

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DIAGNÓSTICO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL Y
PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
DE LA LOCALIDAD DE CHINCHIHUASI, CON LA
METODOLOGÍA AASHTO 93**

PRESENTADO POR:

Bach. ATAYPOMA CRISPIN, Karla Renee

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Línea de Investigación de la Escuela Profesional:

Transporte y Vías de Comunicación

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERU

2021

CONTRATAPA

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
ASESOR

DEDICATORIA

“El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador y a mis padres, quienes me han otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación”.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

ING. RANDO PORRAS OLARTE
JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

ING. NATALY LUCIA CÓRDOVA ZORRILLA
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPITULO I.....	15
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Práctica.....	17
1.3.2. Teórica.....	17
1.3.3. Metodológica.....	17
1.4. Delimitaciones.....	18
1.4.1. Espacial.....	18
1.4.2. Temporal.....	20
1.4.3. Económica.....	20
1.5. Limitaciones.....	20
1.6. Objetivos.....	20
1.6.1. Objetivo general.....	20
1.6.2. Objetivos específicos.....	20
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.1.1. Internacionales.....	21
2.1.2. Nacionales.....	24
2.2. Marco conceptual.....	27

2.2.1. Teorías de la investigación	27
2.2.1.1 Pavimentos.....	27
2.2.1.2 Diseño de pavimentos	30
2.2.1.3 Factores de diseño de pavimentos.....	33
2.2.1.4 Diseño estructural de pavimentos rígidos.....	39
2.2.1.5 Juntas en los pavimentos rígidos	41
2.2.1.6 Costos de construcción de pavimentos rígidos	44
2.3. Marco Normativo	45
2.4. Definición de términos	45
2.5. Hipótesis.....	51
2.5.1. Hipótesis general.....	51
2.5.2. Hipótesis específicos.....	51
2.6. Variables.....	51
2.6.1. Definición conceptual de la variable	51
2.6.2. Definición operacional de la variable	52
2.6.3. Operacionalización de la Variable	52
CAPÍTULO III	53
METODOLOGÍA	53
3.1. Método de investigación	53
3.2. Tipo de Investigación.....	53
3.3. Nivel de investigación	53
3.4. Diseño de investigación.....	54
3.5. Población y muestra	54
3.5.1. Población.....	54
3.5.2. Muestra	54
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.7. Procesamiento de la información.....	55
3.8. Técnicas y análisis de datos	55
CAPÍTULO IV	56
RESULTADOS.....	56
4.1. Presentación de resultados específicos	56
CAPÍTULO V.....	69
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
5.1. Discusión de resultados específicos.....	69

CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Categorías de subrasante según CBR.....	35
Tabla 2 – Valor Percentil según ESAL.	36
Tabla 3 – Cálculo de módulo resiliente.	36
Tabla 4 – Variables de investigación.....	52
Tabla 5 – Operacionalización de las variables.	52
Tabla 6 – Resultados de los conteo de tráfico – vía principal.	56
Tabla 7 – Resumen de aforo del tráfico.	57
Tabla 8 – Transito medio diario semanal (TMDS).....	57
Tabla 9 – Transito medio diario anual.	57
Tabla 10 – Proyección del tránsito medio diario.....	58
Tabla 11 – Tráfico vehicular acumulado en 10 años.....	59
Tabla 12 – Tráfico vehicular acumulado en 20 años.	59
Tabla 13 – Determinación del ESAL (ejes equivalentes).	60
Tabla 14 – Relación detallada de calicatas ejecutadas	61
Tabla 15 – Resumen de la clasificación del suelo por el método sucs y aashto.	61
Tabla 16 – Resumen del límite líquido y plástico.	62
Tabla 17 – Resumen del CBR.....	62
Tabla 18 – Resumen del proctor modificado.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.	18
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.	19
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.	19
Figura 4- Elementos de un pavimento (flexible y rígido).	28
Figura 5- Estructura típica de un pavimento (flexible y rígido).	29
Figura 6- Estructura de un pavimento flexible.	32
Figura 7- Estructura de un pavimento rígido.	33
Figura 8- Desviación estándar normal (ZR).	65
Figura 9- Desviación normal del error estándar combinado en la estimación de los parámetros de diseño y el comportamiento del pavimento (modelo deterioro) – (So).	65
Figura 10- Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, P_o y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, P_t (ΔPSI).	65
Figura 11- Modulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento portland (S'c).	65
Figura 12- Coeficiente de transferencia de carga (J).	66
Figura 13- Coeficiente de drenaje (Cd).	66
Figura 14- Modulo de elasticidad, en psi, del concreto de cemento portland (E_c).	66
Figura 15- Modulo resiliente de la sub rasante (M_r).	66
Figura 16- Modulo de elasticidad de la sub base.	66
Figura 17- Espesor de la sub base.	67
Figura 18- Modulo compuesto de reacción de la sub rasante.	67
Figura 19- Modulo efectivo de reacción de la sub rasante K (corregido por una perdida potencial de soporte).	67
Figura 20- Espesor, en pulgadas, de la losa de concreto.	67
Figura 21- Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado (W18).	67
Figura 22- Resultados de la ecuación básica de diseño para pavimento rígido.	68

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿ Cómo influye el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?, el objetivo general fue: Realizar el diagnóstico de la transitabilidad vial y proponer el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93, y la hipótesis general fue El diagnóstico de la transitabilidad vial influirá en la propuesta del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

El método de investigación fue el inductivo, analítico, sintético y sistemático, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo – explicativo y el diseño de investigación fue no experimental. La población correspondió a la red vial de la zona urbana distrito Chinchihuasi en la Provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica, siendo la muestra conformado por la vía local que comprende la Localidad de Chinchihuasi: la Av. 25 de Julio, Jr. 11 de Enero, Jr. Lima, Jr. Niño Jesus, Jr. Los Nogales, Jr. Los Eucaliptos, Jr. Los Angeles, Av. Virgen del Rosario, Jr. De La Unión, Jr. Nilo Meneses, Jr. Huancavelica y Calle Virgen del Carmen.

La conclusión general fue: La metodología de diseño del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de diseño de pavimentos de concreto método AASHTO 1993. El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para todos los jirones en estudio: espesor de losa de concreto hidráulico (0.18 m), espesor de sub base (0.20m), espaciamiento de juntas de contracción (4.00 m) y diámetro de dowells (1 1/2 pulgada).

Palabras claves: Pavimento Rígido, Diseño, Metodología AASTHO - 93.

ABSTRACT

The research had as a general problem: How does the diagnosis of road trafficability influence the structural design of the pavement in the town of Chinchihuasi, with the AASHTO 93 methodology? Structural design of the pavement in the town of Chinchihuasi, with the AASHTO 93 methodology, and the general hypothesis was The diagnosis of road traffic will influence the proposal of the structural design of the pavement in the town of Chinchihuasi, with the AASHTO 93 methodology.

The research method was inductive, analytical, synthetic and systematic, the type of research was applied, the research level was descriptive - explanatory and the research design was non-experimental. The population corresponded to the road network of the urban area Chinchihuasi district in the Province of Churcampa, department of Huancavelica, being the sample made up of the local road that includes the town of Chinchihuasi: Av. 25 de Julio, Jr. 11 de Enero, Jr. Lima, Jr. Niño Jesús, Jr. Los Nogales, Jr. Los Eucaliptos, Jr. Los Angeles, Av. Virgen del Rosario, Jr. De La Unión, Jr. Nilo Meneses, Jr. Huancavelica and Calle Virgen del Carmen .

The general conclusion was: The rigid pavement design methodology adopted was elaborated with the AASHTO 1993 method concrete pavement design standards. The result of the dimensioning of the pavement structure is as follows for all the shreds under study: slab thickness of hydraulic concrete (0.18m), subbase thickness (0.20m), contraction joint spacing (4.00m), and diameter of dowells (1 1/2 inch).

Keywords: Rigid Pavement, Design, AASTHO - 93 Methodology.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “diagnóstico de la transitabilidad vial y propuesta de diseño estructural del pavimento de la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93”; investigación que establece como propósito fundamental: Realizar el diagnóstico de la transitabilidad vial y proponer el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93 .

En el Perú, debido a su alto índice de crecimiento poblacional tiene como exigencia el aumento de los límites de urbanización, cabe resaltar que conforme se da el crecimiento de la población el requerimiento de nuevas rutas de acceso a cada localidad se va incrementando proporcionalmente .

Debido a que la Localidad de Chinchihuasi no presenta estudios de transitabilidad e infraestructura vial, ni una cultura vial específica a la que puedan regirse los moradores que transitan diariamente por dichas vías, se observa gran riesgo tanto vehicular, como peatonal. Por consiguiente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que pretende determinar las variables que involucran un estudio de tránsito vial, para que con ello proponer un diseño estructural del pavimento para las vías 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo, acorde a las solicitudes de la zona.

Por su gran rigidez, el pavimento de concreto no necesita capas de elevada capacidad de soporte. Por temas constructivos se necesita una capa entre la explanada y el pavimento para evitar el descalce de este último y con ello garantizar el apoyo continuo, y por ende resulte estable ante los agentes atmosféricos .

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo - explicativo; como diseño de investigación no experimental, y como técnicas de

recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados .

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado .

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación .

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación .

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación .

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño del pavimento rígido .

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño del pavimento rígido, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La Ingeniería de Transporte se define como la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, económica y compatible con el medio ambiente, esto según el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE), citado por W. S. Homburger. Así mismo define la Ingeniería de Tránsito como aquella especialidad de la Ingeniería de Transporte que tiene por objetivo la planeación, y la operación del tránsito por calles y carreteras, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

En Latinoamérica y el Caribe se muestra un problema serio en cuanto a infraestructuras en vías de comunicación y esto representa una seria desventaja competitiva. El transporte por carretera constituye el 80% del total del transporte de pasajeros y más del 60% del transporte de carga, según lo estipulado por CEPLAN, mientras que el Perú tiene una red vial compuesta por más de 78 mil kilómetros de carreteras, pero solo cerca de 300 kilómetros corresponden a autopistas, por lo tanto, se puede decir que nuestro país tiene un severo problema de transitabilidad vial (Ms. Julián Rivera).

El Perú, además, tiene el parque automotor más viejo de América Latina – promedio de 17 años–. Esto no solo eleva la contaminación, sino que aumenta las probabilidades de siniestralidad, pues estos automóviles no cuentan con el mantenimiento debido. Estos suelen pertenecer a empresas informales, ya que el costo de un bus en buen estado es mucho más alto. La realidad es que los buses antiguos terminan siendo utilizados en provincias en rutas más peligrosas. Y algo parecido ocurre con los choferes

que, al tener una serie de multas acumuladas, deciden operar en las rutas donde la fiscalización es menor, según sostiene el Especialista Willard Manrique.

La Localidad de Chinchihuasi ha llegado a tener un importante crecimiento poblacional, lo cual no permite que sea más eficiente el sistema de control y administración pública. El transporte no está exento, este sistema sobrevive con una serie de carencias en la fiscalización de parte de la autoridad competente, que se enfrenta a una ciudad con una deficiente estructura urbana que traba posibles reformas, y no ofrece las condiciones adecuadas para el tránsito de peatones y automóviles; además los ciudadanos se enfrentan a problemas en la calidad del servicio brindado, sumando las imprudencias de peatones y choferes.

Debido a que la Localidad de Chinchihuasi no presenta estudios de transitabilidad e infraestructura vial, ni una cultura vial específica a la que puedan regirse los moradores que transitan diariamente por dichas vías, se observa gran riesgo tanto vehicular, como peatonal. Por consiguiente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que pretende determinar las variables que involucran un estudio de tránsito vial, para que con ello proponer un diseño estructural del pavimento para la Localidad de Chinchihuasi, acorde a las solicitudes de la zona.

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles serán los resultados del estudio de tráfico para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del

pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?

b) ¿Cuáles serán los resultados del estudio de mecánica para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?

c) ¿Cuáles serán los resultados del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Tiene un alcance practico, puesto que permitirá que la sociedad involucrada en dicho proyecto mejore los servicios de comunicación con los demás distritos, así como la reducción de problemas de salud debido a la presencia de las altas cantidades de partículas de polvo.

1.3.2. Teórica

La presente investigación tiene un alcance académico puesto que permite aplicar los conocimientos obtenidos durante el estudio de la carrera de ingeniería civil, permitiendo realizar un análisis técnico exhaustivo conociendo la realidad del lugar y las características físicas y mecánicas del suelo. Llegando a aplicar normativas tanto nacionales como son la norma técnica peruana, así como normativas internacionales como son las brindadas por AASHTO.

1.3.3. Metodológica

El presente trabajo cobra importancia al representar este un documento de consulta para estudiantes y profesionales relacionados al análisis y diseño de la estructura de pavimentos.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se realizará en la zona urbana de la Localidad de Chinchihuasi, específicamente la Av. 25 de Julio, Jr. 11 de Enero, Jr. Lima, Jr. Niño Jesus, Jr. Los Nogales, Jr. Los Eucaliptos, Jr. Los Angeles, Av. Virgen del Rosario, Jr. De La Unión, Jr. Nilo Meneses, Jr. Huancavelica y Calle Virgen del carmen, dentro de la jurisdicción del distrito de Chinchihuasi en la provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica.

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

1.4.2. Temporal

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 4 meses, del mes de marzo del 2021 hasta el mes de junio del Año 2021.

1.4.3. Económica

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno.

El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

1.5. Limitaciones

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “Creación de pistas y veredas en el Jr. 11 de Enero, Jr. Niño Jesús, Jr. Virgen del Rosario, Jr. Los Ángeles, Jr. Nilo Meneses, Jr. Huancavelica, Jr. De la Union, Jr. Los Nogales, Jr. Los Eucaliptos, Jr. Lima, Av. 25 de Julio, Av. Virgen del Carmen y Parque Principal de la Localidad de Chinchihuasi, distrito de Chinchihuasi, provincia de Churcampa – departamento de Huancavelica”.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar el diagnóstico de la transitabilidad vial y proponer el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

1.6.2. Objetivos específicos

a) Realizar el estudio de tráfico para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

b) Realizar el estudio de mecánica de suelos para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

c) Realizar el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Fontalba (2015). En la tesis: “Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° etapa”, para optar el título de Ingeniero Civil en obras Civiles. Universidad Austral de Chile, facultad de ingeniería, “En la presente investigación tiene como objetivo general: Para poder proyectar un pavimento flexible en la Avenida Circunvalación en el sector de Guacamayo en la primera Etapa que está en función a las solicitudes en el tráfico”. “La metodología será de tipo aplicada, con un Nivel Descriptivo y llega a la conclusión de la investigación de la zona a intervenir analizando primeramente la calidad del suelo que fue optima en todo el recorrido presentando un estudio de CBR con una calificación de optima siendo mayor al CBR de diseño. Para el sector en el cual hay una presencia de humedades del suelo tratado antes de iniciar una preparación de la subrasante y una posterior pavimentación”. “El tráfico vehicular queda claro un sector de alto flujo de vehículos pesados que proviene de deferentes plantas forestales de la zona. Estos vehículos son los principales causantes del deterioro actual de la vía, por lo que con una estimación y una consideración nos determina un diseño que pueda cumplir unas características de calidad del pavimento. En el diseño propiamente planteada son capas de distintas características que nos entregaran una óptima seguridad en el diseño que pueda ser capaz de soportar un alto tráfico dentro de su vida útil”.

Villacis (2014). En la tesis: “Manual práctico de optimización para la revisión de estudios de diseño de pavimentos”, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Internacional del Ecuador, facultad

de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Quito, Ecuador. “En la presente investigación tiene como objetivo general: Para poder desarrollar un manual que pueda permitir analizar una carretera u pueda contemplar una información metodológica y sistemática para las labores de una revisión de un estudio de diseño en pavimentos”. “Aplicando una Metodología de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y llegando a la conclusión se elabora un resumen de los criterios para un diseño del pavimento flexible, un diseño para pavimentos rígidos y otro diseño para pavimentos articulados de una forma sintética y con una referencia directa pertenecientes a normas para sus diseños”. “Proponiendo un nuevo diseño en obras de pavimentos, con fórmulas que puedan guiar en los diferentes procesos y adicionando así un flujograma que lo que nos indica secuencialmente las diferentes actividades que indica secuencialmente las actividades que deben realizarse en la revisión de estudios para diseños de pavimentos”.

Salamanca y Zuluaga (2014). En la tesis: “Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Por Medio De Los Métodos INVIAS, AASHTO 93 E Instituto Del Asfalto Para La Vía La Ye-Santa Lucia Barranca Lebrija Entre Los Abscisas K19+250 A K25+750 Ubicada En El Departamento Del Cesar”, para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. “En la presente investigación tiene como objetivo general: Al diseñar las diferentes estructuras de un pavimento flexible que por medio de un método de INVIAS para los medios y los altos volúmenes de densidad vehicular diseñadas por el método del AASHTO 93 y con un diseño del instituto de asfalto en la vía de La Ye en distrito de Santa Lucia y la Provincia de Barranca de Lebrija con los puntos de las abscisas K19+250 a 25+750 en el departamento del Cesar”. “Con una metodología de tipo Aplicada, nivel descriptivo con una conclusión de que la capacidad portante

de la subrasante que estará apoyada en la estructura del pavimento para las dos condiciones, con un CBR menor al 3% con un alto índice de hinchamiento y un marginal para los tramos de 1,3 y 5 y con un CBR promedio de 95% a una alta densidad mayor de 6% la cual corresponde a los diferentes sectores 2 y 4. Para las estructuras del pavimento están definidas por cada método evaluado la cual se basó en un diseño para una vida útil de 10 años para los pavimentos flexibles o con una equivalencia de que pueda acumular un número de ejes equivalentes de 8.2 ton para el diseño adoptado”.

Ruíz y Rodríguez (2016), en su investigación: “Comparación técnicoeconómica del uso de pavimento rígido y pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: tramo Unikwas-Mulukuku”, presentada en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA, concluye que: “Con la aplicación de la metodología propuesta por la AASHTO 1993, para el diseño de pavimentos rígido y flexible, abordado en el estudio de Caso plasmado en el capítulo VIII, fue posible identificar que el pavimento flexible requiere un mayor espesor de capas subyacentes a la superficie de rodadura, sin embargo los costos iniciales de construcción son menores que los requeridos por el pavimento rígido, aunque el espesor de la estructura sea menor”.

Espinoza (2018), en su investigación: “Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93”, propuso: “el análisis y comparación de las alternativas de diseño y los costos totales asociados a los pavimentos rígidos y flexibles según el método AASHTO, para la cual se utilizó la metodología AASHTO 93 para pavimentos flexibles propone determinar los espesores de las capas de la estructura de pavimento en función de los coeficientes estructurales que posee cada material según sus características mecánicas, los resultados obtenidos es aumentar la capacidad portante de la subrasante,

reemplazando el material en sitio por material de mejoramiento o estabilizando la subrasante, incorporando cal o material pétreo. En los pavimentos flexibles, el mejoramiento de la subrasante implica obtener, números estructurales requeridos (SN) con valores menores, mientras que, para los pavimentos rígidos, se genera aumentos en el valor del módulo de reacción efectivo (Kefec), lo que significa que el espesor de la losa D se reduce”.

2.1.2. Nacionales

López (2017). En su tesis Diseño de pavimento flexible de las calles del AA. HH nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza – Trujillo – La Libertad”. “En este proyecto de investigación se tiene como objetivo principal desarrollar el diseño de pavimento flexible basado en métodos tradicionales que permitan el diseño de acorde con la realidad del asentamiento humano Nuevo Indoamérica. Dicho estudio concluye en un diseño de pavimento basado en la metodología AASTHO 1993 optando por un pavimento del tipo pavimento flexible con espesores de 6” para la carpeta base, 6” para la carpeta base y 2” de la carpeta de rodadura siendo esta última de asfalto en caliente”. “Dicho estudio también obtuvo datos de crecimiento de tráfico para lograr hacer un estudio exhaustivo y real en sus propuestas de diseño. Por lo tanto, dicho antecedente aporta datos de un diseño de pavimento flexible basado en criterios tanto económicos como basados en la realidad del lugar de estudio”.

Gómez (2014). En su tesis “Diseño Estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo – La Libertad”. Se propuso como objetivo principal determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. “El estudio concluyó después de haber tomado en cuenta los parámetros tanto físicos como mecánicos de la zona de estudio, niveles de servicio y confiabilidad de acorde con el lugar de estudio y basándose en la metodología AASTHO -93; presentaron un

diseño de pavimento flexible cuyos espesores son 10 cm. de carpeta de rodadura, 15 cm de espesor para la carpeta base y 15 cm de espesor para la carpeta sub – base”. “Por lo tanto, el antecedente aporta datos fundamentales para criterios de diseño de un pavimento y metodologías base a tomar en cuenta frente diferentes parámetros físicos – mecánicos de la zona estudiada”.

Ramírez (2018). En su tesis “Propuesta de Diseño del pavimento flexible para las calles 4, 5 y 6 del asentamiento humano las lomas Sector I, distrito de Huanchaco – Trujillo – La Libertad.” “La presente aportación tiene como objetivo general el diseñar el pavimento flexible para las calles 4,5 y 6 del Asentamiento Humano Las Lomas sector I, Distrito de Huanchaco - Trujillo - La Libertad, 2018. Concluyendo el estudio en una serie de estudios como lo son el estudio topográfico para conocer los perfiles y secciones transversales de la zona de estudio, un estudio de suelos con el fin de conocer las características mecánicas y físicas del lugar de estudio y un estudio de tráfico para conocer el volumen vehicular de la zona y hacer un diseño basado en la demanda y una perspectiva a futuro; tomando en cuenta todos esos factores los investigadores concluyeron basándose en la metodología AASHTO – 1993 un espesor de pavimento de 5 cm de asfalto, 15 cm de base y 25cm de subbase”. “El antecedente aporta conocimiento de estudios previos a tener en cuenta para presentar un diseño de pavimento adecuado y bajo la metodología AASHTO – 1993 a su vez tiene en cuenta parámetros económicos para concluir un diseño viable ante la sociedad”.

Campos (2018). En su tesis “Diseño de pavimento flexible y veredas en la UPIS Pedro Pablo Atusparia, Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque”. “Este proyecto de investigación tuvo como objetivo general realizar el diseño de pavimento flexible y veredas en la Upis

Pedro Pablo Atusparia, distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque”.

“El aporte que nos brindan concluye en un diseño de pavimento flexible con una capa de rodadura de concreto asfáltico debido a que realizo un estudio comparativo basándose en criterios económicos optando por dicho pavimento y pudo concluir en un diseño de pavimento basado en la metodología AASHTO-93 en un pavimento con un espesor de carpeta de rodadura de 5 cm, un espesor de carpeta base de 20 cm y un espesor de carpeta subbase de 20 cm, siendo este un diseño conservador”. “El aporte de dicho investigador nos proporciona datos de un diseño de pavimento basado en criterios comparativos entre dos tipos de pavimentos con diferentes tipos de carpetas de rodadura tomando como alternativa la más conservadora y económica de diseñar”.

Alfaro (2017). En su tesis “Propuesta de Diseño de un pavimento de la calle I del centro Urbano Informal del Sector San Miguel, distrito de Trujillo”. “La presente tesis tiene como objetivo principal contar con una adecuada condición de transitabilidad vehicular y peatonal por las calles del sector San Miguel del distrito de Trujillo – La Libertad, para mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector San Miguel y disminuir las enfermedades ocasionadas por el polvo y el mal estado de las calles”.

“El estudio concluye que después de haber realizado los estudios pertinentes de la zona como lo son un estudio de topografía, un estudio de mecánica de suelos, un estudio de tráfico vial y obtener los datos de clima en la zona; presentó un diseño de pavimento basado en las condiciones reales de la zona y proponiendo un estudio de durabilidad para los próximos 20 años; obteniendo un pavimento con espesor en su carpeta de rodadura de 2”, un espesor para la carpeta base y subbase de 15 cm. La presente investigación aporta criterios tanto estructurales como

metodologías basadas en el método AASHTO – 93 para el diseño de pavimentos flexibles”.

Chávez (2018) en su investigación “Diseño del Pavimento Flexible para la Av. Morales Duárez, de la Vía Expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima” en la Universidad Nacional Federico Villarreal, se plantearon la elaboración de las capas del pavimento flexible para la av. Morales Duárez de la vía Expresa - línea amarilla. “En el estudio de suelos, se realizaron ensayos para conocer el CBR y por consiguiente su Módulo de Resiliencia recomendada por la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico – Mecánicos”.

“El trabajo realizado concluyó que la estructura del pavimento está conformada por pavimento asfáltico Mac 1 = 5 cm, pavimento asfáltico Mac 2 = 7.5 cm, la base = 20 cm y la sub base = 20 cm. Esta investigación nos aporta que aparte del estudio de suelos y el estudio de tráfico también se debe dar importancia a: variables servicio inicial, variable de servicio final y al grado de confiabilidad.”

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la investigación

2.2.1.1 Pavimentos

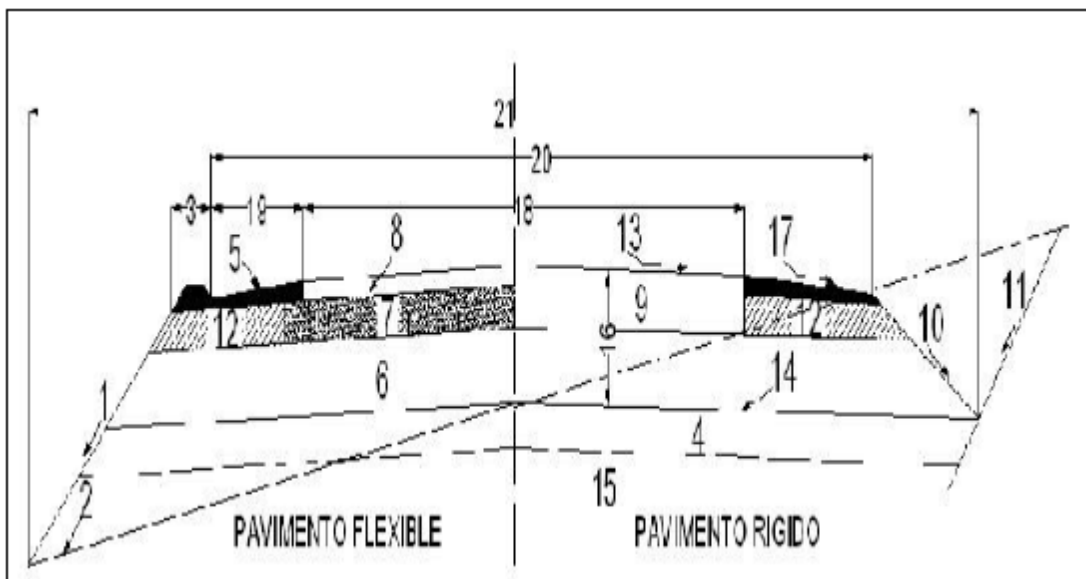
En concepto de pavimentación se puede explicar cómo la acción de proporcionar superficies adecuadas, para el tránsito de vehículos y personas en los espacios (áreas) de circulación de un loteo (calles y pasajes).

La pavimentación, en realidad es sólo una parte del proyecto, el cuál como toda obra vial incluye otras especialidades complementarias entre sí, que han de ser motivo de estudio, diseño y materialización, entre las que destacan: geometría (alineamientos geométricos y sección transversal), infraestructura u obra básica, superestructura (pavimentación propiamente tal), obras

de drenaje y saneamiento, elementos de control, seguridad, iluminación y señalización, estructuras y obras de protección, y finalmente obras especiales, así como pavimento, es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los 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: subbase, base y rodadura.

Un pavimento es un elemento estructural formado por varias capas paralelas de espesor y calidad diferentes que, se colocan sobre el terreno natural nivelado, perfilado y compactado para soportar un tráfico previsto en un periodo de tiempo dado.

Figura 4- Elementos de un pavimento (flexible y rígido).

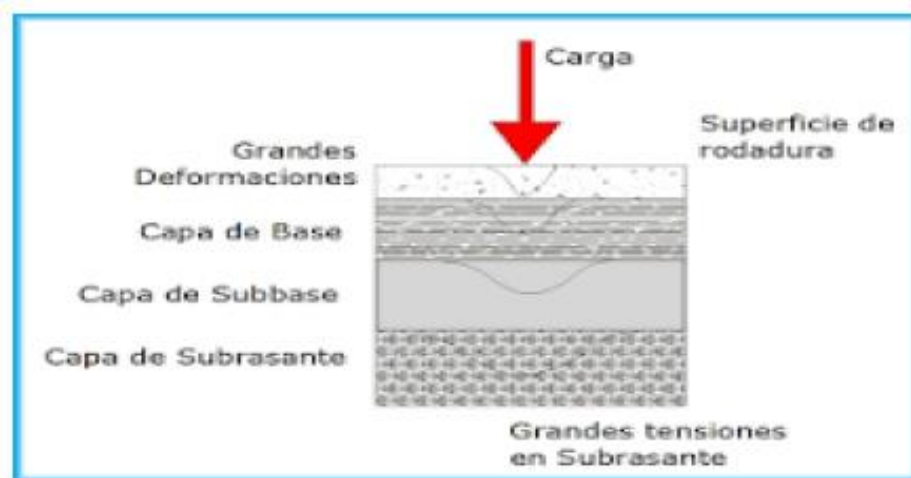


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 04, se tienen los siguientes elementos constitutivos, que conforman la sección de construcción de un camino:

1. Talud en terraplén
2. Nivel de la superficie natural de terreno
3. Bordillo
4. Capa subrasante
5. Material asfáltico en el acotamiento lateral
6. Subbase
7. Base granular
8. Carpeta asfáltica
9. Losa de concreto hidráulico
10. Cuneta de la sección en corte
11. Talud de la cuneta en la sección en corte
12. Material de base en el acotamiento
13. Bombeo de la corona
14. Nivel de la subrasante
15. Nivel de las terracerías
16. Estructura del pavimento
17. Superficie asfáltica para el acotamiento
18. Carriles de circulación, ancho de calzada
19. Acotamientos
20. Ancho de corona
21. Ancho total del camino.

Figura 5- Estructura típica de un pavimento (flexible y rígido).



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura N° 05, podemos decir que, un pavimento está formado de arriba hacia abajo por:

- 1.- La superficie de rodadura, que, en el caso de los pavimentos rígidos, es también el principal elemento estructural.
- 2.- La base, que puede ser de agregados aglomerados o sin aglomerar.
- 3.- La sub-base
- 4.- La sub – rasante

2.2.1.2 Diseño de pavimentos

Es el proceso por el cual los componentes estructurales carpeta, losa, base, subbase y subrasante de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico y las condiciones de mantenimiento.

En forma resumida, el diseño de la estructura del pavimento es, establecer espesores y rigideces de los materiales para mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro y confort.

Etapas del diseño de pavimentos:

- ✓ Estudio de la subrasante.
- ✓ Definición del tipo de superficie de rodadura y los componentes estructurales
- ✓ Selección de los materiales
- ✓ Estudio de tráfico
- ✓ Sectorización del tramo
- ✓ Diseño de los espesores de cada capa
- ✓ Análisis del ciclo de vida
- ✓ Determinación del tipo de pavimento y de los espesores finales.

Funciones de la estructura de pavimentos:

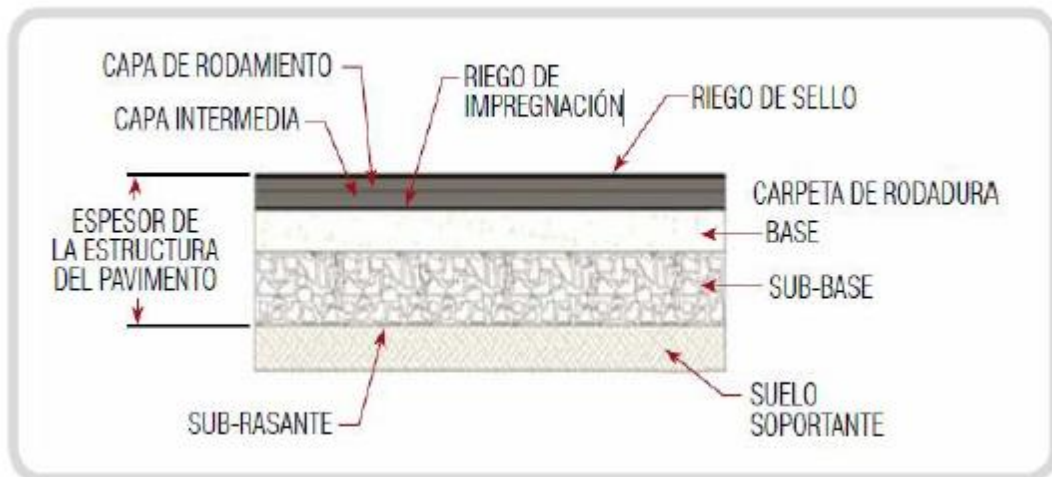
- ✓ Proporcionar a los usuarios circulación segura, cómoda y confortable sin demoras excesivas.
- ✓ Proporcionar a los vehículos acceso bajo cualquier condición de clima.
- ✓ Reducir y distribuir la carga de tráfico para que esta no dañe la subrasante.
- ✓ Cumplir requerimientos medio ambientales y estéticos.
- ✓ Limitar el ruido y la contaminación del aire.

Clasificación de pavimentos: Los tipos de pavimentos son los siguientes.

- ✓ Pavimento flexible
- ✓ Pavimento semiflexible
- ✓ Pavimento semirrígido
- ✓ Pavimento rígido

1.- 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.

Figura 6- Estructura de un pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Pavimento semiflexible: Compuestos por una base y una carpeta asfálticas, estando constituidos por una intermedia y otra de rodadura; cuentan con una sub-base granular.

3.- Pavimento semirrígido:

Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

4.- Pavimento rígido: Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

Figura 7- Estructura de un pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.3 Factores de diseño de pavimentos

1.- Estudio topográfico: Se desarrolla bajo los fundamentos de la norma DG-2001 que es el manual de diseño geométrico de carreteras y bajo el plan de desarrollo urbano y diagrama vial en el caso de vías urbanas. Están compuestos básicamente por los planos de ubicación, localización, planta, perfil longitudinal, secciones de vía acorde al tipo de vía en estudio y demás detalles.

2.- Estudio de suelos canteras y fuentes de aguas, subrasante y/o terreno de fundación: Los trabajos relacionados al comportamiento de los suelos no son tomados en cuenta para una evaluación completa de transmisión de cargas a las masas de suelos; solo se basan en la determinación de la capacidad de carga como insumo de diseño, dejando de lado los problemas de deformación a lo largo del tiempo y solo evaluando la estabilidad de los suelos y cargas.

Canteras: El número de pozo de exploración está determinado por volumen del material, cuyas frecuencias

están definidas en la norma E.M-2000 Manual de ensayo de materiales para carretera los ensayos a considerar son los siguientes, los mismo que para subrasante abrasión los Ángeles, equivalente arena, partículas en una y dos caras facturadas, partículas chatas y alargadas, sales solubles totales.

Fuentes de agua: Básicamente las fuentes de agua en un proyecto vial cumpliendo funciones, la primera para alcanzar los niveles óptimos en los materiales a compactar y en segundo lugar, para elaborar concreto, siendo el concreto quien requiere mayor calidad de agua los análisis físico químicos deben estar enfocados a dichos parámetros.

CBR de diseño: El ensayo de CBR, es una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración y trata de un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo a la penetración y un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, subbase y base para uso en carreteras y aeropuertos que por sí mismo, no representa una propiedad fundamental del material.

Sería inadecuado y poco práctico ejecutar una sección de pavimento por cada tipo de suelo representativo, por ello es importante definir un CBR representativo, cuyo valor represente un equilibrio entre la estabilidad de la estructura y su economía que se le denomina CBR de diseño.

El procedimiento sugerido para la determinación de CBR de Diseño, es el de los percentiles cuyos valores fueron establecidos por el instituto norteamericano del asfalto.

En caso de la norma peruana MTC. 2012. Se considera un material apto para ser considerado como subrasante cuando su CBR $\geq 6\%$. Si tiene un CBR menor se debe plantear el mejoramiento o reemplazo de dicho suelo, el CBR de diseño se calcula de acuerdo a los siguientes pasos:

- ✓ En los sectores con 6 a más valores de CBR realizado se determinará, el valor de CBR de diseño en base al promedio del total de los valores analizados por sector.
- ✓ En los sectores con menor 6 CBR realizados se determinará con base a lo siguiente:
 - Si los valores son parecidos o similares tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares tomara el valor critico (el más bajo)
- ✓ Una vez definido el valor de CBR de diseño para cada sector de características homogéneas se clasificará en que categoría de subrasante pertenece según el siguiente cuadro:

Tabla 1 – Categorías de subrasante según CBR.

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante pobre	CBR $\geq 3\%$ a CBR < 6%
S ₂ : Subrasante regular	CBR $\geq 6\%$ a CBR < 10%
S ₃ : Subrasante buena	CBR $\geq 10\%$ a CBR < 20%
S ₄ : Subrasante muy buena	CBR $\geq 20\%$ a CBR < 30%
S ₅ : Subrasante excelente	CBR $\geq 30\%$

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Percentiles:** son valores estadísticos, resultantes de la ponderación y organización de valores objetivos, en el caso de pavimentos, se emplea para determinar el CBR de principal criterio el equilibrio económico, el instituto del asfalto norteamericano sugiere el siguiente cuadro:

Tabla 2 – Valor Percentil según ESAL.

ESAL	VALOR PERCENTIL
Menor de 10000	60%
Entre 10000 y 1000000	70%
Mayor a 1000000	87.5%

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Módulo de Resiliencia:** Las metodologías actuales de diseño de pavimentos reconocidas por nuestras normas requieren del módulo de resiliencia o módulo resiliente; como dato de diseño que representa la capacidad de soporte del terreno el módulo de resiliencia MR representa el módulo de elasticidad del terreno. De las diversas investigaciones se concluye que un módulo de resiliencia de 30000 PSI corresponde a un CBR del 100%.

Tabla 3 – Cálculo de módulo resiliente.

Cuando CBR < 7.2%	$MR=1500 \times CBR$
Para CBR DE 7.2 a 20%	$MR=3000 \times CBR^{0.65}$
Para suelos granulares	$MR=4326 \times LN(CBR+241)$

Fuente: Elaboración propia.

3.- Hidrología y drenaje: Dentro de los factores que interactúan como una estructura de tránsito tenemos el aspecto climático, que es calculado por medio de la hidrología y controlado por medio del drenaje.

Clasificación: de acuerdo a los lineamientos de pro vías descentralizadas tenemos dos grupos:

- ✓ Por el sentido de escurrimiento: De acuerdo a este criterio tenemos el sistema longitudinal que discurre paralelo al eje de la vía (subdrenes, cunetas, zanjas de coronación etc. y el drenaje transversal cuyo sistema permite que las aguas discurren perpendiculares a los ejes de la vía (pontones, alcantarillas, bombeo, etc.).
- ✓ Por la cota: Se tiene básicamente al drenaje superficial y al drenaje subterráneo, pendiente ser estos longitudinales o transversales.

4.- Estudio de tráfico: El tráfico es uno de los factores más importantes, su correcta determinación depende de muchos factores que puedan conducir a una estimación inadecuada del mismo, los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalente en el periodo de diseño de pavimentos.

Objetivos:

- ✓ Determinar la cantidad de vehículos según tipo.
- ✓ Determinar el origen y destino.
- ✓ Calcular el tipo de deterioro que produce cada vehículo y el conjunto de ellos.
- ✓ Identificar el comportamiento y variaciones horarias.

- ✓ Proporcionar parámetros de diseño y evaluación de las vías en estudio.
- ✓ Opcionalmente puede verificarse el estado mecánico, antigüedad y probabilidades de renovación del parque automotor.

Tipos de tráfico: Los manuales y normas nacionales homologadas a normas del AASHTO consideran tres tipos principales de tráfico.

- ✓ Tráfico normal: Esta referido a los vehículos que circulan por la vía en estudio y que son identificados en el proceso del conteo.
- ✓ Tráfico generado: Es un valor estimado de los posibles nuevos vehículos que circularan por la vía a consecuencia de las mejoras económicas y bienestar que generara la infraestructura, cuando se construye o apertura una carretera el tráfico es generado.
- ✓ Trafico desviado: Está compuesto por vehículos que originalmente usaban otra vía o vías alternas y que modifican su ruta debido a la ejecución de mejoras de la vía en estudio.

Ubicación de estaciones: Estación de control o conteo, es el punto donde se efectúan la medición de volúmenes de vehículos, el principal criterio para la ubicación de estaciones es tener una estación entre dos puntos de importancia, los peajes son puntos de control que entre sus funciones principales tiene la de realizar el conteo y clasificación del tráfico.

En primer lugar, se necesita el plano clave del proyecto seguido del plano de ubicación y localización dentro del contexto del diagrama vial (carreteras) o dentro del sistema vial de una ciudad.

2.2.1.4 Diseño estructural de pavimentos rígidos

1.- Método AASHTO 1986/1993: El método tradicionalmente utilizado para diseñar pavimentos es el basado en la metodología AASHTO, la que ha sido actualizada en varias ocasiones, siendo la última versión la del año 1998. En esta metodología, se utilizan relaciones entre los parámetros que por iteración permiten determinar un espesor de losa de hormigón como diseño.

El método AASHTO 93, estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final, que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Factores de diseño: El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio. La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{82} = Z_R + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{L + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 \\ - 0.32 P_T) \times \log_{10}\left(\frac{M_R C_{dx}(0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/K)^{0.25}})}\right) \end{aligned}$$

Dónde:

W8.2 : Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño.

Zr : Desviación normal estándar.

S0 : Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D : Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

Pt : Índice de serviciabilidad o servicio final.

Mr : Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

Cd : Coeficiente de drenaje.

J : Coeficiente de transmisión de carga en la juntas.

Ec : Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa.

K : Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Procedimiento de diseño: El procedimiento de diseño de un pavimento rígido utilizando el método AASHTO, es el siguiente:

- ✓ Estimar el período de diseño.
- ✓ Estimar el tráfico para el Periodo de diseño (W18).

- ✓ Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar total S_o .
- ✓ Establecer el módulo de reacción efectivo de la subrasante k .
- ✓ Determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño.
- ✓ Obtener el espesor de la losa D (ábaco o fórmula).

2.2.1.5 Juntas en los pavimentos rígidos

Según Montejo (2010). “En las losas de un pavimento rígido se presentan diversas clases de esfuerzos. Los más elevados son los generados por la circulación de los vehículos sobre ellas, los cuales se controlan con el correcto diseño del espesor de las losas, con la selección adecuada de la resistencia del concreto y con una calidad en la construcción tal que las propiedades determinadas durante el diseño se cumplan.”

Otros esfuerzos generados en el pavimento se deben a los movimientos de contracción o expansión del concreto ya las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa. Estos esfuerzos se controlan con una adecuada selección de las dimensiones superficiales de las losas, en otras palabras, diseñando las juntas del pavimento.

Las juntas, transversales y longitudinales, se construyen para impedir que se presente fisuración del pavimento.

“Además, los análisis de los esfuerzos generados en las losas, por cargas colocadas en diferentes posiciones, han demostrado que estos son mayores en las cercanías de los bordes de las losas y, aún más en sus esquinas, de lo cual se concluye que las juntas inducen en el pavimento rígido unas zonas de debilidad relativa, por lo que en su concepción se deben diseñar los mecanismos o tomar las

precauciones necesarias para mantener su integridad estructural” (Montejo, 2010).

Finalidad de las juntas:

a) Por requisitos de construcción. Lo más frecuente es construir los pavimentos rígidos por carriles, generándose juntas longitudinales, con una separación determinada mediante un diseño realizado con criterios técnicos.

Además de la junta longitudinal descrita, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación.

“Pero esta interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final. El tiempo en que esto sucede depende de las propiedades del concreto, del empleo o no de aditivos retardantes y de las condiciones climáticas” (Montejo, 2010).

b) Retracción del concreto. El concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco, debido fundamentalmente a las reacciones de hidratación que ocurren durante el fraguado y, en forma secundaria, al enfriamiento producido por el desprendimiento de calor originado en dicha reacción.

“La retracción lineal de un elemento de concreto es tanto mayor cuanto menor sea la relación entre su volumen y su área superficial; en el caso de las losas de un pavimento esta relación es muy pequeña, debido al bajo

espesor de ellas comparado con su superficie y, por lo tanto, se presenta una retracción longitudinal considerable” (Montejo, 2010).

c) Dilatación térmica. “El aumento de temperatura en el concreto ocasiona, en ausencia de restricciones, un incremento en su volumen; y por ser las losas del pavimento elementos de poco espesor en relación con su área superficial, este aumento de volumen es más notorio en su dimensión longitudinal”. “Si existe confinamiento (es decir, si se impide el aumento de longitud), se introducen necesariamente esfuerzos de compresión, los cuales, aunque son bien resistidos por el concreto, tienen efectos secundarios perjudiciales, como producir alabeo en las placas e introducir esfuerzos en las estructuras colocadas dentro del pavimento (tapas de alcantarillas, por ejemplo) o colindantes con él (puente, intersecciones con otras vías, etc.)” (Montejo, 2010).

d) La aparición de fisuras. Por alabeo tienen su origen cuando el concreto ha endurecido, y se somete a los cambios diarios de las condiciones climáticas, entonces se inducen esfuerzos debido a los gradientes de humedad y temperatura. En su día caluroso, la superficie del pavimento tiene mayor temperatura que su apoyo, obligando a las losas a levantarse en el centro y apoyarse en los extremos, lo que produce esfuerzos que pueden generar nuevas fisuras; en la noche, el fenómeno se invierte y los esfuerzos de tracción se desarrollan en la cara inferiores del pavimento.

“Para minimizar el efecto de la dilatación térmica de las losas de concreto se han desarrollado las “juntas de Expansión”, que son discontinuidades transversales en

las losas, con una separación suficiente como para permitir el movimiento longitudinal de éstas” (Montejo, 2010).

2.2.1.6 Costos de construcción de pavimentos rígidos

“La elaboración de los costos es uno de los factores más importantes que se debe tener en cuenta en la construcción de obras, con la finalidad de saber el precio total de una obra, el cual es producto de la sumatoria de distintos ítems componentes del presupuesto total de obra. Es indispensables realizar el análisis de precios unitarios de cada una de las actividades con sus incidencias directas e indirectas. Costos y Presupuestos de Edificación (CAPECO)”.

sus incidencias directas e indirectas. Costos y Presupuestos de Edificación (CAPECO).

Costos directos: El costo directo se conforma de tres componentes que dependen del tipo de actividad que se está realizando el costo. La estructura que tienen los Costos Unitarios en cada Ítem de construcción, está conformada por:

- ✓ Materiales e Insumos
- ✓ Mano de Obra.
- ✓ Maquinaria y Equipo

Costos indirectos: Los costos indirectos son los gastos que por su naturaleza son de aplicación a las obras ejecutadas en un tiempo determinado, comprendiéndose dentro de los siguientes aspectos:

- ✓ Beneficios Sociales y de Trabajo.

- ✓ Amortización o alquiler de maquinaria, equipo y herramientas.
- ✓ Gastos generales.

2.3. Marco Normativo

Para el desarrollo de la investigación, se tuvo en cuenta las siguientes normas de diseño.

Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos: La presente se denomina Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos, tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú.

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario.

2.4. Definición de términos

1. **Base:** “Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, ó de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante”. Norma, CE.010. (2010).

2. **Capa Asfáltica de Superficie:** “Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura. Norma”, CE.010. (2010).
3. **Capa de Base Asfáltica:** “Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra”. Norma, CE.010. (2010).
4. **Capa de Sub-Rasante:** “Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas”. Norma, CE.010. (2010).
5. **Coeficiente de Capa (ai):** “Número expresado en unidades de 1/pulg, o 1/cm, que representa la resistencia relativa de los materiales de construcción, que forman parte del pavimento”. Norma, CE.010. (2010).
6. **Coeficientes de Drenaje Cd y mi:** “Son los parámetros que representan en la metodología AASHTO de 1993 a las características de drenabilidad de un material granular empleado como base o sub-base y se expresan como Cd para pavimentos rígidos y como mi para pavimentos flexibles y cuyo valor depende del tiempo en que estos materiales se encuentran expuestos a niveles de humedad cercana a la saturación y del tiempo en que drena el agua”. Norma, CE.010. (2010).
7. **ESALS de Diseño:** “Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Período de Diseño. El procedimiento

usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el período de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego”. Norma, CE.010. (2010).

8. Espesor de Diseño: “Es el espesor de cada capa del pavimento, determinado en el diseño”. Norma, CE.010. (2010).

9. Espesor Efectivo: “El espesor efectivo de cada capa de un pavimento existente se calcula multiplicando su espesor real por los correspondientes factores de conversión, según el método de diseño”. Norma, CE.010. (2010).

10. Estructura del Pavimento Asfáltico: “Pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada”. Norma, CE.010. (2010).

11. Estudio de Cargas: “Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados”. Norma, CE.010. (2010).

12. Factor Camión: “Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos”. Norma, CE.010. (2010).

- 13. Factor de Equivalencia de Carga:** “Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN”. Norma, CE.010. (2010).
- 14. Imprimación Asfáltica:** “Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie”. Norma, CE.010. (2010).
- 15. Índice de Serviciabilidad Final (pt):** “Se establece como la condición de la superficie del pavimento que no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario y corresponde al valor más bajo antes de que sea necesario rehabilitar o reconstruir un pavimento”. Norma, CE.010. (2010).
- 16. Índice de Serviciabilidad Inicial (po):** “Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación”. Norma, CE.010. (2010).
- 17. Módulo de Resiliencia o Módulo Resiliente (Mr):** “Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos”. Norma, CE.010. (2010).
- 18. Módulo de Rotura (MR):** “Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios”. Norma, CE.010. (2010).

19. Nivel de Servicio PSI: “Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía”. Norma, CE.010. (2010).

20. Número Estructural (SN): “Es un número adimensional abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerida para un número de combinaciones de soporte del suelo (MR), ESALs, Δ PSI, y mi. El SN requerido puede ser convertido a espesores reales de carpeta de rodadura base y sub-base, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción”. Norma, CE.010. (2010).

21. Pavimento: “Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías”. Norma, CE.010. (2010).

22. Pavimentos Flexibles (Pavimentos Asfálticos): “Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micropavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares”. “El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth®), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico

construidos directamente sobre la sub-rasante”. Norma, CE.010. (2010).

23. Pavimentos Semi Flexibles (Intertrabados): “Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, relleno los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible”. Norma, CE.010. (2010).

24. Pavimentos Rígidos (De Concreto Hidráulico): “Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.)”. Norma, CE.010. (2010).

25. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI): “Es el cambio en la serviciabilidad de una vía durante el período de diseño y se define como la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (p_o) y final (p_t)”. Norma, CE.010. (2010).

26. Período de Diseño: “Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento”. Norma, CE.010. (2010).

27. Rasante: “Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía”. Norma, CE.010. (2010).

28. Serviciabilidad: “Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados”. Norma, CE.010. (2010).

29. Sub-Rasante: Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante. Norma, CE.010. (2010).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

El diagnóstico de la transitabilidad vial influirá en la propuesta del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

2.5.2. Hipótesis específicos

a) Los resultados del estudio de tráfico influyen en el diagnóstico de la transitabilidad vial del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

b) Los resultados del estudio de mecánica de suelos influyen en el diagnóstico de la transitabilidad vial del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.

c) Los resultados del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93 son los adecuados.

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

Y = Diseño vial.

X = Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal.

2.6.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

Tabla 4 – Variables de investigación.

Variable Independiente	Variable Dependiente
Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal	Diseño vial

Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 5 – Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Diseño vial	Dependiente	Perfil estratigráfico	Metros	Laboratorio de mecánica de suelos
		Análisis granulométrico o por tamizado MTC E 107	gramos	
		Humedad Natural MTC E 108	%	
		Límites de consistencia MTC E 111 - 112	adimensional	
Diseño vial	Dependiente	Ensayo de Proctor Modificado MTC E-115	Kg/cm ²	En campo mediante conteo vehicular.
		Ensayo de CBR MTC E-133	%	
Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal	Independiente	Descripción de tipos de vehículos y las cantidades que circulan por la zona	unidades	En gabinete mediante procesamiento de datos
		Espesor de las capas fundamentales del pavimento	metros	
Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal	Independiente	Factores de diseño Carga vehicular Normas	soles	Normas

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Método general: Son nexos y regularidades obtenidas no sólo por vía experimental, sino también mediante el pensamiento abstracto. Conocimiento superior a la experiencia sensorial. Sintetiza los conocimientos anteriores. Puede adelantarse a los datos de la experiencia.

Para la investigación fue: Deductivo, inductivo, analítico, sintético y sistemático.

Método específico: El método específico utilizado para el diseño del pavimento rígido es AASHTO 93.

3.2. Tipo de Investigación

Por su finalidad de estudio, el tipo de investigación de acuerdo a las variables propuestas, el objetivo general y objetivos específicos de la investigación fue de tipo: aplicada.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo – explicativo. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en

explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.

3.4. Diseño de investigación

El diseño que se utilizó en el trabajo de investigación es no experimental. El diseño de Investigación no experimental, podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La aplicación del trabajo de investigación tiene como población la red vial de la zona urbana distrito Chinchihuasi en la Provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica.

3.5.2. Muestra

El tipo de muestra es no aleatorio, conformado por la vía local que comprende la Localidad de Chinchihuasi: la Av. 25 de Julio, Jr. 11 de Enero, Jr. Lima, Jr. Niño Jesús, Jr. Los Nogales, Jr. Los Eucaliptos, Jr. Los Ángeles, Av. Virgen del Rosario, Jr. De La Unión, Jr. Nilo Meneses, Jr. Huancavelica y Calle Virgen del Carmen.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se describen los instrumentos y técnicas que se emplearon en la investigación.

Técnicas	Instrumentos	Usos
Análisis de documentos	Antecedentes similares al proyecto a investigar	Analizar e interpretar la información para comprender y explicar los resultados que se pudieran obtener
	Libros de pavimentación	
	Normativa MTC	
	Normativa AASHTO	

	Artículos científicos	
Codificación de calicatas	Fichas técnicas	Obtener muestras codificadas para llevar un control exhaustivo y lograr la caracterización más precisa de la información
	Rotulado de cada espécimen	
	Lista de control	
Codificación de vehículos	Lista de conteo vehicular	Obtener un conteo preciso y detallado de los vehículos
	Lista de control	
Medición geométrica	Cinta métrica	Conocer el perfil del terreno

3.7. Procesamiento de la información

A continuación, se presentan las técnicas empleadas en el procesamiento de la información recolectada en el desarrollo de la investigación.

Técnicas	Programas	Uso
Procesamiento de datos	Microsoft Excel	Permite elaborar cuadros comparativos, basado de datos, presentación de presupuestos.
	Microsoft Word	Para la presentación de avances y presentación final del proyecto.
	AutoCAD	Para la realización de planos.
	Google maps	Para obtener una ubicación exacta de las localidades y posición de cada calicata.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como autocad, hojas Excel, Word y costos y presupuestos - S10, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones y estas se puede apreciar en los anexos respectivos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados específicos

4.1.1. Resultados del estudio de tráfico

a.- Demanda vehicular para la zona de estudio: Debido a que es de suma importancia conocer la demanda vehicular de la zona de estudio con el fin de obtener la información relativa y precisa para planificar y diseñar la vía en proceso de estudio; se procedió a realizar un conteo vehicular semanal.

b.- Análisis de información y obtención de resultados: Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos.

Para el análisis de la composición de los vehículos, se clasificaron en vehículos ligeros (station, camionetas, combi) y vehículos pesados (camiones de 2 ejes, 3 ejes y otros).

En la tabla siguiente se presenta el resumen con los recuentos de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos. Los resultados están expresados en cifras absolutas y el total en ambos sentidos.

Tabla 6 – Resultados de los conteo de tráfico – vía principal.

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil	32	23	20	46	34	19	38
Camioneta	6	5	6	12	10	12	11
Micro	4	4	4	8	4	6	8
Bus Grande 2E	1	2	2	3	3	4	2
Camión 2E	5	5	4	8	8	8	4
Camión 3E		1	1	3	3	2	
Camión 4E				1	1		
Articulado 2S3			1	1	1	1	1
TOTAL	48	40	38	82	64	52	64

Fuente: Elaboración propia.

c.- **Índice medio diario (IMD):** Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta la vía en estudio, así como su composición vehicular y variación diaria.

Tabla 7 – Resumen de aforo del tráfico.

Tipo de Vehículo	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Autos	38	32	23	20	46	34	19
Pick up	11	6	5	6	12	10	12
Camioneta rural	8	4	4	4	8	4	6
Total vehículos ligeros	57	42	32	30	66	48	37
Ómnibus 2E	2	1	2	2	3	3	4
Camión 2E	4	5	5	4	8	8	8
Camión 3E			1	1	3	3	2
Camión 4E					1	1	
Semitrailer 2S3	1			1	1	1	1
Total vehículos pesados	7	6	8	8	15	15	15
TOTAL	64	48	40	38	82	64	52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 – Transito medio diario semanal (TMDS).

TMDS	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
55	64	48	40	38	82	64	52	386

Fuente: Elaboración propia.

El transito medio diario semanal se obtiene a través de la siguiente

$$\text{relación: } TMDS = \frac{TS}{DIAS DE LA SEMANA}$$

TMDS: Transito medio diario semanal

TS: Transito durante una semana (7 días)

Tabla 9 – Transito medio diario anual.

TMDA	Días de aforo	Días del año	Confiabilidad	Desviación Estándar muestral	Desviación Estándar poblacional
66	7	365	1.94	15.24	5.71

Fuente: Elaboración propia.

El transito medio diario anual se determinó a partir de la siguiente formula:

$$TMDA = TMDS \pm K\sigma$$

$$TMDA = TMDS \pm K S / \sqrt{n} \left(\sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \right)$$

Donde:

TMDA: Transito medio diario anual

TMDS: Transito medio diario semanal

K: Numero de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado:

K=1.64 “para un nivel de confiabilidad del 90%”

K=1.96 “para un nivel de confiabilidad del 95%”

σ : Estimación de la desviación estándar poblacional

S: Estimación de la desviación estándar muestral

N: Número de días del año (365 días)

n: Numero de días de la semana (7 días)

Tabla 10 – Proyección del tránsito medio diario.

TMDAi	r(%)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
66	8	71	77	83	90	97	105	113	122
		Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
		132	142	154	166	183	194	209	226
				Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	
				244	264	285	308	332	

Fuente: Elaboración propia.

La proyección del tránsito medio diario se determinó a partir de la siguiente formula:

$$[TMDA]_n = [TMDA]_i \times (1+r)^n$$

Donde:

TMDAn: Transito medio diario anual en el año n

TMDAi: Transito medio diario anual inicial

r: Razón de crecimiento anual

n: Número de años a partir del año inicial

las proyecciones del tránsito de los vehículos se consideran para un horizonte de planeamiento de 1 año para los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y 20 años para el periodo de vida útil de la obra; por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, a partir del presente año, es de n=20 años. Con relación a la razón de crecimiento, no se cuenta con registros de flujo de transito por años, pero considerando que la calle en estudio, es una calle relativamente joven (por el flujo vehicular que presenta), ya que esta calle integrara nuevas calles, con vivienda pobladas en proceso de crecimiento y desarrollo, estimamos que la tasa de crecimiento vehicular, una vez pavimentada la calle, sea del 8% anual.

Tabla 11 – Tráfico vehicular acumulado en 10 años.

TMDA Inicial	N° vehículos inicial	TMDA final	N° vehículos final	Periodo de diseño	N° vehículos acumulados
71	25,915	154	56,210	10	410,625

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 – Tráfico vehicular acumulado en 20 años.

TMDA Inicial	N° vehículos inicial	TMDA final	N° vehículos final	Periodo de diseño	N° vehículos acumulados
71	25,915	332	121,180	20	1,470,950

Fuente: Elaboración propia.

El transito acumulado se determinó a partir de la siguiente formula:

$$TVA = [TV]_i \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Donde:

TVA: Transito acumulado de vehículos en n años

TVi: Tránsito de vehículos en el año inicial

r: Razón de crecimiento anual (r=8%)

n: Número de años del tráfico acumulado (n=5)

Tabla 13 – Determinación del ESAL (ejes equivalentes).

Medio de Transporte	IMD	Eje equivalente	Tasa de Crecimiento Kr	Factor Presión Kp	ESAL
Automóvil	12,410.00	0.0001	21.8060	1.00	27.06
Camioneta	3,650.00	0.0001	21.8060	1.00	7.96
Micro	2,190.00	0.0001	21.8060	1.00	4.78
Bus Grande 2E		1.2654	28.8680	0.6666	
Ómnibus 2E	1,095.00				
Camión 2E	2,555.00	4.5037	28.8680	0.8496	282,219.84
Camión 3E	730.00	3.2846	28.8680	1.4160	98,012.88
Articulado 3S3	365.00	2.2829	28.8680	1.6992	40,874.33
DETERMINACIÓN DEL ESAL (W18)					421,146.85

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del W18 se determinó a partir de la siguiente formula:

$$W_{18} = ESAL \times FC \times FD$$

Donde:

W18: Numero esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2tn en el periodo de diseño

FC: Factor carril (FC=1)

FD: Factor de dirección (FD=1)

4.1.2. Resultados del estudio de mecánica de suelos

a.- Investigaciones realizadas: Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de la subrasante existente a lo largo del trazo, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio. En total se excavaron 05 pozos a cielo abierto, los que se denominaron C-1 al C-5. La ubicación (progresiva, lado), numero de muestras, profundidad y descripción de las calicatas ejecutadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14 – Relación detallada de calicatas ejecutadas .

CALICATA	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION
C1	Calle 11 de Enero	1.50	A media cuadra de la calle 11 de enero
C2	Jr. Virgen del Rosario	1.50	Esquina de Jr. Virgen del Rosario
C3	Jr. Lima	1.50	Media cuadra del Jr. Lima
C4	Jr. Los Ángeles	1.50	Media cuadra del Jr. Los Ángeles
C5	Jr. Niño Jesús	1.50	Media cuadra del Jr. Niño Jesús

Fuente: Elaboración propia.

b.- Ensayos realizados: Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos:

b.1.- Clasificación del suelo (sucs – aashto): En las tablas siguientes se presenta un cuadro de resumen de los resultados obtenidos de ensayo realizado a las diferentes muestras de las calicatas realizadas.

Tabla 15 – Resumen de la clasificación del suelo por el método sucs y aashto.

CALICATA	PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASTHO
01 – Calle 11 de enero	1.50	CL-ML	A-4(3)
02 – Jr. Virgen del Rosario	1.50	CL-ML	A-4(1)
03 – Jr. Lima	1.50	SM	A-4(0)
04 – Jr. Los Ángeles	1.50	SM	A-2-4(0)
05 – Niño Jesús	1.50	SM	A-4(0)

Fuente: Elaboración propia.

b.2.- Límites líquido y plástico: En las tablas siguientes se presenta un cuadro de resumen de los resultados obtenidos de ensayo realizado a las diferentes muestras de las calicatas realizadas.

Tabla 16 – Resumen del límite líquido y plástico.

CALICATA	HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLÁSTICO %	INDICE PLASTICO
01 – Calle 11 de enero	4.21	18.39	15.18	3.21
02 – Jr. Virgen del Rosario	5.03	19.26	14.12	5.14
03 – Jr. Lima	5.32	21.34	15.07	6.27
04 – Jr. Los Ángeles	6.24	16.27	13.01	3.26
05 – Niño Jesús	6.08	20.34	16.47	3.87

Fuente: Elaboración propia.

b.3.- California Bearing Ratio: En las tablas siguientes se presenta un cuadro de resumen de los resultados obtenidos de ensayo realizado a las diferentes muestras de las calicatas realizadas.

Tabla 17 – Resumen del CBR.

CALICATA	PROFUNDIDAD	CBR (%) – 95%	CBR (%) – 100%
01 – Calle 11 de enero	1.50	13.30	19.70
02 – Jr. Virgen del Rosario	1.50	14.65	17.40
03 – Jr. Lima	1.50	23.05	29.10
04 – Jr. Los Ángeles	1.50	23.85	28.77
05 – Niño Jesús	1.50	24.15	28.30

Fuente: Elaboración propia.

b.4.- Proctor modificado: En las tablas siguientes se presenta un cuadro de resumen de los resultados obtenidos de ensayo realizado a las diferentes muestras de las calicatas realizadas.

Tabla 18 – Resumen del proctor modificado.

CALICATA	PROFUNDIDAD	PROCTOR (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
01 – Calle 11 de enero	1.50	1.85	7.84
02 – Jr. Virgen del Rosario	1.50	1.81	8.25
03 – Jr. Lima	1.50	1.77	8.35
04 – Jr. Los Ángeles	1.50	1.82	8.02
05 – Niño Jesús	1.50	1.80	8.12

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Resultados del diseño estructural del pavimento:

1.- Método de diseño: El pavimento se diseñó empleando la metodología AASHTO para un periodo de diseño de 20 años.

2.- Factores de diseño: El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log_{10} \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.03 J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right]$$

3.- Variables de diseño: Las propiedades de la subrasante, características de los materiales, importancia del tránsito, factores de medio ambiente y otro tipo de variables son las que intervienen en el diseño, muchas veces, para caminos y calles de menor importancia la información no está disponible o actualizada, por lo que es necesario recabarla.

Algunos valores de diseño están especificados y pueden variar con el tipo de carretera o nivel de tránsito. Para tránsito pesado se ha seleccionado valores más conservadores con resultado de espesores mayores. Por ejemplo, un valor de esfuerzo de diseño

para la subrasante, puede resultar bajo para un tránsito pesado pero aceptable para un tráfico liviano.

4.- Criterios de diseño: En los procedimientos de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de las capas se caracterizan por su propio Modulo de Elasticidad.

La Evaluación de tránsito está dado por la repetición de una carga en un eje simple equivalente de 80kN (18000 lbs) aplicado pavimento en un conjunto de dos juegos de llantas dobles.

Este procedimiento puede ser usado para el diseño de pavimentos compuestos de varias combinaciones de superficies, bases y sub bases. La subrasante que es la capa más baja de la estructura del pavimento, se asume infinita en el sentido vertical y horizontal, las otras capas de espesor finito son asumidas finitas en la dirección horizontal. En la superficie de contacto entre las capas se asume que existe una completa continuidad o adherencia.

En la metodología que desarrolla este estudio, las cargas colocadas sobre la superficie de un pavimento producen dos esfuerzos que son críticos para los propósitos de diseño; un esfuerzo horizontal de tensión en la parte de debajo de la capa de superficie y el esfuerzo de compresión vertical actuando sobre la superficie de la subrasante.

Diseño del pavimento): El diseño del pavimento rígido se ha efectuado por el Método AASHTO y los resultados se muestran a continuación:

Figura 8- Desviación estándar normal (Zr).

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R), RECOMENDADO		
Clasificación Funcional	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

R = 90 %

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)

Zr = -1.282

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9- Desviación normal del error estándar combinado en la estimación de los parámetros de diseño y el comportamiento del pavimento (modelo deterioro) – (So).

DESVIACION ESTANDAR (So)	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
0.44 - 0.49	0.34 - 0.39

Se recomienda 0.37 ó 0.38

So = 0.35

variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores - con errores en el tránsito

variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores - con errores en el tránsito

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10- Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, Po y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, Pt (Δ PSI).

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD	
El cambio de pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:	
PSI =	Índice de Servicio Presente
Δ PSI =	Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal.
Po =	índice de servicio final (4,5 para pavimentos rígido y 4.2 para flexibles)
Pt =	Índice de servicio termina, para el cual aashto maneja en su vesion 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Po = 4.50

Pt = 2.50

Δ PSI = Po - Pt

REEMPLAZANDO VALORES

Δ PSI = 2.00

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11- Modulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento portland (S'c).

4. S'c = Módulo de ruptura, en libras por pulgadas cuadradas (psi), para el concreto de cemento Portland.

$$S'c = 8a10 \sqrt{f'c}$$

f'c = 210

f'c = 2987 lb/pulg2

S'c = 547 psi

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12- Coeficiente de transferencia de carga (J).

Hombros Dispositivo de transferencia	Asfalto		Concreto	
	Si	No	Si	No
Pavimentos con juntas simples y juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.4	3.6 - 4.2

$$J = 2.70$$

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 13- Coeficiente de drenaje (Cd).

CALIDAD DEL DRENAJE	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	6% - 25%	>25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA EN
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

$$Cd = 1.10$$

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14- Modulo de elasticidad, en psi, del concreto de cemento portland (Ec).

7. Ec = Modulo de Elasticidad, en psi, del concreto de cemento Portland.

$$Ec = 57000 \sqrt{f'c}$$

$$f_c = 2987 \text{ lb/pulg}^2 \quad Ec = 3115180 \text{ psi}$$

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15- Modulo resiliente de la sub rasante (Mr).

Sub rasante	CBR (%)	10.000
Sub base	CBR (%)	45.000

$$Mr \text{ sub rasante} = 2555 * CBR^{0.64}$$

$$Mr \text{ sub rasante} = 11,152.98 \text{ psi}$$

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16- Modulo de elasticidad de la sub base.

Tipo de material

Material Granular sin tratar 15,000.00 psi

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17- Espesor de la sub base.

Espesor de Sub Base Bsb **8.00** pulgadas

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18- Modulo compuesto de reacción de la sub rasante.

de Abacos k **600.00** psi

Fuente: Elaboración Propia.

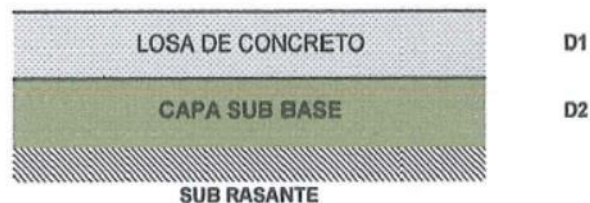
Figura 19- Modulo efectivo de reacción de la sub rasante K (corregido por una perdida potencial de soporte).

Ls = 1 de Abacos k corregido **170.00** psi
 Ls = 2 de Abacos k corregido **45.00** psi

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20- Espesor, en pulgadas, de la losa de concreto.

Aunque es la incógnita a determinar, se deberá asumir un valor inicial del espesor de losa de concreto; puede considerar 6 in (0,15 m) como mínimo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21- Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips para el periodo analizado (W18).

$$W_{18} = w_{18} \left[\frac{(1+g)^t - 1}{g} \right]$$

W18 = 3.60E+06

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22- Resultados de la ecuación básica de diseño para pavimento rígido.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

1.- Del estudio de tráfico: Con el propósito de contar con información primaria y además actualizar, verificar y complementar la información secundaria disponible, se efectuó los conteos de tráfico. Se identificaron las estaciones de conteo:

- ✓ Estación de Control EP-1: Vía principal.

Del conteo vehicular en la estación se obtuvo las siguientes cantidades de vehículos:

- ✓ Vía principal – 388 veh/sem.

El transito medio diario semanal que se obtuvo fue de:

- ✓ Vía principal – 55 veh.

El transito medio diario anual que se obtuvo fue de:

- ✓ Vía principal – 66 veh.

La metodología para la proyección del tráfico de vehículos, se basa en la tasa de población y crecimiento de la actividad económica, sin embargo, para fines de diseño se consideró la recomendación del Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, según el MTC – Año 2008. El volumen de tráfico de cada una de las vías se determinó para un periodo de diseño de 20 años.

- ✓ Vía principal – 332 veh (proyección al año 20).

Se ha determinado los ejes equivalentes de los vehículos pesados. El tráfico actual que circula en la vía en estudio fundamentalmente es ligero, compuesta principalmente por vehículos ligeros y de alto tonelaje por cada vía, como se muestra a continuación:

✓ Vía principal – 421,146.85.

2.- Del estudio de mecánica de suelo: En concordancia con los trabajos de campo y la inspección realizada, se tiene lo siguiente:

Calicata N° 01 (Calle 11 de Enero): La calicata tuvo una profundidad de estrato de 0.50 – 1.00 m., Está conformado por arenas gravas, gravillas. Suelo mediana plasticidad, mediana humedad, mediana compacidad y suelo en estado regular por contener piedras aisladas. De acuerdo a la estructura del suelo existente se puede apreciar que es un buen terreno para obras de pavimentación, con una clasificación de suelo SUCS “CL-ML” y AASHTO “A-4(3)”.

Calicata N° 02 (Jr. Virgen del Rosario): La calicata tuvo una profundidad de estrato de 0.50 – 1.00 m., Está conformado por arenas gravas, gravillas. Suelo mediana plasticidad, mediana humedad, mediana compacidad y suelo en estado regular por contener piedras aisladas. De acuerdo a la estructura del suelo existente se puede apreciar que es un buen terreno para obras de pavimentación, con una clasificación de suelo SUCS “CL-ML” y AASHTO “A-4(1)”.

Calicata N° 03 (Jr. Lima): La calicata tuvo una profundidad de estrato de 0.50 – 0.90 m., Está conformado por arenas gravas, gravillas. Suelo mediana plasticidad, mediana humedad, mediana compacidad y suelo en estado regular por contener piedras aisladas. De acuerdo a la estructura del suelo existente se puede apreciar que es un buen terreno para obras de pavimentación, con una clasificación de suelo SUCS “SM” y AASHTO “A-4(0)”.

Calicata N° 04 (Jr. Los Ángeles): La calicata tuvo una profundidad de estrato de 0.50 – 0.90 m., Está conformado por arenas gravas, gravillas. Suelo mediana plasticidad, mediana humedad, mediana compacidad y suelo en estado regular por contener piedras aisladas. De acuerdo a la estructura del suelo existente se puede apreciar que es un

buen terreno para obras de pavimentación, con una clasificación de suelo SUCS "SM" y AASHTO "A-2- 4 (0)".

Calicata N° 05 (Jr. Niño Jesús): La calicata tuvo una profundidad de profundidad de estrato de 0.50 – 0.90 m., Está conformado por arenas gravas, gravillas. Suelo mediana plasticidad, mediana humedad, mediana compacidad y suelo en estado regular por contener piedras aisladas. De acuerdo a la estructura del suelo existente se puede apreciar que es un buen terreno para obras de pavimentación, con una clasificación de suelo SUCS "SM" y AASHTO "A-4(0)".

De acuerdo a la clasificación de suelos, de las diferentes calicatas o muestras obtenidas se puede apreciar que existe una relativa uniformidad del tipo de suelo existente a lo largo de todas las vías.

Limite liquido (Calle 11 de enero): Se obtuvo el valor de 18.39%.

Limite liquido (Jr. Virgen del Rosario): Se obtuvo el valor de 19.26%.

Limite liquido (Jr. Lima): Se obtuvo el valor de 21.34%.

Limite liquido (Jr. Los Ángeles): Se obtuvo el valor de 16.27%.

Limite liquido (Niño Jesús): Se obtuvo el valor de 20.34%.

Limite plástico (Calle 11 de enero): Se obtuvo el valor de 15.18%.

Limite plástico (Jr. Virgen del Rosario): Se obtuvo el valor de 14.12%.

Limite plástico (Jr. Lima): Se obtuvo el valor de 15.07%.

Limite plástico (Jr. Los Ángeles): Se obtuvo el valor de 13.01%.

Limite plástico (Niño Jesús): Se obtuvo el valor de 16.47%.

Limite índice de plasticidad (Calle 11 de enero): Se obtuvo el valor de 3.21.

Limite índice de plasticidad (Jr. Virgen del Rosario): Se obtuvo el valor de 5.14.

Limite índice de plasticidad (Jr. Lima): Se obtuvo el valor de 6.27.

Limite índice de plasticidad (Jr. Los Ángeles): Se obtuvo el valor de 3.26.

Limite índice de plasticidad (Niño Jesús): Se obtuvo el valor de 3.87.

Valores del C.B.R. del (Calle 11 de enero): Al 100% (19.70%) y al 95% (13.30%).

Valores del C.B.R. del (Jr. Virgen del Rosario): Al 100% (17.40%) y al 95% (14.65%).

Valores del C.B.R. del (Jr. Los Ángeles): Al 100% (29.10%) y al 95% (23.05%).

Valores del C.B.R. del (Jr. Lima): Al 100% (28.77%) y al 95% (23.85%).

Valores del C.B.R. del (Niño Jesús): Al 100% (28.30%) y al 95% (24.15%).

Proctor modificado (Calle 11 de enero): 1.85 gr/cm³.

Proctor modificado (Jr. Virgen del Rosario): 1.81 gr/cm³.

Proctor modificado (Jr. Los Ángeles): 1.77 gr/cm³.

Proctor modificado (Jr. Lima): 1.82 gr/cm³.

Proctor modificado (Niño Jesús): 1.80 gr/cm³.

3.- Del dimensionamiento de la estructura del pavimento: La metodología de diseño del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MÉTODO AASHTO 1993.

Se diseñó la estructura del pavimento con un nivel de confiabilidad del 95%, cuya desviación estándar normal fue de -1.282.

Se determinó una desviación estándar de 0.35.

La diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, y el índice de serviciabilidad final de diseño, fue de 2.0.

El módulo de ruptura utilizado fue de 547 psi.

Se utilizó un coeficiente de transferencia de carga de 2.70.

Se utilizó un coeficiente de drenaje de 1.10

El módulo de elasticidad calculado fue de 2,987 lb/pulg² (3,115,180 psi)

El módulo resiliente de la sub rasante calculado fue de 11,152.98 psi.

El módulo de elasticidad de la sub base calculado fue de 15,000.00 psi

El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para todos los jirones en estudio:

- ✓ Espesor de losa de concreto hidráulico : 0.18 m.
- ✓ Espesor de Sub base : 0.20 m.
- ✓ Espaciamiento de juntas de contracción : 4.00 m.
- ✓ Diámetro de Dowells : 1 y 1/2 pulgada.

CONCLUSIONES

- A. En el estudio de tráfico se identificó la estación de conteo siguiente: Vía principal, obteniéndose las siguientes cantidades de vehículos: Vía principal – 388 veh/sem, el tránsito medio diario semanal que se obtuvo fue de: Vía principal – 55 veh, el tránsito medio diario anual que se obtuvo fue de: Vía principal – 66 veh, la proyección del tráfico de vehículos fue de: Vía principal – 332 veh (proyección al año 20), finalmente se calculó los ejes equivalentes de los vehículos pesados., como se indica a continuación: Vía principal – 421,146.85.
- B. Para el estudio de mecánica de suelos se realizaron calicatas 05 calicatas (Calle 11 de Enero, Jr. Virgen del Rosario, Jr. Lima, Jr. Los Ángeles y Jr. Niño Jesús), con una profundidad de estrato de 0.50 – 1.00 m., las cuales estuvieron conformadas por arenas, gravas, gravillas, de mediana plasticidad, mediana humedad y mediana compacidad. Dentro de la clasificación de suelo se tuvo SUCS “CL-ML” y AASHTO “A-4(3)”, SUCS “CL-ML” y AASHTO “A A-4(1)”, SUCS “SM” y AASHTO “A-4(0)”, SUCS “SM” y AASHTO “A-2- 4 (0)” y SUCS “SM” y AASHTO “A-4(0)”, para los valores de CBR en la calicata 01 se tiene al 100% (19.70%) y al 95% (13.30%), la calicata 02 al 100% (17.40%) y al 95% (14.65%), la calicata 03 al 100% (29.10%) y al 95% (23.05%), la calicata 04 al 100% (28.77%) y al 95% (23.85%) y la calicata 05 al 100% (28.30%) y al 95% (24.15%), y finalmente los valores de proctor modificado en la calicata 01 se tiene el valor de 1.85 gr/cm³, la calicata 02 el valor de 1.81 gr/cm³, la calicata 03 el valor de 1.77 gr/cm³, la calicata 04 el valor de 1.82 gr/cm³ y la calicata 05 el valor de 1.80 gr/cm³.
- C. La metodología de diseño del pavimento rígido adoptado fue elaborada con normas de diseño de pavimentos de concreto método AASHTO 1993. El resultado del dimensionamiento de la estructura del pavimento es la siguiente para todos los jirones en estudio: espesor de losa de concreto hidráulico (0.18 m), espesor de sub base (0.20m), espaciamiento de juntas de contracción (4.00 m) y diámetro de dowells (1 1/2 pulgada).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estimar el estudio de tráfico en periodos más prolongados y de esta forma obtener resultados más precisos del diseño estructural del pavimento rígido y de esta manera se pueda garantizar que la estructura del pavimento diseñado pueda satisfacer el periodo de diseño que es de 20 años y que su comportamiento proyectado ante las sollicitaciones de orden externo se cumpla de manera satisfactoria.
2. En referencia al método de diseño, a los materiales a utilizar y a los componentes de la estructura del pavimento, se recomienda llevar a cabo estudios directos como el contenido de humedad, la granulometría, el Proctor y CBR, y así poder determinar el comportamiento y las características del terreno donde se fundará el pavimento rígido.
3. En el transcurso del desarrollo de la tesis se pudo corroborar la gran cantidad de variables que presenta la metodología de diseño ASSHTO 93, por lo que se recomienda llevar a cabo la sensibilidad de dichas variables, y así poder determinar quiénes son más influyentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tesis: 2011. Yonel Henry Pecho “Pavimentación Y Construcción De Veredas De La Zona Industrial – AA-HH Villa Hermosa Y De La Asociación De Vivienda La Esmeralda Del Distrito De Marcona-Provincia De Nazca”: Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica Facultad De Ingeniería Civil; Ica – Perú.
2. Tesis: 2014. Kimiko Katherine Harumi Rengifo Arakaki: “Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”; Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias e Ingeniería. Lima-Peru
3. Tesis: 2013. Elvis Yonny Reyes Trigos: “Diseño del Pavimento Rígido en las Vías Urbanas en el Jr. Arzobispo del Valle Cuadras. 8,9 y Jr. Tarapacá Cuadras. 13 y 14, del Provincia de Jauja”; Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Peru.
4. Tesis: 2013. Freddy Antonio Luis Aguilar: “Construcción De Pavimento Rígido En Los Jirones Alfonso Ugarte Y Bolognesi En El Barrio Conchapata – Provincia De Huamanga – Región Ayacucho”; Universidad Peruana Los Andes, Facultad De Ingeniería. Huancayo – Peru.
5. Ministerio de Economía y Finanzas. “Guía Simplificada para la identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales, a nivel de Perfil”. (2011). Lima-Perú
6. John Jairo Agudelo Ospina. “Diseño Geométrico de Vías”. (2002). Medellín-Colombia: 1era Edición
7. German Vivar Romero. “Pavimentos” (1980). 1° edición, Centro de Desarrollo Profesional en Ingeniería, Concejo Departamental del CIP, Universidad Peruana Los Andes Huancayo-Perú. Editorial: 1 era Edición.
8. José Rafael Menéndez Acurio. “Ingeniería de Pavimentos”. (2009).Lima- Perú: Editorial ICG. 1ra Edición
9. Ministerio de Economía y Finanzas. “Pautas Metodológicas Para El Desarrollo De Alternativas De Pavimentos En La Formulación Y Evaluación Social

- De Proyectos De Inversión Pública De Carreteras”. (2015): JMD. 1era Edición.
10. Reglamento Nacional de Edificaciones “C.E.010 – Aceras y Pavimentos” (2010) Lima – Perú
 11. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de Carreteras: Sección De Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos” (2014)
 12. Hugo Alexander Rondón Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano “Pavimentos, Materiales, construcción y diseño” (2015) Lima PERU, 1° Edición. Editorial Macro EIRL
 13. Paul Garnica Anguas, José Antonio Gómez López, Jesús Armando Sesma Martínez “Mecánica de Materiales para Pavimentos” (2002) MEXICO.
 14. Mario Becerra Salas. “Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión” (2012). Lima- Perú
 15. Oscar V. Cordo (2006) “Diseño de Pavimentos Método AASHTO 93” La Paz – Bolivia
 16. Hugo Alexander Rondón Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano “Pavimentos, Materiales, Construcción Y Diseño” (2015) Lima PERU, 1° Edición. Editorial Macro EIRL
 17. Ángel Gómez Ramos. “Pavimentos” (2009). Editorial ICG. 3era. Edición, Lima - Perú.
 18. ANDER, Ezequiel. “Introducción a la Investigación Pedagógica” (2000). Editorial Interamericana, México.
 19. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras” EG-2000 (Segunda edic.) Lima: Perú
 20. Alfonso Montejó Fonseca (2006) “Ingeniería De Pavimentos” Editorial Stella Valbuena García. 3era edición, Bogotá: Colombia

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Estudio de Mecánica de Suelos.

ANEXO 03 – Estudio de Trafico.

ANEXO 04 – Planos.

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cómo influye el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿Cuáles serán los resultados del estudio de tráfico para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?</p> <p>b) ¿Cuáles serán los resultados del estudio de mecánica para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?</p> <p>c) ¿Cuáles serán los resultados del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Realizar el diagnóstico de la transitabilidad vial y proponer el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Realizar el estudio de tráfico para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>b) Realizar el estudio de mecánica de suelos para el diagnóstico de la transitabilidad vial en el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>c) Realizar el diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p>	<p>Justificación metodológica</p> <p>Este proyecto se justifica metodológicamente, ya que permite aplicar procedimientos y metodologías aprendidas en clase para realizar el diagnóstico de transitabilidad y el diseño estructural de la pavimentación de la Localidad de Chinchihuasi en el distrito de Chinchihuasi.</p> <p>Justificación social</p> <p>Este proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores de la Localidad de Chinchihuasi en el distrito de Chinchihuasi.</p> <p>Justificación teórica</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El diagnóstico de la transitabilidad vial influirá en la propuesta del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>Hipótesis específicos</p> <p>a) Los resultados del estudio de tráfico influyen en el diagnóstico de la transitabilidad vial del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>b) Los resultados del estudio de mecánica de suelos influyen en el diagnóstico de la transitabilidad vial del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la metodología aashto 93.</p> <p>c) Los resultados del diseño estructural del pavimento en la localidad de Chinchihuasi, con la</p>	<p>Variable Independiente Diagnóstico de la transitabilidad.</p> <p>Variable dependiente: Propuesta de diseño estructural.</p>	<p>Tipo de estudio El tipo de investigación por la naturaleza del estudio aplicada</p> <p>Nivel de investigación El estudio por el nivel de profundidad fue descriptivo - explicativo</p> <p>Diseño metodológico No Experimental</p>

		Se justifica teoricamente porque está orientado a la metodología AASHTO 93 para el diseño estructural de pavimento y a la comparación de las normas de suelo y pavimentos para el cumplimiento de los estudios de suelos y tráfico.	metodología aashto 93 son los adecuados.		
--	--	---	--	--	--

Anexo 02: Estudio de mecánica de suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	91.88
1 1/2"	38.100	84.85
1"	25.400	78.40
3/4"	19.000	70.77
1/2"	12.700	61.53
3/8"	9.500	57.93
1/4"	6.350	52.64
Nº4	4.760	49.84
Nº10	2.000	43.36
Nº20	0.840	37.92
Nº30	0.590	36.00
Nº40	0.425	35.58
Nº60	0.260	35.33
Nº100	0.149	35.09
Nº200	0.075	34.87

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
	4.21%

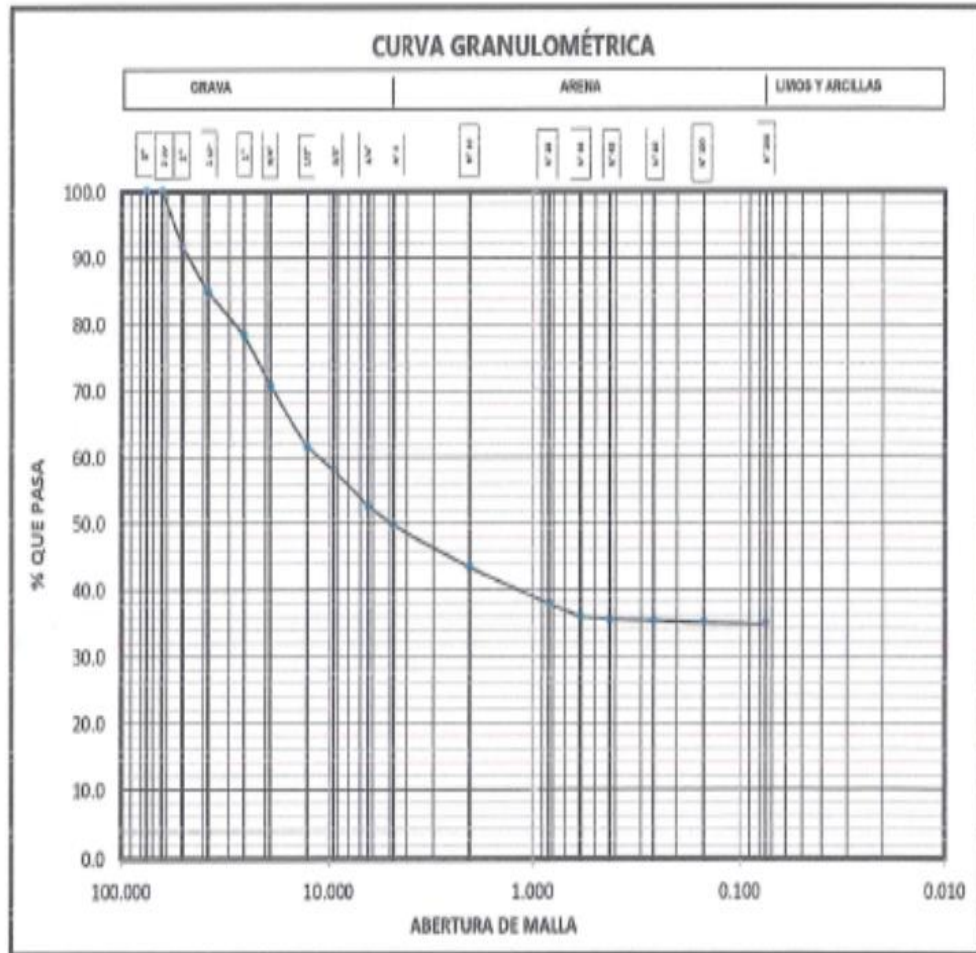
PORCENTAJES	
% GRAVA	50.16%
% ARENA	14.98%
% FINO	34.87%
	100.00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LIQUIDO	18.39
% LÍMITE PLÁSTICO	15.18
INDICE PLÁSTICO	3.21

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GM
AASHTO ASTM D-3282	A-2-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMOSA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422


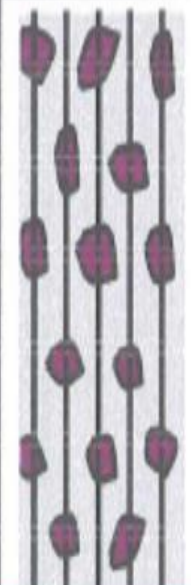
CALICATA	C-01
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Σ GRAVA	50.16%	Σ ARENA	14.98%	Σ FINO	34.87%
---------	--------	---------	--------	--------	--------

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

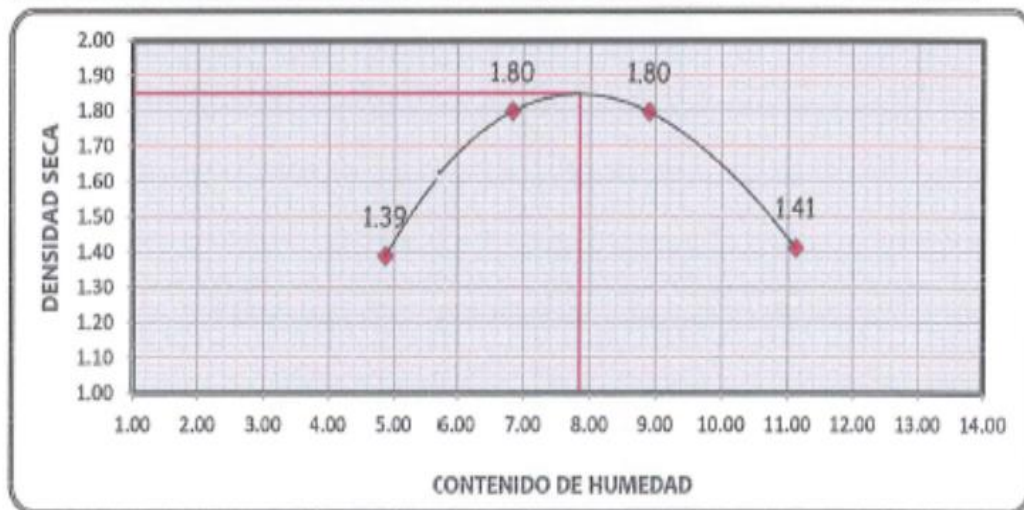
CALICATA:	C-01	DIMENSIONES:	0.60 x 0.80 x 1.50
NAPA FREÁTICA:	NP	MÉTODO DE EXCAV.:	MANUAL

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	A/SHTO	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.
0.10 0.20		PI		SUELO ALTAMENTE ORGÁNICO DE COLOR MARRÓN, EN ESTADO HÚMEDO, CON PRESENCIA DE RAICES MEDIANAS Y DELGADAS, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		GM	A-2-4(0)	GRAVA LIMOSA, DE COLOR MARRÓN, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9256	10279	10357	9502
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	3198	4221	4299	3444
Peso volumetrico húmedo	1.46	1.92	1.96	1.57
Contenido de agua	4.86	6.83	8.89	11.12
Peso volumetrico seco	1.39	1.80	1.80	1.41



MÁXIMA DENSIDAD SECA :	1.85 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD :	7.84 (%)

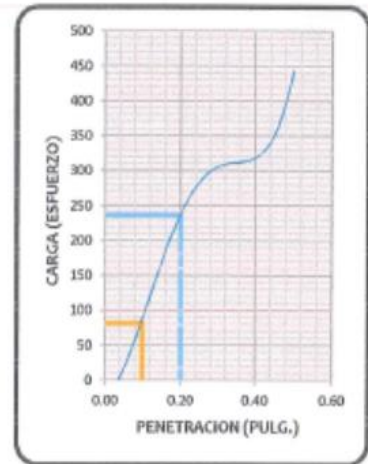
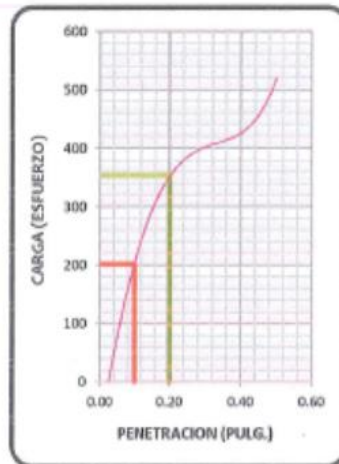
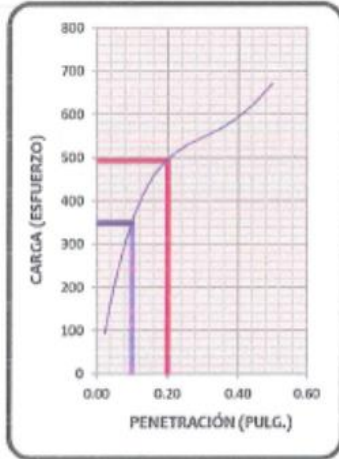
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	34.9	1.850	0.33
2	25	20.2	1.687	0.49
3	10	8.1	1.596	0.67

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-02
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	91.87
1 1/2"	38.100	85.66
1"	25.400	81.52
3/4"	19.000	75.67
1/2"	12.700	66.48
3/8"	9.500	61.06
1/4"	6.350	56.42
Nº4	4.760	51.34
Nº10	2.000	44.64
Nº20	0.840	36.52
Nº30	0.590	33.44
Nº40	0.425	31.05
Nº60	0.260	28.87
Nº100	0.149	28.57
Nº200	0.075	28.41

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
5.0%	

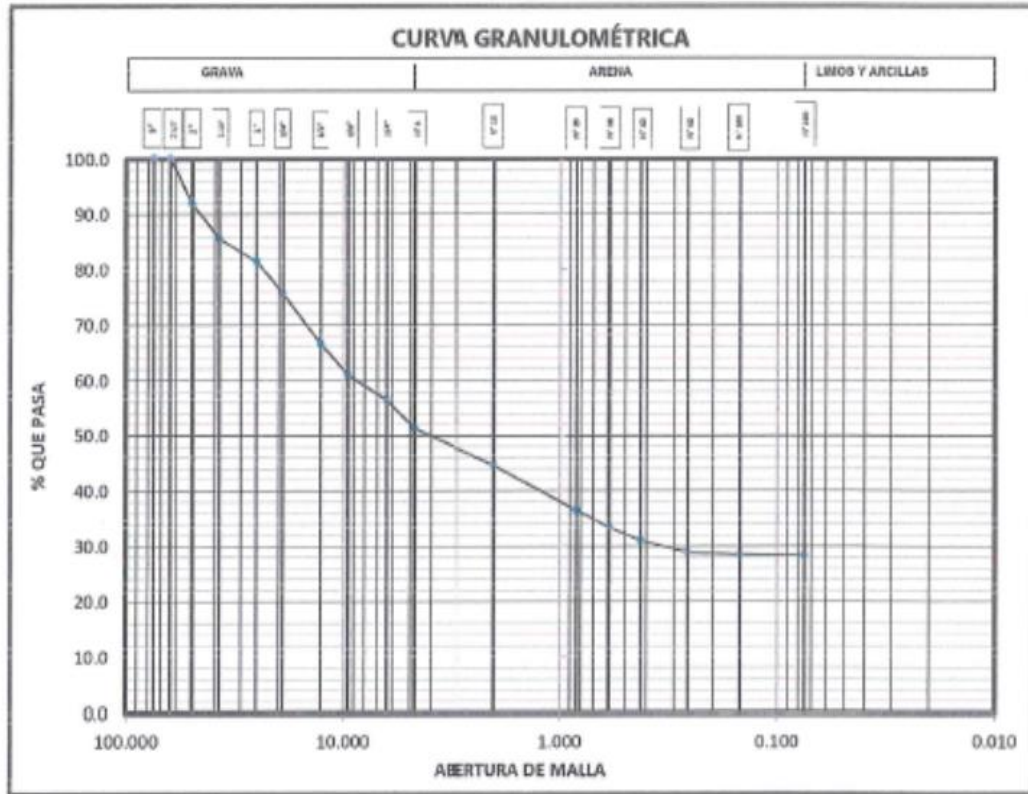
PORCENTAJES	
% GRAVA	48.66%
% ARENA	32.93%
% FINO	28.41%
100.00%	

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	19.26
% LÍMITE PLÁSTICO	14.12
ÍNDICE PLÁSTICO	5.14

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-1487	GC - GM
AASHTO ASTM D-3282	A-2-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMOSA - ARCILLOSA CON ARENA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-02
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Σ GRAVA	48.66%	Σ AREN	22.93%	Σ FINO	28.41%
---------	--------	--------	--------	--------	--------

PERFIL ESTRATIGRAFICO

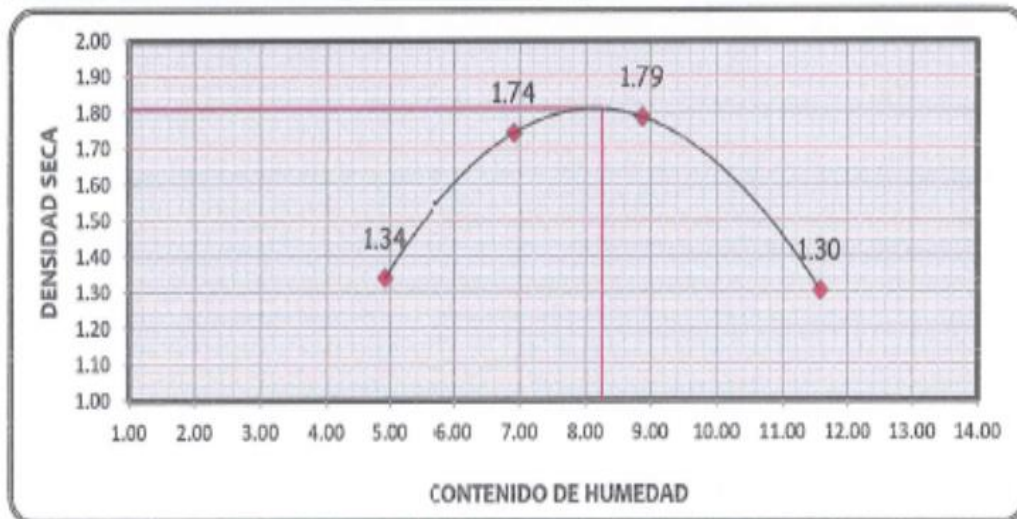
CALICATA:	C-02	DIMENSIONES:	0.60 x 0.80 x 1.50
NAPA FREÁTICA:	NP	MÉTODO DE EXCAV.:	MANUAL

Prof. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASHTO	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.
0.10 0.20		PI		SUELO ALTAMENTE ORGÁNICO DE COLOR MARRÓN, EN ESTADO HÚMEDO, CON PRESENCIA DE RAICES MEDIANAS Y DELGADAS, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		GC - GM	A-24(0)	GRAVA LIMOSA ARCILLOSA CON ARENA, DE COLOR MARRÓN OSCURO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 02
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9144	10150	10329	9255
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3086	4092	4271	3197
Peso volumetrico humedo	1.41	1.86	1.95	1.46
Contenido de agua	4.92	6.91	8.87	11.57
Peso volumetrico seco	1.34	1.74	1.79	1.30



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.81 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 8.25 (%)

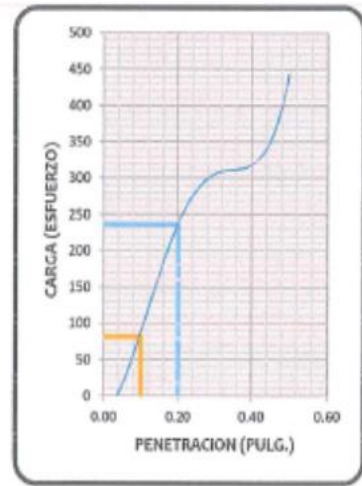
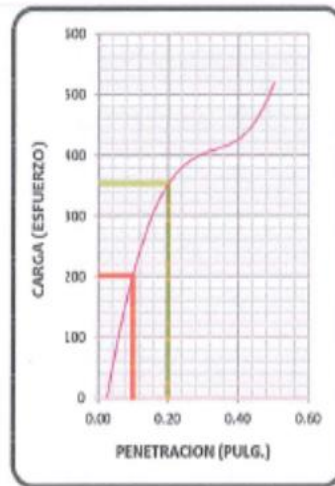
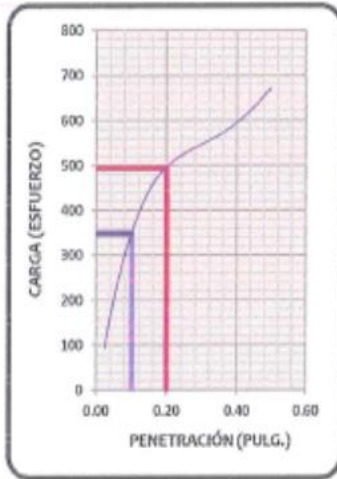
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C - 02
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1,50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	34.9	1.843	0.33
2	25	20.2	1.681	0.49
3	10	8.1	1.590	0.67

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-03
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	91.11
1 1/2"	38.100	83.42
1"	25.400	76.84
3/4"	19.000	70.55
1/2"	12.700	65.75
3/8"	9.500	61.24
1/4"	6.350	57.51
Nº4	4.760	53.52
Nº10	2.000	50.76
Nº20	0.840	48.16
Nº30	0.590	45.81
Nº40	0.425	43.80
Nº60	0.260	42.88
Nº100	0.149	42.00
Nº200	0.075	41.86

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD
5.32%

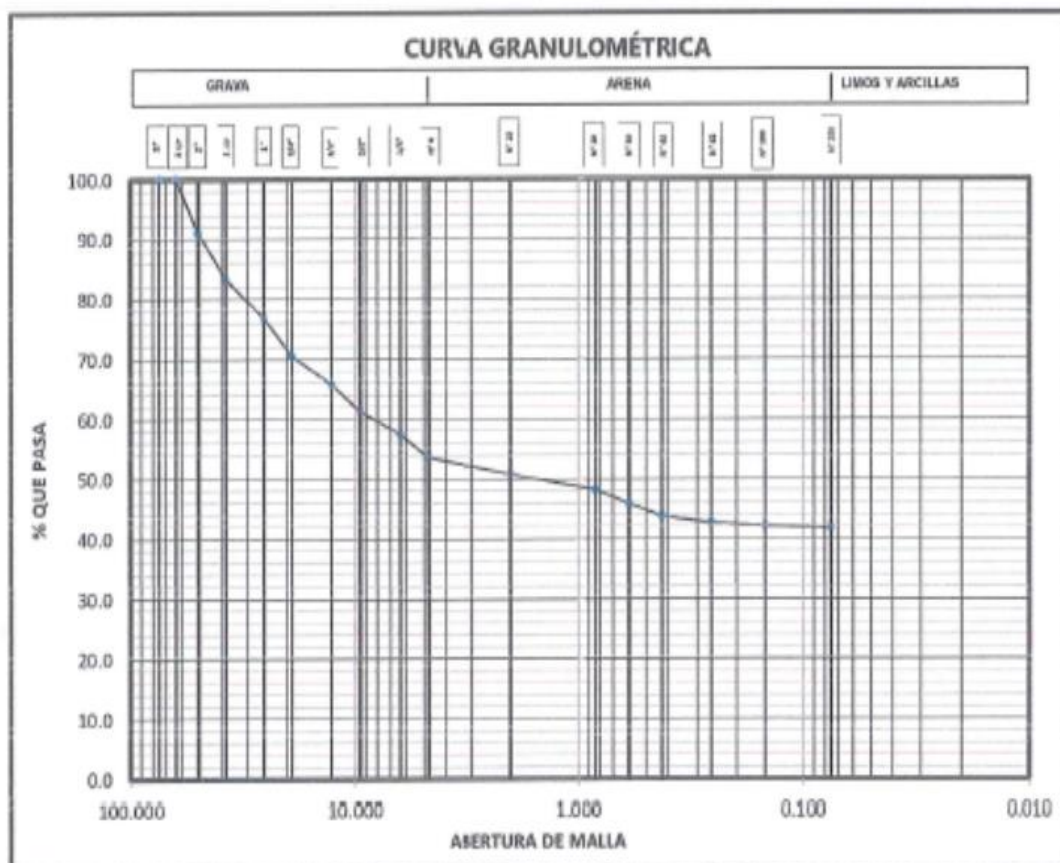
PORCENTAJES	
% GRAVA	46.48%
% ARENA	11.67%
% FINO	41.86%
	100.00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA — ASTM D4316	
% LIMITE LIQUIDO	21.34
% LIMITE PLASTICO	15.07
INDICE PLASTICO	6.27

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GC - GM
AASHTO ASTM D-3282	A-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMOSA - ARCILLOSA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422



CALICATA	C-03
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	46.48%	% ARENA	11.67%	% FINO	41.86%
---------	--------	---------	--------	--------	--------

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

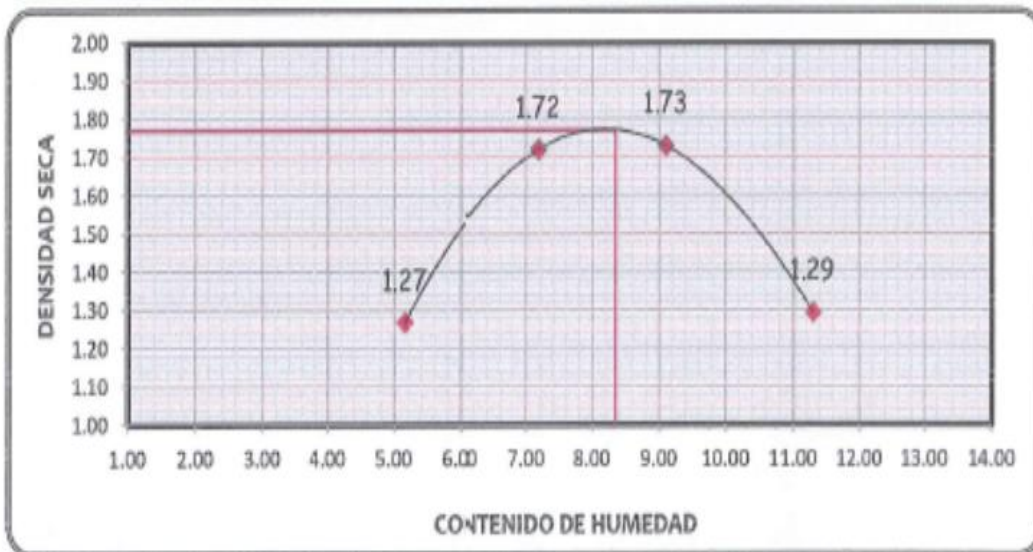
CALICATA:	C-03	DIMENSIONES:	0.60 x 0.80 x 1.50
NAPA FREÁTICA:	NP	MÉTODO DE EXCAV.:	MANUAL

PROP. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASETO	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de hojas / cantos, etc.
0.10 0.20		MR		SUELO ALTAMENTE ORGANICO DE COLOR MARRON, EN ESTADO HUMEDO, CON PRESENCIA DE PLASTICO, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		GM	A-2-U(0)	GRAVA LIMOSA ARCILLOSA CON ARENA, DE COLOR MARRON, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 03
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	8584	10106	10204	9219
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	2926	4048	4146	3161
Peso volumetrico humedo	1.33	1.84	1.89	1.44
Contenido de agua	1.16	7.18	9.10	11.29
Peso volumetrico seco	1.27	1.72	1.73	1.29



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.77 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 8.35 (%)

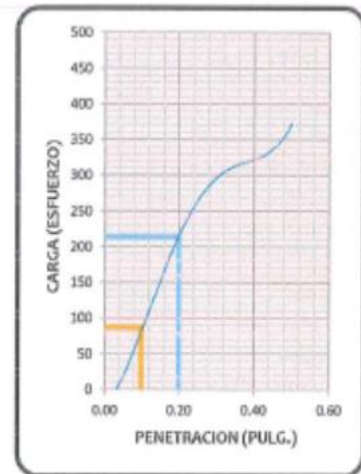
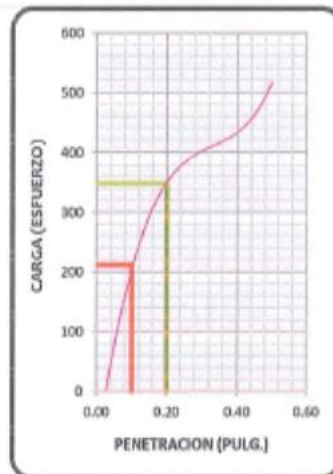
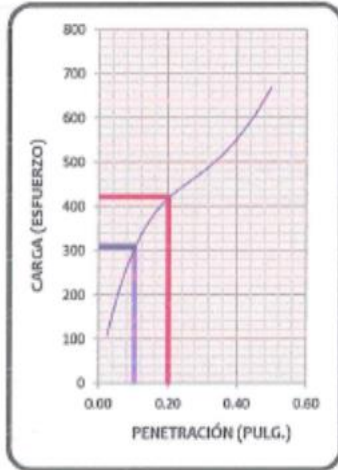
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C - 03
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	30.9	1.770	0.33
2	25	21.1	1.635	0.46
3	10	8.7	1.500	0.72

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-04
MUESTRO	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	88.87
1 1/2"	38.100	79.88
1"	25.400	72.26
3/4"	19.000	65.05
1/2"	12.700	58.62
3/8"	9.500	53.36
1/4"	6.350	48.91
Nº4	4.760	43.71
Nº10	2.000	39.57
Nº20	0.840	37.25
Nº30	0.590	35.23
Nº40	0.425	33.71
Nº60	0.260	31.36
Nº100	0.149	30.29
Nº200	0.075	29.65

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD
6.24%

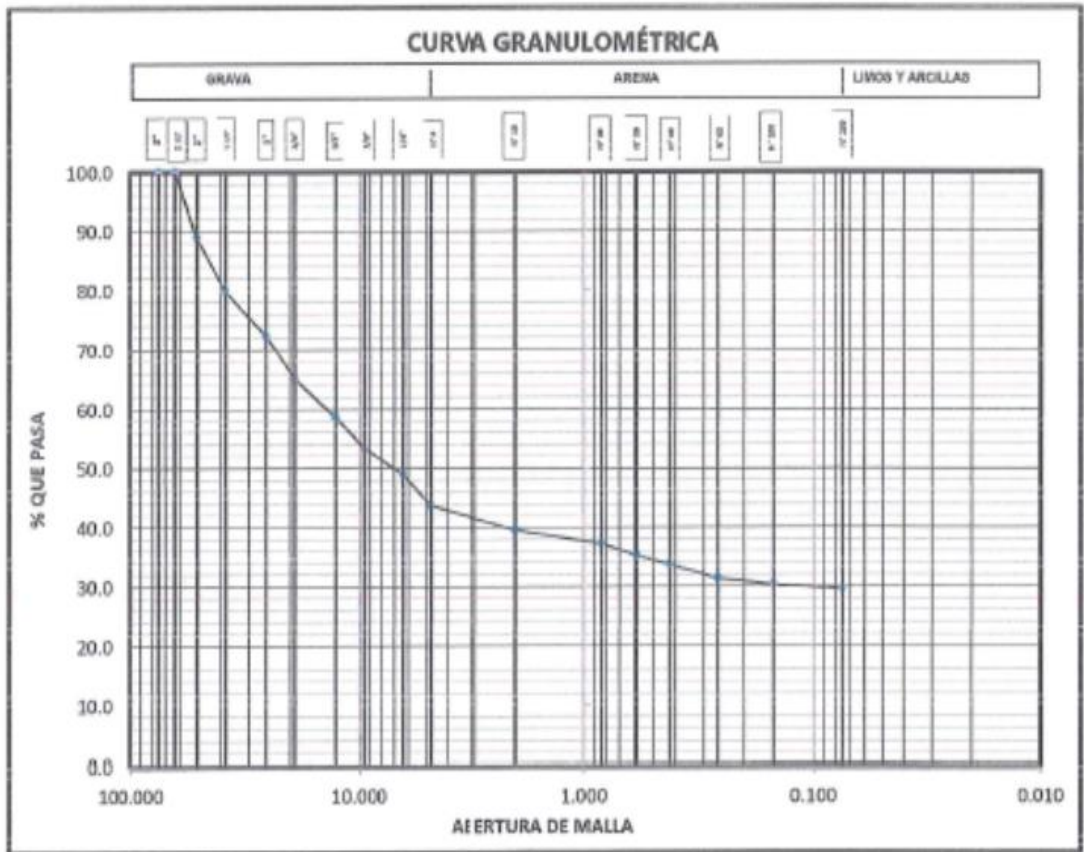
PORCENTAJES	
% GRAVA	56.39%
% ARENA	14.06%
% FINO	29.65%
	100.00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	16.27
% LIMITE PLASTICO	13.01
INDICE PLASTICO	3.26

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GM
AASHTO ASTM D-3283	A-2-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMOSA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422



CALICATA	C-04
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Σ GRAVA	56.25%	Σ ARENA	14.06%	Σ FINO	29.65%
---------	--------	---------	--------	--------	--------

PERFL ESTRATIGRÁFICO

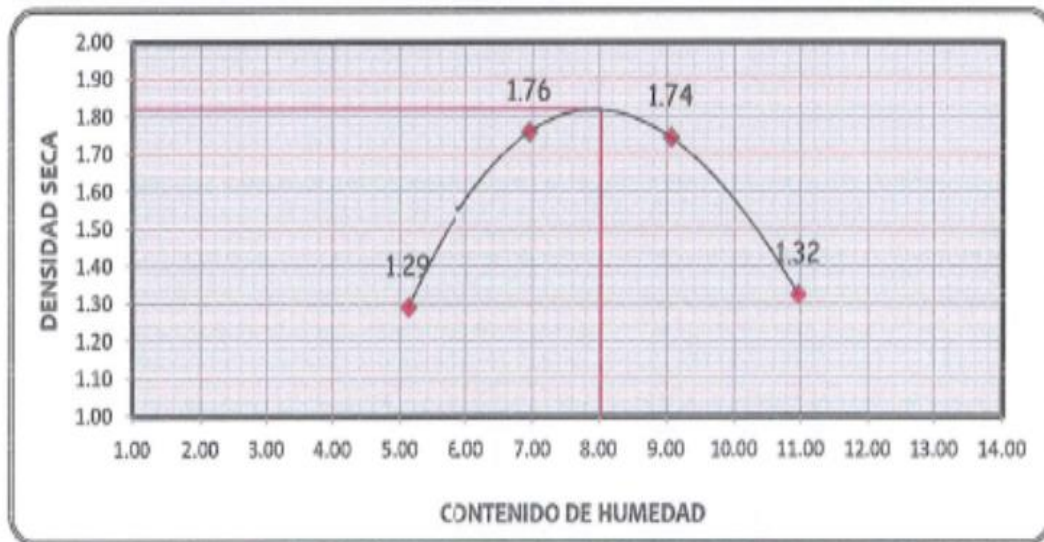
CALICATA:	C-04	DIMENSIONES:	0.60 x 0.80 x 1.50
NAPA FREÁTICA:	NP	MÉTODO DE EXCAV.:	MANUAL

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASHTV	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de huecos / cantos, etc.
0.10 0.20		MR		SUELO ALTAMENTE ORGANICO DE COLOR MARRON OSCURO, EN ESTADO HUMEDO, CON PRESENCIA DE PLASTICO, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		GM	A-2-4(0)	GRAVA LIMOSA, DE COLOR MARRON OSCURO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 04
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9037	10190	10235	9204
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	2979	4132	4177	3226
Peso volumetrico húmedo	1.36	1.88	1.90	1.47
Contenido de agua	5.12	6.95	9.06	10.97
Peso volumetrico seco	1.29	1.76	1.74	1.32



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.82 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 8.02 (%)

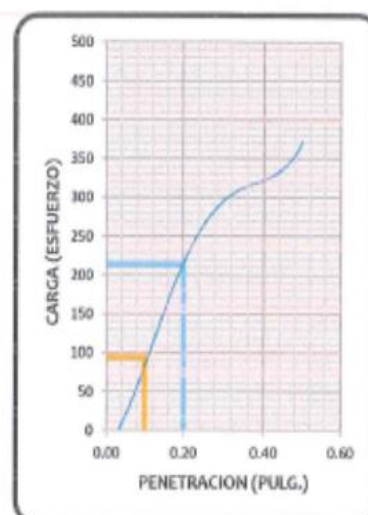
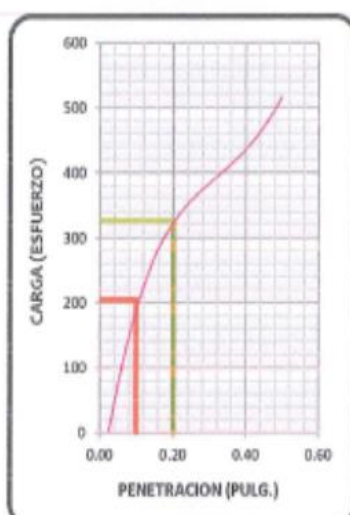
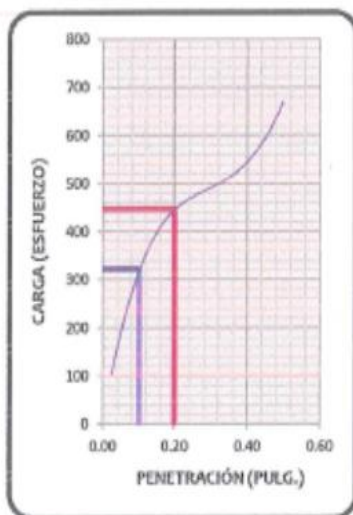
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C - 04
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	32.1	1.820	0.30
2	25	20.5	1.654	0.46
3	10	9.4	1.535	0.58

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-05
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	91.09
1 1/2"	38.100	84.36
1"	25.400	77.68
3/4"	19.000	69.55
1/2"	12.700	62.96
3/8"	9.500	59.10
1/4"	6.350	54.97
Nº4	4.760	50.74
Nº10	2.000	45.87
Nº20	0.840	43.81
Nº30	0.590	41.93
Nº40	0.425	40.53
Nº60	0.260	39.44
Nº100	0.149	38.63
Nº200	0.075	38.23

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD
6.08%

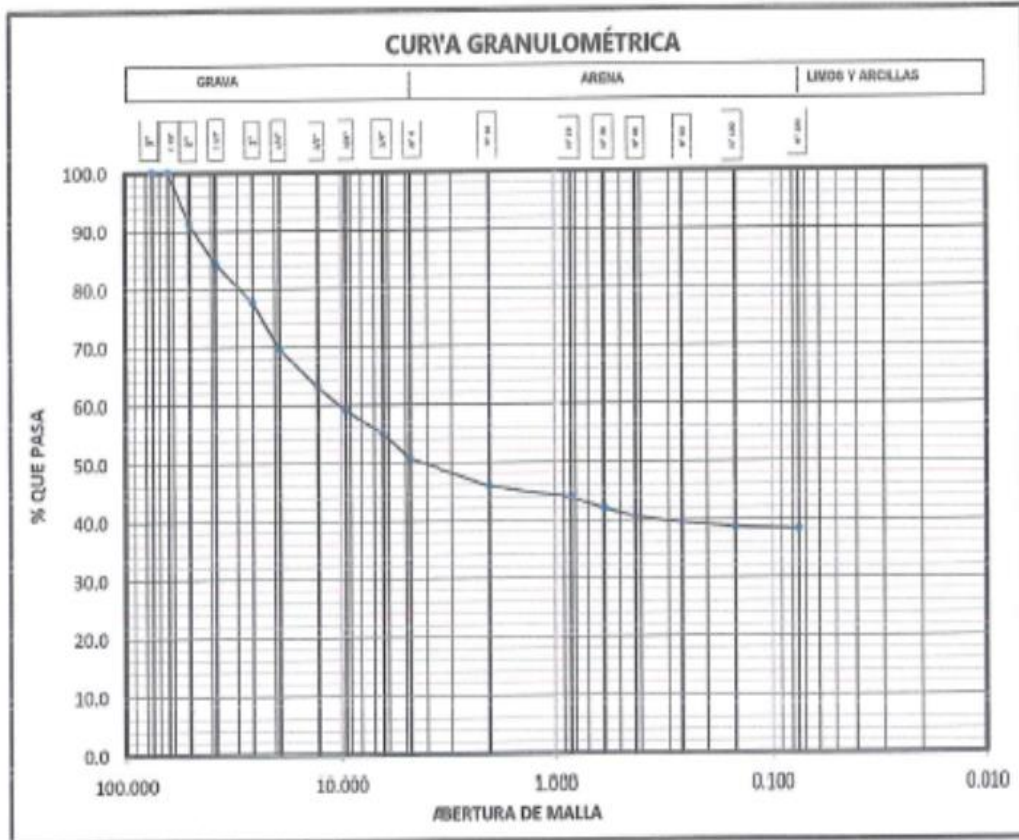
PORCENTAJES	
% GRAVA	49.10%
% ARENA	32.50%
% FINO	38.13%
	100.00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	20.34
% LIMITE PLASTICO	16.47
INDICE PLASTICO	3.87

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GM
AASHTO ASTM D-3282	A-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMOSA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-05
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	49.26%	% ARENA	12.51%	% FINO	38.23%
---------	--------	---------	--------	--------	--------

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

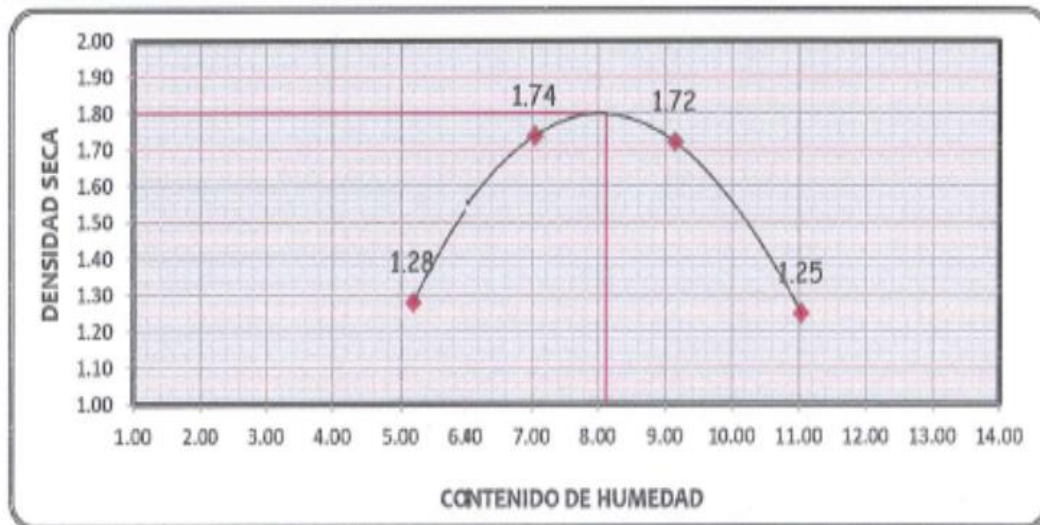
CALICATA:	C-05	DIMENSIONES:	0.60 x 0.80 x 1.50
NAPA FREÁTICA:	NP	MÉTODO DE EXCAV.:	MANUAL

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASHTO	Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de bloques / cantos, etc.
0.10		GM	A-4(0)	GRAVA LIMOSA, DE COLOR MARRON OSCURO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 05
MUESTRA	M - 01
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	1013	10145	10183	9104
Peso del molde	1058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	955	4087	4125	3046
Peso volumetrico húmedo	1.35	1.86	1.88	1.39
Contenido de agua	5.18	7.04	9.14	11.03
Peso volumetrico seco	1.28	1.74	1.72	1.25



MÁXIMA DENSIDAD SECA :	1.80 (gr/cm ³)
CONTENIDO DE HUMEDAD :	8.12 (%)

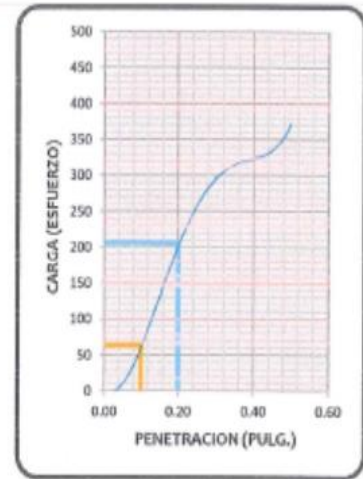
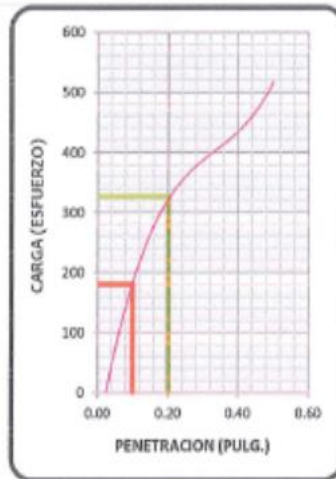
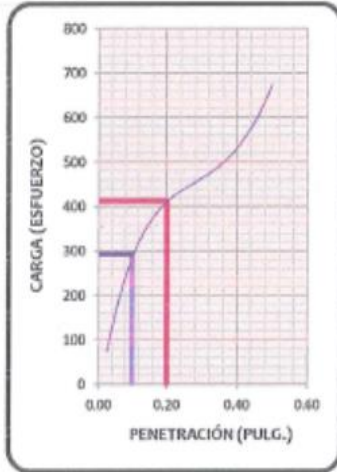
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-05
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1,50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



Especimen	Número de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	29,3	1,800	0,30
2	25	18,1	1,650	0,46
3	10	6,4	1,530	0,58

TERRALAB S.A.C

Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 INGENIERO TÉCNICO CIP 1924 - ESO. CONDUCTOR C-5448,
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA