

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE DOS  
CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA  
CONFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN  
LA CIUDAD DE PUCALLPA 2022”**

**PROYECTO DE TESIS**

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

**PUCALLPA – PERÚ**

**2022**

## INDICE

I. GENERALIDADES.....	5
1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2 TESISISTA .....	5
1.3 AÑO CRONOLÓGICO .....	5
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	7
2.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	7
2.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICOS .....	7
2.3 OBJETIVOS.....	7
2.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
2.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	7
2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	8
2.5 LIMITACIONES Y ALCANCES .....	9
2.6 HIPÓTESIS.....	9
2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	9
2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	10
2.7 SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES .....	10
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	10
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	10
2.8 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES .....	11
III. MARCO TEÓRICO .....	12
3.1 ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS.....	12
3.2 BASES TEÓRICAS .....	20
3.2.1 Estudio de canteras: .....	20
3.2.2 Propiedades físicas.....	20
3.2.3 Propiedades Mecánicas.....	20
3.2.4 Suelos: .....	21
3.2.4.1 Estudio de mecánica de suelos: .....	21
3.2.4.2 Tipos de suelos.....	22
3.2.4.3 Propiedades Físicas De Los Suelos: .....	23
3.2.5 Sistemas de Clasificación de los suelos: .....	25

3.2.6	Pavimento rígido: .....	29
3.2.7	Base granular: .....	29
3.2.7.1	Materiales usados para bases granulares. ....	30
3.2.8	Requerimientos para la base granular en pavimentos rígidos: .....	30
3.2.8.1	Requerimientos granulométricos: .....	30
3.2.8.2	Requerimientos en el agregado grueso:.....	31
3.2.8.3	Requerimientos en el agregado fino: .....	31
3.2.8.4	Requerimientos de construcción:.....	32
3.2.8.5	Requerimientos de ensayos: .....	32
3.2.8.6	Requerimientos de calidad: .....	33
3.2.9	Ensayos de materiales para base granular .....	35
3.2.9.1	Análisis granulométrico de suelos por tamizado:.....	35
3.2.9.2	Determinación del contenido de humedad:.....	37
3.2.9.3	Determinación del límite líquido de los suelos: .....	38
3.2.9.4	Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) .....	40
3.2.9.5	Abrasión los Ángeles: .....	41
3.2.9.6	Equivalente de arena de suelos y agregado fino .....	43
3.2.9.7	CBR: .....	45
3.2.9.8	Porcentaje de partículas fracturadas: .....	47
3.2.9.9	Porcentaje de partículas chatas y alargadas: .....	48
3.2.9.10	Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio: .....	49
3.2.9.11	Compactación: .....	50
3.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	51
IV.	METODOLOGÍA O MARCO METODOLÓGICO .....	54
4.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN: .....	54
4.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN: .....	54
4.1.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN:.....	54
4.1.3	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: .....	54
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	55
4.3	DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO POBLACIÓN .....	56
4.4	MUESTRA.....	58
4.5	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	59

4.5.1 FUENTE. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	59
4.5.2 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS .....	59
V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES .....	59
5.1 POTENCIAL HUMANO.....	59
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
6.1 BIBLIOGRAFÍA FÍSICA .....	63
6.2 BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA.....	67
ANEXOS .....	68
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	68

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

“Análisis y evaluación de las características físicas y mecánicas de los agregados en el diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena para la conformación de la base granular del pavimento rígido en la ciudad de Pucallpa 2022”

### **1.2 TESISISTA**

....

### **1.3 AÑO CRONOLÓGICO**

2022

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

Las vías de comunicación son elementos importantes para cualquier ciudad del mundo, y dan origen a los grandes sistemas viales, los cuales deben ofrecer comodidad, seguridad y rapidez para trasladarse de un lugar a otro.

“La falla del pavimento a menudo es causada por una rigidez insuficiente y resistencia de la estructura del pavimento, incluida la subrasante, base, y asfalto o superficie de hormigón, debajo de pesados y Carga de tráfico repetida” (Pokharel, et al., 2018, pág. 115).

La base granular es el principal elemento estructural del pavimento rígido que tiene por función principal absorber y distribuir los esfuerzos producidos por el paso vehicular a las capas inferiores y/o terreno de fundación, por tanto, los materiales que lo conforman deben cumplir ciertos requerimientos que muchas veces los materiales no cumplen en su estado natural y se ve la necesidad de estabilizarlos o mejorarlos con otros elementos o agregados. (Aguilar Condori, 2018, pág. 15)

“Un aspecto de suma importancia en el diseño de un pavimento, son los materiales que se emplean en su construcción, conocer sus propiedades ayuda a un mejor aprovechamiento, obteniendo capas granules económicos y calidad para la construcción de pavimentos” (Aguilar Condori, 2018, pág. 16).

Actualmente en la ciudad de Pucallpa se presenta muchos daños en los pavimentos presentes como grietas, baches, asentamientos y el colapso total de la estructura es la problemática frecuente en estas vías, esto causado por una falta de correctos estudios de los materiales a emplear en la conformación de bases granulares, los cuales afectan la vida útil con que estos pavimentos fueron diseñados.

La rigidez y resistencia de la estructura del pavimento debe tenerse en cuenta al seleccionar materiales de base para pavimento rígido en la ciudad de Pucallpa, teniendo en cuenta las características físicas y mecánicas en la selección del material.

Es necesario como alternativa de solución a estos problemas, saber si el recurso en estado natural o el diseño de la mezcla de dos canteras provenientes de las Canteras del Distrito de Nueva Requena se rigen a los requerimientos mínimos para la conformación de la base granular de Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa, esto estipulado en la EG – 2013 del MTC.

La mezcla de materiales de canteras, tiene como fin mejorar un material con uno de mejor calidad o para corregir las deficiencias en la gradación que puedan tener, de modo que la combinación de estos cumpla con las especificaciones requeridas. En este caso uno de los problemas que se presenta es determinar en qué proporción se deben mezclar dos o más materiales, cuyas propiedades cumplan con la normativa. (Vázquez Torres, 2019, pág. 13)

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras, cumple con los requerimientos de la EG-2013, para la conformación de la base granular del Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?

### **2.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICOS**

- ¿En estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena cumple con los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?
- ¿Las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena cumple con los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras y contrastar según los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular del Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.

### **2.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Determinar en estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena y contrastar según los requerimientos de la

EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.

- Determinar las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena y contrastar según los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **Justificación científica.**

La investigación dará conocimiento las características físicas y mecánicas de los agregados que se extraen de las canteras del distrito de Nueva Requena - Provincia de Coronel Portillo – Ucayali en estado natural; proponer diseño mezclas de dos canteras con la finalidad de evaluar si cumple con los requerimientos mínimos que exige la EG-2013 para la conformación de base granular destinada a pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa 2022.

### **Justificación social.**

Tendrá un aporte importante a la sociedad constructora de pavimentaciones, entidades públicas y privadas que ejercen sus actividades en la ciudad de Pucallpa, Región de Ucayali; los ensayos de laboratorio nos brindarán información de las características físicas y mecánicas y la proporción de los agregados dos canteras para el diseño de una base granular para pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa, que supere los requerimientos mínimos establecidos en la E-G 2013 para la conformación de base granular destinada a pavimentos rígidos, utilizando las canteras del distrito de Nueva Requena – Provincia de Coronel Portillo – Ucayali como fuentes confiables en la extracción de agregados para ejecutar proyectos viales en la ciudad de Pucallpa 2022.



### **Justificación económica.**

Al tener la información clara de las características físicas y mecánicas de las canteras del distrito de Nueva Requena – Provincia de Coronel Portillo – Ucayali esto hace fácil la utilización de materiales provenientes de la zona para pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa, y lo más importante es que el constructor establezca criterios en cuanto a diseños de la estructura base granular para pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa con la finalidad de optimizar los recursos en cuanto a la explotación y transporte del material para su desempeño efectivo.

## **2.5 LIMITACIONES Y ALCANCES**

El proyecto de investigación se realizará para base granular del Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa.

Los agregados que se estudiarán serán provenientes de 03 canteras del distrito de Nueva Requena – Provincia de coronel Portillo – Ucayali: La cantera Andy en el caserío Naranjillo, cantera el Palmero en el caserío Zanja Seca y la cantera Jessica Liliana; estas en actividad de extracción

La presencia significativa de material fino y carecía de material grueso en las canteras mencionadas afectan y limitan el diseño de la base granular para Pavimentos Rígidos en la ciudad de Pucallpa 2022

Los laboratorios especializados de la carrera de ingeniería civil de la universidad nacional de Ucayali serán utilizados para los distinto ensayos a realizar en la investigación.

## **2.6 HIPÓTESIS**

### **2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras, cumplirán con las especificaciones establecidos

en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.

### **2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- En estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena, cumple con los requerimientos establecidos en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.
- Las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena, cumple con los requerimientos establecidos en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.

## **2.7 SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES**

### **2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Características físicas y mecánicas de los agregados en el diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena.

### **2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Conformación de la base granular en pavimentos rígidos.

## 2.8 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente (VI)					
VI: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE DOS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA	El diseño de pavimentos es una disciplina de la ingeniería civil que se encarga de la determinación de los espesores y de las características físico mecánicas que deben tener los materiales que componen la estructura de una vía para que sea capaz de soportar las cargas del tráfico y ambientales a los que será sometida durante un determinado periodo de tiempo. (Borja Campos, 2014, pág. 12)	Características Físicas	Granulométrica	% que pasa	100 % al 5 %
			Plasticidad	Contenido de humedad	4 % máximo
			Sales solubles	% de sales solubles	0.5 % máximo
			Partículas de caras fracturadas	% de partículas fracturadas	80 % para una cara 40 % para dos caras
			Partículas chatas y alargadas	% de partículas chatas y alargadas	15 % máximo
		Equivalente de arena	% de agregados que pasan	35 % mínimo	
		Características Mecánicas	Desgaste	% material degradado	40 % máximo
Variable dependiente (VD)					
VD: CONFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	La base granular es el principal elemento estructural del pavimento que tiene por función principal absorber y distribuir los esfuerzos producidos por el paso vehicular a las capas inferiores y/o terreno de fundación, por tanto, los materiales que lo conforman deben cumplir ciertos requerimientos que muchas veces los materiales no cumplen en su estado natural y se ve la necesidad de estabilizarlos o mejorarlos con otros elementos o agregados. (Aguilar Condori, 2018, pág. 15)	Cumplir con los requerimientos que aseguren la calidad del Material para base granular en pavimentos rígidos de la ciudad de Pucallpa	Requerimientos granulométricos	Curva Granulométrica (% que pasa)	EG 2013 - Tabla 403-01 (Gradación)
			Valor relativo de soporte	% CBR	·EG 2013 - Tabla 403-02 (min 80%, min 100%:)
			Requerimientos Agregado Grueso	Ensayos de laboratorio	EG 2013 - Tabla 403-03 (<3,000msnm, ≥3,000msnm)
			Requerimientos Agregado Fino	Ensayos de laboratorio	EG 2013 - Tabla 403-04 (<3,000msnm, ≥3,000msnm)

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS**

##### **ANTECEDENTES REALIZADOS A NIVEL INTERNACIONAL:**

Salas (2018) en su investigación “Caracterización físico-mecánica de los agregados del río Upin y río salinas para la aplicación de bases y Sub-bases” realizada en Colombia, tuvo como objetivo dar una evaluación acerca de las partículas que conforman el agregado pétreo. La metodología fue experimental mediante el empleo de laboratorios. Los resultados indican que tiene una humedad de 5,4% y una densidad óptima de 1.920 gr/cm<sup>3</sup>. El CBR tiene como resultado de 34.1%, el desgaste de la máquina de los ángeles con un resultado promedio de 31.1%. La conclusión fue que el material extraído no cumplía en el tamaño indicado por INVIAS, en los demás ensayos el material cumple con los requisitos mínimos.

Ferreira Cuellar & Torres López (2014) realizaron la investigación “Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo)” realizada en Colombia; con el objetivo de Caracterizar y comparar los agregados pétreos de las canteras Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo) para determinar cuáles presentan mejores propiedades físicas dependiendo de su petrografía de origen. La metodología fue experimental mediante de ejecución de ensayos acorde a las normativas técnicas del País. Los resultados indican que la granulometría se encuentra en los límites de la norma. Del desgaste por abrasión, el agregado proveniente de la Cantera Vista Hermosa presenta mayor porcentaje de pérdida de masa (34.67%). El comportamiento de la Mina Cemex presenta un equivalente de arena del 95% lo que hace este material de mejor calidad para la elaboración de concreto. Las partículas planas, alargadas de la cantera Vista hermosa (índice de aplanamiento = 58,26%, índice de alargamiento = 8,47%,) y la cantera Mina Cemex (índice de aplanamiento = 47,89%, índice de alargamiento = 9,23%). La conclusión de la investigación permitió clasificar y determinar la composición mineralógica de las muestras; la comparación de los

resultados de los ensayos realizados a las muestras de las dos canteras, se observó una diferencia en sus propiedades físicas, las cuales son fundamentales para determinar la calidad del agregado. Con mejores resultados en los ensayos de laboratorio la Mina Cemex (Apulo) respecto a la Cantera Vista Hermosa (Mosquera), se considera apta como agregado de concreto.

Cubides (2020) en su investigación “Caracterización mineralógica y físico mecánica de los agregados pétreos de las canteras Santa Lucía, Pie Blanco y Mina San Vicente, usados como Materiales de construcción” realizada en Colombia, tuvo como objetivo analizar los agregados obtenidos y evaluar su calidad y resistencia. La metodología usada fue en base al manual de INVÍAS donde se utilizó ensayos de laboratorio. Los resultados indican que el agregado fino posee un porcentaje mayor del 27% de limos y arcillas y agregados gruesos con 2% de material fino. En el ensayo de composición se obtuvo que el material estaba mal gradado. La densidad relativa fue de 2.64 g/cm<sup>3</sup> en arena lavada, 2.61 g/cm<sup>3</sup> en Arena de peña, 2.66 g/cm<sup>3</sup> en Cantera Santa Lucía y 2.70 g/cm<sup>3</sup> en Cantera de Pie Blanco, con porcentajes de absorción de 3.62, 2.93, 1.33, 0.5 respectivamente. El desgaste por abrasión de materiales indicó 8% para Cantera Santa Lucía, 4% para Cantera Pie Blanco. La investigación concluyó que el material garantiza un excelente uso en mezclas de concreto, afirmado, sub bases y base granular.

Cabrera (2017) en su investigación “Agregados de la cantera Jubones y su influencia en la resistencia del hormigón, empleado en la construcción de obras civiles” realizada en Ecuador, tiene como objetivo el verificar la calidad de los recursos obtenidos de las canteras mencionadas. La metodología empleada es por métodos cuantitativos y cualitativos ya que realizó mediante medición y observación de los agregados. Los resultados indica peso volumétrico seco de la grava y arena en 1200-1760 kg/cm<sup>3</sup>. La densidad de la grava fue de 2.4-2.9. La masa unitaria fue de 1.5978 kg/m<sup>3</sup> para grava, la masa unitaria suelta fue de 1.4664 kg/m<sup>3</sup> para arena. Las conclusiones obtenidas es que los recursos de las canteras si tienen las propiedades necesarias según la normatividad establecida en Ecuador.

Chavez & Franci (2018) en su investigación “Caracterización mineralógica, porosimétrica, microestructural y con ensayos convencionales de agregados pétreos gruesos de una cantera del Piedemonte Llanero Colombiano según norma IdU sección 500–11” realizada en Colombia. El objetivo fue la caracterización de los agregados de la cantera mencionada. La metodología usada fue experimental para poder obtener la información sobre las propiedades de los agregados. Los resultados indican una composición del material con presencia del 91% de material ácido, siendo éste de origen metamórfico y sedimentario. Sobre la forma de los agregados, estos presentaron formas angulares y subredondeadas, con presencia de porosidad únicamente en el 1.3% del total de agregados. Los agregados muestran alteración en 44% de estos. La conclusión es que los materiales son aptos para ser utilizados para bases granulares y mezclas asfálticas.

Mestanza (2018) en su investigación “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón elaborado con fibras recicladas de envases PET utilizando agregados de la cantera de San Antonio y cemento Holcim tipo GU” desarrollada en Quito, tuvo como objetivo análisis físicos químicos del hormigón, PET y agregados de las canteras seleccionadas. La metodología utilizada es experimental por uso de ensayos de laboratorios para poder obtener las propiedades de los materiales. Los resultados indican coeficientes de uniformidad de 0.23 y 0.22 en los ensayos aplicados. Los contenidos de humedad fueron de 0.28, 0.14 y 0.21g en agregados gruesos y, 1.09, 1.21 y 1.15 en agregados finos. La densidad aparente suelta del agregado fino fue de 1.56 g/cm<sup>3</sup> y para el agregado grueso fue de 1.37 g/cm<sup>3</sup>. La densidad aparente compactada fue de 1.73 g/cm<sup>3</sup> para agregado fino y 1.49 g/cm<sup>3</sup> para agregado grueso. Las densidades máximas de los agregados fueron de 1.85 g/cm<sup>3</sup> y la óptima de 1.84 g/cm<sup>3</sup>. La conclusión fue que los agregados de la cantera si cumplen para la composición de concretos destinados a diferentes obras civiles.

**ANTECEDENTES REALIZADOS A NIVEL NACIONAL:**

Borja (2014), en su estudio titulado “Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados del Pavimento Flexible de la Carretera Cañete-Lunahuaná” del departamento Cajamarca. Objetivo General: Determinar las propiedades físicas y mecánicas e los agregados que conforman la base. La tesis es una investigación cuasi – experimental. Resultado: Se determinó que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para base, cumplen con los parámetros establecidos por el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito del MTC. Concluyen que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para base, cumplen con los parámetros establecidos por el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito del MTC y por ende con el expediente técnico del proyecto, y que es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en un diseño de pavimentos, ya q esta influyen de manera directa en el comportamiento del mismo; llegando a producir fallas estructurales por el manejo apresurado (sin análisis) y de un mal análisis.

Aguilar Condori (2018) en su es investigación “Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca”. En la presente tesis se detalla el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi y los agregados procesados de las canteras Cabanillas y Maravillas además de la influencia de los agregados procesados en el valor relativo de soporte CBR del suelo de la cantera Taparachi. Para determinar la influencia de los agregados procesados en el valor relativo de soporte CBR del suelo de la cantera Taparachi, se realizaron mezclas, con las que se efectuaron los ensayos de Próctor modificado y CBR en laboratorio, bajo normas técnicas del Manual de Ensayo de Materiales del MTC – 2016. Las mezclas para determinar la influencia y variación del CBR el suelo de la cantera Taparachi con agregado de la cantera Cabanillas fueron de 75-25%, 50-50% y 25-75% respectivamente, y la variación del CBR el suelo de la cantera Taparachi con agregado de la cantera Maravillas fueron de 75-25%, 50-50% y 25-75% respectivamente. Los resultados demostraron que la inclusión de agregado procesado incrementa el CBR del suelo de la cantera Taparachi, además las

mezclas de mejores resultados fueron de 50% de Taparachi con 50 % de Cabanillas y 25% de Taparachi con 75% de Maravillas alcanzando valores de hasta 80% y 93% de CBR respectivamente

Vázquez Torres (2019) en su estudio titulado “Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras el Guitarrero y piedra chancada del río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca”. Cuyo objetivo es evaluar la mezcla adecuada de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta para sub bases y bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca. Los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta se realizó en los siguientes porcentajes: 80% de material de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada, 70% de material de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada, 60% de material de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada. Se determinó que la mezcla de materiales en porcentajes 60% de la cantera El Guitarrero y el 40% piedra chancada, cumplen con las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (MTC) para sub bases y bases de pavimentos, a excepción del CBR cuyos valores son inferiores al 80% requerido para bases de pavimentos. Las propiedades de esta mezcla de materiales tienen los siguientes resultados para las muestras M-1, M-2, M-3 y M-4: Límite líquido 17%, 16%, 16% y 17%; límite plástico e índice de plasticidad tienen valores de 0% para todas las muestras; la granulometría cumple con la gradación B, la abrasión tiene valores de 39.25%, 38.80%, 38.77% y 38.74%; el CBR tiene valores de 69.10%, 70.10%, 68.80% y 69.10% respectivamente.

Córdova & Cruz (2019) en su investigación “Factores que influyen en el desgaste del pavimento de la Av. Ramón Castilla en Chulucanas – Piura 2019”, cuya finalidad es examinar los factores que influyen en el desgaste de la avenida Ramón Castilla, Chulucanas-Morropón-Piura, sabiendo identificar mediante el estudio del tipo de falla presente, identificar las necesidades que exigen los factores que influyen en su desgaste o deterioro para poder ejecutar medidas de conservación de la vía mencionada. Donde concluyeron que no siempre se



cumplen con el diseño adecuado para la vía, sin embargo, los factores deben tomarse en cuenta antes y durante de su proceso constructivo

Canaza (2020) en su investigación “Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero” realizado en Arequipa cuyo objetivo fue determinar las propiedades de los materiales de las canteras mencionadas. La metodología utilizada fue experimental, regidas en base a los establecido por el MTC. Los resultados generales de las caras fracturadas del 85%, siendo que el MTC indica un mínimo de 40%, el resultado de abrasión fue de 34.12%, siendo el máximo del MTC de 15%, las partículas chatas y alargadas fueron de 5%, contenido de sales de 0.16%, equivalente de arena de 38%, sin límite líquido y plástico. El resultado del CBR es de 81%. La conclusión final es que los recursos que se obtienen de las canteras mencionadas si cumplen el mínimo requerido por el MTC.

Mamani (2018) en su investigación “Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito” realizado en Juliaca tuvo como objetivo determinar si las bases granulares se estabilizan con cemento y pueden ser utilizados para pavimentos rígidos. La metodología fue de tipo cuantitativo, secuencial y probatorio. Los resultados obtenidos fueron que hubo un CBR de diseño de 12.79%, clasificado por una base buena. La clasificación SUCS de la cantera Isla fue de GW, la cantera Vallecito fue de GC y de Surupana fue de piedra chancada  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{4}$ ”. La sub base granular dio como resultados un 2.12 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca, un 6.40% de contenido de humedad. La base granular tuvo un 2.12 gr/cm<sup>2</sup> de densidad seca y 6.30% de contenido de humedad óptimo, con un CBR de 86% siendo según EG-2013 80% de min. Las partículas con una cara fracturada tienen un valor de 81.3%. La conclusión define que los materiales cumplen con las características mínimas establecidas.

Carranza & Paredes (2018) en su investigación “Evaluación técnico-económica de los agregados producidos por las canteras de la provincia de Chiclayo para fines de obras viales” desarrollada en Chiclayo, tiene como objetivo detallar las canteras y evaluar las propiedades de los materiales y su presupuesto. La metodología empleada es experimental con el uso de laboratorios para hallar las propiedades de los materiales que brindan las canteras. Los resultados indican que la cantera la Viña tiene un L.L. de 19.80%, L.P. de 18.59% e I.P. de 1.21%, siendo que de la cantera Victoria es 20.04%, 19.24% y 0.8% respectivamente y de la cantera Delicias 33.07%, 21.03% y 12.67% respectivamente. El CBR de la cantera Victoria resultó 63.2% y de Las Delicias es de 67.8%. Se concluye que los materiales de las canteras cumplen con lo mínimo establecido en la normativa.

Ñahui & Sedano (2018) en su investigación “Estudio de la calidad de los agregados de la cantera de Ocopa para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en el distrito de Lircay- Angaraes -Huancavelica” cuyo objetivo fue determinar las propiedades de los recursos que brindan las canteras para ver su cumplimiento con la normativa. La metodología empleada es descriptiva de tipo básica. Los resultados indican que el porcentaje de partículas fracturadas es de 52.5% en la calicata 1, 48.5% en calicata 2 y 45% en calicata 3. El porcentaje de arcilla es 1.90% en agregado fino y 4.46% en agregado grueso para la calicata 1, el porcentaje de arcilla es 2.00% en agregado fino y 4.59% en agregado grueso para la calicata 2 y el porcentaje de arcilla es 2.72% en agregado fino y 4.50% en agregado grueso para la calicata 3. Se concluye que los materiales si cumplen con lo especificado en la normatividad para su uso.

Reátegui & Zavaleta (2018) en su investigación “Caracterización de los agregados de las principales canteras de la provincia de Tacna para optimizar su uso en obras de construcción 2018” cuyo objetivo fue determinar las características de los agregados de las canteras seleccionadas para evaluar si cumple con los requisitos mínimos de la normativa. La metodología empleada fue no experimental, transeccional donde se evaluó los insumos para ser utilizada en obras de construcción. Las canteras seleccionadas fue Arunta II,

Jonas I, Arunta, Magollo y Sama cuyas humedades para agregado fino y grueso fueron 2.5 y 0.15, 2.00 y 0.25, 1.04 y 0.15, 0.84 y 0.13, 0.77 y 0.54 respectivamente. Los porcentajes de absorción dieron en promedio 1.582 para agregado fino y 1.634 para agregado grueso. Los pesos específicos promedio de las canteras fue de 2.574 de A.F. y 2.56 A.G.. El peso unitario suelto fue de 1.66 para agregado fino y 1.422 para agregado grueso.

#### **ANTECEDENTES REALIZADOS A NIVEL LOCAL:**

Pérez Espejo & Vásquez Días (2021), en su investigación “Análisis y evaluación de agregados de las canteras del distrito de Curimaná para la elaboración de la estructura de base granular de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa” en su objetivo determina las propiedades de los recursos que se obtienen de las canteras de Curimaná. La metodología usada fue con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y explicativo y no experimental. Los resultados indican que la composición granulométrica de las canteras no cumplía los requerimientos por normatividad, el índice de plasticidad no superó el 4% en las canteras con excepción de la cantera Tihua II que superó ese porcentaje; el desgaste por abrasión si cumplían con los requerimientos. En el caso de las partículas chatas y alargadas no superaban el 15% según establece la normatividad. En el caso de las sales solubles y el equivalente de arena, las canteras cumplen con los requerimientos de las normas. Como conclusión resalta que la granulometría no cumplía, pero como solución se da la combinación con tierra roja en proporción de 75-25% para que dé cumplimiento.

No se presentan más estudios realizados a la fecha similar al presente tema de investigación.

## **3.2 BASES TEÓRICAS**

### **3.2.1 Estudio de canteras:**

Según el MTC (2014), un estudio de canteras se realiza para determinar el lugar de donde se hará la extracción de los materiales a utilizar para la construcción de terraplenes, afirmados, bases granulares entre otros.

Para la ubicación se debe considerar la proximidad a la obra a realizar, calidad y cantidad requerida para que la obra fluya.

Las canteras deben ser evaluadas para asegurar la calidad y cantidad. La evaluación del terreno de las canteras se basa en la realización de calicatas por zonas, también se puede realizar sondeos en la zona o trincheras para extraer de ahí los materiales.

El muestreo que se realiza se efectúa bajo el Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente y la norma MTC E 101. El muestreo para la extracción de materiales se realiza con un mínimo de 5 exploraciones para áreas menores o iguales a una hectárea.

### **3.2.2 Propiedades físicas**

Son aquellas características o propiedades que se observan en los materiales una vez aplicadas fuerzas externas o sollicitaciones (se miden cuando sometemos los especímenes a ensayos donde existen fuerzas apareciendo esfuerzos y deformaciones)

Las fuerzas o sollicitaciones pueden ser: fuerza axial, fuerza cortante.

### **3.2.3 Propiedades Mecánicas**

Son aquellas que se pueden medir sin afectar el espécimen de ensayo, el material no se afecta, pero si adquiere ciertos comportamientos ante eventos físicos (ejemplo un sólido que se enfrenta al agua va a tener cierta capacidad de absorción o porosidad, etc).

### **3.2.4 Suelos:**

Se denomina al suelo como un material, el cual se emplea en construcción y se considera como el más antiguo, sin embargo, también es el material más complejo de la ingeniería siendo que su estudio, comprensión, análisis y diseño requiere de varias etapas de estudios de características físicas y mecánicas, lo cual es necesario en la construcción y rehabilitación de carreteras (Gutiérrez Lázares, 2021).

Según Macías *et al.* (2018), el suelo está expuesto al medio, por lo cual está compuesto por materia orgánica, minerales en sus diferentes formas, entre otros elementos producidos a raíz de la meteorización.

#### **3.2.4.1 Estudio de mecánica de suelos:**

Un estudio de suelos se debe realizar teniendo en cuenta la aplicación de diferentes procesos existentes y necesarios pero que no necesariamente se ajustan a todas las realidades. El pavimento es una estructura de ingeniería y se debe tener en cuenta que parte de ella son los suelos, los que conforma su elemento de construcción debido a que los pavimentos deben descansar sobre un suelo con las características físicas y mecánicas necesarias para dar un buen comportamiento a la estructura. La mecánica de suelos para la construcción identifica problemas, los analiza y establece recomendaciones según el lugar donde se está ejecutando la obra (Gutiérrez Lázares, 2021).

Macías (2018) considera que la meteorización es un fenómeno recurrente en los suelos y que debe ser de un estudio prioritario para los ingenieros civiles. Las rocas necesarias para la construcción pasan por procesos de meteorización y durabilidad por lo cual es importante el estudio que tienen frente a esto; a partir de esto, se puede conocer para que tipo de trabajo es apta la roca en estudio. En todo tipo de obra las cargas están presentes por lo cual el conocer las propiedades del suelo es igual de importante, ya que el suelo es el encargado de soportar estas cargas ya que es base de la estructura a construir.

La caracterización del suelo es un paso fundamental para la elaboración de cualquier proyecto, ya que permite predecir el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga. Algunas pruebas de laboratorio permiten una mejor comprensión del suelo. A través de estas pruebas, el ingeniero puede deducir si es adecuado para fines de ingeniería geotécnica. El estudio de los procedimientos de análisis de suelos. y la interpretación de los resultados obtenidos son temas de actualidad en importantes clases de Civil Cursos de ingeniería, como Mecánica de Suelos, Diseño de Pavimentos y Diseño de Cimientos. En muchas de estas pruebas, un proceso de cálculo detallado es esencial para determinar correctamente los parámetros del suelo deseado (Nalon, Almeida, & Duarte, 2018).

#### **3.2.4.2 Tipos de suelos**

##### **Por su origen:**

Según Macías *et al.* (2018) los suelos se clasifican por su origen como:

1. Residuales: Suelos que se derivan de rocas y que permanecen en la superficie de estas.
2. Transportados: Los suelos transportados son aquellos que bajo un factor se movilizan, estos se clasifican en aluviales, glaciales y eólicos. Los suelos aluviales se transportan por el movimiento de las aguas, los suelos glaciales se transportan por acción glacial y los suelos eólicos por la acción del viento.
3. Turbas: Se denomina turba al material que se obtiene por medio de la descomposición de material orgánico, que es comúnmente encontrado a poca altura de la superficie del terreno.
4. Orgánico: Está compuesto por una mezcla entre turba y suelo inorgánico, cuyas características se encuentra con una humedad alta y fácil de comprimir ya que tiene un gran asentamiento.

**Por su granulometría:****Las arcillas:**

Es un material constituido por silicato de aluminio hidratados, además son materiales geotécnicamente problemáticos al depender su comportamiento de las composiciones mineralógicas y ambientales del medio. Los factores que tienen una mayor influencia en las propiedades de la arcilla es la plasticidad, resistencia, compresibilidad, cambio de volumen, entre otras (Moreno, 2019).

**Arenas:**

Las arenas están conformadas por materiales muy finos, rocas y minerales, por lo que se considera que es el material que pasan una malla de 5mm, pero son retenidos en una malla de 2mm (Moreno, 2019).

**Gravas:**

Las gravas son material conformado por rocas de tamaños comprendidos entre 2 y 64 mm. La grava es utilizada como árido natural, lo cual se utiliza frecuentemente en el campo de la construcción como composición de bases granulares, concretos, terraplenes, entre otros (Moreno, 2019).

**Limos:**

Es el polvo de roca y es de origen inorgánico, su característica principal es la plasticidad que puede llegar a ser hasta el 50% en estado líquido, esto se debe a la adherencia neutra con el agua, siendo un caso muy distinto que las partículas coloidales de la arcilla (Moreno, 2019).

**3.2.4.3 Propiedades Físicas De Los Suelos:**

Macías *et al.* (2018) considera que el suelo es un material de construcción importante para la Ingeniería Civil puesto que soporta toda la estructura a construir, por lo cual se debe estudiar sus propiedades.

Para el MTC (2013), en su manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, define que las propiedades a tomar en cuenta son:

### Granulometría:

Son los tamaños que posee los agregados, el proceso se da utilizando tamices normados y cumpliendo con las especificaciones técnicas del MTC EM 107. Los análisis granulométricos sirven para determinar la proporción de los elementos que conforman el suelo, clasificándolo según su tamaño, entre ellos tenemos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013):

**Tabla 1**

*Tipo de material según su Granulometría*

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 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: MTC (2013).*

### La plasticidad:

Es la resistencia que presentan los suelos ante los límites de humedad, es por ello que esta propiedad va a depender de los agregados finos que tenga. El ensayo que se utiliza para determinar la plasticidad de un suelo es los Límites de Atterberg (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**Tabla 2**

*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: MTC (2013).*

### Equivalente de Arena:



Es aquella cantidad de polvo fino que tiene o que se encuentra en los suelos y agregados finos. Es un ensayo muy similar al ensayo de Atterberg, pero con menor precisión. Los valores de EA es un indicador de la plasticidad del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013):

**Tabla 3**

*Equivalente de Arena*

Equivalente de Arena	Característica
si $EA > 40$	el suelo no es plástico, es arena
Si $40 > EA > 20$	el suelo es poco plástico y no heladizo
si $EA < 20$	el suelo es plástico y arcilloso

*Fuente: MTC (2013).*

### **Humedad Natural:**

Es una característica importante para probar la resistencia de los suelos, está asociada a la humedad y densidad que los suelos presenten. El ensayo determinara la humedad óptima para obtener el CBR del suelo. Además, se podrá verificar la compactación del suelo y la cantidad de agua que necesita (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **3.2.5 Sistemas de Clasificación de los suelos:**

#### **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS):**

El sistema unificado de clasificación de suelos es adoptado por ASTM D-2487-98 e IS: 1498-1970 para la clasificación e identificación de suelos para fines de ingeniería general.

Los suelos se clasifican en términos generales en tres divisiones:

Suelos de grano grueso: en estos suelos, el 50% o más del material total en peso es mayor que el tamaño del tamiz IS de 75 micrones.

Suelos de grano fino: en estos suelos, el 50% o más del material total en peso es menor que el tamaño del tamiz IS de 75 micras.

Suelos altamente orgánicos y otros materiales diversos del suelo:

Estos suelos contienen un gran porcentaje de materia orgánica fibrosa, como la turba, y las partículas de vegetación descompuesta. Además, ciertos suelos que contienen conchas, cenizas y otros materiales que no son del suelo en cantidades suficientes también se agrupan en esta división.

Divisiones mayores			Símbolo del grupo	Nombre del grupo
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200(0.075 mm)	Grava >50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz N°4(4.75mm)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien graduada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobremente graduada
		Grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	GM	Grava limosa
			GC	Grava arcilla
	Arena ≥50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien graduada, arena fina a gruesa
			SP	Arena pobremente graduada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	SM	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz N°.200	Limos y arcillas limite liquido <50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
	Limos y arcillas limite liquido ≥ 50	orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica
		inorgánico	MH	limo de alta plasticidad, limo elástico

Fuente: ASTM D 2487. 2017

### **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO (ASOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE DE FUNCIONARIOS DE CARRETERAS Y TRANSPORTES DEL ESTADO):**

Es ampliamente utilizado para clasificar el suelo para la construcción de carreteras, autopistas y aeródromos (pistas de aterrizaje, calles de rodaje) especialmente para material de subrasante. Los requisitos previos del sistema de clasificación de suelos AASHTO son:

- Análisis mecánico
- Límite líquido
- Índice de plasticidad

### Tamaño de grano:

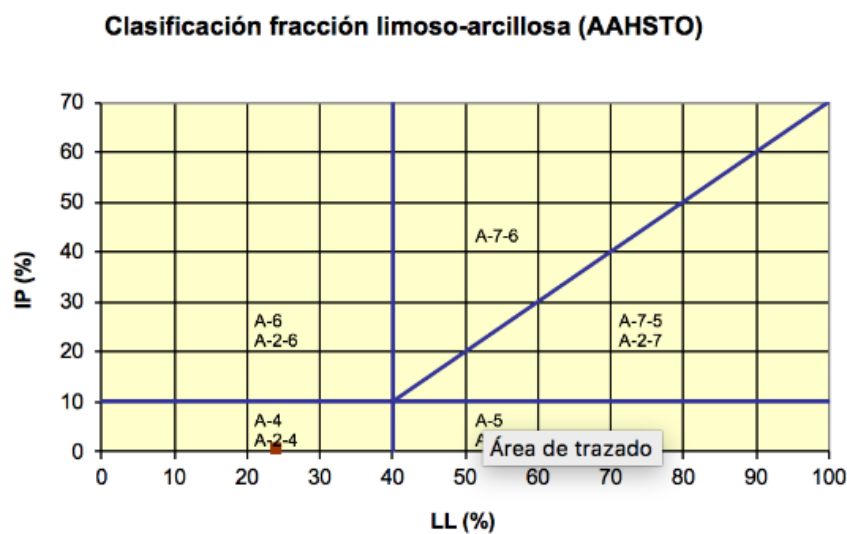
- Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y se retiene en el tamiz n. ° 10 (2 mm) de EE. UU.
- Arena: Fracción que pasa el tamiz # 10 y retiene el tamiz # 200
- Limo y Arcilla: Fracción que pasa el tamiz # 200

### Plasticidad:

- El término limoso se aplica cuando las fracciones finas tienen un PI < 10
- Se aplica el término arcilloso cuando las fracciones finas tienen PI > 11

### Grupos:

Los suelos se clasifican en ocho grupos, A-1 a A-8. Los grupos principales A-1, A-2 y A-3 representan los suelos de grano grueso y los A-4, A-5, A-6 y A-7 representan suelos de grano fino. A-8 se identifican mediante inspección visual. Los rangos de LL y PI para los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 se muestran en la siguiente figura.



### Índice de grupo (GI):

Para la evaluación cualitativa de un suelo determinado, también se ha desarrollado un número denominado Índice de grupo.

$$GI = (F_{200} - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F_{200} - 15) (PI - 10)$$

Dónde:

- F o F 200 es el% de edad que pasa # 200 tamices expresados como número entero (también llamado fracción fina)
- LL es el límite líquido del suelo
- PI es el índice de plasticidad del suelo

Cuanto mayor sea el valor de IG, más débil será el suelo y viceversa. Por lo tanto, la calidad del rendimiento de un suelo como material de subrasante es inversamente proporcional al IG. Un suelo con un IG de cero se considera el mejor. Si la ecuación da un valor negativo para GI, considérela cero. Siempre redondee el GI al número entero más cercano.

GI = 0 para suelos de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3. Para los grupos A-2-6 y A-2-7, use GI parcial solo para PI.

$$GI = 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Clasificación de AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz # 200)							Materiales limo arcillosos (más de 35% pasa el tamiz # 200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 <sup>A</sup>	A-2				A -4	A -5	A -6	A-7 A -7-5 A -7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamiz, % que pasa											
N°.10(2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N°.40(425µm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...
N°.200(75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx. <sub>B</sub>
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

<sup>A</sup> La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

<sup>B</sup> El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

**Fuente:** ASTM D 3282. 2015 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 2015) (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 2017)

### **3.2.6 Pavimento rígido:**

Se les denomina a aquellos pavimentos contruidos por losa de concreto hidráulico, con una alta capacidad de resistencia, tensión y rigidez. Además, el pavimento rígido está conformado por una base granular, colocado sobre la subrasante (Departamento Nacional de Planeación, 2017).

Para los autores Vásquez y Prado (2016), los tipos de pavimento rígidos están clasificados de la manera siguiente: Pavimento de concreto simple, dentro de estos pavimentos encontramos dos sub tipos sin pasadores, son aquellos que no cuenta con acero de refuerzo utilizando juntos de separación, y con pasadores, son aquellos que llevan en su interior pequeños refuerzos de acero con la función de transmitir las cargas entre dos losas; luego tenemos el pavimento de concreto con refuerzo continuo, estos pavimentos llevan una estructura en todo su trayectoria y no cuenta con juntas de dilatación evitando así la contracción del concreto y las fisuras; y finalmente tenemos los pavimentos compuestos por un concreto reforzado que se estructura con juntas, este tipo de pavimentos tiene acero en su estructura en forma de malla con la finalidad de evitar que pueda ocasionar fisuras, también se emplea la junta para que cada pavimento funcione como una unidad estructural.

### **3.2.7 Base granular:**

La base granular se define como aquel material grueso que determina la resistencia de un elemento de transitabilidad, por otro lado, esta constituido por piedra triturada y material de relleno (piedra y grava), con arena y el suelo natural. Es de esta forma como se constituye la base estructural del pavimento, por ello su estabilidad depende de las proporciones que se utilice en su composición (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2012).

La base granular por lo general cuenta con un espesor de 20 centímetros, realizando el proceso de compactación por capas, las cuales serán menores de 10 cm. asimismo se debe humedad cada capa compactada hasta conseguir la resistencia adecuada. El proceso de compactación debe ser continuo, homogéneo y sobre todo uniforme para la circulación vehicular (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2012).

### 3.2.7.1 Materiales usados para bases granulares.

“La construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, que cumplan los requerimientos mencionados en la EG-2013” (MTC, 2013).

### 3.2.8 Requerimientos para la base granular en pavimentos rígidos:

Según el MTC (2013) en el Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 los requisitos que debe cumplir una base granular para pavimentos es lo siguiente:

#### 3.2.8.1 Requerimientos granulométricos:

Las bases granulares deben ser bien graduadas y cumplir con los siguientes requisitos granulométricos:

**Tabla 4**

*Requerimientos granulométricos*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ( $\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

### 3.2.8.2 Requerimientos en el agregado grueso:

Este agregado está conformado por el material retenido por la malla N°04 debe cumplir con lo siguiente:

**Tabla 5**

*Requerimientos en el agregado grueso*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

### 3.2.8.3 Requerimientos en el agregado fino:

El agregado fino conformado por el material que logra pasar la malla N°04 debe cumplir lo siguiente:

**Tabla 6**

*Requerimientos en el agregado fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

#### **3.2.8.4 Requerimientos de construcción:**

La explotación y elaboración de materiales se realiza con aprobación previa de supervisión cumpliendo con los requerimientos de cada especificación.

Los tramos de prueba se emprenderán a través del contratista quien verificará el estado y comportamiento de los equipos por medio de muestras en las capas de prueba donde ensayará para ver la conformidad en densidad, granulometría y otros requisitos.

Para el transporte y colocación del material, se realizará en un carril de la vía para que no perjudique la circulación del tráfico; en el caso de base granular, se dispone de todos los materiales que la conforman en proporciones y se mezcla. En caso de humedecer se debe realizar sin afectar otras zonas.

La compactación se realizará utilizando el equipo adecuado y constatado por supervisión y poder obtener la densidad necesaria.

La apertura al tránsito solo se realizará si es muy necesario, el contratista es responsable si existen daños por ahuellamiento.

La conservación se realiza por parte del contratista inmediatamente después de aceptada la base granular, puesto que debe realizar la capa superior inmediata, de no hacerlo debe reparar bajo su costo.

#### **3.2.8.5 Requerimientos de ensayos:**

Para cada lugar de material extraído, y cualquier cantidad, se debe tomar un mínimo 4 muestras para ser sometidas a ensayos que deben realizarse.



**Tabla 7**  
*Requerimientos de ensayos y frecuencias*

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m³	Cantera (2) y pista
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m³	Pista
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m³	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m³	Pista
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m³	Cantera (2) y pista
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m³	Cantera (2) y pista
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T191 T238	250 m³	Pista

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

### 3.2.8.6 Requerimientos de calidad:

#### Compactación

La densidad debe determinarse mínimamente 1 vez cada 250 m², los tramos se aprobarán con un mínimo de 6 medidas de densidad, siendo que estos deben ser iguales o mayores al 100% del resultado del Proctor modificado (densidad máxima).

#### Figura 1

*Requerimiento de Compactación*

$$D_i \geq D_e$$

$D_i$  = valores individuales de densidad

$D_e$  = densidad máxima por proctor modificado

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

**Espesor:**

Los espesores medios de las muestras deberán ser iguales o mayores a el espesor de diseño, siendo que cada espesor evaluado no debe ser menor al 95% del espesor de diseño.

**Figura 2**

*Requerimiento de Espesor*

$$e_m \geq e_d$$

$e_m$  = espesor medio de la capa compactada

$e_d$  = espesor de diseño

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

**Figura 3**

*Requerimiento de los espesores de cada muestra*

$$e_i \geq 0,95 e_d$$

$e_i$  = espesores de las muestras extraídas

$e_d$  = espesor de diseño

*Fuente: Manual EG-2013 MTC*

**Uniformidad de la Superficie:**

La superficie debe presentarse de tal forma que no existan variaciones en su uniformidad que superen los 10 mm, siendo responsabilidad del contratista.

### 3.2.9 Ensayos de materiales para base granular

El ministerio de Transportes y Comunicaciones en su manual de ensayo de materiales señala los procedimientos a seguir en los ensayos y en su Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 señala cuales ensayos se debe realizar para bases granulares (tabla 11).

#### 3.2.9.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado:

Ensayo que sirve para distribuir las partículas de suelos en tamaños y hallar los porcentajes que pasan los tamices normados, basándose también en ASTM D 422.

Las herramientas a utilizar son balanzas con sensibilidad de 0.01g, estufa y tamices.

**Tabla 8**  
Tamices y aberturas

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Para la muestra se realiza con la muestra entera o separando los finos por lavado dependiendo de las condiciones del material extraído.

Para la evaluación del material retenido en malla Nº4, los pesos máximos deben estar dados por:

**Tabla 9**

*Peso máximo según diámetro nominal de las partículas (material retenido en malla N°4)*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Para suelos arenosos el peso del suelo que pasa la malla N°4 debe ser 115 g y 65g para suelos arcillosos y limosos.

El procedimiento a realizarse es por movimientos a los lados en forma de circunferencias para generar el movimiento en el tamiz, de quedar partículas atrapadas, deben sacarlas y agruparlas con el material retenido. Para la fracción fina se tamizará en seco para evitar su desintegración.

Para los cálculos se realiza los porcentajes que pasan los respectivos tamices, la fórmula es:

**Figura 4**

*Porcentaje que pasa*

$$\% \text{ que pasa} = \frac{\text{Peso total} - \text{peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total}} \times 100$$

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Además de calcular el % retenido en cada tamiz con

**Figura 5**

*Porcentaje retenido*

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total}} \times 100$$

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

El informe se realiza detallando los tamaños máximos de las partículas y los porcentajes retenidos y que pasan los tamices.

### 3.2.9.2 Determinación del contenido de humedad:

Este ítem halla en porcentaje, lo cual es a/c en el suelo con respecto a todo el peso del mismo.

Los equipos que se utilizan son hornos de secado con  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  constante, balanzas, recipientes, desecador (opcional), utensilios para manipulación de recipientes entre otros.

El procedimiento consiste en realizarlo en una cantidad mínima que está dada por:

**Tabla 10**

*Masas mínimas recomendadas para determinar contenido de humedad*

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		$a \pm 0,1\%$	$a \pm 1\%$
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Para el cálculo del contenido de humedad se determina y registra el peso del contenedor limpio y seco, luego se determina el peso del contenedor con la muestra extraída. Posteriormente se coloca el contenedor con la muestra en el horno y se seca para luego calcular su peso.

El cálculo entonces se realiza de la siguiente manera:

### Figura 6

*Cálculo del contenido de humedad*

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

W	=	es el contenido de humedad, (%)
M <sub>cws</sub>	=	es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
M <sub>cs</sub>	=	es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
M <sub>c</sub>	=	es el peso del contenedor, en gramos
M <sub>w</sub>	=	es el peso del agua, en gramos
M <sub>s</sub>	=	es el peso de las partículas sólidas, en gramos

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.2.9.3 Determinación del límite líquido de los suelos:

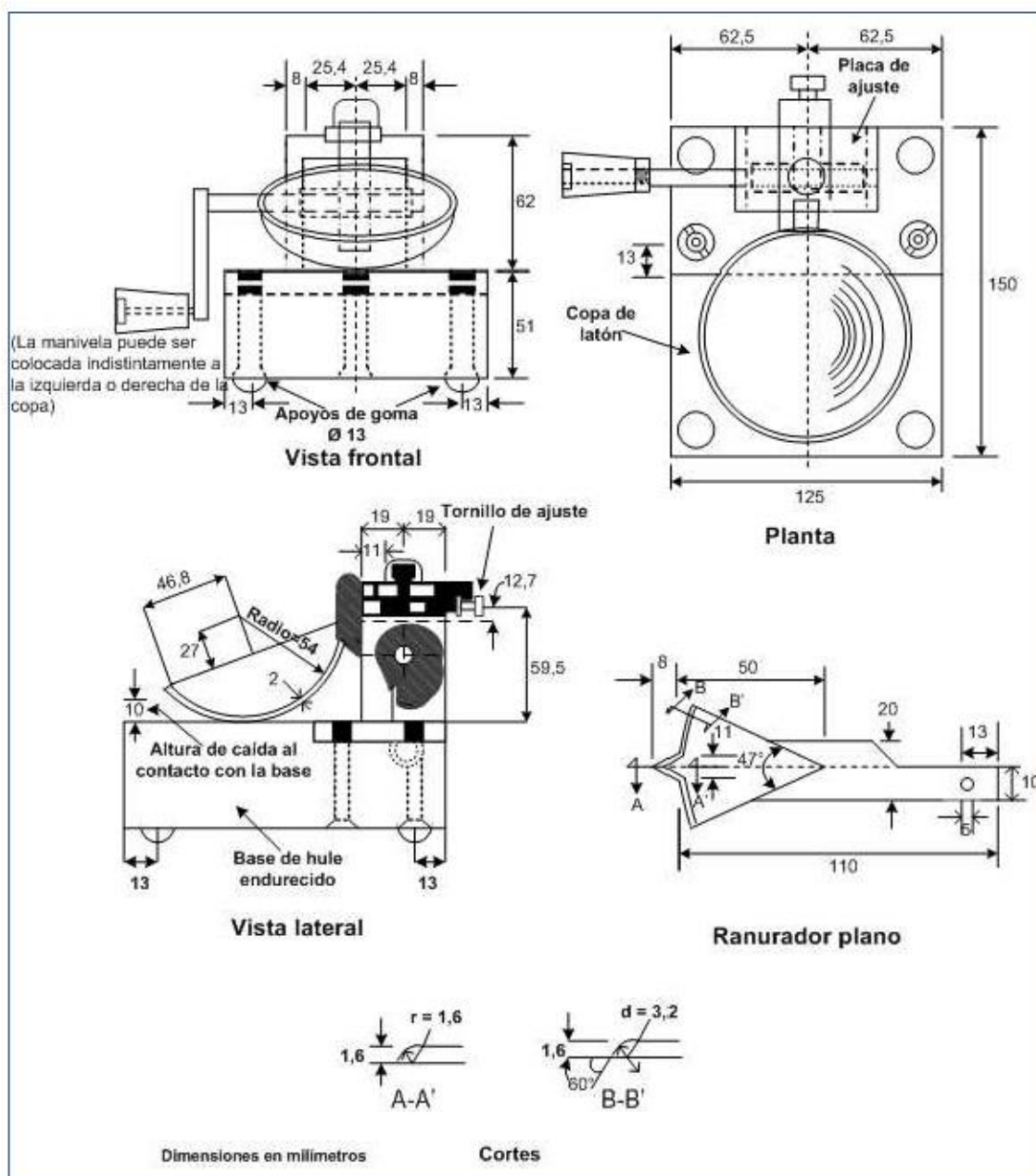
Ensayo que se realiza con el fin de obtener su clasificación SUCS y ASHTO. El L.L, L.P. y el I.P. son utilizados para realizar una correlación con el comportamiento en las obras.

Para la determinación se necesita recipientes de almacenaje, aparato de Casagrande, operación manual, operación mecánica, acanalador, calibrador, pesa, filtros, balanza, estufa, espátula y agua.

La muestra corresponde a 150g a 200 de material.

El procedimiento que se realiza es mediante una porción de suelo que se coloca en el dispositivo de límite líquido descansado sobre su base y presionándose y esparciéndose en la copa de este. Se debe tomar precauciones en formar vacíos de aire atrapado en el suelo.

**Figura 7**  
**Aparato Casa Grande para límite líquido**



*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Finalmente se toma en cuenta el número de golpes que se necesita para cerrar la ranura formada en el suelo.

Los cálculos se realizan representando el contenido de humedad relacionado con el número de golpes correspondientes.

**Figura 8**

Fórmula que determina el L.L.

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,  
 $W^n$  = Contenido de humedad del suelo,  
 K = factor dado en la tabla A.1

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Donde K está dado según el número de golpes, siendo que se toma desde lo siguiente:

**Tabla 11**

Coeficiente K según el número de golpes

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.2.9.4 Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

El I.P. se determina en base en la humedad más baja para conformar tiras de suelo de 3.2mm (1/8") de diámetro.



Los equipos utilizados son espátulas de hoja flexible, recipiente de almacenaje, balanzas, horno, tamiz, agua destilada, vidrios de reloj y superficie de rodadura.

Para los cálculos se realiza de la siguiente forma:

### **Figura 9**

*Fórmula límite plástico*

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Finalmente, para el cálculo del índice de plasticidad se realiza la diferencia entre el LL. y el L.P. de la siguiente forma:

### **Figura 10**

*Fórmula índice de plasticidad*

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

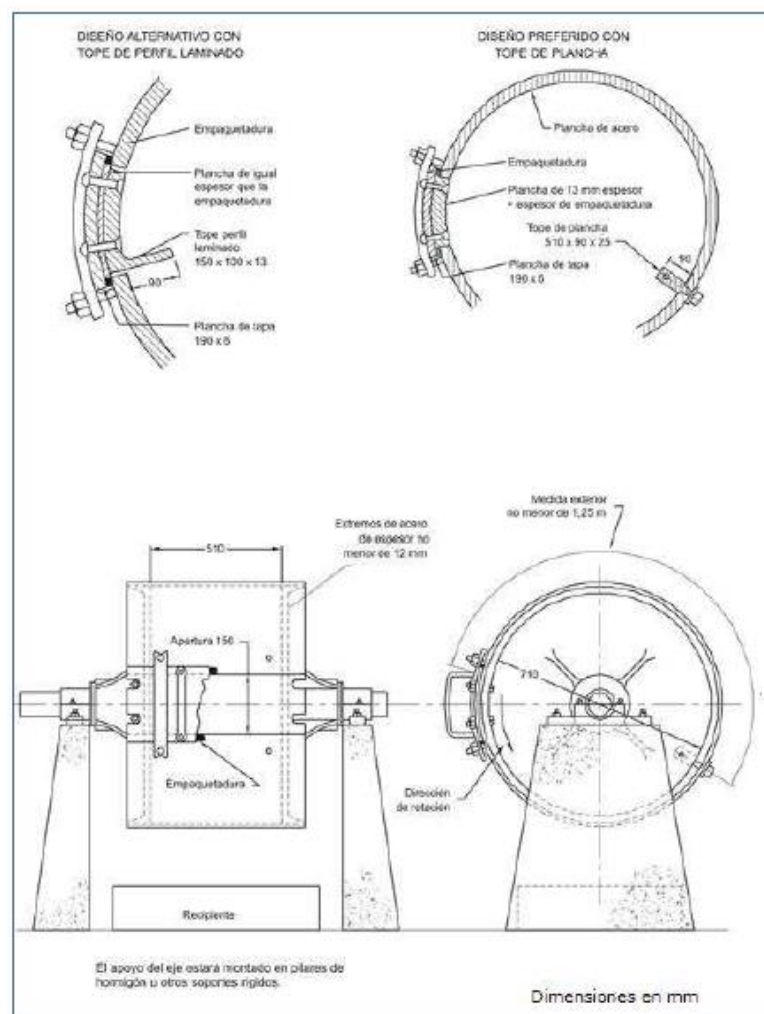
*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

#### **3.2.9.5 Abrasión los Ángeles:**

Ensayo que mide la degradación de los agregados por desgaste, impacto y trituración.

El equipo a utilizar es la máquina de Los Ángeles la cual tiene las siguientes características:

**Figura 11**  
**Máquina Los Ángeles**



*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

La carga que se realiza en los ensayos se describe como:

**Tabla 12**  
**Cargas, equivalente de arena**

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

La muestra se debe lavar y secar en un horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  constante y ser separada y recombinaada según la gradación siguiente:

**Tabla 13**

*Gradación de las muestras de ensayo de Abrasión*

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (⅜")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

El procedimiento consiste en ubicar la muestra dentro de la máquina y realizar rotaciones a 30rpm a 33rpm por 500 revoluciones.

El cálculo se realiza determinando porcentualmente la masa de la muestra del ensayo sin alteraciones, lo cual resulta con la resta de las masas iniciales y finales de la muestra, este valor es la pérdida.

### 3.2.9.6 Equivalente de arena de suelos y agregado fino

Ensayo que se realiza para determinar las proporciones relativas de los suelos que pasan el tamiz N°4.

Se genera la cantidad relativa y se especifica el menor valor de equivalente de arena permisible.

Es necesario remover hongos de los contenedores al realizar este ensayo para que no se contabilice como parte de la muestra, para ellos se realiza con cloruro de calcio.

Los equipos y materiales utilizados son un cilindro graduado, horno, agitador mecánico, agitador de operación manual para equivalente de arena, lata de

medición, tamiz N°4, embudo, botellas, platillo, reloj y papel filtro y solución en base a cloruro cálcico.

Para este ensayo se necesita mínimamente 1500g de muestra.

El cálculo se realiza en base a lecturas de arcilla y arena, siendo aplicable la siguiente fórmula:

**Figura 12**

*Fórmula de equivalente de arena*

$$SE = (\text{Lectura de arena} / \text{lectura de arcilla}) \times 100$$

Donde:

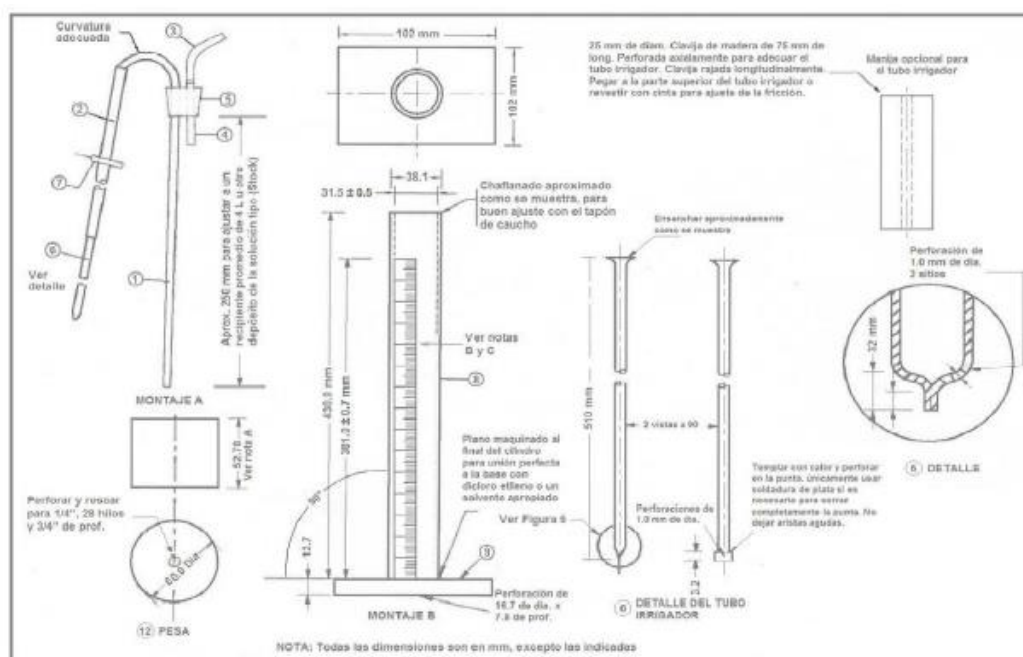
$$SE = \text{Arena equivalente}$$

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

El instrumento utilizado en el equivalente de arena es el siguiente:

**Figura 13**

*Aparato de ensayo de equivalente de arena*



*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

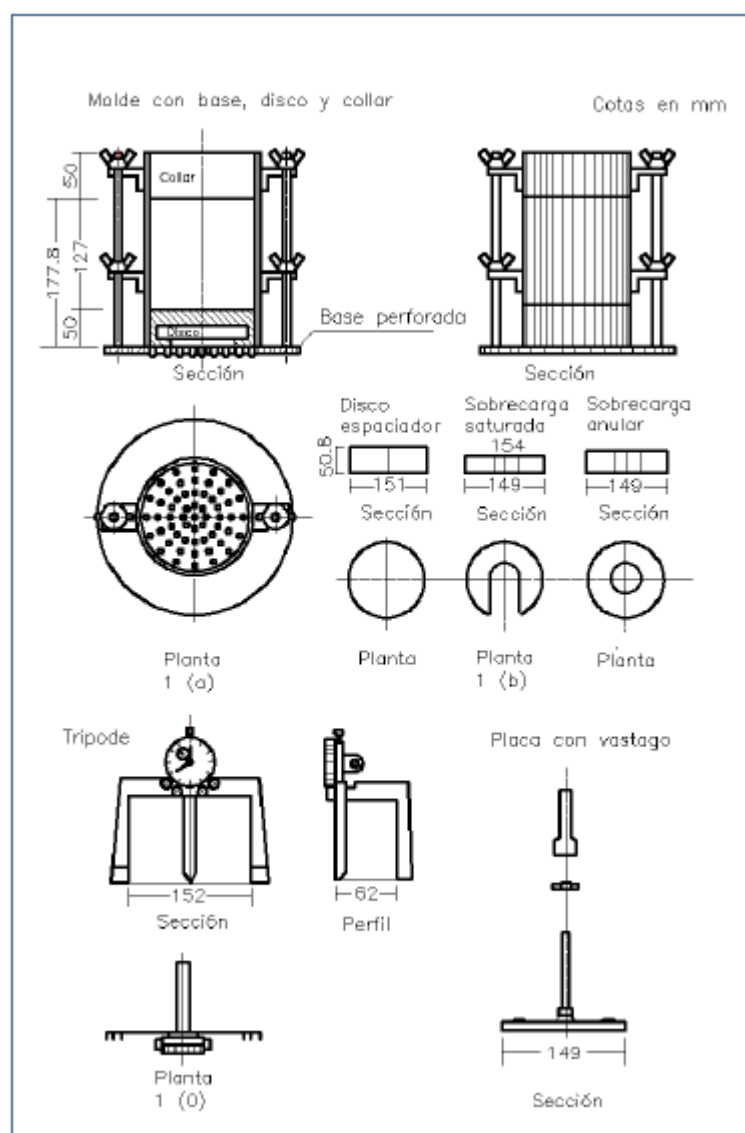
### 3.2.9.7 CBR:

Ensayo de suelos que se utiliza para determinar si el suelo resiste a ciertas condiciones bajo un esquema humedad y densidad específico.

Los equipos a utilizar son una prensa, molde de metal, disco espaciador y pisón de compactación.

**Figura 14**

*Equipos para CBR*



*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

El procedimiento que se efectúa es a partir de una muestra con el peso unitario y humedad establecida que se colocara en el molde con papel filtro

de un espesor grueso y en forma de disco. Una vez colocado se procede a la compactación utilizando proporciones de agua y energía. Las curvas realizadas son a 12, 26 y 52 golpes.

Los cálculos para determinar la humedad de compactación se realizan de la siguiente manera:

### **Figura 15**

*Humedad de compactación CBR*

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Esta propiedad halla con la utilización del suelo base y su humedad base. El agua que contiene el suelo se halla a partir de los datos previos y posteriores al proceso de inmersión. La presión con la que se penetra la muestra se calcula a través del penetrómetro. La expansión resulta en porcentaje de la siguiente manera:

### **Figura 16**

*% de expansión, CBR*

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

L<sub>1</sub> = Lectura inicial en mm.

L<sub>2</sub> = Lectura final en mm.

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.2.9.8 Porcentaje de partículas fracturadas:

Ensayo que determina la cantidad de partículas fracturadas con requerimientos específicos.

Los equipos para este ensayo es la balanza, tamices, separador y espátula. La muestra se seca para facilitar la separación del material fino y el grueso.

La muestra del ensayo debe realizarse de forma que más del 1% de partículas más grandes no estén presentes de la masa.

**Tabla 14**

*Masas aproximadas para partículas fracturadas*

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)	Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 1/2")	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 1/2)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 1/2)	90 000 (198)

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

El procedimiento que se realiza es someter a la muestra a un lavado, extender la muestra en una superficie, usar la espátula para separar las partículas en dos categorías, partículas fracturadas que cumplen los requisitos y partículas fracturadas que no cumplen. Se calcula la masa de ambas categorías y se halla el porcentaje de la siguiente manera:

**Figura 17**

*Fórmula para calcular el porcentaje de partículas fracturadas*

$$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$$

Donde:

- P = porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas,  
 F = masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas,  
 N = masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada.

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.2.9.9 Porcentaje de partículas chatas y alargadas:

En este ensayo se halla porcentualmente la cantidad de partículas con formas chatas y formas alargadas que se presentan en el agregado grueso

Los equipos a utilizar son calibrador proporcional y balanza.

La muestra se reduce por cuarteo, se realiza la caracterización de las partículas manteniendo la relación de su longitud y espesor. De acuerdo a:

**Tabla 15**

*Peso mínimo según el tamaño nominal para hallar porcentaje de partículas chatas y alargadas*

Tamaño máximo nominal malla cuadrada mm – (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg – (lb)
9,5 – (3/8)	1 – (2)
12,5 – (1/2)	2 – (4)
19,0 – (3/4)	5 – (11)
25,0 – (1)	10 – (22)
37,5 – (1.1/2)	15 – (33)
50 – (2)	20 – (44)
63 – (2.1/2)	35 – (77)
75 – (3)	60 – (130)
90 – (3.1/2)	100 – (220)
100 – (4)	150 – (330)
112 – (4.1/2)	200 – (440)
125 – (5)	300 – (660)
150 – (6)	500 – (1100)

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

La muestra se caracteriza de acuerdo a partículas chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas. Para posteriormente realizar los porcentajes con



aproximación a 1% para cada maya mayor de 9,5 mm (3/8" pulg) o malla N°4.

### 3.2.9.10 Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio:

Ensayo para determinar si los agregados pueden soportar la exposición a sodio y a sulfato de magnesio.

Los equipos a utilizar son los tamices, envases, regulación de temperatura, balanzas, horno de secado, reactivos, solución de sulfato de magnesio.

La muestra se determina por agregado fino que se determinan por tamices normalizados, al igual que el agregado grueso. Para la preparación se seca la muestra a temperatura constante de 110°C y separada por tamaños.

El procedimiento realiza exponiendo las muestras, para lo cual se introducen en un compuesto de sulfato de sodio y magnesio por un mínimo de 16h y un máximo de 18 h a  $21 \pm 1^\circ$ .

Después del secado de las muestras deben escurrir durante 15 min  $\pm$  5 min, para posteriormente ser sometidas a temperatura de 105°C ó 110°C. Posteriormente se ejecuta el pesaje hasta que el peso sea constante.

El cálculo se realiza por un tamizado normalizado de la siguiente manera:

**Tabla 16**

*Tamices normalizados para determinar la pérdida. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio*

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	31,5 mm (1 1/4")
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	4,0 mm (Nº 5)

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

Para el agregado grueso los pesos para los tamices normalizados se detallan a continuación:

**Tabla 17**

*Pesos para los tamices normalizados en agregado grueso. Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio.*

Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en g
<b>Consistiendo de:</b>	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ±10
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ±10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.2.9.11 Compactación:

Ensayo que determina el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos utilizando una energía modificada de 2700KN-m/m<sup>3</sup>.

Si la muestra es demasiado húmeda se reduce su contenido de agua, caso contrario se le agrega. La compactación se ejerce después del curado, donde se ensambla, luego se realiza la compactación en 5 capas, cada capa con 25 golpes para moldes de 4 pulg y 56 golpes para moldes de 6 pulg.

Los cálculos para determinar la cantidad de agua que se realizan con el método de ensayo NTP 339.127 y el peso unitario seco con las siguientes ecuaciones:

**Tabla 18**

*Fórmula para el cálculo de contenido de agua y peso unitario seco.  
Compactación*

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Donde:

$\rho_m$	=	Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m <sup>3</sup> )
$M_t$	=	Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
$M_{md}$	=	Masa del molde de compactación (kg)
$V$	=	Volumen del molde de compactación (m <sup>3</sup> )

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

$\rho_d$	=	Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m <sup>3</sup> )
$w$	=	contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lbf/ft}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

*Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2016.*

### 3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Transitabilidad:** La transitabilidad es la condición de desplazamiento de un lugar a otro, a través de vías vehiculares y peatonales. Este fenómeno es característico para diseñar las obras viales, porque se sabrá qué tipo de vehículo circulará, para determinar la resistencia de la vía (Córdova & Cruz, 2019).

**Infraestructura vial:** Es la infraestructura que tiene por función dar transitabilidad a las ciudades, permitiendo la comunicación entre distintas urbes, dando origen de accesibilidad a todo el territorio nacional (Patiño, 2016).

**Agregados:** Son aquellos materiales utilizados para la mezcla de concreto, pueden ser gruesos o finos, cada uno tiene su característica particular y es utilizado según el diseño de mezcla o concreto a usar, de su calidad

dependerá la resistencia que se quiera conseguir (Thiam, Fall, & Diarra, 2021).

**Mecánica de suelo:** Es la ciencia que se encarga de estudiar los comportamientos de los suelos (Macías, et al., 2018).

**Mecánica de suelo (Terzaghi):** Conjunto de leyes mecánicas e hidráulicas que se aplican para solucionar problemas relacionados a los suelos (MTC, 2018).

**Características Físicas:** Propiedades que se observan en los materiales una vez aplicadas fuerzas externas o sollicitaciones.

**Características Mecánicas:** Son aquellas que se pueden medir sin afectar el espécimen de ensayo, el material no se afecta, pero si adquiere ciertos comportamientos ante eventos físicos.

**Agregado grueso:** Material retenido en el tamiz N°4 (MTC, 2018)

**Agregado fino:** Material que queda retenido en el tamiz de 3/8" (MTC, 2018)

**Base granular:** (MTC, 2018) considera la base granular como el elemento estructural como base de pavimentos que recibe los esfuerzos generados en su uso.

**Conformación de base granular:** Construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante (MTC, 2013).

**Compactación de base granular:** La compactación deberá comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro, de forma paralela a la línea centro de la carretera. Se debe determinar el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima de acuerdo con la prueba AASHTO T 180, método D. Se debe mezclar el agregado y ajustar el contenido de humedad dentro de un rango del 2 % del contenido de humedad óptimo.

**Diseño de Mezcla en Base granular:** Proceso que consiste en determinar las características, proporciones de los recursos que conformaran la Base granular en concordancia de parámetros establecidos.

**Cantera:** Fuente principal de materiales para un determinado proyecto (MTC, 2018).

**Muestra:** Proporción tomada in sito por métodos de muestreo para ser sometido a un laboratorio (MTC, 2018).

**Pavimento rígido:** MTC (2018) considera al pavimento rígido como la estructura conformada por capas de losa en base de concreto armado que se apoya en la base granular.

**Gradación:** Son las proporciones de las partículas de diferentes tamaños de un material granular, y sirve para reducir los espacios entre partículas (Pérez & Vásquez, 2021).

**Franja granulométrica:** Una franja granulométrica está constituida por dos límites un superior y el otro inferior que se constituye por parámetros ya establecidos en el análisis granulométrico y se representa gráficamente (Pérez & Vásquez, 2021).

#### **IV. METODOLOGÍA O MARCO METODOLÓGICO**

##### **4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN:**

###### **4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

- a) De acuerdo a la finalidad que persigue: Aplicada, porque busca entender, actuar y modificar las características físicas y mecánicas los agregados de las canteras para dar solución a una realidad problemática.
- b) De acuerdo a los tipos de datos analizados: Cuantitativa, se usa la recolección de datos de las características físicas y mecánicas los agregados de las canteras para probar las hipótesis planteadas, con base en la medición numérica, para establecer patrones de comportamiento y determinar el cumplimiento de los requerimientos mínimos por la normativa.
- c) De acuerdo a la Metodología para demostrar la Hipótesis: Experimental, porque se realizarán ensayos de laboratorios para verificar las Hipótesis planteadas.

###### **4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN:**

La investigación es de nivel aplicada y experimental, pues se realizará todos los ensayos para obtener cuales son las propiedades de los recursos de las canteras. “Una investigación es experimental cuando manipula las variables y las somete a determinadas condiciones para obtener resultados” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

###### **4.1.3 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:**

El enfoque es cuantitativo pues que someteremos la hipótesis a mediciones numéricas y sus resultados se analizaran de forma estadística para determinar la relación de las muestras, luego se realizara los ensayos de laboratorio y constara con los requerimientos establecidos en la EG-

2013 para base granular de pavimentos rígidos para así dar respuestas a las hipótesis planteadas.

Según Ñaupas, *et al.* (2018) una investigación es cuantitativa cuando hace el uso de la medición, con lo cual analiza datos y resuelve preguntas de investigación.

#### 4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

1. Visita a las Canteras, Muestreo y Extracción de las muestras (Se tomarán 5 muestras representativas de cada cantera acorde a las indicaciones del MTC E-101)
2. Modelo matemático de Diseño de la Investigación

M1 --- X1 --- O1	$\neq$	$\neq$
M2 --- X2 --- O2	O1 = O2 = O3	
M3 --- X3 --- O3	$\approx$	$\approx$

M1, M2 --- X4 --- O4	$\neq$	$\neq$
M2, M3 --- X5 --- O5	O4 = O5 = O6	
M3, M1 --- X6 --- O6	$\approx$	$\approx$

M = Muestra del agregado por cantera

X = Análisis y Evaluación del agregado

O = Comparación de resultados con la normativa

3. Realización de ensayos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali para determinar las características físicas y mecánicas de los agregados en estado natural y contrastar con la EG-2013 para base granular de pavimentos rígidos.
4. Mediante la estadística se determinará la media, desviación estándar y coeficiente de varianza de los resultados obtenidos para concluir con las muestras representativas.

5. Determinar las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras y contrastar con la EG-2013 para base granular de pavimentos rígidos.
6. Conclusiones y recomendaciones
7. Elaboración del informe final

#### 4.3 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO POBLACIÓN

El universo población del presente proyecto lo constituyen 04 canteras del Distrito de Nueva Requena – Provincia de Coronel Portillo – Región de Ucayali pertenecientes a la Cuenca del Rio Aguaytía que son utilizados en bases granulares de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa.

CANTERA	COORDENADAS GEOGRAFICAS	COORDENADAS UTM	PROCEDENCIA
Cantera Andy Rusell - Caserío Naranjillo	latitud: - 8°20'43.65"  longitud: - 75°0'28.94"	ESTE:499115 NORTE:9077511	Cuenca del Rio Aguaytía
Cantera el Palmero – Caserío Zanja Seca	latitud: - 8°21'15.64"  longitud: - 75°0'19.49"	ESTE:499404 NORTE:9076159	Cuenca del Rio Aguaytía
Cantera Jessica Liliana – Caserío Nuevo Piura	latitud: - 8°21'9.66"  longitud: - 74°59'28.37"	ESTE:500967.314 NORTE:9076342.738	Cuenca del Rio Aguaytía
Cantera Sheshea – Caserío Sheshea	latitud: - 8°18'48.07"  longitud: - 74°56'1.04"	ESTE:507309 NORTE: 9080692	Cuenca del Rio Aguaytía



<b>VÍA DE ACCESO A LA CANTERA ANDY RUSSELL - CASERÍO NARANJILLO</b>				
TRAMO	DIST. APROX.	TIEMPO (MINUTOS)	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Pucallpa - Campo Verde	34+000 km.	30 minutos	Terrestre asfaltado	Auto
Campo Verde - Caserillo Naranjillo	39 km	2 hora 30Minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta
Caserillo Naranjillo - Zona de Extracción	1km.	10 minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta

<b>VÍA DE ACCESO A LA CANTERA EL PALMERO – CASERÍO ZANJA SECA</b>				
TRAMO	DIST. APROX.	TIEMPO (MINUTOS)	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Pucallpa - Campo Verde	34+000 km.	30 minutos	Terrestre asfaltado	Auto
Campo Verde - Caserillo Zanja Seca	35 km	1 hora 40 Minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta
Caserillo Zanja Seca - Zona de Extracción	10+00Km.	54 minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta

<b>VÍA DE ACCESO A LA CANTERA JESSICA LILIANA – CASERÍO NUEVO PIURA</b>				
TRAMO	DIST. APROX.	TIEMPO (MINUTOS)	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Pucallpa - Campo Verde	34+000 km.	30 minutos	Terrestre asfaltado	Auto
Campo Verde - Caserío Nuevo Piura	33 km	1 hora 10 Minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta
Caserío Nuevo Piura - Zona de Extracción	33+00Km.	1 hora 45 minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta

<b>VÍA DE ACCESO A LA CANTERA SHESHEA – CASERÍO SHESHEA</b>				
TRAMO	DIST. APROX.	TIEMPO (MINUTOS)	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Pucallpa - Campo Verde	34+000 km.	30 minutos	Terrestre asfaltado	Auto
Campo Verde - Nuevo Requena	36 km	52 minutos	Terrestre Afirmado	Camioneta
Nuevo Requena - Zona de Extracción	10+00Km.	20 minutos	Acuático	Vote

#### 4.4 MUESTRA

La muestra es no probabilística de tipo conveniencia debido a la accesibilidad a las canteras del Distrito de Nueva Requena, escogiendo la muestra de los agregados 3 de las 4 canteras existentes, las cuales son: Andy Rusell - Caserío Naranjillo, El Palmero - Caserío Zanja Seca y Jessica Liliana - Caserío Nuevo Piura, del distrito del distrito de Nueva Requena – Provincia de Coronel Portillo – Región de Ucayali.

CANTERA	COORDENADAS GEOGRAFICAS	COORDENADAS UTM	PROCEDENCIA
Cantera Andy Rusell - Caserío Naranjillo	latitud: - 8°20'43.65" longitud: - 75°0'28.94"	ESTE:499115 NORTE:9077511	Cuenca del Rio Aguaytía
Cantera el Palmero – Caserío Zanja Seca	latitud: - 8°21'15.64" longitud: - 75°0'19.49"	ESTE:499404 NORTE:9076159	Cuenca del Rio Aguaytía
Cantera Jessica Liliana – Caserío Nuevo Piura	latitud: - 8°21'9.66" longitud: - 74°59'28.37"	ESTE:500967.31 4 NORTE:9076342. 738	Cuenca del Rio Aguaytía

## **4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS**

### **4.5.1 FUENTE. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Las técnicas y tratamiento de datos que se utilizarán para recopilar la información requerida en campo o laboratorio, se deben detallar por cada tarea como se muestra a continuación.

- Observación directa.
- Análisis de contenido bibliográfico.

Mientras que, los instrumentos son los siguientes:

- Ficha de observación.
- Ficha bibliográfica.

### **4.5.2 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS**

Para procesar y presentar datos en esta investigación se considerará a la organización de todos los resultados y elementos que llegaron a ser obtenidos durante el trabajo inquisitivo. Por lo que, se considera el método descriptivo, al ser necesario procesarlos convenientemente para su respectiva medición o interpretación de estos mismos resultados.

## **V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES**

### **5.1 POTENCIAL HUMANO**

Contamos con los recursos humanos que serán considerados para la elaboración de esta investigación, siendo considerados así a los siguientes

- Investigador: ..
- Asesor: ...

### **5.2 Recurso Materiales**

#### **BIENES**

Muebles de escritorio

Útiles de escritorio

Papelería, blocks, cuadernillos

Otros gastos

### **SERVICIOS**

Servicios de luz

Servicios de internet

Otros

### **5.3 Recursos Financieros**

La presente investigación será autofinanciada, es decir será cubierta en su totalidad por recursos financieros propios del investigador, para lograr así el desarrollo de la propuesta.

### 5.4 Cronograma de Gantt

ACTIVIDAD \ TIEMPO	MES 01				MES 02				MES 03				MES 04			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
<b>1. EJECUCION DEL PROYECTO</b>																
VISITA A LAS CANTERAS																
RECONOCIMIENTO DE LA ZONAS DE ESTUDIO																
MUESTREO Y EXTRACCION DE LAS MUESTRAS																
ENSAYOS DE LABORATORIO																
PROCESAMIENTOS DE LOS RESULTADOS																
INTERPRETACION DE RESULTADOS																
ANALISIS DE RESULTADOS																
<b>2. INFORME FINAL</b>																
SISTEMATIZACION DEL INFORME																
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																
PRESENTACION DEL INFORME FINAL																

Plazo de ejecución: 4 meses

## 5.5 Presupuesto

### PRESUPUESTO

PROYECTO: "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE DOS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA CONFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA"

PLAZO: 4 MESES

COSTO DE EJECUCION					
DESCRIPCION	UNIDAD	ELE. SIM	CANT	COSTO	PARCIAL
<b>01. PRIMERA ETAPA - VISITA DE CAMPO</b>					
0.1.01. VISITA A LAS CANTERAS	UND	1.00	2.00	S/ 150.00	S/ 300.00
0.1.02. EXTRACCION DE LAS MUESTRAS	GLB	1.00	1.00	S/ 750.00	S/ 750.00
0.1.03. OTROS	GLB	1.00	1.00	S/ 750.00	S/ 750.00
<b>SUB TOTAL (A)</b>					<b>S/ 1,800.00</b>
<b>02. SEGUNDA ETAPA - EJECUCION DE ENSAYOS</b>					
0.2.01. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	GLB	5.00	3.00	S/ 50.00	S/ 750.00
0.2.02. LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD	GLB	5.00	3.00	S/ 50.00	S/ 750.00
0.2.03. ABRASION LOS ANGELES	GLB	5.00	3.00	S/ 160.00	S/ 2,400.00
0.2.04. SALES SOLUBLES	GLB	5.00	3.00	S/ 50.00	S/ 750.00
0.2.05. VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)	GLB	5.00	3.00	S/ 300.00	S/ 4,500.00
0.2.06. PARTICULAS FRACTURADAS	GLB	5.00	3.00	S/ 55.00	S/ 825.00
0.2.07. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	GLB	5.00	3.00	S/ 55.00	S/ 825.00
0.2.08. DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO	GLB	5.00	3.00	S/ 200.00	S/ 3,000.00
0.2.09. EQUIVALENTE DE ARENA	GLB	5.00	3.00	S/ 65.00	S/ 975.00
<b>SUB TOTAL (B)</b>					<b>S/ 14,775.00</b>
<b>TOTAL (A+B)</b>					<b>S/ 16,575.00</b>

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA FÍSICA

- Aguilar Condori, P. (2018). *Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca*. Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", Puno-Peru, Juliaca. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3147>
- Borja Campos, F. (2014). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete-Lunahuaná*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Peru, Jaén. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/487>
- Cabezas, E., Andrade, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Cabrera, P. (2017). *Agregados de la cantera Jubones y su influencia en la resistencia del hormigón, empleado en la construcción de obras civiles*. Machala.
- Canaza, J. (2020). *Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero*. Arequipa.
- Carranza, J., & Paredes, R. (2018). *Evaluación técnico-económica de los agregados producidos por las canteras de la provincia de Chiclayo para fines de obras viales*. Chiclayo.
- Chavez, A., & Franci, G. (2018). *Caracterización mineralógica, porosimétrica, microestructural y con ensayos convencionales de agregados pétreos gruesos de una cantera del Piedemonte Llanero Colombiano según norma Idu sección 500–11*. Bogotá.
- Córdova, K., & Cruz, L. (2019). Factores que influyen en el desgaste del pavimento de la Av. Ramón Castilla en Chulucanas - Piura 2019.

*Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación*, 7(1).  
doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v7i1.1353>

Cubides, D., Molano, E., Becerra, J., & Bernal, A. (2020). Caracterización mineralógica y físico mecánica de los agregados pétreos de las canteras Santa Lucía, Pie Blanco y Mina San Vicente, usados como Materiales de construcción. *Ingénieux*, 45-68.

Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito*. Bogotá: DNP.

Ferreira Cuellar, D. A., & Torres López, K. M. (2014). *Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: Vista hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo)*. Colombia, Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20ODE%20INVESTIGACIÓN.pdf>

Gutiérrez Lázares, W. (2021). *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte*. Marcombo.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. México: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Khoury, I., Sargand, S., & Hatton, D. (2020). Impact of base type on performance of rigid pavement: a case study. *International Journal of Pavement Engineering*.

Macías, A., Carvajal, D., Cobos, D., Fienco, B., Peralta, J., & Zambrano, J. (2018). *TOMO I: Mecánica de suelos*. Alicante: 3 Ciencias.

Mamani, W. (2018). *Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito*. Juliaca.

Mestanza, J. (2018). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón elaborado con fibras recicladas de envases PET utilizando agregados de la cantera de San Antonio y cemento Holcim tipo GU*. Quito.



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos*. Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). Suelos y pavimentos. En *Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos*. Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima.
- Moreno, L. (2019). Caracterización mecánica de suelos del perfil costero entre Ancón y Anconcito. *Revista Ciencia UNEMI*, 12(31), 40-53. doi: <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp40-53p>
- Nalon, G., Almeida, P., & Duarte, W. (2018). Educational digital resource for data analysis of Soil Mechanics laboratory tests. *Modelling in Science Education and Learning*. doi:<https://doi.org/10.4995/msel.2018.9140>
- Ñahui, S., & Sedano, J. (2018). *Estudio de la calidad de los agregados de la cantera de Ocopa para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en el distrito de Lircay- Angaraes -Huancavelica*. Huancavelica.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Patiño, B. (2016). Proyecto de infraestructura vial e integración territorial. *Bitacora urbano territorial*, 26(2). doi:<http://dx.doi.org/10.15446/bitacora.v26n2.57431>

- Pérez Espejo, S. A., & Vásquez Días, E. F. (2021). *Análisis y evaluación de agregados de las canteras del distrito de Curimaná para la elaboración de la estructura de base granular de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali, Ucayali, Pucallpa-Peru. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4958>
- Pérez, S., & Vásquez, E. (2021). *Análisis y evaluación de agregados de las canteras del distrito de Curimaná para la elaboración de la estructura de base granular de pavimentos rígidos en la ciudad de Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali, Ucayali, Pucallpa. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4958>
- Pokharel, S., Han, J., Leshchinsky, D., & Parsons, R. (2018). Experimental evaluation of geocell-reinforced bases under repeated loading. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 1, 114-127. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681416301948?via%3Dihub>
- Reátegui, G., & Zavaleta, J. (2018). *Caracterización de los agregados de las principales canteras de la provincia de Tacna para optimizar su uso en obras de construcción 2018*. Tacna.
- Salas, J. (2018). *Caracterización físico-mecánica de los agregados del río Upin y río Salinas para la aplicación de bases y sub-bases*. Villavicencio.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2012). *Manual centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: SIECA.
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. (2015). *ASTM D 3282*. ASTM.
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. (2017). *ASTM D 2487*. ASTM.
- Thiam, M., Fall, M., & Diarra, M. (2021). Mechanical properties of a mortar with melted plastic waste as the only binder: Influence of material composition and curing regime, and application in Bamako. *Case Studies in Construction Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00634>
- Vázquez Torres, J. (2019). *Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras el Guitarrero y piedra chancada del río Chonta para bases y sub bases de*

*pavimentos en la ciudad de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca-Peru. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3576>

Vásquez, P., & Prado, J. (2016). *Patología de pavimento rigido en la calle Pablo Roseel en el año 2016*. Iquitos: Universidad científica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/140>

## 6.2 BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

<https://www.bookcivil.com/ciclo-basico/clasificacion-del-suelo-de-acuerdo-a-sucs-y-aahsto-excel/>

<https://danybarker.wordpress.com/2013/11/21/397/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnología\\_de\\_materiales](https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnología_de_materiales)

<http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3584/Sección%20301.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cada%20capa%20de%20subbase%20o,el%20ensayo%20AASHTO%20T-224.>

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4522.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4522.pdf)

[http://www.inacap.cl/web/material-apoyo\\_cedem/alumno/Construccion/G03\\_Clasificacion\\_de\\_Suelos.pdf](http://www.inacap.cl/web/material-apoyo_cedem/alumno/Construccion/G03_Clasificacion_de_Suelos.pdf)

## ANEXOS

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	METODOLOGÍA
"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE DOS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA CONFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE PUCALLPA 2022"	<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras, cumple con los requerimientos de la EG-2013, para la conformación de la base granular del Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras y contrastar según los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular del Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>Las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena en el diseño de mezclas de dos canteras, cumplirán con las especificaciones establecidos en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.</p>	<p><b>A ) Variable Independiente:</b></p> <p>Características físicas y mecánicas de los agregados en el diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena</p> <p><b>Dimensiones/indicadores</b></p> <p><b>Características físicas :</b></p> <p>Granulometría (% que pasa)</p> <p>Platicidad (Contenido de humedad)</p> <p>Sales solubles (%)</p> <p>Partículas de caras fracturadas</p> <p>Partículas chatas y alargadas (%)</p> <p>Equivalente de arena (%)</p> <p><b>Características Mecánicas :</b></p> <p>Desgaste (% de material degradado)</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>a) De acuerdo a la finalidad que persigue: Aplicada</p> <p>b) De acuerdo a los tipos de datos analizados: Cuantitativa</p> <p>c) De acuerdo a la Metodología para demostrar la Hipótesis: Experimental</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Aplicada y Experimental</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>M1 --- X1 --- O1</p> <p>M2 --- X2 --- O2</p> <p>M3 --- X3 --- O3</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>≠ ≠</p> <p>O1 = O2 = O3</p> <p>≈ ≈</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>M1, M2 --- X4 --- O4</p> <p>M2, M3 --- X5 --- O5</p> <p>M3, M1 --- X6 --- O6</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>≠ ≠</p> <p>O4 = O5 = O6</p> <p>≈ ≈</p> </div> <p>M = Muestra del agregado por cantera X = Análisis y Evaluación del agregado O = Comparación de resultados con la normativa</p>
	<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena cumple con los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?</li> <li>• ¿Las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena cumple con los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar en estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena y contrastar según los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.</li> <li>• Determinar las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena y contrastar según los requerimientos de la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En estado natural las características físicas y mecánicas de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena, cumple con los requerimientos establecidos en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022</li> <li>• Las características físicas y mecánicas del diseño de mezclas de dos canteras del distrito de Nueva Requena, cumple con los requerimientos establecidos en la EG-2013 para la conformación de la base granular de Pavimento Rígido en la ciudad de Pucallpa 2022.</li> </ul>	<p><b>B) Variable Dependiente:</b></p> <p>Conformación de la base granular en pavimentos rígidos</p> <p><b>Dimensiones/indicadores</b></p> <p>Requerimientos granulométricos (Curva granulométrica, % que pasa)</p> <p>Valor relativo de soporte (% CBR)</p> <p>Requerimientos Agregado Grueso (Ensayos de laboratorio)</p> <p>Requerimientos Agregado Fino (Ensayos de laboratorio)</p>	<p><b>Método:</b></p> <p>Recolección de información:</p> <p>Fuente: primaria y secundaria</p> <p><b>Técnica:</b></p> <p>Laboratorio y procesamiento de la información</p>

