquinaria a fin de evitar que cualquier residuo entre en los cursos de agua.

Los sistemas de alcantarillado de los campamentos consistirán en trampas de grasa y fosas sépticas. El contratista, bajo la supervisión del jefe de obra, será responsable de aplicar las medidas necesarias para evitar el vertido de aguas residuales y/o residuos sólidos en cualquier curso de agua.

La entrega de combustible se gestionará de forma que se evite la lixiviación de hidrocarburos y otros contaminantes a los cursos de agua utilizados para el riego. También se tomarán medidas para garantizar el mantenimiento de las máquinas y herramientas.

La tecnología de extracción de agua seleccionada no debe provocar turbidez en el suministro de agua ni inundaciones en las zonas bajas.

Se evitarán los focos de conflicto con terceros evitando la utilización de determinados suministros de agua.

Los vertederos de material sobrante se situarán lo suficientemente lejos de las fuentes de agua para que permanezcan secos durante las grandes inundaciones.

- d. Se pueden tomar ciertas precauciones para proteger el medio ambiente local:

Los suelos de hormigón, paredes y cualquier otra estructura temporal deberán ser completamente retirados y demolidos por el Contratista antes de que puedan ser llevados al lugar de eliminación de materiales sobrantes. Deberá retirarse toda la basura, papeles, restos de madera, etc., que se hayan acumulado en el campamento.

Una vez retiradas las estructuras temporales, se escarificará el suelo y se le devolverá su forma natural utilizando las plantas y los restos orgánicos que se habían apartado.

Los taludes creados por las canteras y la tala deberán reforestarse para hacerlos más seguros para el tránsito de personas. Si se toma esta precaución, el paisaje local sufrirá relativamente pocos cambios.

- e. Se sugiere colocar señalización permanente y temporal y avisar a los usuarios para evitar la interrupción del tránsito vehicular regular durante los movimientos de tierra, transporte de materiales, conformación de pavimentos, construcción de obras de arte y drenaje. ⁵

- f. Dado que ² la etapa de construcción es el momento en que el medio ambiente estará expuesto a las modificaciones que implica la construcción de las obras civiles propuestas en el proyecto, se deben realizar actividades de CAPACITACIÓN AMBIENTAL para el personal de construcción (técnicos y profesionales) con énfasis en los componentes ambientales. Es importante tener precaución en el desecho de gasolina, lubricantes y grasas, así como en la limpieza de maquinaria, equipos y ropa para no contaminar las aguas subterráneas, de riego o corrientes. Por otro lado, se proporcionarán a los empleados sugerencias para mejorar la seguridad laboral en el lugar de trabajo.

Plan de Gestión Medioambiental y Evaluación de Ajustes (PAMA)

Es obligación del contratista de obras llevar a cabo el PAMA dentro del plazo de construcción y dentro del presupuesto de construcción asignado por este motivo; de ahí que los costes asociados a la realización del PAMA se incluyan en el coste global de ejecución del proyecto.

2 Cronograma de Ejecución del Programa de Medidas Preventivas y Correctivas

El Cronograma de Operaciones de Ejecución de Obras incluirá la implementación de este programa para reducir los efectos ambientales adversos encontrados en este estudio. Este programa se llevará a cabo en conexión directa con las actividades de mejora de la carretera.

2 Partidas contempladas en el Plan de Mitigación Ambiental

15 Las siguientes medidas de mitigación medioambiental, que el contratista que ejecute el proyecto deberá llevar a cabo de acuerdo con los requisitos técnicos de este proyecto, están incluidas en el coste directo del presupuesto:

- 2** - 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 Vehículos

Vehículos Livianos : 64.00 %

Vehículos Pesados : 36.00 %

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

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

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

Factor de Crecimiento = 24.3
- Determinación del Número de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño para el Período de Diseño :

| Tipo de Vehículo | Nº veh./día (02 cent.) | Nº veh./día (01 cent.) | Nº 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 |
| Vehículos Tipo C-2 | 8.00 | 4.00 | 1,460.00 | 3.840 | 5,606.40 | 24.3 | 136236.00 |
| Vehículos 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 |
| | | | | | | W₁₈ = | 2.09E+05 |

4. Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}): $W_{18} = D_D \times D_L \times W^2_{18}$
- 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 vía 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 :

$$SN = 1.65$$

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

$$5.30 = 5.30 \quad SN + 1$$

c. Número estructural requerido para Base Granular :

$$SN = 1.60$$

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

$$5.30 = 5.30 \quad SN + 1$$

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 resiliente de Base Granular: 20155 psi
(C.B.R. = 100 %)
Coeficientes: a2 = 0.15 pulg⁻¹
- c. Sub Base Granular: Módulo resiliente 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) :

$$Eca = \frac{SN \text{ (Base Granular)}}{a^1}$$

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

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

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: $Eca_1 = 2.00 \text{ pulg.}$

La diferencia se considera una 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) :

$$Ebg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a_1 \times Eca)}{(a_2 \times m_2)}$$

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

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

El espesor total es :

$$Ebg_T = Ebg + Ecpch$$

$$Ebg_T = 6.00 \text{ pulg.}$$

- 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) :

$$Esbg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a_1 \times Eca) - (a_2 \times m_2 \times Ebg)}{(a_3 \times m_3)}$$

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

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

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. <u>Carpeta asfáltica</u> : | <table border="1"> <tr> <td>Espesor carpeta asfáltica</td> <td>=</td> <td>2.00 pulg.</td> </tr> </table> | Espesor carpeta asfáltica | = | 2.00 pulg. | A considerar : = 5.00 cm | | | |
| Espesor carpeta asfáltica | = | 2.00 pulg. | | | | | | |
| b. <u>Base Granular</u> : | <table border="1"> <tr> <td>Espesor base granular</td> <td>=</td> <td>6.00 pulg.</td> </tr> </table> | Espesor base granular | = | 6.00 pulg. | A considerar : = 15.00 cm | | | |
| Espesor base granular | = | 6.00 pulg. | | | | | | |
| b. <u>Sub Base Granular</u> : | <table border="1"> <tr> <td>Espesor sub base granular</td> <td>=</td> <td>4.00 pulg.</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Espesor Parcial</td> </tr> </table> | Espesor sub base granular | = | 4.00 pulg. | Espesor Parcial | | | A considerar : = 15.00 cm |
| Espesor sub base granular | = | 4.00 pulg. | | | | | | |
| Espesor Parcial | | | | | | | | |
| | | Espesor Final | | | | | | |

11

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 conocidas como mezclas bituminosas, son un material de construcción compuesto por áridos pétreos unidos con un ligante de hidrocarburos. Se producen en fábricas fijas o portátiles y luego se entregan en la obra para su extendido y compactación.

La máxima estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica se alcanza entre 140 y 150 oC de temperatura de compactación, y la fórmula empleada es $A = 0,020 a + 0,045 b + cd$, donde A= contenido de asfalto (representado como cemento asfáltico) referido al peso del árido. A 130 grados Celsius, la mezcla fluye a un ritmo mínimo. A 140 grados Celsius, el flujo de la mezcla es mínimo, y desciende hasta un 20% a temperaturas de 110 y 100 grados Celsius.

58

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.
2. 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.
2. 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.
9. 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, 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

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

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 | |

1 %

10

www.uaeh.edu.mx

Fuente de Internet

<1 %

11

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

12

vbook.pub

Fuente de Internet

<1 %

13

repositorio.uprit.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

15

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

17

López Espinosa José Gregorio. "Criterios generales para la implementacion de bombeo en excavaciones", TESIUNAM, 2004

Publicación

<1 %

18

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

19

dearkitectura.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

| | | |
|----|---|------|
| 20 | es.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 21 | livrosdeamor.com.br Fuente de Internet | <1 % |
| 22 | Romano Pardo María de Lourdes. "Evaluación conceptual del impacto ambiental de la gasificación de residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal", TESIUNAM, 2010 Publicación | <1 % |
| 23 | issuu.com Fuente de Internet | <1 % |
| 24 | tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 25 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante | <1 % |
| 26 | sinat.semarnat.gob.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 27 | Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante | <1 % |
| 28 | repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 29 | repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 30 | repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 31 | dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 32 | pt.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 33 | repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 34 | vsip.info Fuente de Internet | <1 % |
| 35 | www.camaracusco.org Fuente de Internet | <1 % |
| 36 | Hernández Carmona Jesús Eduardo, Hernández Palma Hugo Alberto. "Diseño de pavimentos rígidos y flexibles de altas especificaciones", TESIUNAM, 2015 Publicación | <1 % |
| 37 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 38 | tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 39 | www.linguee.com Fuente de Internet | <1 % |
| 40 | www.senado-ba.gov.ar Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 41 | creativecommons.org Fuente de Internet | <1 % |
| 42 | 1library.co Fuente de Internet | <1 % |
| 43 | fumidonoso.com Fuente de Internet | <1 % |
| 44 | infirma.sea.gob.cl Fuente de Internet | <1 % |
| 45 | repository.upb.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 46 | www.buenastareas.com Fuente de Internet | <1 % |
| 47 | www.fao.org Fuente de Internet | <1 % |
| 48 | CESEL S A. "Modificación del PMA del Proyecto Central Térmica Tablazo Colán - Piura a Gas Natural-IGA0002104", R.D. N° 053-2016-MEM/DGAAE, 2020 Publicación | <1 % |
| 49 | Cerda Ávila Edgar Miguel. "Diseño del proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia Monarca en la ciudad de Uruapan, Michoacán", TESIUNAM, 2015 Publicación | <1 % |

50 Marco Antonio Vera Núñez, Mónica Estefanía Ramón Tigse. "Calidad del servicio de atención, cumplimiento de protocolos y manejo de normas de bioseguridad en las unidades de cuidados intensivos", Revista Publicando, 2021 <1 %
Publicación

51 Polito Román Gerardo. "Evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles en México", TESIUNAM, 2015 <1 %
Publicación

52 Viveros Garrido Olivia. "Propuesta de reforma y adición a la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en sus artículos 38, 38 Bis 1, 38 Bis 2 y a su reglamento en materia de auditoría ambiental en sus artículos 3 y 10", TESIUNAM, 2006 <1 %
Publicación

53 biblioteca.usac.edu.gt <1 %
Fuente de Internet

54 docs.citrix.com <1 %
Fuente de Internet

55 libro-pavimentos.blogspot.com <1 %
Fuente de Internet

56 patents.google.com <1 %
Fuente de Internet

| | | |
|----|--|------|
| 57 | prezi.com Fuente de Internet | <1 % |
| 58 | pt.slideshare.net Fuente de Internet | <1 % |
| 59 | renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 60 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 61 | www.clubensayos.com Fuente de Internet | <1 % |
| 62 | www.proinversion.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 63 | www.riesgofinanciero.com Fuente de Internet | <1 % |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo