

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y
FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI
PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. JIMENEZ QUISPE SHARON MAY

ASESOR:

ING. Enrique Durand Bazán

TRUJILLO – PERÚ

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por la Bachiller **Sharon May Jiménez Quispe**, denominado:

**“ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y
FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE
JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020”**

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme la oportunidad de vivir y alcanzar una meta más, así mismo quiero dedicárselo a mi madre María Isabel Quispe Robles, que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar y culminar mi carrera profesional, por ser un ejemplo de perseverancia, constancia y amor en realizar nuestras metas. También a mi padre Marcos Mauro Jiménez Gonzales que ha sido mi fortaleza y guía para poder culminar con éxito una etapa importante en mi formación profesional. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera universitaria, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindar una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi querido hermano MARCO ANTONIO JIMENEZ QUISPE, por estar siempre apoyándome brindándome su apoyo incondicional, sus consejos para hacerme una mejor persona y por haber confiado siempre en mí.

A mis padres MARIA ISABEL QUISPE ROBLES Y MARCOS MAURO JIMENEZ GONZALES, por la paciencia, comprensión y sacrificios que hicieron para poder brindarme su apoyo y hacer de mí una mejor persona y profesional. Sin ustedes no hubiera podido emprender este proyecto de vida y sobre todo culminarlo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	8
1.3 JUSTIFICACION.....	8
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
1.5 ANTECEDENTES.....	10
1.6 BASES TEORICAS.....	16
1.7 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	42
1.8 FORMULACION DE LA HIPOTESIS.....	42
1.9 PROPUESTA DE LA APLICACIÓN PROFESIONAL.....	42
II. MATERIAL Y METODOS.....	43
2.1 Material.....	43
2.2 Material de estudio.....	43
2.2.1 POBLACION.....	43
2.2.2 MUESTRA.....	43
2.3 TECNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.....	44
2.3.1 PARA RECOLECTAR PARA RECOLECTAR.....	44
2.3.2 PARA PROCESAR DATOS.....	44
2.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	45
III. RESULTADOS.....	46
3.1 ETAPA 1 SUELOS.....	47

3.2 ETAPA 2: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	51
DISEÑO FINAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	55
3.3 ETAPA 3: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	56
DISEÑO FINAL DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	66
3.4 ETAPA 4: EVALUACION ECONOMICA.....	66
IV. DISCUSION.....	67
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES.....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71
ANEXOS.....	74
ANEXO DE INSTRUMENTOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructuración general de un pavimento.....	16
Tabla2. Numero de ensayos CBR.....	27
Tabla3. Numero de CBR.....	28
Tabla4. Clasificación de los suelos según su tamaño.....	31
Tabla 5. Clasificación de los suelos según su tamaño.....	32
Tabla 6. Clasificación de los suelos según su tamaño.....	33
Tabla 7. Clasificación de los suelos según su tamaño.....	38
Tabla8. Índice medio Diario de la Zona de estudio.....	51
Tabla9. Tasa de crecimiento.....	51
Tabla 10. Cálculo de ESAL de diseño de la Zona de estudio.....	52
Tabla 11. Valor del Mr según el CBR obtenido.....	53
Tabla 12. Diseño Final de pavimento flexible.....	55
Tabla 13. Número de Repeticiones Acumulados de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Rígidos.....	56
Tabla 14. Factor de ajuste por presión de neumático.....	57
Tabla 15. Factor de Serviciabilidad.....	58
Tabla 16. Factor de Desviación normal estándar.....	59
Tabla 17. Características de la base - Pavimento rígido.....	62
Tabla 18. Características del concreto - Pavimento rígido.....	63
Tabla 19. Calidad de Drenaje - Pavimento rígido.....	64
Tabla 20. Coeficiente de transmisión de Carga - Pavimento rígido.....	64
Tabla 21. Perdida de Serviciabilidad - Pavimento rígido.....	64
Tabla 24. Confiabilidad y Desviación Estandar - Pavimento rígido.....	65
Tabla 22. Resumen de datos de tráfico y otras propiedades de la subrasante.....	65
Tabla 23. Estructuración del Pavimento Rígido.....	66
Tabla 24. Presupuesto estimado de Pavimento Flexible.....	66
Tabla 25. Presupuesto estimado de Pavimento Rígido.....	66

Gráfico 01,02 y 03 Curva de Penetración.....	49
Gráfico 04 Curva CBR.....	50
Gráfico 05 Modulo de Reacción Equivalente de la Sub Base.....	60
Gráfico 06 Relación entre Modulo de Reacción de la Subrasante "K" y CBR.....	61
Plano 1. Plano de Ubicación y Localización.....	77

RESUMEN

La presente tesis consta de seis capítulos los cuales son: Introducción, Material y Método, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones y Referencias bibliográficas, la zona de estudio escogida fue la vía Avenida el Progres- Juli, Chucuito en el año 2020.

Esta investigación se enmarca en las teorías dadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, en los respectivos manuales de ensayo de materiales, secciones y pavimentos; mantenimiento y conservación que se basan en las normas dadas por La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO; así mismo evalúa económicamente dos alternativas mediante el Valor Actual Neto; utilizado para la investigación métodos cuantitativos no experimenta, transversal descriptivo; teniendo como muestra las vías de circulación de la zona de estudio con un total de 815 metros aproximados; utilizando como instrumentos método de diseño AASHTO 93, formato de conteo vehicular del ministerio de transporte y comunicaciones, manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos del ministerio de transporte y comunicaciones, el manual de ensayo de materiales del ministerio de transporte y comunicaciones, finalmente concluyéndose que se cuenta con CBR de 9 aptó para subrasante, según el diseño de pavimento flexible se calculó que la carpeta asfáltica necesaria es de 10 cm, la base de 20 cm y la sub base de 25 cm y según el diseño de pavimento rígido la carpeta de rodadura necesaria es de 20 cm y la base de 20 cm; finalmente al realizar el presupuesto aproximado para cada alternativa verificamos que la alternativa económica más conveniente para 20 años de proyección es la del pavimento flexible, pero el pavimento rígido en la opción más duradera y ecoamigable para la ciudad de Juli – Puno.

PALABRAS CLAVE:

Pavimento rígido

Pavimento flexible

ABSTRACT

This thesis consists of six chapters which are: Introduction, Material and Method, Results, Discussion, Conclusions, Recommendations and Bibliographic References, the chosen study area was Avenida el Progres-Juli, Chucuito in 2020.

This research is part of the theories given by the Ministry of Transport and Communications of Peru, in the respective test manuals for materials, sections and pavements; maintenance and upkeep that are based on the standards given by the American Association of State Highway and Transportation Officials or AASHTO; Likewise, it economically evaluates two alternatives through the Net Present Value; used for research quantitative methods does not experiment, descriptive cross-sectional; taking as a sample the circulation routes of the study area with a total of 815 approximate meters; using as instruments AASHTO 93 design method, vehicle counting format of the Ministry of Transportation and Communications, manual of highways: soils, geology, geotechnics and pavements of the Ministry of Transportation and Communications, the materials testing manual of the Ministry of Transportation and Communications, finally concluding that there is a CBR of 9 suitable for subgrade, according to the flexible pavement design it was calculated that the necessary asphalt layer is 10 cm, the base of 20 cm and the sub-base of 25 cm and according to the rigid pavement design the required rolling folder is 20 cm and the base is 20 cm; Finally, when making the approximate budget for each alternative, we verify that the most convenient economic alternative for 20 years of projection is flexible pavement, but rigid pavement is the most durable and eco-friendly option for the city of Juli - Puno.

KEYWORDS:

Rigid pavement

Flexible pavement

I. INTRODUCCION

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Sabemos que el pavimento de las vías beneficia tanto a las familias como a las personas independientemente porque facilita el movimiento de bienes e individuos en forma segura, además permite un mayor acceso a los empleos, los mercados económicos, la educación, la recreación y la atención sanitaria, lo cual, a su vez incide positivamente de forma directa e indirecta en la salud, de las poblaciones aportando adicionalmente a disminuir las molestias generadas por la expansión del polvo en épocas de verano y las incomodidades de transitabilidad debido a la generación de lodo en épocas de lluvia.

El transporte es una fuerza motriz fundamental del desarrollo económico y social; genera oportunidades para los pobres y habilita a las economías a ser más competitivas. La infraestructura de transporte sirve de nexo entre las personas y el empleo, la educación y los servicios de salud. También posibilita el suministro de bienes y servicios en todo el mundo, y facilita la interacción entre las personas y la generación de conocimientos y soluciones que propician el crecimiento a largo plazo. Por ejemplo, las carreteras rurales pueden contribuir a la prevención de defunciones maternas al permitir el acceso oportuno a la atención del parto, aumentar la escolarización de las niñas, e incrementar y diversificar los ingresos de los agricultores al conectar a estos con los mercados. (Mundial, 2017)

En Venezuela existe una red vial de aproximadamente 134.929 Km. De carreteras. De ellas solo 34.179 Km. Están pavimentados y el resto (100.750 Km) forman la red vial agrícola rural (sin pavimentar). Sin embargo, en los últimos años, el exceso de vehículos automotores y los diferentes agentes rurales ha hecho colapsar el sistema vial hasta ahora existente, convirtiéndola en peligrosas e inestables; lo cual demanda la

ejecución oportuna y eficiente de nuevos diseños y planes de mantenimiento para el mejoramiento de estas carreteras.

En el caso particular del Sector Los Vílchez, ubicado en el municipio de Campo Elías del Estado de Mérida, la vía se clasifica como un subramal, en características de carretera de montaña las cuales son; una vía rural, la cual representa el único acceso vial a esta zona. En el pasado una de las superficies de rodamiento más utilizadas es el pavimento rígido, que, a pesar de no haber tenido auge en la construcción de las vías, se continúe empleando sobre todo aquellos centros poblados rurales.

Cabe destacar que el primer paso hacia el desarrollo social y económico de una región consiste en poseer una ruta de acceso y comunicación que le permita integrarse y relacionarse con otras localidades, permitieron la obtención de bienes y servicios. La vialidad se rige como el principal método de interconexión entre diferentes comunidades permitiendo el crecimiento y evolución de las sociedades. (María José, 2017)

En Colombia los altos costos de construcción y mantenimiento de carreteras, los costos operativos y de mantenimiento de la flota y la necesidad de corredores viales que permitan el transporte cómodo de los usuarios, impone la búsqueda de nuevas alternativas de construcción de pavimentos, en carreteras terciarias en Colombia, duraderas y bajas costo, lo que lleva a la implementación de una nueva metodología de diseño de pavimento de concreto, conocida como losas de pavimento cortas. Este método, de acuerdo con el análisis que surge en este artículo, excede, tanto financiera como técnicamente, los beneficios de los diseños alternativos ampliamente utilizados en nuestro entorno, como la huella del tablero, el cemento del suelo y los pavimentos afirmados, igualmente con losas cortas reduce significativamente el espesor y mejorar la geometría del diseño de los mismos teniendo en cuenta los parámetros de la guía de diseño AASHTO 2007, que considera las condiciones específicas de cada proyecto, como el clima, el tráfico, las características

de cada capa y la caracterización de los agregados que conforman la estructura de soporte utilizada. La nueva metodología diseñó losas de concreto que tienen un promedio de 7 cm. más delgado en relación con el diseño tradicional del pavimento AASHTO (1993), por lo que se obtiene una reducción importante en los costos de construcción. (Jose Daniel, 2015)

En el país de Chile, conforme una evaluación de los factores limitantes en los pavimentos; los factores del deterioro también son ocasionados por los materiales de los pavimentos de construcción de los asfaltos. El mantenimiento de estos pavimentos es muy importante para mantener la carpeta de rodadura, nos damos cuenta que por los diversos factores los pavimentos presentan fallas durante su ejecución y no tienen un mantenimiento adecuado. La ingeniería de pavimentos debe enriquecerse y tener la función de prevenir, y así se ahorraría en costos. Se debe tener una inspección técnica fija de las capas de la carpeta de rodado, durante el proceso de ejecución de la obra de los pavimentos asfálticos, se debe tener en cuenta la temperatura, el agua que se utiliza para mojar el pavimento. El estado de conservación del pavimento, en caso que haga un destrozamiento del pavimento por motivos de saneamiento de tubería u otros servicios; no se cumplen siempre la calidad del pavimento original. Los buses, autos y camiones, ocasionan deterioros a la carpeta de rodado y la condición de función.

El pavimento tiene solo un cierto tiempo de vida, por el cual se va produciendo fisuras, que con el tiempo se convierte en grietas y fallas; otra causa es el agua de la lluvia que afecta a las capas inferiores que vienen hacer la base y sub base, que compromete la pérdida de superficie. Chile tiene amplia tecnología que va desde los equipos que utilizan para la exploración de pavimentos que toman referencia del estado superficial hasta los últimos programas computacionales para la conservación de los pavimentos. (EMB Construcción, 2014)

En la actualidad, en el Perú el desarrollo de proyectos que contemplan el sistema vial es trabajado o desarrollado desde el punto de vista de la ingeniería con métodos convencionales, de tal manera que no se consideran lineamientos importantes en una obra vial y que estos se pueden optimizar a través de la utilización de nuevas metodologías, o nuevas plataformas de trabajo durante la fase de formulación de proyectos. Es por ello que buscamos normas Sudamericanas que contemplen un desarrollo de vías de evitamiento con la finalidad de adecuarlas a las características de nuestra geografía y mediante una nueva metodología de trabajo se aplicará los criterios, parámetros y disposiciones generales obtenidos durante la etapa de la presente investigación; no obstante, los parámetros o criterios optados de las normas de Sudamérica deben optimizar los parámetros de diseño geométrico propuestos en la DG2018 del Perú. (Galvez Aliaga & Vasquez Guevara, 2019)

En el Perú las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Dentro de estos tiempos de recorrido de los vehículos debido al diseño de su capa de rodadura. Es así como un buen diseño de estas carreteras es necesario para garantizar su correcto desempeño y durabilidad. En ese sentido esta tesis contempla el diseño de pavimento de un kilómetro aprox. de una carrera en particular utilizando diferentes metodologías con el fin de determinar la opción más económica. Se procede con el diseño del pavimento tanto flexible como rígido. (Rengifo, 2014).

Cajamarca, uno de los problemas más serios que se vive en la provincia de Chota, es el pésimo estado en que se encuentran los pavimentos urbanos. Cualquiera que sea el tipo de pavimento; ya sea flexible, rígido o mixto, es frecuente encontrar en ellos fisuras, depresiones y baches que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan en nuestra ciudad. No se puede hablar de una causa única del deterioro de las pistas. Las fallas que afectan al pavimento se producen por múltiples factores:

podría ser el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje en caso de precipitaciones, del efecto de solicitaciones externas como carga vehicular y agentes climáticos, entre otros. Pero el principal problema consiste en que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave. Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento. Este trabajo pretende difundir el uso de sobrecapas de refuerzo como una alternativa de solución en la rehabilitación del pavimento de concreto, para ello se realizará previamente el análisis de la condición actual en que se encuentra el pavimento (Método PCI y Método VIZIR), calculando luego el espesor de sobrecapas de refuerzo (flexible), que se pueden aplicar sobre el pavimento rígido y el procedimiento de diseño de cada uno de ellas, utilizando el método AASHTO 93. (Yonel, 2018).

Trujillo, uno de los problemas que presenta el distrito de es el mal estado de sus vías. En su gran mayoría las vías de nuestra ciudad presentan fallas de tipo superficial o funcional y estructural, por esta razón no brindan el confort y la seguridad necesaria a los usuarios. Las malas condiciones de las vías responderían a los siguientes factores; cambio climático, carga del tráfico vehicular, deficiente diseño del paquete estructural, ausencia de un sistema de drenaje pluvial. A demás de la carencia de un plan de mantenimiento pertinente y planificado que permita llevar a cabo trabajos de conservación o reparación menor, considerando el estado de conservación de la vía y de esta manera evitar la reconstrucción total de

ella lo que genera un costo mayor e incrementa el tiempo de los usuarios para trasladarse a su destino. (Watanabe, 2017).

En el caso de la ciudad de Puno, los problemas más relevantes que originaron estas últimas políticas del sector transporte urbano son: La existencia de una alta congestión vehicular, un alto grado de contaminación ambiental, el desconocimiento y poca difusión del plan regulador de rutas, la existencia de vehículos obsoletos que han cumplido con su vida útil, la carencia de capacitación en educación vial dirigido a conductores de vehículos, cobradores, empresarios y usuarios. Así mismo, en la ciudad de Puno existe un conflicto entre transportistas y usuarios por la fijación del pasaje urbano, por un lado, los transportistas argumentan que el pasaje urbano no cubre los costos operativos y de reposición del capital y los usuarios sostienen que el pasaje es excesivo por los bajos ingresos que perciben los pobladores, además la calidad de servicio que presta el transportista es pésima y la distancia que recorre no justifica el cobro del pasaje. Por lo tanto, es importante conocer la disponibilidad de pagar por una mejora de servicio de transporte urbano. Actualmente la ciudad de Puno cuenta con diferentes tipos de transporte urbano como: Camionetas rurales, taxis, mototaxis, y otros. El parque automotor de la ciudad es aproximadamente de 3,029 unidades móviles distribuidas de la siguiente manera: 636 camionetas rurales, 1,720 taxis, 530 moto taxis, 143 volquetes de carga.

Actualmente contamos con 50 empresas de transporte tipo camionetas rurales, 42 empresas de taxis, 8 empresas de moto taxis y 11 empresas de carga. Dada las características de la ciudad de Puno sus calles y avenidas no fueron diseñadas para una mayor soportabilidad del parque automotor, en tal virtud el tráfico es inminente en las horas punta (de las 7:00-8:00 am. y a las 18:00-19:00 pm). El pesado tráfico vehicular que hay en la mayoría de las principales avenidas y arterias de la ciudad Lacustre, no

sólo nos pone de mal humor y nos hace perder tiempo valioso, sino que además tiene un alto costo social relacionado con horas perdidas, el exceso en el consumo de combustibles, el costo ambiental, el efecto en la salud humana, la pérdida de oportunidades de negocio y otros.

A través de un estudio sobre la oferta y la demanda del servicio de transporte urbano y utilizando técnicas apropiadas para la estimación de la disponibilidad a pagar por una mejora en la calidad de servicio de transporte público de pasajeros se estimó que los usuarios de camionetas rurales (combis) están dispuestos a pagar la suma de 0.60 nuevos soles y los usuarios del servicio de taxis están dispuestos a pagar 4.20 nuevos soles. Además, se determina que existe una mayor disponibilidad a pagar según el nivel de educación, el nivel de ingresos y la edad de la población. (Mamani, 2011).

En la ciudad de Juli, existe una problemática similar a todo el departamento de Puno, que debido al clima y por ser una ciudad en desarrollo, tienen un deficiente nivel de transitabilidad vehicular y peatonal. Se ha limitado su desarrollo económico y turístico, lo que se traduce como pérdidas monetarias de desarrollo cultural y dificulta también el libre movimiento vehicular de los mismos pobladores, generándose así diversas problemáticas que se ven plasmadas en la salud, tiempo y costo de los lugareños. la avenida en la mayoría del tramo en estudio presenta zonas muy estrechas imposibilitando el desplazamiento de los vehículos y su estado actual es deplorable debido a las fuertes precipitaciones pluviales, inestabilidad del terreno, y poca visibilidad del camino por el mantenimiento.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la

gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento, teniendo vigente la norma DG-2018.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), Es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Contiene la información necesaria para diferentes procedimientos, la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigentes sobre la gestión de la infraestructura vial.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es análisis comparativo de la estructura de pavimento rígido respecto al pavimento flexible, en la avenida revolución de la ciudad de Juli provincia de Chucuito – Puno 2020?

1.3 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El mal estado en que se encuentran las principales vías de la ciudad de Juli, en la actualidad generan problemas de tránsito vehicular, las vías se encuentran con baches; estas deficiencias del terreno, ocasionan deterioro en los componentes de las unidades vehiculares, requieren más tiempo para llegar a su destino sobre todo en tiempo de lluvias. La justificación del presente estudio, se basa en el mejoramiento de la accesibilidad a los predios de las viviendas directamente beneficiarias y por ende las condiciones de vida de los pobladores de la zona. beneficiando a 19800 pobladores aproximadamente.

En la zona urbana de la ciudad de Juli cuenta con diversas arterias que se encuentran pavimentadas y las vías principales como avenidas asfaltadas, sin embargo, la avenida Revolución que conecta la ciudad de Juli con la

Panamericana se encuentra a nivel de afirmado, sin tratamiento adecuado para la transitabilidad peatonal como vehicular

Estas condiciones hacen que adicionalmente al problema del mal estado de afirmado actual se suma la estrechez con las que han sido diseñadas priorizando el tránsito vehicular y disminuyendo las áreas de circulación peatonal, ocasionando de esta manera dificultad, riesgo e incomodidad para los transeúntes. Asimismo, no ha recibido un adecuado tratamiento, transformándose durante el día en un espacio únicamente de paso, perdiéndose la posibilidad de generar áreas de descanso que a su vez contribuyan a resaltar un buen contexto.

Por su aporte metodológico, la presente tesis contribuye porque sirve como una guía que permitirá realizar estudios similares en otras zonas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.4 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el análisis comparativo entre la alternativa de pavimentación con pavimento rígido respecto a la alternativa con pavimento flexible, en la avenida revolución de la ciudad de Juli provincia de Chucuito – puno 2020.

1.4.5 OBJETIVO ESPECIFICOS

- a) Realizar estudios topográficos de la zona de estudio
- b) Realizar los estudios de suelo necesarios de la zona de estudio, según las normativas vigentes.
- c) Elaborar el diseño de pavimento rígido en la avenida Revolución de la ciudad de Juli Provincia de Chucuito – Puno 2020.

- d) Elaborar el diseño de pavimento flexible en la avenida Revolución de la ciudad de Juli Provincia de Chucuito – Puno 2020.
- e) Determinar el análisis económico de la estructura de un pavimento rígido y un pavimento flexible en la avenida Revolución de la ciudad de Juli Provincia de Chucuito – Puno 2020.

1.5 ANTECEDENTES

(Jorge Provoste, 2014), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS APLICADO EN TRES CALLES DE LA CIUDAD DE VALDIVIA, El objetivo de este estudio es conocer de forma completa y actualizada la situación en que se encuentran las estructuras de los pavimentos rígidos en tres calles de alto flujo vehicular en la ciudad de Valdivia, Dentro de los métodos de inspección, los más utilizados son los métodos visuales, que consisten en visitas a terreno por parte de un personal capacitado. En Chile las metodologías más utilizadas para los pavimentos de hormigón son el método SHRP (SHRP, 1993), seguido por el MOP (MOP, 2003) Y SERVIU (MINVU,1997). Mediante inspección visual, la cual es una técnica de evaluación no invasiva utilizada para conocer el estado real de las estructuras de pavimentos en las calles General Lagos; Ramon Picarte y Santiago Bueras, se pudo determinar que las patologías más frecuentes que afectan a estas calles, quedan simplificadas en dos fallas generales: grietas longitudinales y grietas transversales.

La inspección de las estructuras de pavimento en las tres calles en estudio, se realizó el recuento, medición (para su nivel de severidad) y clasificación de fallas, además de catalogar el desgaste de la losa en bajo, medio y alto (mediante la presencia de árido en la superficie, patología

conocida como pulfmetro de agregado), para poder ser considerado como medida de antigüedad en la construcción de cada estructura.

La presente investigación, sirve para ampliar mis bases teóricas y tomarlas en consideración para la proyección y ejecución de la solución que se pretende dar a la realidad problemática de la ciudad de Juli.

(Alejandro Ruiz, 2011), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS, El objetivo es el analizar los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos en las vías Suma – Pedernales y Pedernales – San Vicente, y Chone – Calceta – Pimpiguasí, mediante la observación y monitoreo in situ y proponer soluciones técnicas a las fallas encontradas. En la tesis presentada se usó la metodología AASHTO para la elaboración de pavimento rígido teniendo en cuenta la normativa, que previamente ha sido empleada en el diseño de pavimento rígido por la dirección de Estudios Viales con fecha de noviembre 2007. Con la evaluación de campo y del laboratorio de suelo de la subrasante y además con los ensayos no destructivos mediante deflexiones, se puede comprobar, si la estructura del pavimento es o no la adecuada para esta vía que está en etapa de reconstrucción.

La presente investigación, sirve de antecedente como información para poder identificar y redactar el procedimiento de un pavimento rígido, tomando en cuenta la problemática que se presentará en su construcción y tiempo de vida.

(Iván, Zagaceta & Ramiro, Romero, 2008), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO PREMEZCLADO EN LA MODERNIZACION Y REHABILITACION DE LA AVENIDA ARBOLEDAS, El objetivo es conocer sus ventajas y

desventajas respectivamente, también se hace hincapié en el costo de la ejecución de dichos pavimentos, donde se involucran varios factores como el tiempo vida útil, el costo de mantenimiento entre otros. Otro punto importante; la problemática de los pavimentos, en el se habla de los factores que pueden afectar al pavimento durante su proyecto, ejecución y mantenimiento después de estar en funcionamiento, el por qué se generan fallas más comunes. El pavimento rígido será diseñado también mediante dos metodologías: la de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la de la Portland Cement Association (PCA). Los resultados de las pruebas anteriores se estudian a la perfección para restaurar la sección transversal de la obra. En general, se debe retirar la carpeta asfáltica que se puede incorporar al material de base al disgregarla de modo conveniente una vez escarificada. Esta capa se compacta y queda como subbase, y sobre ella se coloca una base hidráulica.

La presente tesis abre las puertas a nuevas tecnologías en lo que es pavimento rígido, pues da más alternativas en método – costo y dar más soluciones a diversos problemas.

(Castillo, 2017), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada DETERMINACION Y EVALUACION DE LAS PATOLOGIAS EN LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PAMPA ALEGRE CUADRAS 1, 2 y 3 – DISTRITO DE SAN MIGUEL DEL FAIQUE – PROVINCIA DE HUANCABAMBA – DEPARTAMENTO DE PIURA - MARZO 2017, El objetivo del siguiente trabajo busca realizar la evaluación de los diversos pavimentos construidos en las calles y avenidas de la comuna Asunción con el fin de determinar el estado patológico de los pavimentos rígidos de Asunción como, estudio amplio, nos permite echar luz sobre ciertos fenómenos involucrados en la generación de los deterioros y a la vez establecer un esquema de

soluciones preventivas y correctivas de los daños observados. En el presente trabajo de diseño de investigación fue de tipo visual y personalizada, con el objetivo de investigar la incidencia que se observan en su contexto natural, como es el caso del pavimento rígido de la avenida Pampa alegre – distrito de san miguel del faique, para su posterior análisis. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la siguiente metodología. para esta etapa, se recolecto información necesaria como análisis y datos necesarios que estén relacionados con este proyecto que ayude a cumplir con los objetivos y ciertos parámetros establecidos por el encargado de este proyecto logrando establecer los resultados y las condiciones del pavimento. El nivel de incidencia de las patologías del pavimento rígido de la avenida Pampa Alegre son fisuramiento longitudinal, fisuramiento transversal, erosión de bombeo, losas subdivididas y baches. Se llegó a la conclusión que las principales fallas localizadas en el diagnóstico de la vida útil es la condición climática de la zona, las cargas de tránsito, materiales, baja calidad y una base inestable. Las fallas principales localizadas son causadas por la condición climática de la zona y las cargas de tránsito.

En el presente antecedente, nos define los factores que pueden influir en el deterioro de pavimento rígido, es decir la justificación y precauciones a tomar en el proceso constructivo como también las incidencias que pueden presentarse a futuro, también nos sirve de referencia en el aspecto teórico y puntos importantes a tener en cuenta durante el planeamiento, justificación y ejecución del mismo

(Vega Pérrigo, 2018), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000) El objetivo de esta tesis consiste en realizar el diseño del pavimento del tramo comprendido entre el kilómetro 1+000 y 2+000 de la carretera de acceso

al Nuevo Puerto de Yurimaguas. Se diseñará dicho pavimento considerando dos tipos: flexible y rígido. El pavimento flexible se diseñará mediante la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción. El pavimento rígido será diseñado también mediante dos metodologías: la de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la de la Portland Cement Association (PCA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción. Una vez obtenidos los diseños tanto del pavimento flexible como del rígido se realizará un análisis económico comparativo entre las dos opciones elegidas con el fin de encontrar la estructura más óptima del pavimento. Como se pudo observar en el desarrollo de la presente tesis se constató que las características de la subrasante, especialmente el CBR, afectan directamente a los espesores de capa del pavimento flexible mientras que para el pavimento rígido su efecto en la elección del espesor de la losa de concreto es prácticamente nulo. Por ello, se recomienda hacer una investigación para determinaren que valor del CBR de la subrasante, el costo del pavimento flexible se iguala al del pavimento rígido; pues cuando este valor disminuye, los espesores de las capas granulares del pavimento flexible aumentan considerablemente mientras que el espesor de la losa de concreto no se modifica sustancialmente.

La presente tesis sirve como punto de referencia para establecer las técnicas con que se trabajará para el tipo de pavimento que se propone en esta investigación, también las herramientas y procedimiento de recolección de información, la discusión de los resultados de este antecedente nos dará un panorama mucho más claro del por qué se plantea este tipo de pavimento en la ciudad donde se pretende ejecutar dicho diseño.

(Henry Hanco, 2016), en su tesis presentada para optar el título de **Ingeniero Civil denominada ESTUDIO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. PERU DE LA CIUDAD DE JULIACA, TRAMO 1 JR. MANTARO – JR. FRANCISCO PIZARRO.** El objetivo principal de la tesis como antecedente es determinar los espesores del pavimento rígido que garanticen el periodo de vida útil del pavimento e identificar los medios o variables que serán necesarios para proponer el estudio definitivo de ingeniería de la Av. Perú tramo I (Jr. Mantaro – Jr. Francisco Pizarro) y ermita la pavimentación de la Av. Perú. Los métodos de diseño abordados en la investigación son los recomendados por la Portland Cement Association (PCA) Edición de 1984 y American Association Of Highway And Transportation Officials (AASHTO) en su versión de 1993, pues son los métodos más utilizados por las entidades públicas y privadas encargadas del estudio de infraestructura vial. El diseño del pavimento por las dos metodologías nos permite ver los diferentes espesores de la losa de concreto. La elaboración del Estudio Definitivo permite tener la viabilidad de la ejecución del proyecto el cual permitirá mejorar la transitabilidad, un adecuado drenaje y la viabilidad urbana en su conjunto contribuirán al ordenamiento y seguridad de los vecinos de la urbanización Villa San Jacinto y Los Rosales, principalmente los moradores en la avenida Perú, tramo (Jr. Mantaro – Jr. Francisco Pizarro) y la población en general de la ciudad de Juliaca.

Con la presente investigación se tiene un panorama mucho más claro de la realidad problemática de la región Puno, para hallar, justificar y plasmar una solución acorde a la realidad social y climatológica del lugar. De acuerdo a los datos e información debidamente fundamentada se puede respaldar la propuesta de un pavimento rígido en la ciudad de Juli, ya que en lugar el clima suele afectar los pavimentos flexibles y rígidos, pero se optó por el pavimento rígido ya que es de más durabilidad y

ecológicamente más amigable con el medio ambiente al ser una mezcla de concreto y agregado fino tiene menos agentes contaminantes con el medio ambiente y al mismo tiene más durabilidad y resistencia, lo que se traduce en tiempo de vida y aporte al desarrollo de la ciudad.

1.6 BASES TEORICAS

1.6.1 PAVIMENTO

a) Pavimento:

El pavimento es una estructura que por lo general está conformada por varias capas sobre la subrasante para resistir los esfuerzos que las cargas del tránsito vehicular transmiten durante el periodo que fue diseñada la estructura del pavimento y aumentar la seguridad y confort para el tránsito. El pavimento por lo general está estructurado por las siguientes capas: base, subbase y la capa de rodadura. (MTC, 2018).

Capa de rodadura	Base	Subbase
<ul style="list-style-type: none"> • Es la parte superior, donde soporta directamente el tránsito. • Puede ser de tipo flexible (bituminoso). • Tipo rígido (Concreto de cemento Portland). • Tipo Adoquines. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es la capa inferior a la capa de rodadura. • Es tratada con cemento o asfalto. • Es de material drenante (CBR \geq 80 %). • Sostiene, distribuye y transmite las cargas producidas por el tránsito 	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta a la base y a la carpeta. • Es de material determinado y con espesor de diseño. Puede ser material granular. • Es tratada con cemento o asfalto. • Esta capa puede obviarse dependiendo del diseño y el tipo del pavimento.

Tabla 1. Estructuración general de un pavimento

Fuente: (MTC, 2014)

1. Características de un pavimento

Un pavimento debe cumplir los siguientes criterios:

- Tener una textura superficial acondicionada a las velocidades del tránsito.
- Ser resistentes a los cambios climáticos.
- Soportar las cargas sometidas por el tránsito.

- Tener condiciones apropiadas respecto al drenaje para prevenir la disminución de la resistencia de los suelos.
- Debe ser económico y cumplir su vida útil en el que es diseñada.
- Debe presentar regularidades superficiales, tanto longitudinales y transversales, que accedan una comodidad a los usuarios.
- Los pavimentos deben tener un color apropiado para evitar reflejos y ofrecer una seguridad adecuada al tránsito y al beneficiario. (Montejo, Ingeniería de Pavimentos - Evaluación Estructural obras de mejoramientos y nuevas tecnologías, 2002).

b) TIPOS DE PAVIMENTOS

- **Pavimentos flexibles:**

El pavimento flexible es una estructura conformada por las siguientes capas granulares: Subbase, base y la capa de rodadura compuesta por una carpeta con materiales bituminosos (agregados, aglomerantes y aditivos), apoyados generalmente en las capas de subbase y la base. Se estima como capa de rodadura asfáltica sobre las capas granulares: mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente, micro pavimentos, mortero asfáltico. (MTC, 2014)

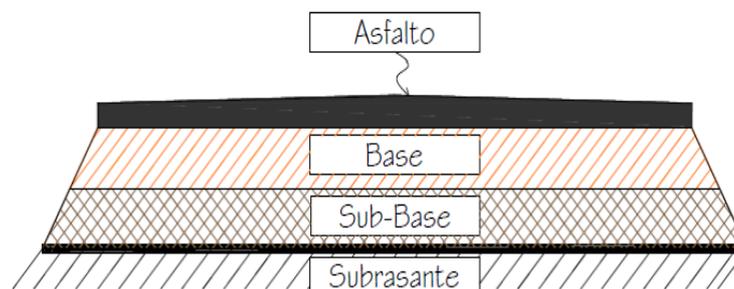


Figura 1. Sección típica transversal pavimento flexible

Fuente: (Armijos, 2009)

- **Pavimentos rígidos:**

El pavimento rígido es una estructura conformada por una capa de subbase granular (puede ser de base granular o estabilizada con cemento, asfalto), y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico (aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo). Existen tres tipos: Pavimento de concreto simple con juntas, pavimentos de concreto con refuerzo continuo y pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de mallas. (MTC, 2014)

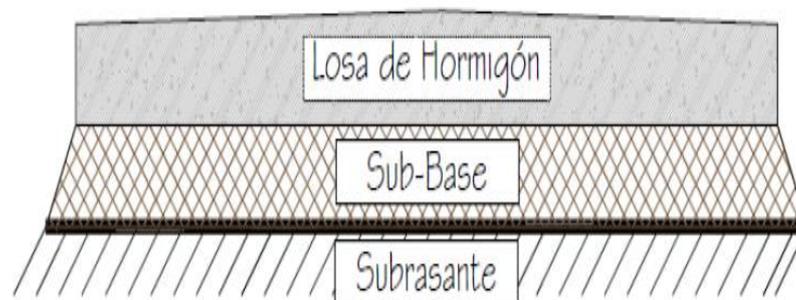


Figura 2. Sección típica transversal pavimento rígido

Fuente: (Armijos, 2009)

- **Pavimento Semirrígidos:**

El pavimento semirrígido, es una estructura de pavimento que está compuesta por capas asfálticas con un espesor de una carpeta asfáltica en caliente sobre base con asfalto, o también puede estar conformada por una carpeta asfáltica sobre la base tratada con cemento o cal. Dentro del pavimento semirrígido está el tipo de pavimentos adoquinados. (MTC, 2014)

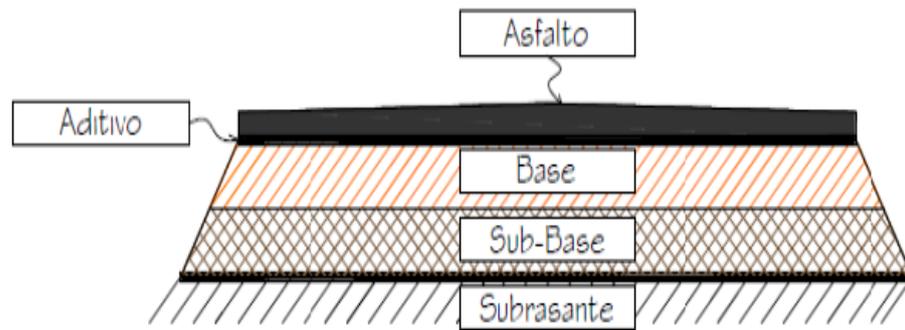


Figura 3. Sección típica transversal pavimento Semirrígido

Fuente: (Armijos, 2009)

- **Pavimento articulado o adoquinado:**

El pavimento adoquinado, está estructurado por capas de rodadura constituidas por bloques de concretos prefabricados (espesor uniforme), se coloca sobre una capa de arena, donde se apoya sobre la capa granular o sobre la subrasante, dependiendo de condición de las magnitudes de cargas que van a circular por los pavimentos adoquinados. (Armijos, 2009)

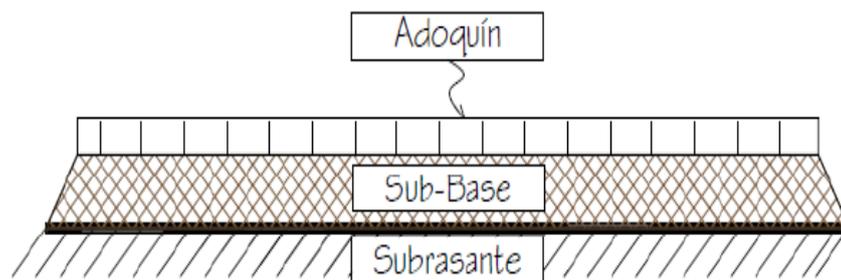


Figura 4. Sección típica transversal pavimento articulado

Fuente: (Armijos, 2009)

1.6.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS

1. Tráfico vial:

Los pavimentos se ven afectados por el elevado incremento de los vehículos ya que soportan cargas por ejes y la presión de los neumáticos por los camiones y ómnibus. Esto de debe los índices del aumento del tránsito vehicular con los años. La demanda puede ser por dos factores, una por el aumento de los vehículos de pasajeros que se incrementara con la tasa anual de la ampliación de la población y un aumento de los vehículos pesados con el desarrollo de la economía. (MTC, 2014).

2. El clima:

El clima es uno del factor que influye en el comportamiento de los pavimentos: Las y lluvias y las temperaturas en la costa del Perú es una zona calurosa y también tiene épocas de lluvias cuando se presenta el fenómeno del niño, por la variedad del clima, origina daño en la carpeta asfáltica (ocasionando fallas de ahuellamiento y fatiga). El ahuellamiento es producido por la acumulación de deformaciones y la fatiga se relaciona a la disminución de la resistencia del material por las tensiones y deformaciones en un punto.

- **La temperatura:** la carpeta asfáltica se ve deteriorada por las variaciones de temperaturas que produce tensiones, donde las temperaturas altas influyen en el ahuellamiento de la carpeta asfáltica y en las temperaturas bajas influyen en la aparición del agrietamiento.

- **Las precipitaciones de lluvias:** Las lluvias afectan tanto al pavimento como a las capas de las estructuras, ya que con los cambios climáticos como el viento, la radiación, la temperatura, se deben considerar en el diseño de los pavimentos para que con el tiempo no afecte junto a la carga de los vehículos sobre la carpeta asfáltica. (MTC, 2018)

3. El drenaje:

Es uno de los componentes que mayores problemas causa a los pavimentos, ya que el agua ocasiona la disminución de la resistencia de los suelos, esto provoca fallas en la superficie de rodadura. El drenaje sirve para mantener los suelos dentro del estado del afirmado y del pavimento. El sistema de drenaje, elimina el agua y mejora el desempeño de la estructura del pavimento con una vida útil a largo plazo. (MTC, 2014)

4. Volumen de tránsito

El volumen de tránsito se define como la cantidad de vehículos que pasan por un punto o carril en un determinado tiempo, sus unidades son vehículos/ hora, vehículos/ día, etc.

Los estudios de volúmenes de tránsito son para obtener información sobre el movimiento vehicular en unos determinados puntos, de preferencia los más críticos de la vía.

Clasificación de vehículos: comúnmente la clasificación de vehículos es por el tipo de vehículos con las siguientes terminologías:

A = Vehículos Livianos.

B: Buses

C: Camiones

De la clasificación mencionada se considera en los vehículos livianos; automóviles, camionetas, micros, combis, pick – up, etc. De los buses como se denomina están Buses, Bus metropolitano. Por último, se tiene camiones que considera; camiones de dos o tres ejes luego los tractor remolque o semirremolque.

Los vehículos livianos especificados anteriormente no son considerados para el Diseño Estructural Del Pavimento Rígido por

los Métodos (PCA y AASHTO 93), por que causan un efecto mínimo sobre el pavimento proyectado.

5. Periodo de diseño

El periodo de diseño es la vida teórica del pavimento (periodo de análisis del tráfico) antes que requiera rehabilitación mayor o una reconstrucción del pavimento, no representa necesariamente la vida real del pavimento, dado que es difícil predecir con suficiente aproximación, comúnmente el periodo de diseño se representa en años.

6. Carril de diseño

Generalmente para vías y/o carreteras con dos carriles, el carril de diseño puede ser cualquiera de los dos, para vías y/o carreteras con múltiples carriles generalmente es el de los extremos, que son representados por una proporción de porcentaje para el carril de diseño.

a. Clasificación de calles urbanas

La clasificación de calles urbanas validos en la región, está dado según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (Norma Técnica - CE, s.f.).

- **Residencial ligera:** En la metodología original, estas calles no son largas y se encuentran en áreas residenciales. Ellas pueden ser calles sin retorno o con retorno. Sirven para tráfcos de aproximadamente 20 o 30 lotes o casas. Los volúmenes de tráfico son bajos, menos de 200 vehículos por día (VPD), con tráfico diario promedio de camiones (ADTT por sus siglas en ingles) de 2 a 4 (en dos

direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas). Las cargas máximas para estas calles son ejes simples de 80 KN. Y ejes tándem de 160 KN: Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Locales (Norma Técnica - CE, s.f.)

- **Residenciales:** Estas calles soportan tráfico similares a las residenciales ligeras, más algún camión pesado ocasional. Estas calles soportan tráfico que sirven hasta 300 casas, así como para recolectar todo el tráfico residencial ligero dentro del área y distribuirlo en el sistema principal de calles. Los volúmenes de tráfico van de 200 a 1000 VPD, con aproximadamente 10 a 50 ADTT. Las cargas máximas para estas calles son de 98 KN. Para ejes simples de 160 KN: para ejes tándem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de la clasificación a las Vías locales. (Norma Técnica - CE, s.f.)
- **Colectoras:** Estas calles recolectan el tráfico de diferentes Vías Locales y pueden tener varios kilómetros de largo. Pueden servir como rutas de buses y para el movimiento de camiones. los volúmenes de tráfico varían de 1000 a 8000 VPD, con aproximadamente 50 a 500 ADTT. Las cargas máximas para estas calles son 116 KN. Para ejes simples y 196KN: para ejes tándem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Colectoras. (Norma Técnica - CE, s.f.)
- **Comerciales:** Las calles comerciales proporcionan acceso a tiendas al mismo tiempo sirvan al tráfico en la zona co-

mercial, Las calles comerciales están frecuentemente congestionadas y las velocidades son bajas debido a los elevados volúmenes de tráfico, pero con un bajo porcentaje de ADDTT. Los volúmenes de tráfico promedio varían de 11000 al 17000 VPD, con aproximadamente 400 a 700 ADTT, con cargas máximas similares a las de las calles colectoras. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las vías Expresas (Norma Técnica - CE, s.f.)

- **Industriales:** Las calles industriales proporcionan acceso a áreas o parques industriales. Los volúmenes totales de VPD pueden ser bajos, pero el porcentaje de ADTT es alto. Los valores típicos de VPD están alrededor de 2000 a 4000, con un promedio de 300 a 800 ADTT. Los volúmenes de camiones no son muy diferentes que los de la clase comercial, sin embargo, las máximas cargas por eje son más pesadas, de 133 KN. Para ejes simples y 231 KN. Para ejes tándem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Colectoras. (Norma Técnica - CE, s.f.)
- **Arteriales:** Llevan el tráfico hacia y desde Vías Expresas y sirven para los movimientos principales dentro y a través de áreas metropolitanas no atendidas por las vías expresas. Las rutas de buses y camiones son usualmente por arteriales. Para propósitos de diseño se dividen en arteriales mayores y menores, dependiendo del tipo y capacidad del tráfico. Las arteriales menores soportan alrededor de 4000 a 15000 VPD, con 300 a 600 ADTT. Las arteriales mayores soportan alrededor de 4000 a 30000 VPD. Con 700 a 1500

ADTT y usualmente están sometidas a cargas de camiones más pesados. Las cargas máximas para las arteriales menos son de 116 KN. Para ejes simples y 196 KN. Para tándem. Las arteriales mayores soportan cargas máximas de 133 KN. Para ejes simples y 231 KN: para ejes tándem Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación las Vías Arteriales. (Norma Técnica - CE, s.f.)

1.6.3 EVALUACION DE SUELO DE LA SUBRASANTE EXPLORACIÓN DE SUELOS

En este punto será necesario la exploración de suelos y rocas, primero deberá efectuarse un reconocimiento amplio del terreno, para esta manera identificar mediante un examen visual el tipo de suelo de estudio. En este punto en donde deberán de llevar acabo, además la ejecución de calicatas o pozos exploratorios que preferentemente se deberán de realizar teniendo en consideración según el Manual de Sección, Suelos y Pavimentos del ministerio de Transporte y Comunicaciones los siguientes puntos:

- Modificaciones de la topografía por la naturaleza del suelo
- Zonas que soportaran terraplenes o rellenos mayor a 5.0 m
- Zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural en zonas de corte.

(PAVIMENTOS, s.f.)

a. CARACTERIZACION DE LA SUB RASANTE

Teniendo en cuenta del Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de secciones, suelos y pavimentos se llevará a cabo calicatas para determinas las características físico-mecánicas de la subrasante. "Las calicatas se ubicarán longitudinalmente en forma alternada, dentro de la faja que

cubre el ancho de la calzada con una profundidad mínima de 1.5 m". (MANUAL DE CARRETERAS, 2014). En este punto se tomará en cuenta el cuadro de numero de calicatas para exploración de suelos (IMAGEN 01), esta relación se aplica para pavimentos nuevos como mejoramiento sin distinción.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Tabla2. Numero de ensayos CBR

Fuente:(MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

b. CARACTERIZACIÓN DE LA SUB RASANTE

De los pozos de exploración realizados se obtendrá el material suficiente para poder realizar los diversos ensayos, esto dependerá del tipo de carretera (IMAGEN 02), esto con el fin de realizar ensayos de módulo de resiliencia o ensayos de CBR correlacionarlos con ecuaciones de MR. (PAVIMENTOS, s.f.)

Tipo de Carretera	N° M _R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Tabla3. Numero de ensayos CBR

Fuente: (MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

c. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo con la metodología para construcción de vías, la clasificación se realizará por AASHTO y SUCS (MANUAL DE CARRETERAS, 2014). Se utilizarán signos convencionales según ambos métodos. (IMAGEN 3 y 4). Se debe tomar en cuenta: (PAVIMENTOS, s.f.)

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Figura5. Simbología AASHTO

Fuente:(AASHTO S. , s.f.)

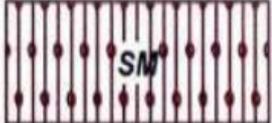
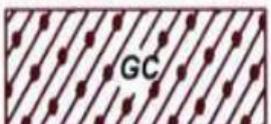
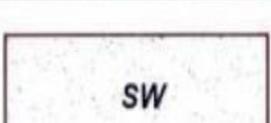
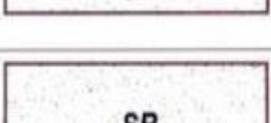
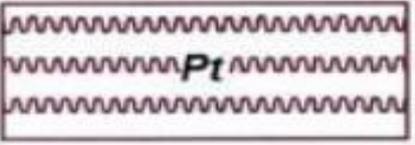
	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variacion en tamaños granulares.		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo organico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variacion en tamaños granulares y cantidades de particulas en tamaños intermedios		Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de particulas intermedios		Limo inorganico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elastico
	Arcilla inorganica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla organicas de mediana o elevada plasticidad, limo organico		
	Turba, suelo considerablemente organico		

Figura6. Manual de ensayos del MTC

Fuente: (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016)

- 1. GRANULOMETRIA:** Distribución de los tamaños que posee el material de muestra de acuerdo, calculando el porcentaje retenido por cada tamiz (3", 2", 2 ½ ", 1", ¾", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140, N° 200) (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016)
- 2. PLASTICIDAD:** "Es la propiedad de estabilidad de los suelos que poseen hasta cierto grado de humedad sin disgregarse, depende únicamente de sus finos" (MANUAL DE CARRETERAS, 2014). Se trabaja con los límites de Atterberg que establece el grado de sensibilización de un suelo en relación con su humedad, entrando a tallar el límite líquido (LL), que es cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado a un estado plástico (LP), que es cuando el suelo pasa de un estado plástico a semisólido y tiende a romperse. El índice de plasticidad se determina la diferencia del límite líquido y límite plástico y suele clasificar el suelo según (Tabla 4). (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016)

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Tabla 4. Clasificación de los suelos según su tamaño

Fuente: (MTC, 2014)

- 3. INDICE DE GRUPO:** "Es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basada en los límites de Atterberg"

(MANUAL DE CARRETERAS, 2014), se clasifica según el siguiente cuadro.

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUB RASANTE
IG MAYOR A 9	INADECUADO
IG ENTRE 4 A 9	INSUFICIENTE
IG ENTRE 2 A 4	REGULAR
IG ENTRE 1 A 2	BUENO
IG ENTRE 0 A 1	MUY BUENO

Tabla 5. Clasificación de los suelos según su tamaño

Fuente: (MTC, 2014)

Se define mediante la fórmula (expresado en número entero)

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01 (bd)$$

a= F -35, Expresado en un número entero (1-40)

b= F -15, Expresado en un número entero (1-40)

c= LL - 40, Expresado en un número entero (1-20)

d= IP -10, Expresado en un número entero (1-20)

4. CLASIFICACION DE LOS SUELOS: Considerando los puntos mencionados anteriormente, se estima el comportamiento de los suelos y calificarlos según AASHTO y SUCS según el siguiente cuadro correlacionado:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO M-145	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ASTM-D-2487
A-1-a	GW,GP,GM,SW,SP,SM
A-1-b	GM,GP,SM,SP
A-2	GM,GC,SM,SC
A-3	SP
A-4	CL,ML
A-5	ML,MH,CH
A-6	CL,CH
A-7	CH,MH,CH

Tabla 6. Clasificación de los suelos según su tamaño

Fuente: (MTC, 2014)

5. PROCTOR MODIFICADO: Tiene como objetivo determinar cuál es la densidad seca máxima y la humedad óptima que se puede obtener al ser compactado un suelo con una energía fijada. (MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

6. CBR: El ensayo CBR nos muestra la forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub- rasante o material de base de construcción de carreteras. Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. (MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

1.6.4 PAVIMENTO ASFALTICO

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.

No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra”(Monsalve, s.f.)

También conocido como pavimento flexible es una estructura formada por diversas capas entre ellas la sub rasante, la sub base y carpeta de rodadura de asfalto, teniendo cada una de ellas una función determinada y en conjunto teniendo según (BONNET, 2014) los siguientes propósitos:

1. Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga.
2. Tener la impermeabilidad necesaria. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.
3. Resistir la acción destructora de los vehículos. El pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
4. Resistir los agentes atmosféricos. Como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema, en la vida económica y útil del mismo.
5. Por lo tanto, deben procurarse materiales de mayor calidad y resistentes a los agentes físicos y químicos.
6. Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez u comodidad hacia el tránsito de vehículos. La superficie del pavimento debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie, que debe ser lisa, también debe ser antideslizantes en caso de estar húmeda.

7. Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base. La flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

1.6.5 CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

1. SUB BASE

La función de la sub base, en un pavimento flexible, es puramente económica, buscando así obtener un espesor utilizando el material más barato posible.

Podría construirse dicho espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, pero usualmente se hace aquella más delgada y se sustituya en parte por la sub base que es de menor calidad, trayendo como resultado un aumento en el espesor total del pavimento, pues es un hecho que cuando menor es la calidad del material utilizado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

Otra función de la sub base es la de servir de transición entre la base y la subrasante; ya que el material de la sub base es la de servir de transición entre la base y la sub rasante; ya que el material de la base es granular o más o menos grueso y el de la sub base es más fino que la anterior, de esta manera sirve como filtro para evitar que el material de la base se incruste en la sub rasante. LA sub base sirve también para absorber las deformaciones que provienen de la sub rasante y que pueden ser perjudiciales para el pavimento en general. Así también lo son los cambios volumétricos asociados a los cambios humedad. La sub base sirve también como drenaje para desalojar el agua a que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería“(DURAVIA, 2011).

De las funciones mencionadas anteriormente, la estructural y la económica son las que más se proyectan en la construcción de pavimentos, el resto dependen de las circunstancias y de los materiales

con lo que se cuente para la sub base. Generalmente las dos cualidades que se buscan en el material de subbase son: la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; teniendo cada una, en su razón de ser, la importancia de su preferencia. La resistencia friccionante contribuirá a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando buen comportamiento en cuanto a deformidad se refiere, como resultado de una buena compactación. La capacidad de drenaje, igualmente importante, es necesario debido a la doble función que realiza tanto con el agua que se infiltra de la superficie, como la que asciende por capilaridad. Los espesores de la sub base, son muy variables y dependen de cada proyecto específico, pero suele considerarse 12 a 15 cm. Como la dimensión mínima contractiva. (MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

Los materiales consistirán en materiales de tipo granular con las siguientes propiedades mínimas: un valor soporte (CBR) del 30 % sobre muestra saturada y compactada al 100% del Proctor Modificado u otra compactación que el diseñador especifique; un índice plástico (IP) no mayor de 9 y un límite líquido (LL) no mayor a 40. Los materiales de subbase deben ser de fácil compactación para alcanzar la densidad máxima determina. En el caso de que contengan gravas o rocas, éstas no deben ser mayores de los $\frac{2}{3}$ del espesor de la sub base. (MANUAL DE CARRETERAS, 2014)

2. BASE

Su función primordial es de la proporción un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia la sub base y sub rasante, en una intensidad adecuada. Esta también reduce el espesor de la carpeta más costosa. Muchas veces la base también debe trabajar como la sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente.

Básicamente el material que constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y provisto de vacíos” (DURAVIA, 2011).

3. CAPA DE RODADURA

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizado la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos”(DURAVIA, 2011).

La capa de rodadura también contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros). (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016)

1.6.6 METODO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

El método para utilizar estará basado en el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones vigente en el Perú, el cual usa criterios dados por el método AASHTO 93, el mismo que tiene como objetivo determinar los espesores de las 3 capas del pavimento considerando que el diseño depende, según (Menendez, s.f.) mayormente de dos aspectos básicos.

- a) Las cargas del tráfico en las zonas de diseño
- b) El tipo de sub rasante en el cual se asentará el pavimento.

LAS CARGAS DE TRAFICO EN LA ZONA DE DISEÑO

Las mismas que están expresadas en ESAL's (Equivalent Single Axle Loads) 18-Kip o 80- Kn o 8.2tn, Los cuales se denominan ejes equivalentes. Siendo la sumatoria de ESAL's durante el periodo de diseño w_{18} , ESALD o según (el Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, pág. 128 denominado como numero

de repeticiones de EE de 8.2t. y que se definen en tres categorías: Caminos de hasta 1000000EE, en el carril y periodo de diseño; caminos que tienen un tránsito, de 1000001 EE hasta 30000000 EE en el carril y periodo de diseño; caminos que tienen un tránsito mayor a 30000000EE, en el carril y periodo de diseño. (Menendez, s.f.).

EL TIPO DE SUB RASANTE EN EL CUAL SE ASENTARÁ EL PAVIMENTO

Las características de la sub rasante sobre las que se asienta en el pavimento, están definida en seis (06) categorías de sub rasante, en base a su capacidad de soporte CBR, como se verifica en el cuadro N° 03 – Categorías de sub rasante” (Menendez, s.f.).

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S0: SUB RASANTE INADECUADA	MENO A 3%
S1: SUB RASANTE INSUFICIENTE	DE 3 A 6%
S2: SUB RASANTE REGULAR	DE 6 A 10%
S3: SUB RASANTE BUENA	DE 10% A 20%
S4: SUB RASANTE MUY BUENA	DE 20 A 30%
S5: SUB RASANTE EXCELENTE	MAYOR AL 30%

Tabla 7. Clasificación de los suelos según su tamaño

Fuente: (MTC, 2014)

Se ha de considerar que para los materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR igual o mayor al 6%, con base a estos dos parámetros, tránsito expresado en EE y CBR de sub rasante correlacionado con módulo resiliente se definirá as secciones necesarias en el pavimento para lo cual se

necesitan los siguientes datos de entrada, basándose en el método guía AASHTO 93 de diseño. (PAVIMENTOS, s.f.)

FORMULACIÓN DE DISEÑO

Donde:

Zr: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado de la predicción del tráfico

(%R): Confiabilidad

PSI: Índice de serviciabilidad presente

Mr: Módulo de rotura del concreto en PSI

Cd: Coeficiente de drenaje

SNR: Número estructural propuesto.

1.6.7 PAVIMENTOS RÍGIDOS

Son aquellos en los que la capa superior del pavimento está compuesta fundamentalmente por hormigón. La característica más notable del pavimento rígido es su resistencia a la compresión, muy superior a la de la tracción. Para soportar esfuerzos a tracción se les colocan barras (juntas). Se encuentra apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subrasante del pavimento rígido, debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como a su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de

las subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.(DALLANA, 2012).

1.6.8 CAPAS DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO

Los pavimentos de concreto cuentan con diversas capas que se distribuyen desde la subrasante hasta la carpeta de rodadura, considerando que la calidad de los materiales a las capas va mejorando a medida que se aproxima a la carpeta de rodadura.

Los diferentes métodos de diseño consideran al menos las siguientes capas para los pavimentos de concreto:

SUB RASANTE

Es el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar.

Los materiales que pueden ser empleados como subrasante serán de preferencia materiales de tipo granular, tales como: GW, GP, SW, SM, ML o incluso SC, siempre que la arcilla no sea de alta plasticidad.

Antes de ser empleado debe ser perfilado y compactado entre el 95 y 100% de la máxima densidad seca obtenida con el ensayo Proctor Estándar AASHTO T-99.

En caso el suelo natural esté conformado por suelos finos y plásticos como CI,MH,CH,CL-ML, con LL entre 50 y 100% se analizará la necesidad de mejorarlos reduciendo su LL. Para mejorar así el IP. (DURAVIA, 2011).

RASANTE

En el caso de los pavimentos de asfalto es común que se contemple material de base adicional. En lo que a los pavimentos

de concreto se refiere esto no es común, pero podría darse el caso en situaciones extremas. La base constituye entonces, la capa intermedia entre la sub – base y la carpeta de rodadura y utiliza materiales granulares de excelente gradación.

Los diferentes métodos de diseño no limitan el espesor de las capas, sin embargo, espesores inferiores a 10 centímetros resultan muy difíciles de compactar. Por lo que sugiere no emplear espesores menos a 10 centímetros, siendo preferible trabajar con 15 centímetro. (DURAVIA, 2011).

1.6.9 METODO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO

El método a utilizar estará basado en el Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones vigente del Perú, el cual usa criterios dados por el método AASHTO 93, para lo cual basándose en términos de índice de servicio actual PSI se llevará a cabo el siguiente procedimiento (MANUAL DE CARRETERAS, 2014) :

1. Estimar el tráfico de periodo de diseño (W18)
2. Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar total.
3. Establecer el módulo de reacción efectivo de la sub rasante.
4. Determinar la pérdida de serviciailidad de diseño
5. Obtener espesores de la losa S
6. Establecer los espesores que satisfagan SN para lo cual, basándose en el método AASHTO 93, es necesario los siguientes datos:

- Periodo de diseño
- Tránsito de diseño
- Confiabilidad
- Serviciabilidad

- Propiedades del concreto
- Coeficientes de transferencia de carga
- Coeficiente de drenaje
- Espesores de losa requerido

1.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Diseño:** Proyecto, plan que configura algo. (RAE, DISEÑO, s.f.)
- **Infraestructura:** Obra subterránea o estructura que sirve de base de sustentación a otras. (RAE, PAVIMENTO FLEXIBLE, s.f.)
- **Vía:** Calle formada por dos filas paralelas de árboles u otras plantas. (RAE, s.f.)
- **Mejoramiento:** Acción y efecto de mejorar (RAE, s.f.)
- **Transito:** Ir o pasar de un punto a otro por vías o parajes públicos. (RAE, s.f.)
- **Peatón:** Persona que va a pie por una vía pública. (RAE, s.f.)

1.8 FORMULACION DE LA HIPOTESIS

El presente trabajo de investigación no presenta hipótesis; según (Galan,2009) "Las hipótesis en la investigación" párr. 2) "se formulan hipótesis en las investigaciones que buscan probar un impacto que tienen unas variables entre sí, o el efecto de un rasgo o variable en relación a otro, fundamentalmente son estudios que muestran la relación causa y efecto no todas las investigaciones llevan hipótesis, según sea su tipo de estudio (investigaciones de tipo descriptivo) no las requieren, es suficiente plantear algunas preguntas de investigación"; siendo el caso de la presente investigación debido a que analizará las variables de manera independiente para finalmente llegar a una conclusión respecto a su comportamiento.

1.9 PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

Con la presente investigación se pretende dejar como antecedente de tipo económico las diferencias que existen entre dos métodos y con qué clase de materiales es preferible trabajar en este tipo de zonas como lo es Juli ya que el clima y la sociedad influyen en la vida útil del pavimento a realizarse.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Material

- Material de afirmado de la Cantera
- Cemento Portland
- Informaciones bibliográficas (Entrevistas, Normas, Artículos, Guías, web site)
- Laptop
- Útiles de Escritorio

2.2 Material de Estudio

2.2.1 Población

Toda la extensión de la Avenida Revolución, que actualmente solo es una vía de tercera clase, que se proyecta un pavimento que cumpla con las expectativas tomando en cuenta los factores climatológicos. Son aproximadamente 815 m que se mejorará el tránsito vehicular y peatonal.

- **Unidad de Estudio:** Pavimento Rígido
- **Unidad de Estudio:** Pavimento Flexible

2.2.2 Muestra

Muestreo No probabilístico:

Es un método donde cada elemento de la población no tiene la misma probabilidad de pertenecer a las muestras.

Muestreo por conveniencia:

La muestra escogida es por conveniencia, porque es accesible para el investigador, ya que permite tomar los datos de la evaluación para el diseño del pavimento rígido y veredas de la Av. Revolución – Juli, con aproximadamente 815 m.

2.3 Técnicas procedimientos e instrumentos

2.3.1 Para recolectar datos

Guía de observación: Se usarán diferentes formatos para recolectar datos de ensayos de suelos, estudios topográficos, conteo de tráfico. (ver anexos)

2.3.2 Para procesar datos

Según la técnica empleada se usará datos de campo y muestras, para obtener parámetros de diseño, en función a los datos obtenidos mediante la observación, antecedentes y muestras.



Elaboración: Autor de la tesis

2.4 Operalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	Constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. (Monsalve,2014).	Se realizará el diseño que cumpla técnicamente para posteriormente realizar la evaluación económica.	TÉCNICA	Periodo de Diseño
				Tránsito de Diseño
				Confiabilidad
				Serviciabilidad
				Propiedades del Concreto
				Coefficiente de Transferencia de Carga
				Coefficiente de Drenaje
				Espesores de losa requeridos
			ECONOMICA	Costo Inicial
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	Pavimento formado por una bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub- base (Monsalve, 2014).	Se realizará el diseño que cumpla técnicamente para posteriormente realizar la evaluación económica	TÉCNICA	Periodo de Diseño
				Modulo de Resiliencia
				Confiabilidad
				Coefficiente estadístico de Desviación Estandar
				Desviación Estandar Combinada
				Indice de Serviciosibilidad Presente
				Coefficiente de Drenaje
				Numero Estructural propuesto
			ECONOMICA	Costo Inicial

III. RESULTADOS

3.1 ETAPA 1: SUELOS

EXPLORACION DE LOS SUELOS, CARACTERIZACION DE LA SUBRASANTE Y DETERMINACION DE LOS ENSAYOS CBR

Se realizó una exploración de suelos, identificándose que existe zona de préstamo, pudiendo considerarse la presencia de un suelo casi homogéneo. Con el objetivo de determinar las características físico-mecánicas se llevó a cabo 04 (cuatro) calicatas en diferentes puntos de la avenida en estudio (FOTOGRAFÍA 01, 02, 03 y 04), de acuerdo a los procedimientos del Manual de ensayo de materiales y cumpliendo con las especificaciones del Manual de Suelos del MTC (tabla 4.1), se realizaron un total de 4 calicatas en total con 0.60m x 1m de área y 1.50 metros de profundidad, ya que de acuerdo al IMDA se trata de una carretera de un IMDA menor a 200 vehículos por día (Según estudio de tráfico realizado); así mismo se evaluó el número de ensayos de CBR necesarios según el tipo de carretera (Imagen 02) determinándose la necesidad de (01) un ensayo.

DESCRIPCION

HUMEDAD NATURAL: Para poder hallar la granulometría hallamos la humedad natural, obteniendo 8.42% en el estrato de subrasante y 0.70 m. de profundidad y con una humedad de 15.29% de la profundidad de 0.70 m. hasta llegar al 1.50 m, según los procedimientos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E108) –(Ver cuadro 01 - 02)

GRANULOMETRÍA: Posteriormente realizamos, según el manual MTC E 107, el análisis granulométrico del suelo por tamizado, obteniendo que el 15.60% pasa por la malla 200, en el estrato de subrasante y 0.70 m. de profundidad, y 54.74% pasa por la malla 200, de la profundidad de 0.70 m. hasta llegar al 1.50 m. (Ver cuadro 03 - 04)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: De la misma manera se procedió a realizar los ensayos de límite líquido (MTC E110) y límite plástico (MTC E111) para determinar el índice de plasticidad, teniéndose los siguientes resultados: LL=27.24, LP=17.91 y IP=9.33. (Ver cuadro 05 y 06)

ÍNDICE DE GRUPO: Con los datos ya obtenidos se realizó el índice de grupo, según la fórmula dada por el método AASHTO M145

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

$$IG = 0.2(20) + 0.005(20)(0) + 0.01(40)(0)$$

$$IG = 4$$

-----> Según esta clasificación se trata de un suelo Regular.

CLASIFICACION DE SUELOS

Tomando en cuenta los datos anteriores se evaluó la clasificación según AASHTO (cuadro 08), determinándose su clasificación como un A-4, A-1-B y haciendo su correlación con SUCS, podría tratarse de un suelo CL(Arcilla de baja plasticidad, o un SM-SC(Arena limosa- Arena Arcillosa), y evaluando la clasificación según SUCS (cuadro 09), correspondería a un limo inorgánico perteneciente al grupo Lean arcilla o CL por tener un IP de 9.33 y menor de 20 (imagen 06, por lo que se puede definir como un suelo regular a malo, por lo que se evaluó el CBR como una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración.(Ver cuadros 08 y 09)

PROCTOR MODIFICADO: Se realizó el ensayo de laboratorio respectivo para determinar el contenido de humedad óptimo de nuestro suelo (Ver cuadro 10 y 11)

DENSIDAD MÁXIMA = 1.86

HUMEDAD ÓPTIMA = 9.7

CBR: Realizándose el ensayo según el manual MTC E 132 para determinar en laboratorio el CBR de suelos, se obtuvo lo siguiente (Ver cuadro 12 y 13):

GRAFICO 01,02 y 03 Curva de Penetración

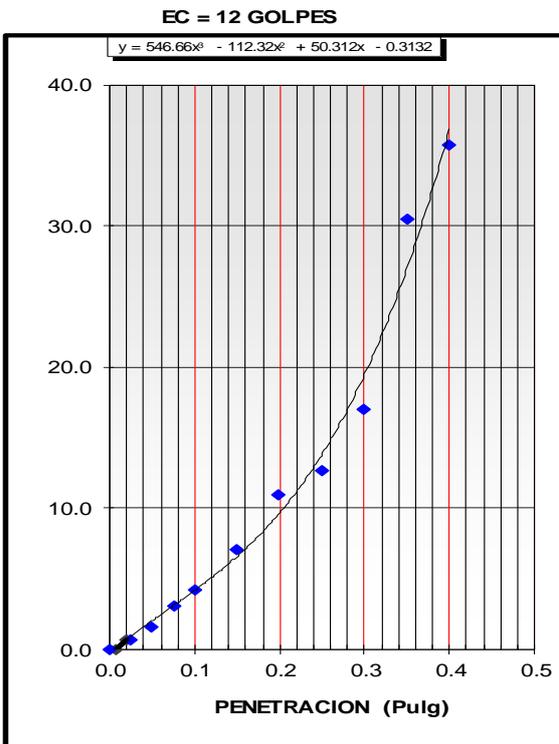
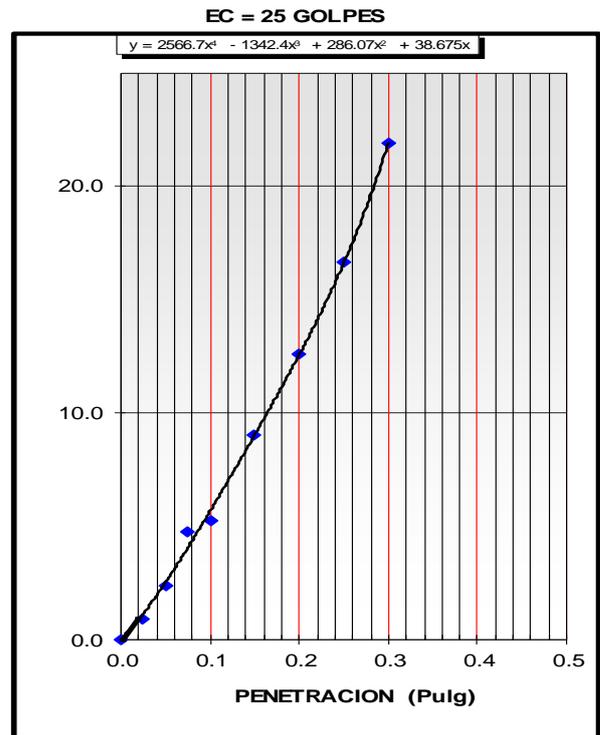
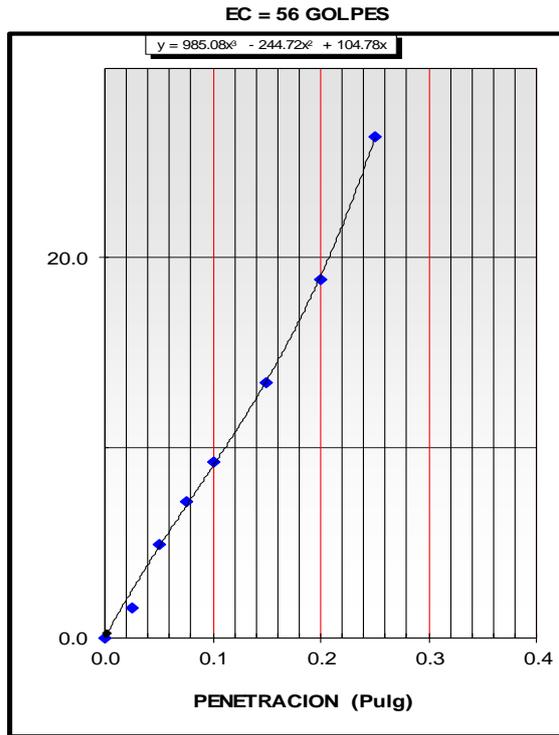
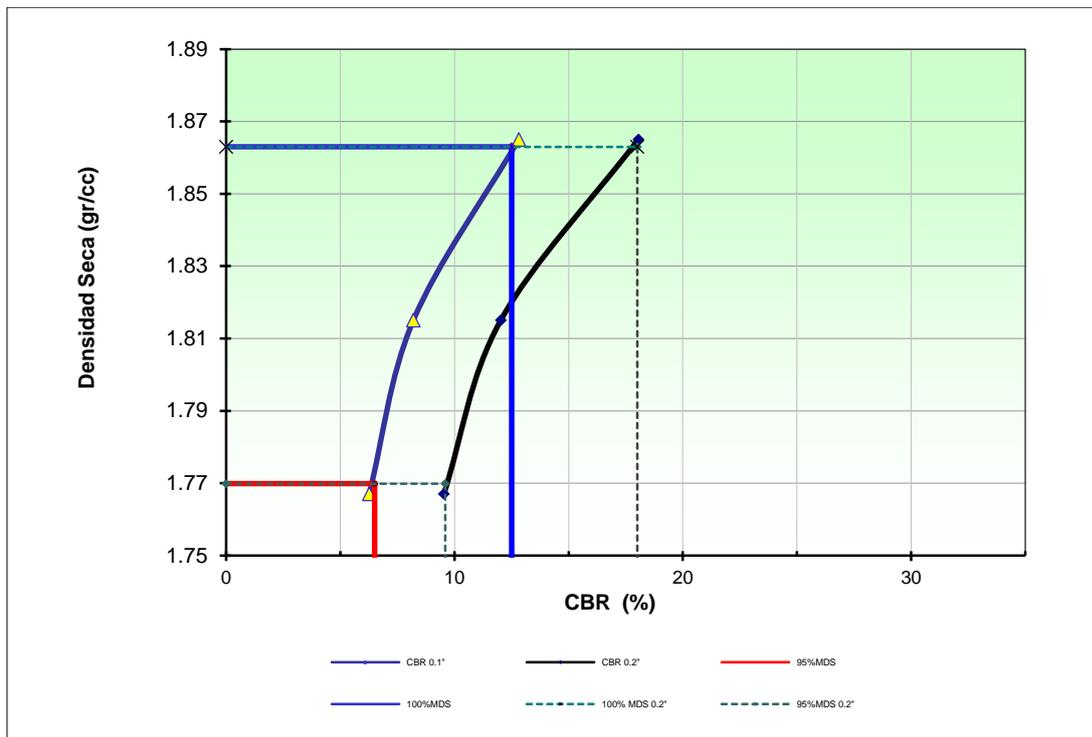


GRAFICO 04 Curva CBR



PENETRACION	0.1"	0.2"
56 GOLPES	9.015	19.047
25 GOLPES	5.768	12.687
12 GOLPES	4.407	10.061

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 12.5	0.2": 18.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.5	0.2": 9.6

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.863	gr/cc
Optimo Humedad	9.70	%

3.2 ETAPA 2: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla8. Índice medio Diario de la Zona de estudio

Tipo de vehículo	L	M	M	J	V	S	D	TOTAL, SEMANA	IMDs
Automóvil	67	72	176	78	65	62	189	709	101
Camioneta	46	48	116	40	35	29	112	426	61
Micro	31	28	80	25	12	11	78	265	38
Bus grande	3	2	13	1	0	0	1	20	3
Camión 2E	3	2	6	2	1	0	7	21	3
Camión 3E	3	1	2	1	0	3	0	10	1
Semi Traylor 2S3	2	1	2	1	1	3	1	11	2
TOTAL	155	154	395	148	114	108	388	1462	209

Fuente: Elaboración propia

Para un periodo de diseño de 20 años se calculó el ESAL, tomando como dato (SECC SUELOS Y PAVIMENTOS _ MANUAL DE CARRETERAS DEL MTC, Pág 64):

La tasa de crecimiento poblacional (Para vehículos de pasajeros): 1.64 % (Ver tabla 9)

La tasa anual del PBI regional (Para vehículos de carga): 3.64% (Ver tabla 9)

Tabla9. TASA DE CRECIMIENTO

TASA ANUAL DE CRECIMIENTO	
Población (%)	: 1.6%
Economía (%)	: 3.4%
Período de diseño (años)	: 20

Tabla 10. Cálculo de ESAL de diseño de la Zona de estudio

TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCION	IMDA	Fd	Fc	r (%)	n (años)	FCa	Fvp	PROMEDIO DE PRESION DE INFLADO (PPI-psi)	Fp (PPI*0.90)	EE (por vehículo)
B2	Omnibus 2E	3	0.5	1.0	0.02	20	23.45	18.000	122.2	1.150	265,765.00
C2	Camiones 2E	3	0.5	1.0	0.03	20	27.99	18.000	122.2	1.150	317,218.00
C3	Camiones 3E	2	0.5	1.0	0.03	20	27.99	25.000	122.2	1.150	293,720.00
T2S3	Semitrayler 5E	2	0.5	1.0	0.03	20	27.99	43.000	122.2	1.150	505,199.00

Fuente: Elaboración propia

Realizando la sumatoria de los Ejes equivalentes se obtendrá que:

$$EE = 1'381,902.$$

Asimismo, con este valor se diseñará los espesores del pavimento para la Av. Revolución Definimos el grado de confiabilidad (Tabla Suggested Levels of Reliability fo Various Fuctional Classication, del AASHTO Guide for Desig of Pavement Structures), obteniendo para arterias locales en zona rural un máximo de 80% para el grado de confiabilidad. (Ver imagen 11).

$$R\% = 85\%$$

Con este parámetro elegimos el valor de la desviación estándar normal (Z_r) para diferentes niveles de confiabilidad (Según AASHTO 93), la cual resulta -0.841(Ver imagen 11)

$$Z_r = -1.036$$

Posteriormente definimos el valor de la desviación estándar combinada (S_o), considerando que la guía AASHTO recomienda adoptar valores entre 0.40 y 0.50 así mismo el MTC del Perú 2012, pág 136 recomienda el valor de 0.35.

$$S_o = 0.45$$

Luego calculamos el módulo resiliente de la Subrasante (M_r), obtenido por correlación con el CBR, que usamos como 9 por lo que el módulo resiliente es 10426.00 (PSI) equivalente a 71.88 Mpa. (Ver imagen 12)

$M_r = 10426.00$ (PSI)

Quedando el M_r de diseño de la siguiente manera:

Tabla 11. Valor del M_r según el CBR obtenido.

N°	CALICATA	ZONA	CBR %	M_r (MPa)	M_r (psi)
1	C-01	JULI	9	71.88	10426.00

Fuente: Elaboración propia

Luego se determinó la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI), considerando la guía de AASHTO Guide for Desig of Pavement Structures, pág II-10, se tomaron los siguientes valores: $P_o = 4$ y $P_t = 2.5$ por lo que:

$\Delta PSI = 1.5$

Basándonos en la guía de AASHTO Guide for Desig of Pavement Structures, pág II-32 se determinó el número estructural requerido según la siguiente fórmula:

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

Resolviendo la ecuación se obtuvo:

SN = 2.688 REQUERIDO

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DATOS:

ESAL DE DISEÑO: **1'381,902.**

CONFIABILIDAD: **85%**

DESVIACION: **-1.036**

SER. INICIAL (Po): **4**

SER. FINAL (Pt): **2.5**

DELTA PSI: **1.50**

SO: **0.35**

DATOS DEL SUELO

CBR BASE (%): **80**

MODULO RESILIENTE (Psi): **10426.00**

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \text{log}_{10}(\text{SN}+1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10}(\Delta\text{PSI}/(4.2-1.5))}{0.4 + (1094/(\text{SN}+1)^{5.19})} + 2.32 * \text{log}_{10} M_R - 8.07$$

Log10(W18)

 **6.14**

Numero Estructural (SN)

 **2.688**

Tabla 12. Diseño Final de pavimento flexible

CAPA DE MATERIAL	COEFICIENTE DE DRENAJE (m)	ESPESOR(Pulg)	NUMERO ESTRUCTURAL DE CAPA(SN)	ESPESOR(cm)
ASFALTO	1	4	0.5	10
BASE GRANULAR	1	8	1.1	20
SUB BASE GRANULAR	1	10	1.3	25

3.3 ETAPA 3: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Con el conteo vehicular ya realizado se calculó el número de repeticiones de ejes equivalentes, con la siguiente formula:

$$N_{rep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}}} = \sum [EE_{dia-carril} \times F_{cax365}]$$

Tabla 13. Número de Repeticiones Acumulados de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Rígidos

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

Fuente: Elaboración Propia

Nota: TPx: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Según el resultado de ESAL de Diseño corresponde el Tipo de Tráfico Pesado TP5, por encontrarse en el rango de $> 1'000,000 \text{ EE} \leq 1'500,000 \text{ EE}$, que servirá para el análisis técnico de alternativas para la estructura del pavimento.

Tabla 14. Factor de ajuste por presión de neumático

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (F_p) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): esta referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manula MS-1 del Instituto de Asfalto

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

DISEÑO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

Se aplicará la siguiente fórmula

$$\log_{10} W_{82} = Z_{R0} + 7.35 \log(D_0 + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 + 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_{rC_d} (0.09 D)^{0.75} - 1.132}{1.51 \times (0.09 D)^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}} \right)$$

NÚMERO PREVISTO PARA EJES EQUIVALENTE:

Se tomó un periodo de estudio de 20 años y se determinó:

Tabla 15. Factor de Serviciabilidad

Tipo de caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Indice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	Indice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)	Diferencial de serviciabilidad (Δpsi)
caminos de bajo volumen de tránsito	Tp1	150001	300000	4.1	2	2.1
	Tp2	300001	500000	4.1	2	2.1
	Tp3	500001	750000	4.1	2	2.1
	Tp4	750001	1000000	4.1	2	2.1
Resto de caminos	Tp5	1000001	1500000	4.3	2.5	1.8
	Tp6	1500001	3000000	4.3	2.5	1.8
	Tp7	3000001	5000000	4.3	2.5	1.8
	Tp8	5000001	7500000	4.3	2.5	1.8
	Tp9	7500001	10000000	4.3	2.5	1.8
	Tp10	10000001	12500000	4.3	2.5	1.8
	Tp11	12500001	15000000	4.3	2.5	1.8
	Tp12	15000001	20000000	4.5	3	1.5
	Tp13	20000001	25000000	4.5	3	1.5
	Tp14	25000001	30000000	4.5	3	1.5
	Tp15	>30000000		4.5	3	1.5

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 16. Factor de Desviación normal estándar

Tipo de caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de confiabilidad (R)	Desviacion Estandar Normal (ZR)
caminos de bajo volumen de transito	Tp0	100000	150000	65%	-0.385
	Tp1	150001	300000	70%	-0.524
	Tp2	300001	500000	75%	-0.674
	Tp3	500001	750000	80%	-0.842
	Tp4	750001	1000000	80%	-0.842
Resto de caminos	Tp5	1000001	1500000	85%	-1.036
	Tp6	1500001	3000000	85%	-1.036
	Tp7	3000001	5000000	85%	-1.036
	Tp8	5000001	7500000	90%	-1.282
	Tp9	7500001	10000000	90%	-1.282
	Tp10	10000001	12500000	90%	-1.282
	Tp11	12500001	15000000	90%	-1.282
	Tp12	15000001	20000000	90%	-1.282
	Tp13	20000001	25000000	90%	-1.282
	Tp14	25000001	30000000	90%	-1.282
	Tp15	>30000000		95%	-1.645

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO (K, Kc)

La capacidad de soporte de un suelo se expresa en términos de la reacción de la subrasante del suelo K este valor se modifica debido a la colocación de una base granular o de una base suelo cemento determinando un valor de reacción combinado Kc del suelo y la base donde Kc es igual:

$$Kc = K + 0.02 * \left(1.2 * e + \frac{e^2}{12} \right) \quad \text{Para base granular}$$

Donde:

K = Módulo de reacción de la subrasante (Kg/cm²/cm)

Kc = Módulo de reacción combinado de la base (Kgr/cm²/cm)

e = Espesor del base en cm

(Para el caso de pavimento rígido la base puede ser sustituida por la sub base)

Fórmula válida para $e < 30$ cm

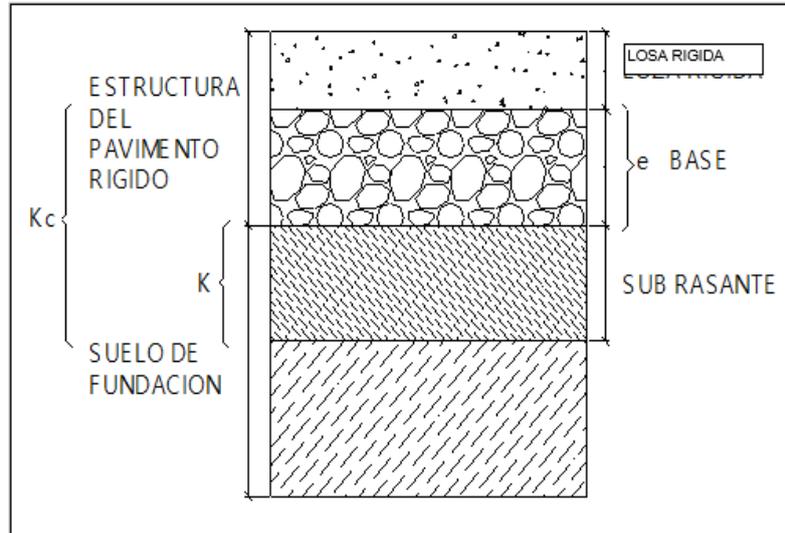
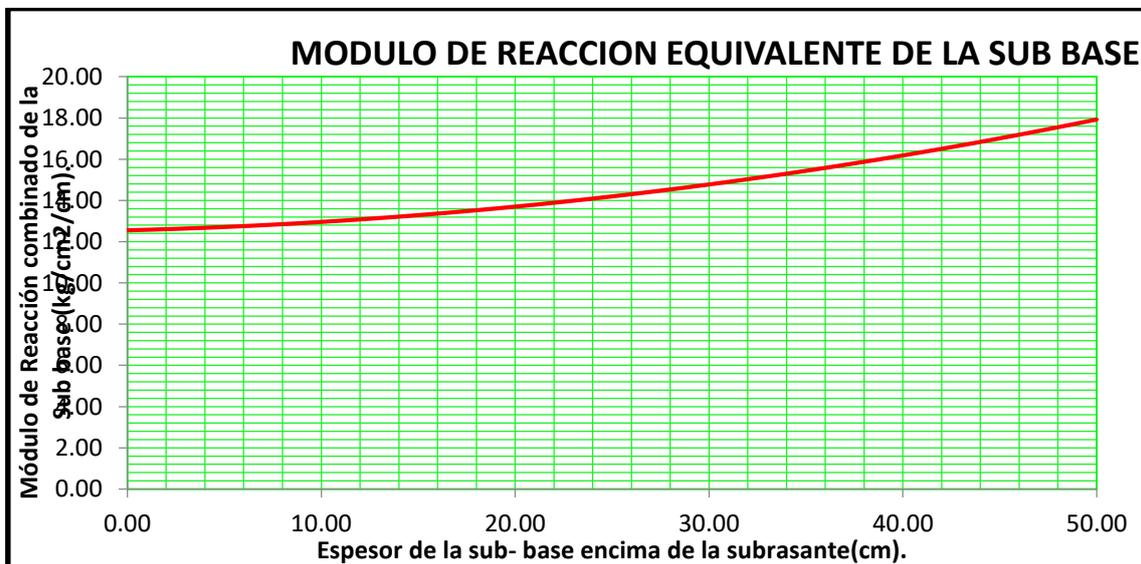


Figura 7. Sección típica de pavimento rígido

Fuente: (Armijos, 2009)

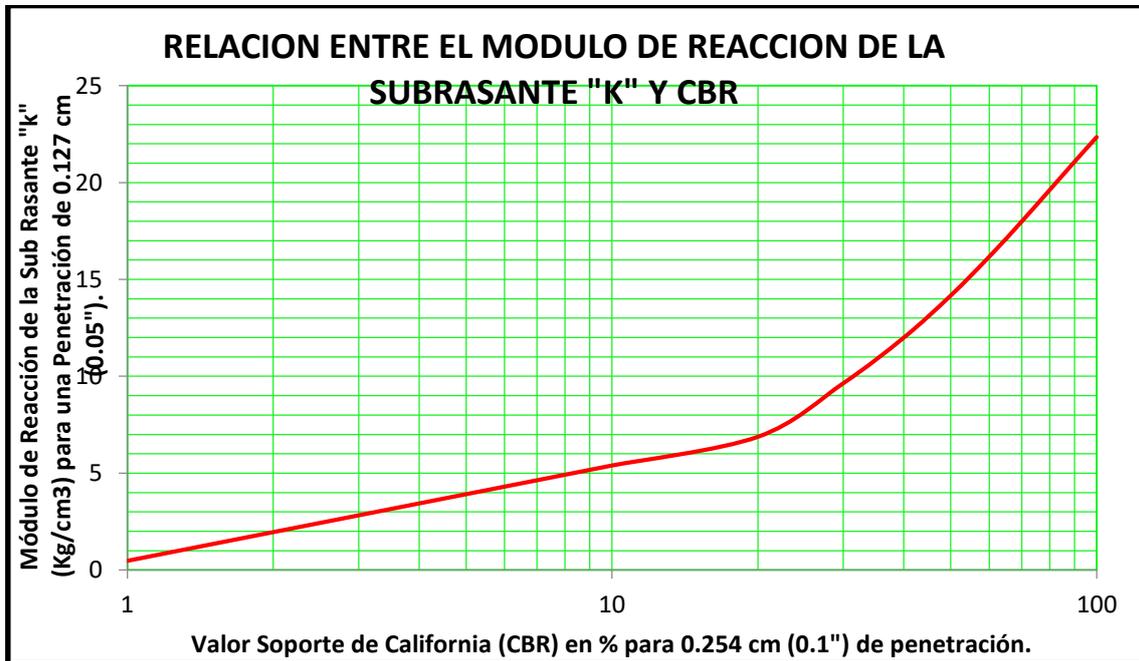
GRAFICO 05 Modulo de Reacción Equivalente de la Sub Base



Fuente: Elaboración Propia

El módulo de reacción de la sub rasante K se obtiene de la prueba de carga directa (Ensayo en Placa) pero también se puede obtener en forma indirecta a partir del CBR de diseño o CBR representativo usando el ábaco siguiente:

GRAFICO 06 Relación entre Modulo de Reaccion de la Subrasante "K" y CBR



Fuente: Elaboración Propia

El Gráfico está obtenido de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$K = 2.1366 * \ln(X) + 0.4791 \quad \text{para CBR} \leq 18 \quad \%$$

$$K = -0.0009 * X^2 + 0.2985 * X + 1.4950 \quad \text{para CBR} > 18 \quad \%$$

De los ensayos de laboratorio el CBR, el valor promedio calculado será de:

CBR	42.50	%
K	12.56	Kg/cm ³
base	30	cm
Kc	14.78	Kg/cm ³

(De acuerdo a Tablas contra el 75.7% dado por el laboratorio)

$$\mathbf{Kc: 14.8 \quad Kg/cm^3}$$

1. CARACTERÍSTICAS DE SUELO DE FUNDICION

Ecuación Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)				CBR =	7.58	% (SUB RASANTE)
	$MR = 2555 (CBR)^{0.64}$					
	MR =	9,340.70	psi	=	64.45	Mpa

2. CARACTERÍSTICAS DE LA BASE

Tabla 17. Características de la base - Pavimento rígido

Trafico	Ensayo Norma	Trafico
Para trafico $\leq 15 \times E6$	MTC E 132	CBR minimo 40% (1)
Para trafico $> 15 \times E6$	MTC E 132	CBR minimo 60% (1)

(1) Referido al 100% de la maxima densidad seca y una penetracion de carga de 0.1" (2.5mm)

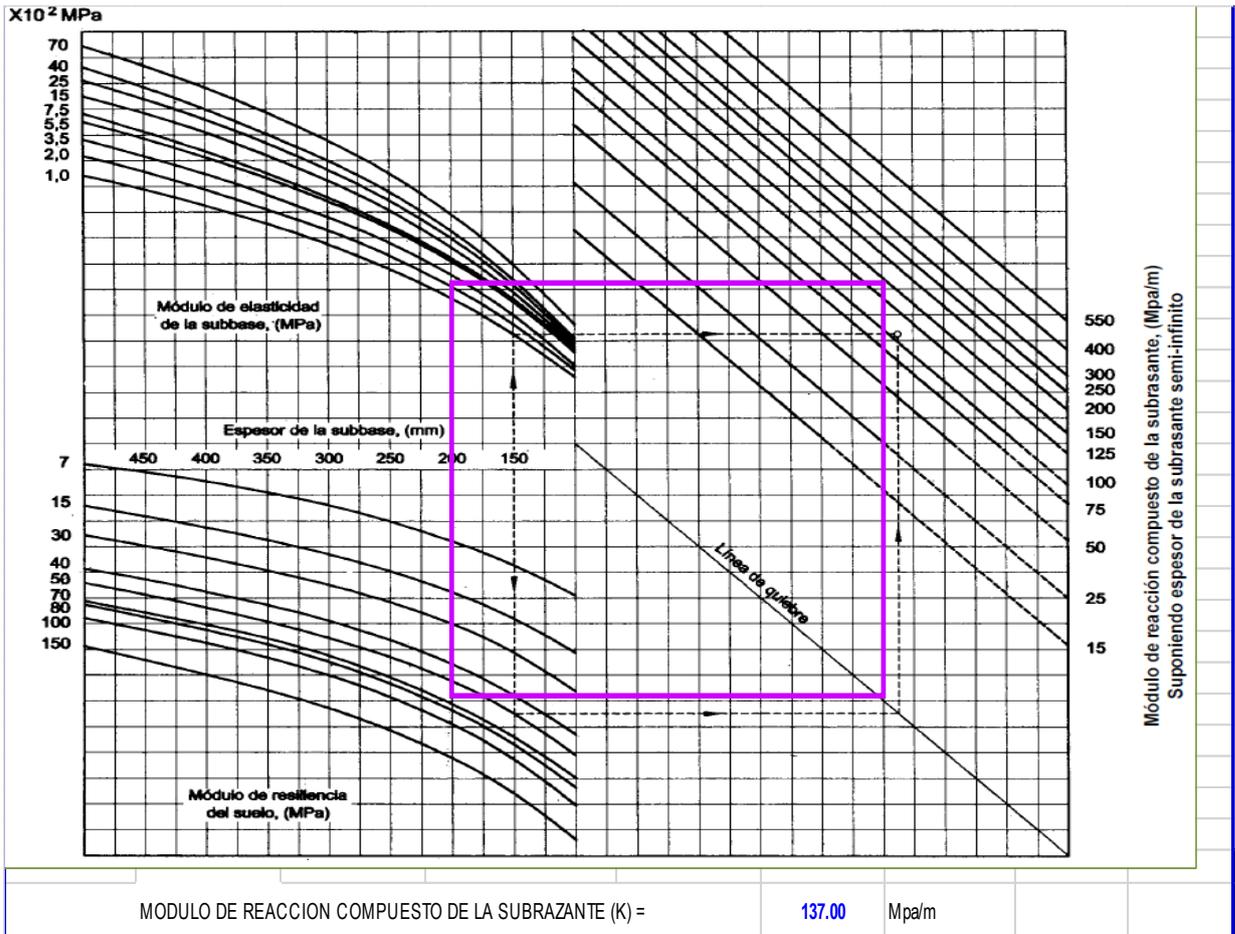
Fuente : Manual de suelos y pavimentos

Ecuación Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)				CBR =	71.50	% (SUB BASE PROPUESTA)
	$Me = 2555 (CBR)^{0.64}$					
	Me =	39277.77	psi	=	271.02	Mpa
	Espesor Sub Base=	200.00	mm			(Espesor de sub base asumida para el modelamineto)

En el monograma

1. Estimamos el espesor de la sub base como dato preliminar
2. Obtenemos el módulo resiliente y módulo de lasticidad del suelo de fundación y de la sub base respectivamente
3. Proyectamos con las flechas y obtenemos el módulo de reacción compuesto

Monograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, suponiendo una profundidad infinita



3. CARACTERISTICAS DEL CONCRETO

Tabla 18. Características del concreto - Pavimento rígido

Rangos de trafico pesado Expresado en EE	Resistencia Minima a la flexotraccion del concreto (MR)	Resistencia Minima Equivalente a la compresion del concreto (fc)
<=15xE6 EE	40 kg/cm2	280 kg/cm2
> 5 E6 EE <=15xE6 EE	42 kg/cm2	300 kg/cm2
<=15xE6 EE	45 kg/cm2	350 kg/cm2

A. Resistencia a la compresión del Concreto	f_c (kg/cm2)= 210	f_c (psi)= 2,986.9	
B. Módulo de elasticidad del concreto E_c (PSI)	$E_c(psi) = 57,000[f'_c(psi)]^{0.5}$	E_c (psi)= 3,115,191.1	E_c (Mpa)= 21,494.8
C. Módulo de rotura S'_c (psi)		M_r (psi)= 624.0	M_r (Mpa)= 4.3
D. Módulo elástico de la sub base - CBR: 40% (Mpa)	Para Trafico $\leq 15xE6$ EE	E_c (Mpa)= 271.0	

4. DRENAJE DEL PAVIMENTO

Tabla 19. Calidad de Drenaje - Pavimento rígido

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Exelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Exelente	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
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Cd = 0.90

5. COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CARGA

El coeficiente de transferencia de carga depende del tipo de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, La existencia o no de dispositivos de transmision de cargas

Tabla 20. Coeficiente de transmisión de Carga - Pavimento rígido

Tipo de Berma	"J"			
	Elemento de transmisión de carga			
	Granular o Asfáltico		Concreto Hidráulico	
	SI (con pasadores)	NO (Sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (Sin pasadores)
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	----	2.3 - 2.9	----

J = 2.80

6. PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

El parametro sintetiza el criterio de diseño AASHTO: Servicio o serviciabilidad , AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parametros: indice de servicio inicial (Pi) e indice de servicio final o Terminal (Pt). En la ecuacion se ingresa la diferencia entre los valores de serviciabilidad inicial y final, determinandose una variacion o diferencial entre ambos indices (Variacion PSI).

Tabla 21. Perdida de serviciabilidad - Pavimento rígido

Trafico	Pi	PT	Δ PSI
Tp5	4.3	2.5	1.8

7. Confiabilidad (R) y la desviación Estandar (So)

El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el proposito cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la "misma forma" presenten comportamiento de deterioro diferentes. La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

Tabla 22. Confiabilidad y Desviación Estandar - Pavimento rígido

Trafico	Nivel de confiabilidad ®	Desviación Normal (Zr)	Desviación Estandar (So)
Tp5	85%	-1.036	0.35

8. RESUMEN DE DATOS DE TRAFICO Y OTRAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

Tabla 23. Resumen de datos de trafico y otras propiedades de la subrasante

PARAMETROS DE DISEÑO	VALORES	
A. Numero de ejes equivalentes total (W 18)	1.38E+06	Tp5
B. Factor de confiabilidad (R)	85%	
Estándar normal desviate (Zr)	-1.036	
Overall estándar deviation (So)	0.35	
C. Modulo efectivo de reaccion de la subrasante - K (Mpa/m)	137.0	
Modulo resiliente de subrasante - Mr (Mpa)	64.45	
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4.3	
E. Serviciabilidad final (pt)	2.5	
F. Periodo de diseño (años)	20	

9. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

$$Log_{10}W_{8.2} = Z_R S_O + 7.35 Log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times Log_{10} \left(\frac{M_r C_d \left(0.09 D^{0.75} - 1.132\right)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)} \right)$$

Donde:

W_{8.2} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_O = 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

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = 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.

Log ₁₀ (W _{8.2})=	1.38E+06	>=	1.38E+06
D=	148.7	mm	
D=	200	mm (para diseño)	

Tabla 24. Estructuración del Pavimento Rígido

ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO			
ESPELOR DE LA BASE GRANULAR	=	20.0	cm
ESPELOR DE LOSA (D)	=	20.0	cm

3.4. ETAPA 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se tomó en consideración un análisis económico estimado de los pavimento, Flexible y Rígido para la evaluación del proyecto.

Tabla 25. Presupuesto estimado de Pavimento Flexible

PRESUPUESTO ESTIMADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	METRADO	COSTO S/.
TRAZO Y REPLANTEO	1	9979.44	9979.44
EXCAVACION	12	4670.378	56044.54
ELIMINACION	25	5837.98	145949.50
NIVELACION Y COMPACTACION	40	8709.68	348387.20
BASE	25	8709.68	217742.00
SUB BASE	20	8709.68	174193.60
CARPETA ASFALTICA	75	8709.68	653226.00
	PRECIO DEL PAVIMENTO	S/.	1,605,522.28
	PRECIO POR M2 PAVIMENTO FLEXIBLE	S/.	160.88

Tabla 26. Presupuesto estimado de Pavimento Rígido

PRESUPUESTO ESTIMADO DE PAVIMENTO RÍGIDO			
DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	METRADO	COSTO S/.
TRAZO Y REPLANTEO	1	9979.44	9979.44
EXCAVACION	12	4670.378	56044.54
ELIMINACION	25	5837.98	145949.50
NIVELACION Y COMPACTACION	40	8709.68	348387.20
BASE	25	8709.68	217742.00
LOSA	82	8709.68	714193.76
	PRECIO DEL PAVIMENTO	S/.	1,492,296.44
	PRECIO POR M2 PAVIMENTO FLEXIBLE	S/.	149.54

IV. DISCUSIÓN

Según los ensayos de CBR realizados, verificados por un laboratorio de mecánica de suelos, el valor obtenido (9%) se encuentra dentro de los valores permisibles para ser usados como subrasante considerándose para el Manual de sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones como un suelo para subrasante regular al estar dentro del rango de 6 a 10%, así mismo es clasificado como un suelo Arcilloso CL según SUCS y un suelo A-4 según AASHTO; con un valor de grupo de 4 dentro del rango regular.

Según el diseño del Pavimento Flexible utilizando el Método AASHTO-1993, se tiene como espesores lo siguiente: Carpeta Asfáltica de 10 cm, Base Granular de 20 cm y la Sub-base Granular de 25 cm; teniendo el pavimento flexible un espesor total de 55 cm, según los resultados obtenidos, con estos valores se cumple con los requisitos mínimos de diseño, es decir los espesores mínimos de carpeta asfáltica.

Según el diseño del Pavimento Rígido utilizando el Método AASHTO-1993, se tiene como espesores lo siguiente: Una losa de 20 Cm. Y base de 20 Cm. Las cuales están destinados a resistir y distribuir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de sub rasante y/o suelo de fundación de la Avenida lleguen los menores esfuerzos y lo más uniformemente distribuido posible. El material de la Sub Base Granular será un material tratado que cumpla la gradación "A" de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG - 2013.

Evaluando la presente tesis con la utilizada en los antecedentes de **(Vega Pérrigo, 2018)**, en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada **DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000)** Tuvo semejanza en entre sus objetivos, ya que al realizar el diseño de pavimento rígido para una ciudad como Yurimaguas basándose, no solo en el tránsito, sino también en el comportamiento que este tendrá ante el clima, partiendo del tipo de suelo y clima al que será expuesto la pavimentación del ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS, el pavimento rígido, no solo es una solución eco amigable, si no también resistente y duradera para el tipo de zona

tipográfica en el que se encuentra. En el caso de pavimentación rígida para Juli, como se propone en la presente tesis, es una solución que es aceptable con el medio ambiente y con la durabilidad del proyecto.

Considerando que, **(Henry Hanco, 2016), en su tesis denominada ESTUDIO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. PERU DE LA CIUDAD DE JULIACA, TRAMO 1 JR. MANTARO – JR. FRANCISCO PIZARRO.** Donde el objetivo principal de la tesis es determinar los espesores del pavimento rígido que garanticen el periodo de vida útil del pavimento e identificar los medios o variables que serán necesarios para proponer el estudio definitivo de ingeniería de la Av. Perú.

Con la investigación realizada en la Av. Perú - Juliaca se pudieron presentar soluciones acordes a la realidad social y climatológica del lugar. De acuerdo a los datos e información debidamente fundamentada se puede respaldar la propuesta de un pavimento rígido en la ciudad de Juli, ya que en lugar el clima suele afectar los pavimentos flexibles y rígidos, pero se optó por el pavimento rígido ya que es de más durabilidad al ser una mezcla de concreto y agregado fino tiene menos agentes contaminantes con el medio ambiente y al mismo tiene más durabilidad y resistencia, lo que se traduce en tiempo de vida y aporte al desarrollo de la ciudad.

V. CONCLUSIONES

Se realizaron los estudios de suelos respectivos de acuerdo con los procedimientos del Manual de ensayo de materiales y cumpliendo con las especificaciones del Manual del Suelos del Ministerio de transporte y comunicaciones, encontrándose con que la zona de estudio cuenta suelo, según la clasificación AASHTO, de categoría A-4 pudiéndose considerar como un suelo de regular a malo; con relación a la clasificación SUCS, se describe como un suelo de clase CL, que viene a ser un suelo arcilloso de material inorgánico; además, tomando en cuenta los parámetros necesarios se efectuó el Proctor modificado obteniendo una humedad óptima de 9.7, que se encuentra por encima de la humedad natural, en un ensayo de densidad controlada. Con el valor de la humedad se realizó el ensayo del CBR obteniendo un valor del 9 el cual se encuentra dentro de los límites accesibles para ser usado como subbase, considerándose un suelo regular.

Se elaboró el diseño de espesores de pavimento flexible mediante el METODO AASHTO 93, obteniéndose como resultado una Sub Base de 25 cm, una Base de 20 cm y la Carpeta Asfáltica de 10 cm. Se determinó un costo estimado por M2 de 160.88 soles para todo el proyecto que tiene un total de 9979.44m²

Se elaboró el diseño de la losa de pavimento rígido mediante el METODO AASHTO 93, obteniéndose como resultado una Base de 20 cm, una losa de 20 cm.

Se determinó un costo estimado por M2 de 149.54 soles para todo el proyecto que tiene un total de 9979.44m²

VI. RECOMENDACIONES

Analizar un diseño con un suelo estabilizado, el cual conllevaría a un mejor suelo de fundación, esta alternativa podría ser evaluada para un diseño más seguro, porque si bien nuestro CBR está dentro de los valores aceptables, una estabilización del suelo subiría la capacidad portante de la subrasante.

Es necesario desarrollar Estudios de Sub-Suelo: tiene su origen en defectos en una o más de las capas que conforman la estructura de las Calles, las cuales están destinados a resistir y distribuir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de sub rasante y/o suelo de fundación de la Avenida lleguen los menores esfuerzos y lo más uniformemente distribuido posible. El material de la Sub Base Granular será un material tratado que cumpla la gradación "A" de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG - 2013. Las calicatas se excavaron en la avenida y pasaje Velasco a 200 metros de longitud con una profundidad de 1.20 metros, las muestras obtenidas se describieron in-situ macroscópicamente, así como se tomaron muestras para el ensayo en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Recuperado el 17 de Junio de 2018

AASHTO, S. (s.f.).

Alejandro Ruiz, B. (2011). *ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/T-ESPE-030924.pdf>

Alfonso Montejá Fonseca, P. 2. (s.f.). *Ingeniería de pavimentos* .

Armijos, C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calle de la ciudad de Loja*. Tesis pregrado , Universidad técnica particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil , Loja - Quito. Recuperado el 16 de Junio de 2018

BONNET. (2014).

Castillo, J. Y. (2017). *DETERMINACION Y EVALUACION DE LAS PATOLOGIAS EN LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PAMPA ALEGRE CUADRAS 1 , 2 y 3 – DISTRITO DE SAN MIGUEL DEL FAIQUE – PROVINCIA DE HUANCABAMBA – DEPARTAMENTO DE PIURA - MARZO 2017*. Obtenido de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2187/PAVIMENTOS_PATOLOGIAS_REYES_CASTILLO_JUNIOR_YAGIMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DALLANA, M. (2012). *PAVIMENTOS RIGIDOS*.

DURAVIA. (2011). Obtenido de <http://www.duravia.com.pe/>

EMB Construcción . (Diciembre de 2014). Obtenido de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3119&srch=pavimentos%20en%20chile&act=4&tip=3>

Estudio integral de alternativa de pavimentación del centro poblado menor de Salcedo, A. G. (s.f.). *Estudio integral de alternativa de pavimentación del centro poblado menor de Salcedo, A. Gálvez, D. Quispe, pág. 243*.

Henry Hanco, L. (2016). Obtenido de [file:///C:/Users/HP/Downloads/ESTUDIO-Y-DISE%C3%91O-DEL-PAVIMENTO-RIGIDO-EN-LA-AV.PERU-DE-LA-CIUDAD-DE-JULIACA-TRAMO-I-JR.MANTARO-JR.FRANCISCO-PIZARRO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/ESTUDIO-Y-DISE%C3%91O-DEL-PAVIMENTO-RIGIDO-EN-LA-AV.PERU-DE-LA-CIUDAD-DE-JULIACA-TRAMO-I-JR.MANTARO-JR.FRANCISCO-PIZARRO%20(1).pdf)

Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*. Tesis Maestría, Universidad Andina Néstor Cáseres Velásquez, Puno, Juliaca. Recuperado el 09 de Junio de 2018

Inversión sistema Nacional de Inversión, p. 3. (s.f.).

Iván, Zagaceta , & Ramiro, Romero. (2008). *EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO PREMEZCLADO EN LA MODERNIZACION Y REHABILITACION DE LA AVENIDA ARBOLEDAS*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2598/CONCRETO%20HIDRAULICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Jorge Provoste, R. (2014). *Análisis Estadístico de Fallas en Pavimentos Rígidos aplicado en tres calles de la Ciudad de Valdivia*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcip969a/doc/bmfcip969a.pdf>
- Llosa, J. (2018). *Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Departamento de ingeniería civil, Lima. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MANUAL DE CARRETERAS, 2. (2014). *SUELOS Y PAVIMENTOS*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2. (2016). *MTC*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- MEF, M. d. (s.f.).
- Menendez, M. (s.f.).
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2. (2014).
- Monsalve. (s.f.).
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos - Evaluación Estructural obras de mejoramientos y nuevas tecnologías* (Segunda ed., Vol. II). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MTC. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MTC. (2018). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 09 de Junio de 2018
- MTC. (2018). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- mundial, b. (2017). *objetivo de desarrollo sostenible*. Madrid. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#1>
- RAE. (s.f.). *deterioro*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=Da706vn>

RAE. (s.f.). *DISEÑO*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=Da706vn>

RAE. (s.f.). *PAVIMENTO FLEXIBLE*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=Da706vn>

UMMS, F. d. (s.f.). *Guía de Pavimentos*.

Vega Pérrigo, D. A. (2018). *DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000)*. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISE%C3%91O_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Watanabe, C. &. (2017). *APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CAMINO REAL DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA DEL DISTRITO DE TRUJILLO*. Trujillo. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/RE_ING.CIVIL_LUIS.CANTUARIAS_JORGE.WATANABE_M%C3%89TODO.PCI_DATOS%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/RE_ING.CIVIL_LUIS.CANTUARIAS_JORGE.WATANABE_M%C3%89TODO.PCI_DATOS%20(1).PDF)

Yonel, N. G. (2018). *PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO EN LA AVENIDA TODOS LOS SANTOS DE LA CIUDAD DE CHOTA*. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2076/TESIS%20IMPRIMIR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO DEPARTAMENTO DE PUNO

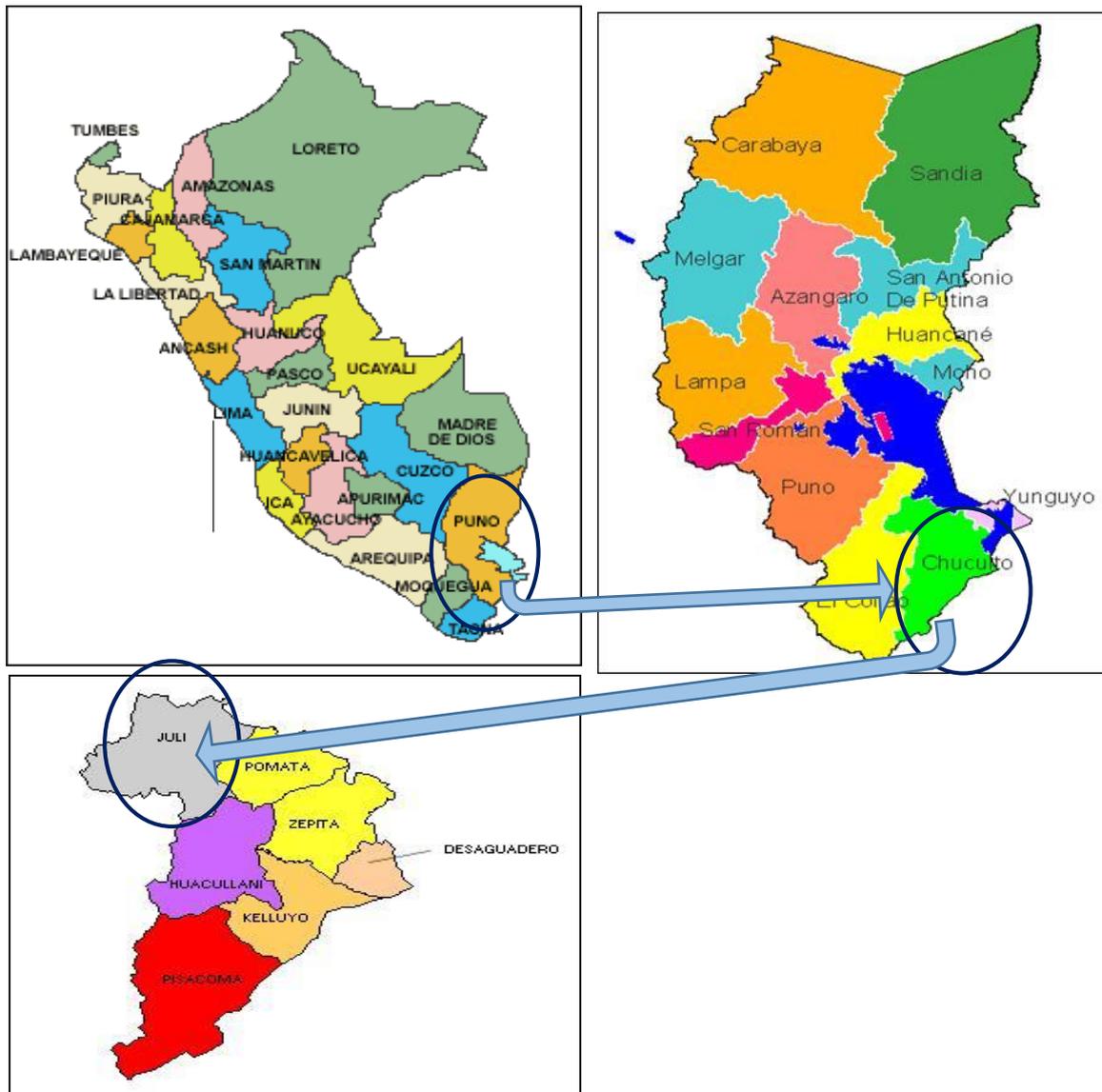
ASPECTOS GENERALES

La provincia de Chucuito, es considerada **zona de frontera** puesto que se encuentra en la frontera con el Estado Plurinacional de Bolivia, asimismo el distrito de Juli se encuentra ubicada como se muestra en la siguiente figura:

Departamento : Puno
 Provincia : Chucuito
 Distrito : Juli

FIGURA N° 8

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO – DISTRITO DE JULI



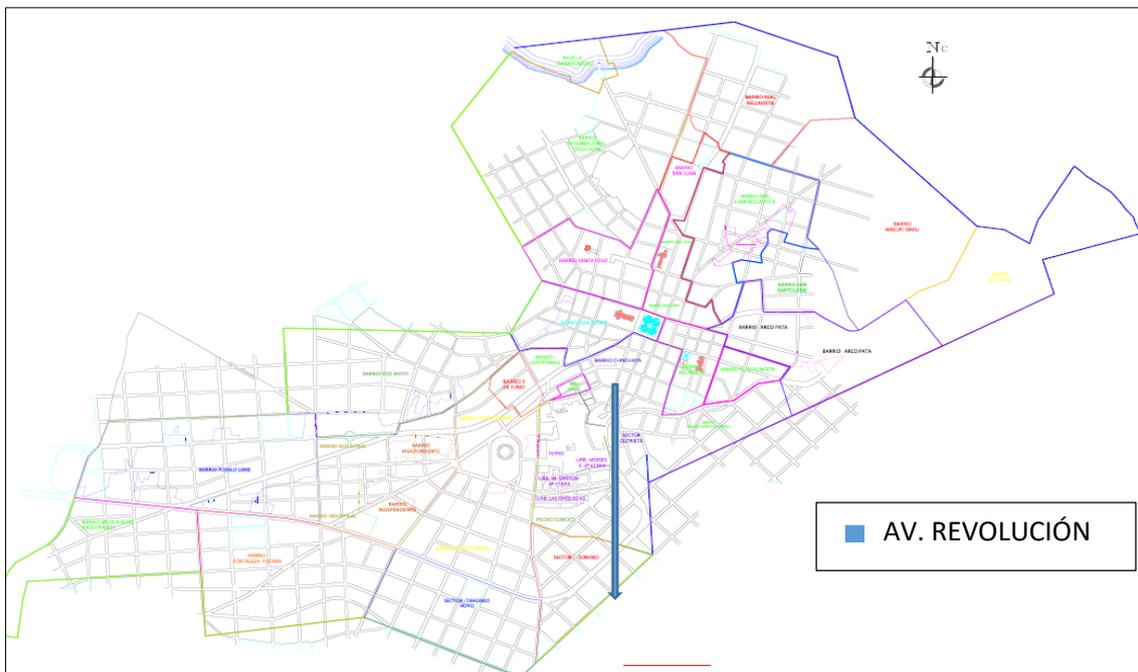
Fuente: Cartografía Nacional – Perú.

Los límites del distrito son:

- Por el Este : Distrito de Pomata y Lago Titicaca
- Por el Oeste : Provincia de El Collao
- Por el Norte : Lago Titicaca y Pilcuyo
- Por el Sur : Distrito de Huacullani

La ubicación de la infraestructura principal del proyecto se encuentra en la zona en la ciudad de Juli, la misma se puede apreciar lo siguiente:

**FIGURA N° 9
PLANO CATASTRAL DE LA CIUDAD DE JULI**

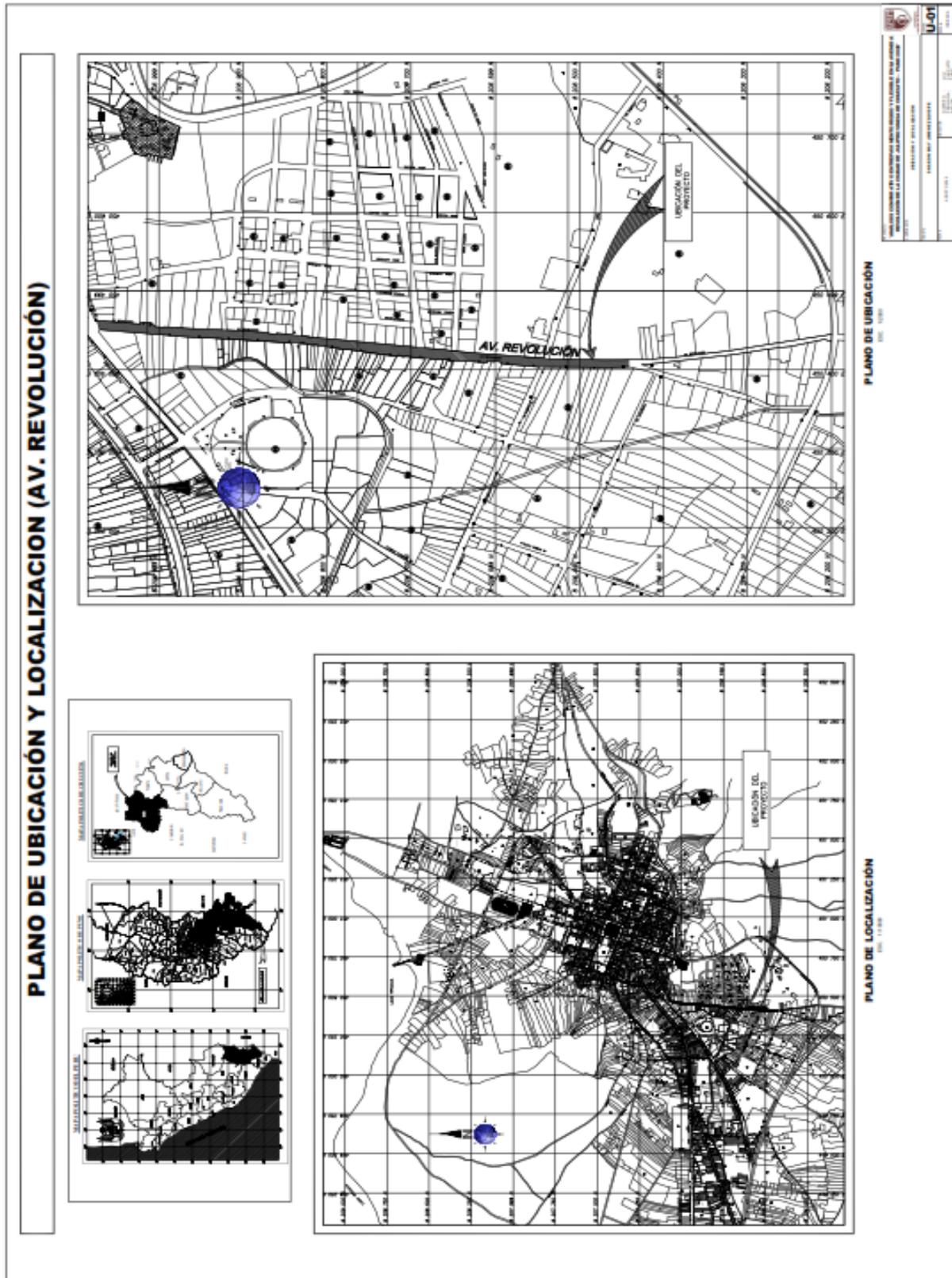


Fuente: Elaboración Propia

Como datos adicionales de tiene:

- Superficie : 720.38 km²
- Altitud : 3890 m.s.n.m. (plaza de armas)
- Densidad poblacional : 32.9 hab/km²
- Coordenadas (UTM 84) : 19L 451099.83m E, 8207397.93m S
- Cuadras : Av. Revolución (6 cuadras).

Plano 1. Plano de Ubicación y Localización



IMÁGENES

Imagen 01. Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 1 calicata x km 	

Fuente: Manual de sección, suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Imagen 02. Número de ensayos CBR

Tipo de Carretera	N° M _R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR • (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR • (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de sección, suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Imagen 03. Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		Materia Orgánica
	A-2-6		Roca Sana
	A-2-7		Roca Desintegrada
	A-4		

Fuente: Simbología AASHTO.

Imagen 04. Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS

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

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánico

Fuente: Manual de ensayos del MTC

Imagen 05. Clasificación de suelos según su tamaño

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Imagen 06. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Imagen 07. Clasificación de suelos basado en AASHTO M145

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm (N° 10) máx. 50 0.425 mm (N° 40) máx. 30 máx. 50 mín. 51 F: 0.075 mm (N° 200) máx. 15 máx. 25 máx. 10 Máx. 35 máx. 35 máx. 35 máx. 35 mín. 36 mín. 36 mín. 36 mín. 36 mín. 36												
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40) Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40) LL: Limite de Líquido IP: Índice de Plasticidad												
				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ^(A)	mín. 11 ^(B)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Imagen 08. Clasificación de suelos basado en el sistema SUCS

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION		
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen		
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla			
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas grávicas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW	
			SP	Arenas y arenas grávicas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo	Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
		SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	<p>GRÁFICO DE PLASTICIDAD Para la clasificación de los suelos finos y de la fracción fina de los suelos granulares. Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles. Ecuación de la línea A: $IP = 0.73(LL - 20)$</p>
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas grávicas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad					
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH		Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos			
	CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
	OH		Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media			
	PT		Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2468		

Fuente: Mindmeister, rescatado de: <https://www.mindmeister.com/sistema-unificado-de-laclasificacion-de-los-suelos>

Imagen 09. Tasa de crecimiento promedio anual de la población censada, según departamento, 1940,1961,1972,1981,1993,2007 y 2017

Departamento	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)					
	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007 -2017
Total	2.2	2.9	2.5	2.2	1.5	0.7
Amazonas	2.9	4.6	3.0	2.4	0.8	0.1
Áncash ^{1/}	15	2.0	14	12	0.8	0.2
Apurímac	0.5	0.6	0.5	14	0.4	0.0
Arequipa	19	2.9	3.2	2.2	16	18
Ayacucho	0.6	10	11	-0.2	15	0.1
Cajamarca ^{1/}	2.0	19	12	17	0.7	-0.3
Prov. Const. del Callao ^{2/}	4.6	3.8	3.6	3.1	2.2	13
Cusco	11	14	17	18	0.9	0.3
Huancavelica	10	0.8	0.5	0.9	12	-2.7
Huánuco ^{1/}	16	2.1	16	2.7	11	-0.6
Ica	2.9	3.1	2.2	2.2	16	18
Junín ^{1/}	2.1	2.7	2.2	16	12	0.2
La Libertad ^{1/}	2.0	2.8	2.5	2.2	17	10
Lambayeque	2.8	3.8	3.0	2.6	13	0.7
Lima	4.4	5.0	3.5	2.5	2.0	12
Loreto ^{1/}	2.8	2.9	2.8	3.0	18	-0.1
Madre de Dios	5.4	3.3	4.9	6.1	3.5	2.6
Moquegua	2.0	3.4	3.5	2.0	16	0.8
Pasco ^{1/}	2.0	2.3	2.0	0.5	15	-10
Piura	2.4	2.3	3.1	18	13	10
Puno	11	11	15	16	11	-0.8
San Martín	2.6	3.0	4.0	4.7	2.0	11
Tacna	2.9	3.4	4.5	3.6	2.0	13
Tumbes	3.7	2.9	3.4	3.4	18	12
Ucayali ^{1/}	6.8	5.9	3.4	5.6	2.2	14
Provincia de Lima ^{3/}	5.2	5.7	3.7	2.7	2.0	12
Región Lima ^{4/}	2.0	19	19	13	15	0.8

^{1/} Reconstruidos de acuerdo a la División Política Administrativa de 2007, considerando los cambios ocurridos en cada uno de los departamentos en los periodos correspondientes.

^{2/} Por mandato Constitucional del 22 de abril de 1857, se reconoce como Provincia Constitucional del Callao a la Provincia Litoral del Callao.

^{3/} Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.

^{4/} Comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huaura, Oyón y Yauyos.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Imagen 10. Nivel recomendado de confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Guía de AASHTO 93

Imagen 11. Valores de desviación estándar normal (z_r) para diferentes niveles de confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)		
				1ERA. ETAPA (1)	2DA. ETAPA (2)	TOTAL (1) X (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	81%	81%	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	87%	87%	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	89%	89%	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	T _{P15}	>30'000,000		97%	97%	95%

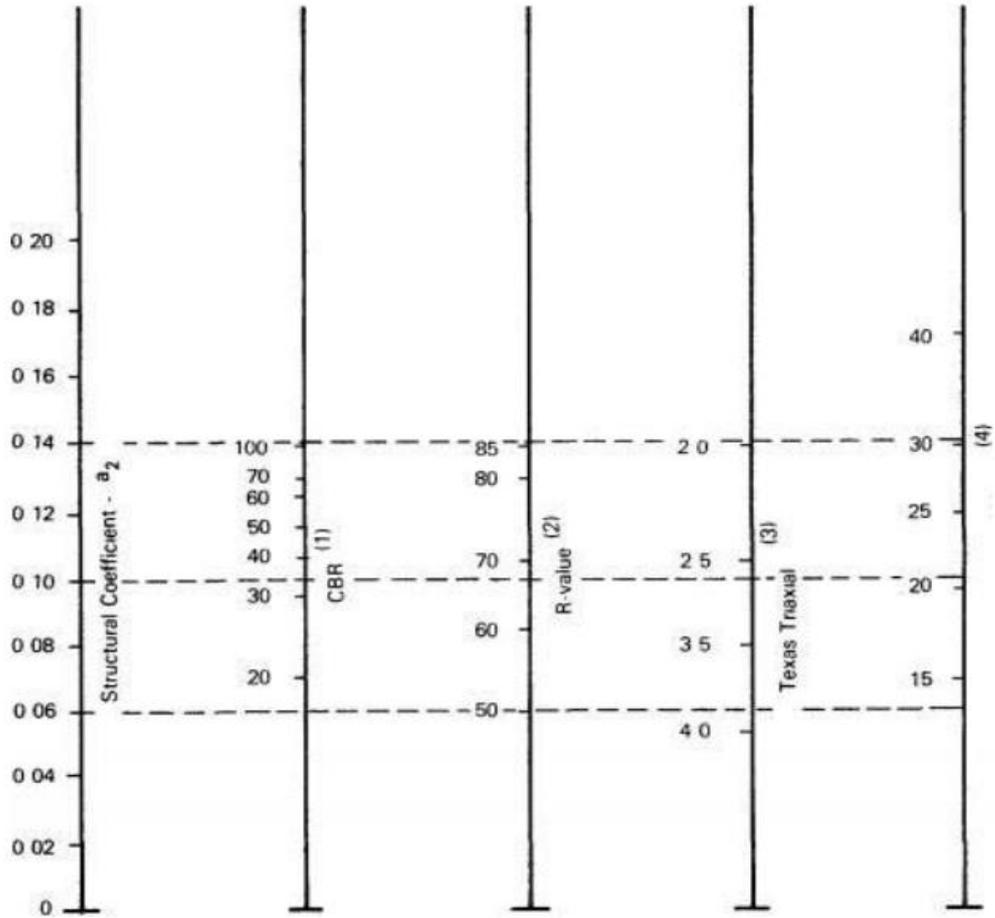
Fuente: Guía de AASHTO 93

Imagen 12. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

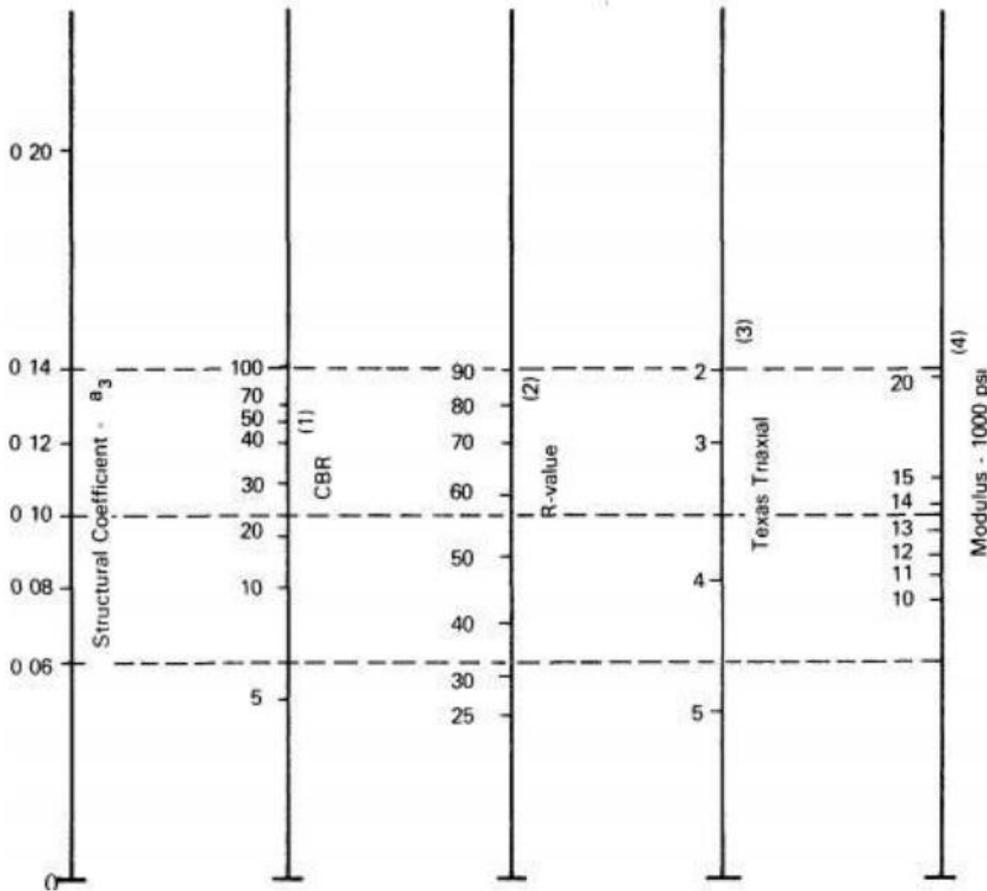
Fuente: Sección suelos y pavimentos manual del MTC pág. 132

Imagen 13. Coeficiente de variación en la capa de la base granular



Fuente: Guía de AASHTO 93

Imagen 14. Coeficiente de variación en la capa de la sub-base granular



Fuente: Guía de AASHTO 93

Imagen 15. Factor direccional y factor carril de acuerdo al número de calzadas y número de sentidos

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CUADRO N° 01. Ensayo para la determinación del contenido de humedad natural para C-1, desde sub rasante y profundidad de 0.70 m.

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA					
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos					
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058					
PROYECTO	"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"				
ESTRUCTURA	Plataforma existente (Afirmado en tres capas)	RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon		
CALICATA	N° 1 (C - 1)	FECHA	: 15/01/2020		
PROGRESIVA	Km. 0+300, L.I. (Estrato: 0.00 al 0.70 m.)				
ASUNTO	Evaluación - Aprobación				
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL					
Numero de Tara		gr.	22	28	
Peso de Tara		gr.	26.40	25.90	
Peso de Tara + M. Húmeda		gr.	514.30	522.40	
Peso de Tara + M. Seca		gr.	479.40	480.80	
Peso de Agua		gr.	34.90	41.60	
Peso Muestra Seca		gr.	453	454.9	
Contenido de humedad W%		%	7.70	9.14	
<i>Promedio Contenido de Humedad (W%)</i>		%	8.42		

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 02. Ensayo para la determinación del contenido de humedad natural para C-1, desde profundidad de 0.70 m. hasta 1.50 m.

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA						
laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto						
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058						
PROYECTO	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"					
ESTRUCTURA	Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente			RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon	
CALICATA	N° 01 (C - 1)			FECHA	: 15/01/2020	
PROGRESIVA	Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)					
ASUNTO	Evaluación - Aprobación					
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
Numero de Tara		gr.	22	24		
Peso de Tara		gr.	26.40	25.80		
Peso de Tara + M. Húmeda		gr.	534.20	543.50		
Peso de Tara + M. Seca		gr.	466.30	475.40		
Peso de Agua		gr.	67.90	68.10		
Peso Muestra Seca		gr.	439.9	449.6		
Contenido de humedad W%		%	15.44	15.15		
Promedio Contenido de Humedad (W%)		%	15.29			

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 03. Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422; MTC E204)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"
RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon
ESTRUCTURA :	Sub rasante
FECHA :	15/01/2020
CALICATA :	N° 1 (C - 1)
ASUNTO :	Evaluación - Aprobación

DATOS DE LA MUESTRA			
AVENIDA :	Revolucion	TAMAÑO MAXIMO :	
MUESTRA :	Plataforma Existente	PESO INICIAL :	1265.8 g
PROGRESIVA :	Km. 0+300, L.I. (Estrato: 0.00 al 0.70 m.)	FRACCION SECA :	
GEOREFEREN :			

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Piedra: 34.2%
2"	50.800						% Peso arena: 65.8%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 21.82
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 16.55
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 5.27
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS) : SM-SC
3/8"	9.500	187.5	14.8	14.8	85.2		Clasific.(AASHTO) : A-1-b (0)
N° 4	4.750	245.2	19.37	34.18	65.82		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	167.4	13.22	47.41	52.59		Contenido de Humedad : 14.38%
N° 16	1.190						Materia Orgánica :
N° 20	0.840	117.50	9.28	56.69	43.31		Turba :
N° 30	0.600						OBSERVACIONES :
N° 40	0.425	95.30	7.53	64.22	35.78		
N° 50	0.300						
N° 80	0.177						
N° 100	0.150	134.80	10.65	74.87	25.13		
N° 200	0.075	120.60	9.53	84.40	15.60		
< N° 200	FONDO	385.00	30.42	114.81			

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 04. Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422; MTC E 204)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
PROYECTO	:	Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Vehicular Sur de la Ciudad de Acora del Distrito de Acora - Provincia de Puno - Departamento de Puno	
ESTRUCTURA	:	Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente	TECNICO : I.A.V.
CALICATA	:	N° 01 (C - 1)	HECHO POR : G.V.M.
ASUNTO	:	Evaluación - Aprobación	ING. RESP. : M.T.A.M.
			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

DATOS DE LA MUESTRA			
AVENIDA	:	Revolución	TAMAÑO MÁXIMO :
MUESTRA	:	Plataforma Existente	PESO INICIAL : 1234.5 g
PROGRESIVA	:	Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)	FRACCIÓN SECA :
GEOREFEREN	:		

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Piedra: 7.9%
2"	50.800						% Peso arena: 92.1%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 27.24
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 17.91
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 9.33
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS) : CL
3/8"	9.500	43.2	3.5	3.5	96.5		Clasific.(AASHTO) : A-4 (4)
N° 4	4.750	54.2	4.39	7.89	92.11		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	65.3	5.29	13.18	86.82		Contenido de Humedad : 15.29%
N° 16	1.190						Materia Orgánica :
N° 20	0.840	56.80	4.60	17.78	82.22		Turba :
N° 30	0.600						OBSERVACIONES :
N° 40	0.425	70.30	5.69	23.48	76.52		
N° 50	0.300						
N° 80	0.177						
N° 100	0.150	143.20	11.60	35.07	64.93		
N° 200	0.075	125.70	10.18	45.26	54.74		

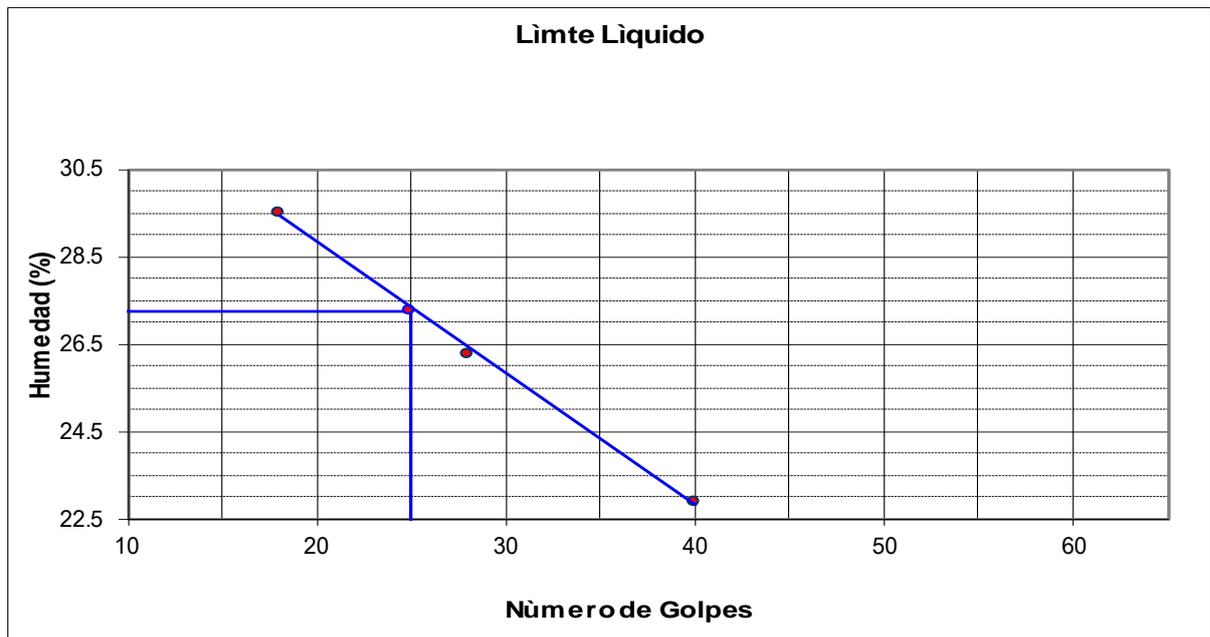
Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 05. Ensayos para la determinación de los límites de Atterberg

LIMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D423 - ASTM D424					
PROYECTO	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCIÓN DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"				
				RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon
ESTRUCTURA	Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente			FECHA	: 15/01/2020
CALICATA	N° 01 (C - 1)				
ASUNTO	Evaluación - Aprobación				
LIMITE LIQUIDO ASTM D-423					
TARA N°		102	111	112	
N° DE GOLPES		40	28	18	
TARA+SUELO HUMEDO		51.76	54.82	50.23	
TARA+SUELO SECO		44.49	48.39	41.59	
PESO DE AGUA		7.27	6.43	8.64	
PESO DE TARA		12.69	23.90	12.30	
PESO DE SUELO SECO		31.80	24.49	29.29	
HUMEDAD (%)		22.86	26.26	29.50	
LIMITE PLASTICO ASTM D-424					
TARA N°		103	101		
TARA+SUELO HUMEDO		27.13	26.08		
TARA+SUELO SECO		24.96	24.02		
PESO DE AGUA		2.17	2.06		
PESO DE TARA		12.89	12.48		
PESO DE SUELO SECO		12.07	11.54		
HUMEDAD (%)		17.98	17.85		

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 06. Diagrama de fluidez para el límite líquido



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 07. Porcentajes de los límites de Atterberg calculados en laboratorio

Límites de Consistencia	
Límite Líquido	27.24
Límite Plástico	17.91
Índice Plástico	9.33

Fuente: Elaboración propia

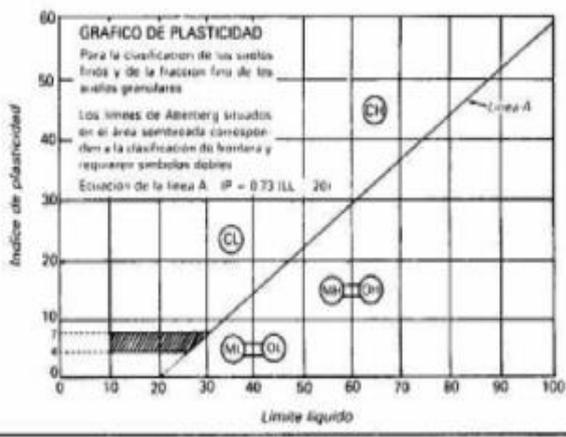
CUADRO N° 08. Clasificación según AASHTO de la muestra de suelo en estudio

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50											
	máx. 30	máx. 50	min. 51									
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40) Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 ^(a)	min. 11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos	Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno							Regular a insuficiente				

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 09. Clasificación según SUCS de la muestra suelo en estudio

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION	
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7. $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.	
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla		
		ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	SW		Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos
			SP		Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos
	SM		Arenas limosas, mezclas de arena limo		
	SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
	SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla
		OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
		LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos	
CH			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
OH			Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media		
Suelos altamente orgánicos	PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488		



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 10. Ensayo de compactación, proctor modificado

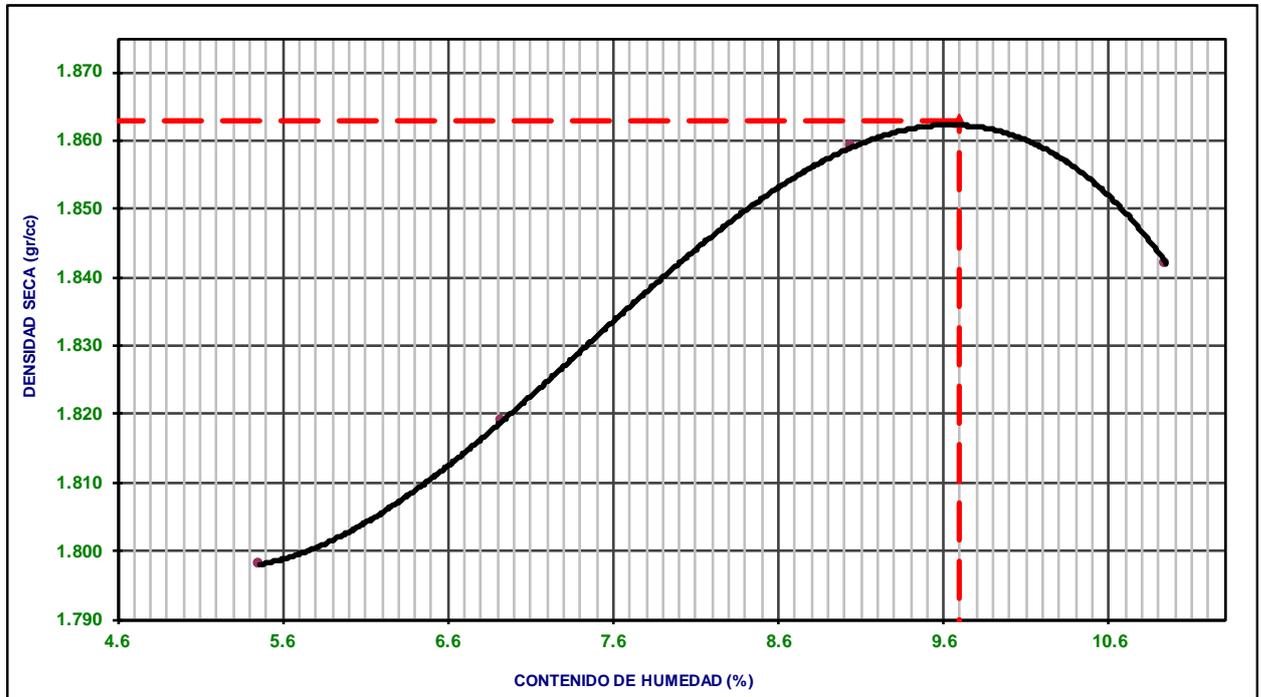
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(AASHTO - T-180, ASTM D1557, MTC E115)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO	: "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"
ESTRUCTURA	: Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente
CALICATA	: N° 01 (C - 1)
PROGRESIVA	: Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)
ASUNTO	: Evaluación - Aprobación
RESPONSABLE	: Jimenez Quispe, Sharon
FECHA	: 15/01/2020

COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	: 2152.22		PESO DEL MOLDE (gr.)	: 6620
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	10702	10805	10982	11018
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4082	4185	4362	4398
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.897	1.945	2.027	2.043
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	28	29	24	22
PESO SUELO HUMEDO + TARA	512.40	534.20	527.60	554.30
PESO SUELOS SECO + TARA	487.30	501.20	486.00	502.20
PESO DE LA TARA	27.50	24.90	25.80	26.40
PESO DE AGUA	25.10	33.00	41.60	52.10
PESO DE SUELO SECO	459.80	476.30	460.20	475.80
CONTENIDO DE AGUA	5.46	6.93	9.04	10.95
PESO VOLUMETRICO SECO	1.798	1.819	1.859	1.842
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.863	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	9.70 %

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 11. Cuadro para cálculo de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad basándonos en los resultados de compactación – proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 12. Compactación CBR con el óptimo contenido de humedad

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12896	12934	12531	12567	12699	12753
Peso de molde (gr)	8493	8493	8329	8329	8619	8619
Peso del suelo húmedo (gr)	4403	4441	4202	4238	4080	4134
Volumen del molde (cm ³)	2152	2152	2110	2110	2106	2106
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.046	2.063	1.991	2.008	1.938	1.963
Humedad (%)	9.70	10.57	9.69	11.66	9.690	12.610
Densidad seca (gr/cm ³)	1.865	1.866	1.815	1.798	1.767	1.743
Tarro N°	20	29	22	24	27	25
Tarro + Suelo húmedo (gr)	524.30	544.70	534.60	524.60	517.60	552.10
Tarro + Suelo seco (gr)	480.30	495.00	489.70	472.50	474.00	493.00
Peso del Agua (gr)	44.00	49.70	44.90	52.10	43.60	59.10
Peso del tarro (gr)	26.90	24.90	26.40	25.80	23.90	24.20
Peso del suelo seco (gr)	453.40	470.10	463.30	446.70	450.10	468.80
Humedad (%)	9.70	10.57	9.69	11.66	9.69	12.61
Promedio de Humedad (%)	9.70	10.57	9.69	11.66	9.69	12.61

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 12.5	0.2": 18.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.5	0.2": 9.6

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.863	gr/cc
Optimo Humedad	9.70	%

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 13. Ensayo de esfuerzo (Kg/cm²) – penetración (mm)

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		30.70	1.6			16.40	0.8			12.50	0.6		
0.050		94.30	4.9			45.30	2.3			29.80	1.5		
0.075		138.80	7.2			92.10	4.8			59.30	3.1		
0.100	70.3	178.40	9.2	9.02	12.8	100.30	5.2	5.77	8.2	80.40	4.2	4.41	6.3
0.150		260.30	13.5			174.30	9.0			134.90	7.0		
0.200	105.46	365.40	18.9	19.05	18.1	243.20	12.6	12.69	12.0	210.30	10.9	10.06	9.5
0.250		510.30	26.4			321.40	16.6			244.30	12.6		
0.300						423.50	21.9			327.60	16.9		
0.350										588.40	30.4		
0.400										690.50	35.7		
0.450													

Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 01. Excavación manual de la calicata N° 01 en la zona de estudio con área de 0.60 x 1.00m y una profundidad de 1.50m, para la extracción de muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 02. Excavación manual de la calicata N° 02 en la zona de estudio con área de 0.60m x 1.00m y una profundidad de 1.50m, para la extracción de muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 03. Excavación manual de la calicata N° 03 en la zona de estudio con área de 0.60m x 1.00m y una profundidad de 1.50m, para la extracción de muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 04. Excavación manual de la calicata N° 04 en la zona de estudio con área de 0.60m x 1.00m y una profundidad de 1.50m, para la extracción de muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 05. La tesista realiza la distribución granulométrica, realizando el análisis con las mallas o tamices de alambre.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 06. La tesista realiza la compactación del suelo con el óptimo contenido de humedad en los moldes de CBR, siendo los golpes en 5 capas para cada molde de 12, 26, 55 golpes cada una.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 07. La tesista procede con la inmersión, por un tiempo de 96 horas, de los moldes con diferente cantidad de golpes (12, 26 y 55 golpes) y ajusta el dial para el posterior control de expansión del suelo.



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 08. Determinación del límite líquido por el método de la copa de casa grande.



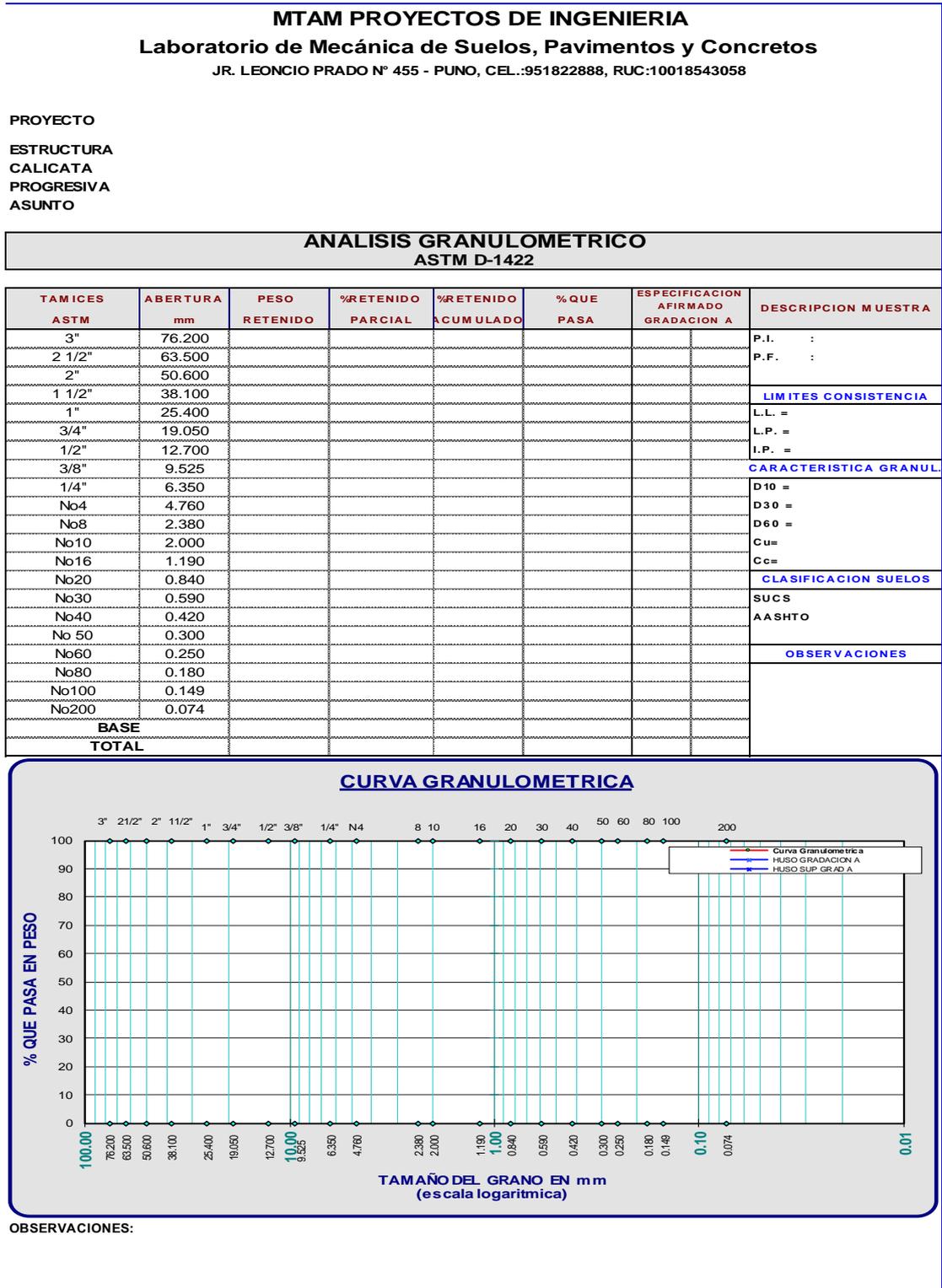
Fuente: Elaboración propia

ANEXO DE INSTRUMENTOS

1.

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA						
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos						
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058						
PROYECTO						
ESTRUCTURA						
CALICATA						
PROGRESIVA						
ASUNTO						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
Numero de Tara				gr.		
Peso de Tara				gr.		
Peso de Tara + M. Húmeda				gr.		
Peso de Tara + M. Seca				gr.		
Peso de Agua				gr.		
Peso Muestra Seca				gr.		
Contenido de humedad W%				%		
Promedio Contenido de Humedad (W%)				%		

2.



3.

LIMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D423 - ASTM D424					
PROYECTO					
ESTRUCTURA					
CALICATA					
ASUNTO					
LIMITE LIQUIDO ASTM D-423					
TARA N°					
N° DE GOLPES					
TARA+SUELO HUMEDO					
TARA+SUELO SECO					
PESO DE AGUA					
PESO DE TARA					
PESO DE SUELO SECO					
HUMEDAD (%)					
LIMITE PLASTICO ASTM D-424					
TARA N°					
TARA+SUELO HUMEDO					
TARA+SUELO SECO					
PESO DE AGUA					
PESO DE TARA					
PESO DE SUELO SECO					
HUMEDAD (%)					
Limite Liquido			Limites de Consistencia		
			Límite Líquido		
			Límite Plástico		
			Índice Plástico		
			Observaciones		

4.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(AASHTO - T-180, ASTM D1557, MTC E115)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	
ESTRUCTURA :	_____
CALICATA :	_____
PROGRESIVA :	_____
ASUNTO :	_____

COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) :	PESO DEL MOLDE (gr.) :			
NUMERO DE ENSAYOS				
PESO SUELO + MOLDE				

PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO				

PESO VOLUMETRICO HUMEDO				
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.				
PESO SUELO HUMEDO + TARA				

PESO SUELOS SECO + TARA				

PESO DE LA TARA				

PESO DE AGUA				

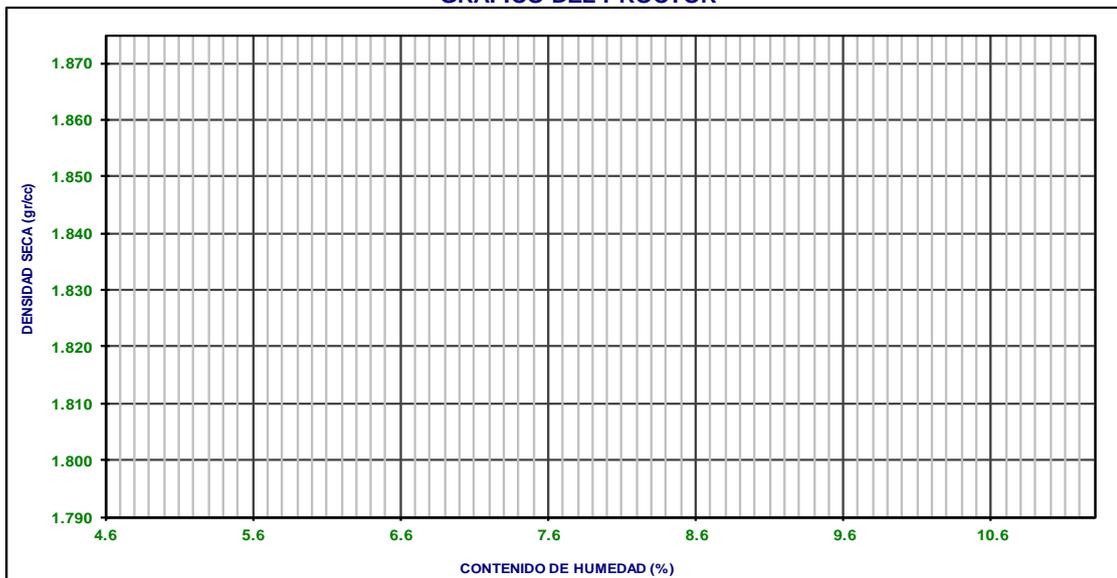
PESO DE SUELO SECO				

CONTENIDO DE AGUA				

PESO VOLUMETRICO SECO				

DENSIDAD MAXIMA SECA:	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	%	

GRAFICO DEL PROCTOR



5.

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde Nº	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)						
Peso de molde (gr)						
Peso del suelo húmedo (gr)						
Volumen del molde (cm ³)						
Densidad húmeda (gr/cm ³)						
Humedad (%)						
Densidad seca (gr/cm ³)						
Tarro Nº						
Tarro + Suelo húmedo (gr)						
Tarro + Suelo seco (gr)						
Peso del Agua (gr)						
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)						
Humedad (%)						
Promedio de Humedad (%)						

6.

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Kg-f	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000													
0.025													
0.050													
0.075													
0.100													
0.150													
0.200													
0.250													
0.300													
0.350													
0.400													
0.450													

ANEXOS DEL ENSAYOS DEL LABORATORIO DE SUELOS

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

PROYECTO "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO - PUNO 2020

ESTRUCTURA Plataforma existente (Afirmado en tres capas) **RESPONSABLE:** Jimenez Quispe, Sharon

CALICATA N° 1 (C - 1) **FECHA** : 15/01/2020

PROGRESIVA Km. 0+300, L.L. (Estrato: 0.00 al 0.70 m.)

ASUNTO Evaluación - Aprobación

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
Numero de Tara	gr.	22	28	
Peso de Tara	gr.	26.40	25.90	
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.	514.30	522.40	
Peso de Tara + M. Seca	gr.	479.40	480.80	
Peso de Agua	gr.	34.90	41.60	
Peso Muestra Seca	gr.	453	454.9	
Contenido de humedad W%	%	7.70	9.14	
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%		8.42	

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%			

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%			

OBSERVACIONES :

MATM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos


 Ing. Marcial Reinaldo Aquino Mamani
 REG. C.I.P. N° 171169
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
 Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

PROYECTO "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"

ESTRUCTURA Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente **RESPONSABLE:** Jimenez Quispe, Sharon

CALICATA N° 01 (C - 1) **FECHA** : 15/01/2020

PROGRESIVA Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)

ASUNTO Evaluación - Aprobación

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
Numero de Tara	gr.	22	24	
Peso de Tara	gr.	26.40	25.80	
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.	534.20	543.50	
Peso de Tara + M. Seca	gr.	466.30	475.40	
Peso de Agua	gr.	67.90	68.10	
Peso Muestra Seca	gr.	439.9	449.6	
Contenido de humedad W%	%	15.44	15.15	
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%		15.29	

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%			

Numero de Tara	gr.			
Peso de Tara	gr.			
Peso de Tara + M. Húmeda	gr.			
Peso de Tara + M. Seca	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso Muestra Seca	gr.			
Contenido de humedad W%	%			
Promedio Contenido de Humedad (W%)	%			

OBSERVACIONES :

MATM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos



Marcial
 Ing. Marcial Reinaldo Aquino Mamani
 REG. C.I.P. N° 171169
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Afijos
 Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

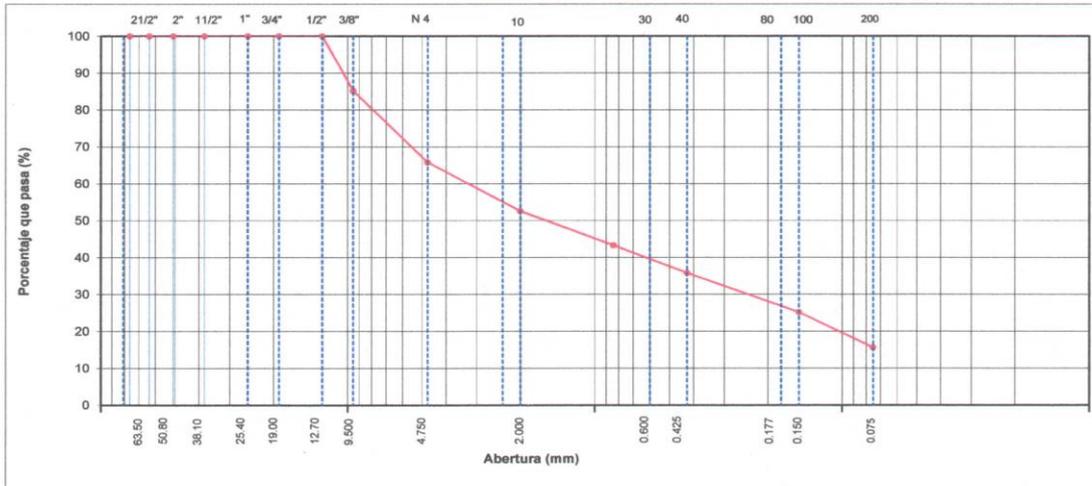
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422; MTC E 204)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"
RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon
FECHA :	15/01/2020
ESTRUCTURA :	Sub rasante
CALICATA :	N° 1 (C - 1)
ASUNTO :	Evaluación - Aprobación

DATOS DE LA MUESTRA			
AVENIDA :	Revolucion	TAMAÑO MAXIMO :	
MUESTRA :	Plataforma Existente	PESO INICIAL :	1265.8 g
PROGRESIVA :	Km. 0+300, L.I. (Estrato: 0.00 al 0.70 m.)	FRACCION SECA :	
GEOREFERENCIA :			

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Piedra: 34.2%
2"	50.800						% Peso arena: 65.8%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL): 21.82
1"	25.400						Límite Plástico (LP): 16.55
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP): 5.27
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS): SM-SC
3/8"	9.500	187.5	14.8	14.8	85.2		Clasific.(AASHTO): A-1-b (0)
N° 4	4.750	245.2	19.37	34.18	65.82		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	167.4	13.22	47.41	52.59		Contenido de Humedad: 14.38%
N° 16	1.190						Materia Orgánica:
N° 20	0.840	117.50	9.28	56.69	43.31		Turba:
N° 30	0.600						OBSERVACIONES:
N° 40	0.425	95.30	7.53	64.22	35.78		
N° 50	0.300						
N° 80	0.177						
N° 100	0.150	134.80	10.65	74.87	25.13		
N° 200	0.075	120.60	9.53	84.40	15.60		
< N° 200	FONDO	385.00	30.42	114.81			

CURVA GRANULOMETRICA



MATM Proyectos de Ingeniería
Laboratorio de Mecánica de Suelos
Concretos y Pavimentos



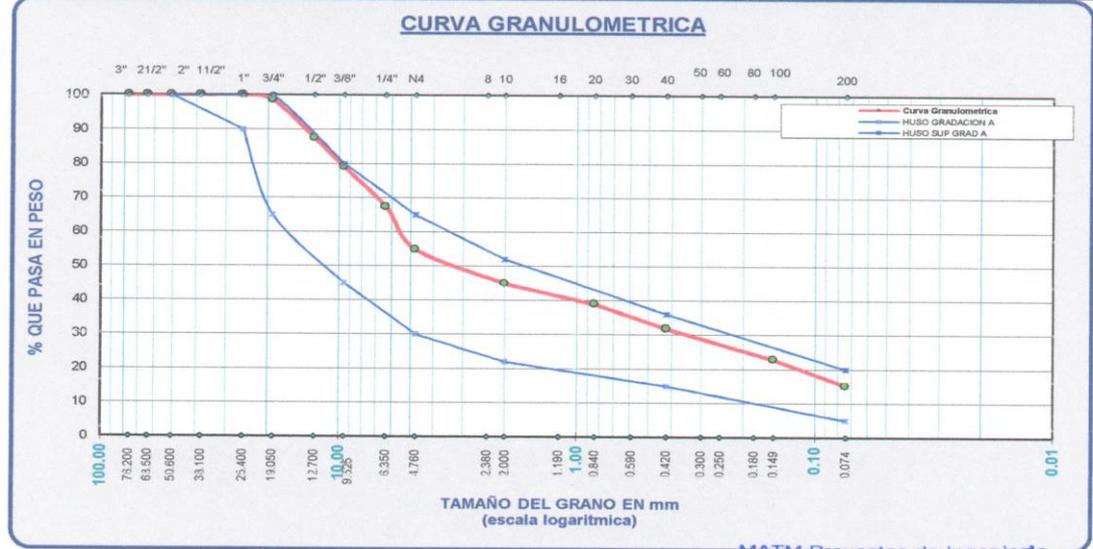
Ing. Marcial Teóbaldo Aquino Mamani
D.E.G. C.I.P. N° 171169
Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
 JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

PROYECTO ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020
RESPONSABLE: Jimenez Quispe, Sharon
ESTRUCTURA Plataforma existente (Afirmado en tres capas) **FECHA** : 15/01/2020
CALICATA N° 1 (C - 1)
PROGRESIVA Km. 0+300, L.I. (Estrato: 0.00 al 0.70 m.)
ASUNTO Evaluación - Aprobación

ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D-1422

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION AFIRMADO GRADACION A	DESCRIPCION MUESTRA
3"	76.200						P.I. : 2,195.10 gr.
2 1/2"	63.500						P.F. : 532.40 gr.
2"	50.800					100 100	
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.00	90 100	LIMITES CONSISTENCIA
3/4"	19.050	32.50	1.48	1.48	98.52	65 100	L.L. = 21.82 %
1/2"	12.700	243.20	11.08	12.56	87.44		L.P. = 16.55 %
3/8"	9.525	185.20	8.44	21.00	79.00	45 80	L.P. = 5.27 %
1/4"	6.350	256.30	11.68	32.67	67.33		CARACTERISTICA GRANUL.
No4	4.760	276.50	12.60	45.27	54.73	30 65	D10 = ---
No8	2.380						D30 = 0.368
No10	2.000	96.30	9.90	55.17	44.83	22 52	D60 = 5.425
No16	1.190						Cu = ---
No20	0.840	58.20	5.98	61.15	38.85		Cc = ---
No30	0.590						CLASIFICACION SUELOS
No40	0.420	69.20	7.11	68.27	31.73	15 36	SUCS SM - SC
No 50	0.300						AASHTO A-1-b(0)
No60	0.250						OBSERVACIONES
No80	0.180						MATERIAL AFIRMADO EXISTENTE
No100	0.149	87.40	8.98	77.25	22.75		
No200	0.074	74.30	7.64	84.89	15.11	5 20	
BASE TOTAL		2195.10	100.00				



OBSERVACIONES:

MTAM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos

 Ing. Marcial Tobaldo Legido Mamani
 REG. C.I.P. N° 171169
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
 Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

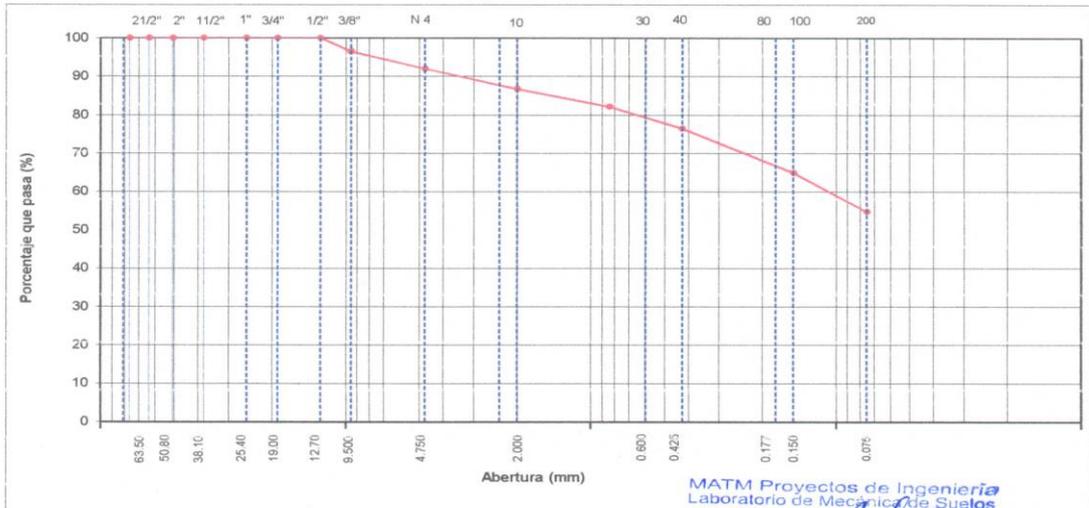
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422; MTC E 204)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
PROYECTO :	"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"		
ESTRUCTURA :	Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente	RESPONSABLE :	Jimenez Quispe, Sharon
CALICATA :	N° 01 (C - 1)	FECHA :	15/01/2020
ASUNTO :	Evaluación - Aprobación		

DATOS DE LA MUESTRA			
AVENIDA :	Revolución	TAMAÑO MAXIMO :	
MUESTRA :	Plataforma Existente	PESO INICIAL :	1234.5 g
PROGRESIVA :	Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)	FRACCION SECA :	
GEOREFERENCIA :			

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Piedra: 7.9%
2"	50.800						% Peso arena: 92.1%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL): 27.24
1"	25.400						Límite Plástico (LP): 17.91
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP): 9.33
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS): CL
3/8"	9.500	43.2	3.5	3.5	96.5		Clasific.(AASHTO): A-4 (4)
N° 4	4.750	54.2	4.39	7.89	92.11		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	65.3	5.29	13.18	86.82		Contenido de Humedad : 15.29%
N° 16	1.190						Materia Orgánica :
N° 20	0.840	56.80	4.60	17.78	82.22		Turba :
N° 30	0.600						OBSERVACIONES :
N° 40	0.425	70.30	5.69	23.48	76.52		
N° 50	0.300						
N° 80	0.177						
N° 100	0.150	143.20	11.60	35.07	64.93		
N° 200	0.075	125.70	10.18	45.26	54.74		
< N° 200	FONDO	719.00	58.24	103.50			

CURVA GRANULOMETRICA



MATM Proyectos de Ingeniería
Laboratorio de Mecánica de Suelos
Concretos y Pavimentos



Ing. Margal Roberto Aragón Mamani
REG. C.I.P. N° 171169
Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D423 - ASTM D424

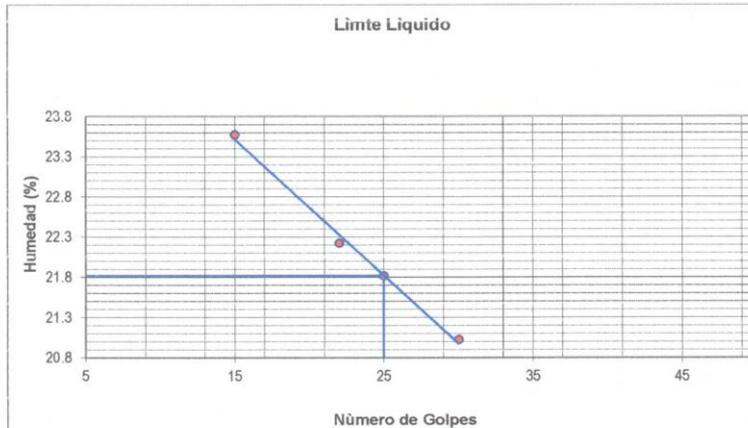
PROYECTO "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"

RESPONSABLE: Jimenez Quispe, Sharon
 FECHA : 15/01/2020

ESTRUCTURA Plataforma existente (Afirmado en tres capas)
 CALICATA N° 1 (C - 1)
 ASUNTO Evaluación - Aprobación

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423			
TARA N°	105	104	106
N° DE GOLPES	30	22	15
TARA+SUELO HUMEDO	44.62	47.59	44.32
TARA+SUELO SECO	38.89	41.25	38.29
PESO DE AGUA	5.73	6.34	6.03
PESO DE TARA	11.64	12.72	12.71
PESO DE SUELO SECO	27.25	28.53	25.58
HUMEDAD (%)	21.03	22.22	23.57

LIMITE PLASTICO ASTM D-424			
TARA N°	112	111	
TARA+SUELO HUMEDO	25.09	24.28	
TARA+SUELO SECO	23.28	22.34	
PESO DE AGUA	1.81	1.94	
PESO DE TARA	12.30	10.66	
PESO DE SUELO SECO	10.98	11.68	
HUMEDAD (%)	16.48	16.61	



Limites de Consistencia	
Límite Líquido	21.82
Límite Plástico	16.55
Indice Plástico	5.27

Observaciones

MATM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos

Marcelo Roberto Aquino Mamani
 Ing. Marcelo Roberto Aquino Mamani
 REG. C.O.P. N° 17176
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
 Control de Calidad

MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D423 - ASTM D424

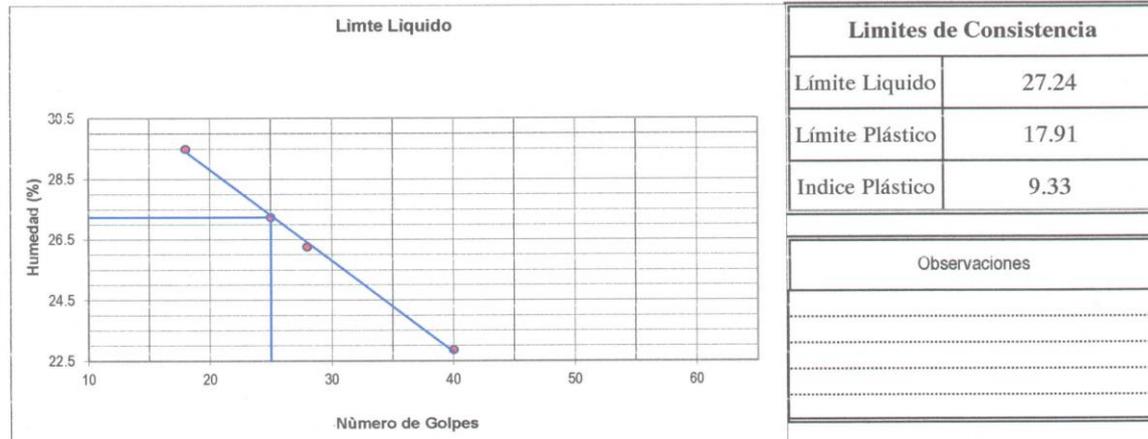
PROYECTO "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"

RESPONSABLE: Jimenez Quispe, Sharon
 FECHA : 15/01/2020

ESTRUCTURA Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente
 CALICATA N° 01 (C - 1)
 ASUNTO Evaluación - Aprobación

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	102	111	112	
N° DE GOLPES	40	28	18	
TARA+SUELO HUMEDO	51.76	54.82	50.23	
TARA+SUELO SECO	44.49	48.39	41.59	
PESO DE AGUA	7.27	6.43	8.64	
PESO DE TARA	12.69	23.90	12.30	
PESO DE SUELO SECO	31.80	24.49	29.29	
HUMEDAD (%)	22.86	26.26	29.50	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°	103	101		
TARA+SUELO HUMEDO	27.13	26.08		
TARA+SUELO SECO	24.96	24.02		
PESO DE AGUA	2.17	2.06		
PESO DE TARA	12.89	12.48		
PESO DE SUELO SECO	12.07	11.54		
HUMEDAD (%)	17.98	17.85		



MATM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos

[Signature]

Ing. Marcial Teóbaldo Aquino Mamani
 REG. C. P. N° 171199
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
 Control de Calidad

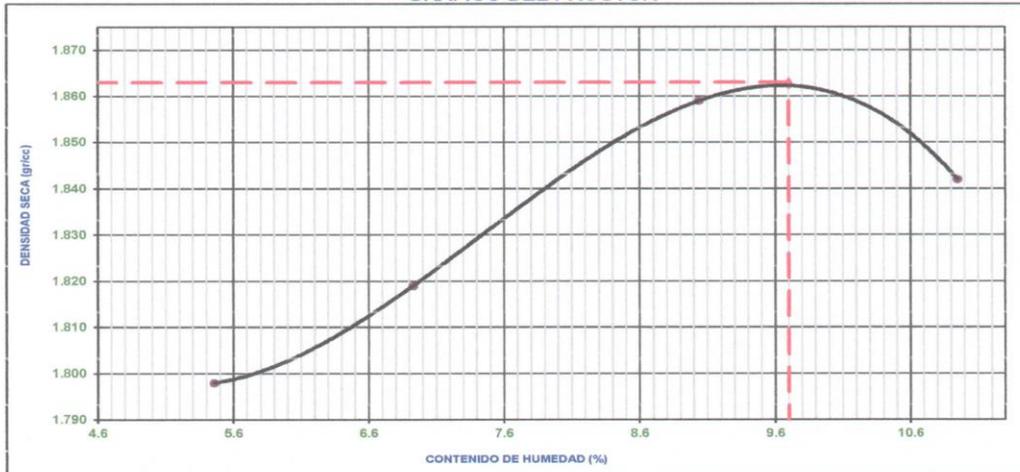
MTAM PROYECTOS DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos
JR. LEONCIO PRADO N° 455 - PUNO, CEL.:951822888, RUC:10018543058

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(AASHTO - T-180, ASTM D1557, MTC E115)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO	: "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE EN LA AVENIDA REVOLUCION DE LA CIUDAD DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO – PUNO 2020"
ESTRUCTURA	: Sub rasante (0+140 al 0+400)-Plataforma Existente
CALICATA	: N° 01 (C - 1)
PROGRESIVA	: Km. 0+300, EJE (Est. 0.70 al 1.50 m.)
ASUNTO	: Evaluación - Aprobación
RESPONSABLE:	Jimenez Quispe, Sharon
FECHA	: 15/01/2020

COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	: 2152.22		PESO DEL MOLDE (gr.) : 6620		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10702	10805	10982	11018	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4082	4185	4362	4398	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.897	1.945	2.027	2.043	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	28	29	24	22	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	512.40	534.20	527.60	554.30	
PESO SUELOS SECO + TARA	487.30	501.20	486.00	502.20	
PESO DE LA TARA	27.50	24.90	25.80	26.40	
PESO DE AGUA	25.10	33.00	41.60	52.10	
PESO DE SUELO SECO	459.80	476.30	460.20	475.80	
CONTENIDO DE AGUA	5.46	6.93	9.04	10.95	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.798	1.819	1.859	1.842	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.863	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA: 9.70 %		

GRAFICO DEL PROCTOR



MATM Proyectos de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Concretos y Pavimentos



Ing. Marcial Teóbaldo Astudillo Mamani
 REG. C.I.P. N° 171169
 Especialista en Geotecnia, Concretos y Asfaltos
 Control de Calidad