

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad se realiza la extracción de áridos de las canteras naturales como son los ríos y quebradas donde se acumula el mismo gracias a las precipitaciones, sin embargo, estos materiales son usados sin conocer sus propiedades y por ende esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar la mezcla, esta sea como mezcla de hormigón para pavimento como también para su uso en la construcción de viviendas.

Estas propiedades deberían cumplir con ciertos requisitos técnicos para la elaboración de concreto, sin embargo, los que extraen el material no se han preocupado en determinarlas y es por eso que en muchos casos al realizar un concreto con cemento de calidad, agua potable y las cantidades necesarias de material, etc. Aun así, no se obtiene la resistencia deseada quedando como explicación que la calidad de los agregados fue la que influyó, entonces resulta sumamente importante la necesidad de determinarlas.

A través del tiempo se ha indagado en mejoras de las características principales en los concretos hidráulicos, perfeccionando su resistencia y durabilidad, estableciendo márgenes y normas para dar seguridad a las estructuras que se realicen con estos. Tomando en cuenta que de un 70 a 80 % del volumen de un concreto, pertenece a los agregados pétreos, se indaga en la búsqueda de calidad en los procesos de certificación, queriendo que no se guíen únicamente de los ensayos por norma sino también de un seguimiento en el tiempo dado que este material será parte fundamental en la construcción de la región.

En este proyecto se presenta una investigación sobre el comportamiento de los agregados pétreos de 3 canteras naturales que se encuentran ubicados en la provincia Avilés en el municipio del Valle de la Concepción, con el objetivo de reconocer alteraciones físicas y mecánicas causadas por cambios en el clima de dichos sectores, por lo cual se tomaran muestras representativas, a las cuales se les realizan los estudios indicados en las especificaciones del manual de ensayos y materiales de suelos para carreteras de la ABC,

realizando ensayos de granulometría, peso específico, peso unitario desgaste de los ángeles y ensayo de resistencia a compresión. Los cuáles serán comparados y estudiados mediante norma boliviana de carreteras.

## **1.2 Justificación**

Se realiza el estudio de la solidez y características físicas de los agregados para su posterior uso en capa sub base y capa base, también se analizará su uso en pavimentos rígidos, esto se realizará para poder determinar la resistencia a la desintegración de los agregados y ver físicamente si son viables o no, pudiendo obtener una información útil para poder juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos.

Se buscará de manera amplia el conocimiento bibliográfico referido a la desintegración y características físicas de los agregados, las normas, procedimientos de los ensayos.

también se realizarán los ensayos y análisis de los agregados en los laboratorios de hormigones y de pavimentos de la universidad Autónoma Juan Misael Saracho, después de realizar la parte práctica de proyecto se procederá a un estudio de gabinete donde se obtendrá resultados de los cuales se le realizará críticas y autocríticas, este estudio tendrá como finalidad de ver como incide los sulfatos de magnesio, y su comportamiento en ensayos físicos de los materiales, para su posterior uso.

Se buscará obtener un análisis de resultados a través de conclusiones y recomendaciones para nuevos estudios de investigación para su aplicación.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 Situación del problema**

Las canteras naturales son de gran uso para la población en general de la zona donde se realizan los estudios, ya que los comunarios usan los agregados sin saber si les rinde o no para el uso al cual le dan, el cual es su aplicación y uso en viviendas de la zona, también

se analizara su uso y poder aplicar los agregados para su uso en capa sub-base, y capa base, para tener en cuenta más canteras a las cuales poder explotar sin dañar el medio ambiente que lo rodea.

Las canteras naturales, la cuales están siendo estudiadas, ayudaran de gran manera para que se conozca de que zona tiene que más beneficios los agregados y no tener fallas después de su aplicación, ya que se observa la falta de conocimientos que se tiene al momento de extraer los agregados de las zonas en estudio, tanto como resistencia, durabilidad y forma física de los agregados al momento de su extracción de los mismo.

### **1.3.2 Problema**

Como se puede identificar canteras regionales, en función de la solidez, durabilidad y características físicas de sus agregados

## **1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar canteras del municipio de Uriondo del Valle de la Concepción, realizando ensayos de durabilidad, ensayos de solidez de sulfatos y caracterización físicas, de tal manera establecer la calidad requerida para la construcción de pavimentos rígidos.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar la teoría y normas adecuadas para la realización de los ensayos.
- Identificar los sondeos y la toma de muestras representativas de acuerdo a las especificaciones de extracción de muestras, en la Provincia Avilés en el Municipio del valle de la Concepción.
- Analizar las propiedades de los agregados de las canteras los cuales serán determinados en laboratorio.
- Realizar un análisis de resistencia, durabilidad y características físicas de las canteras naturales.
- Analizar los resultados obtenidos en laboratorio para verificar si se encuentran dentro de los parámetros que indican las normas de construcción vial.

## 1.5 HIPÓTESIS

Si se realiza un análisis de resistencia, durabilidad y características físicas de las canteras naturales, se podrá obtener cuál de estos tiene la mayor eficiencia en cuanto a funcionalidad.

Variable independiente

Tabla 1.1: Variable independiente.

<b>Variable independiente</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Valor /acción</b>
Agregados de canteras	Los agregados son los principales contribuyentes de los cuales se realizarán ensayos de durabilidad y caracterización física para ver si son viables para su uso.	Masa de agregado	Gramos (gr)	Preparación previa de la muestra según norma.
		Solución de sulfato	Porcentaje (%)	Preparación previa del sulfato de magnesio diluyendo el sulfato en agua.
		Ensayos físicos	Porcentaje (%)	Se realiza varios ensayos, para determinar su utilidad.

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente

Tabla 1.2: Variable dependiente.

<b>Variable dependiente</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor/acción</b>
Parámetros	Se refiere al procedimiento de determinar la durabilidad y características físicas de los áridos.	Calidad de los agregados	Características físicas	De acuerdo al porcentaje de pérdida de material, se determina si se utiliza o no el material mediante los rangos determinados por norma.
			Abrasión por medio de la máquina de los ángeles	
			Durabilidad por el método de los sulfatos	

Fuente: Elaboración propia

## **1.6 DISEÑO METEOROLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

En esta sección se explica la metodología a seguir para desarrollar el trabajo experimental de laboratorio, con este fin, se establecen parámetros fijos y parámetros variables que permitan llevar un procedimiento de manera ordenada y que puedan servir de guía para explicar las posibles variaciones que presenten en los resultados de las diferentes pruebas a realizar.

### **1.6.1 Fundamento para el diseño metodológico de la investigación**

Los fundamentos del diseño metodológico, están referidos a los conceptos básicos de la estadística: que además ayudan a definir criterios adecuados en el momento de la toma de decisiones, induciendo a optimizar las estructuraciones en una investigación.

El determinar la población y la muestra, ha causado problemas a los investigadores; la complejidad de los temas, puede desorientar y ocasionar fácilmente desvíos de la investigación y por tanto exista una pérdida de tiempo innecesaria.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la presente tesis es una investigación explicativa o causal, del tipo cuasi experimental porque manipula una variable independiente que busca establecer las relaciones de durabilidad de los agregados.

## **1.6.2 Unidades de estudio y decisión muestral**

### **1.6.2.1 Unidad de estudio o muestreo**

Es el elemento, persona u objeto del cual se pueda extraer información relacionada a la investigación, es el elemento que debe ser medido, también se la denomina la unidad de muestreo.

### **1.6.2.2 Población estadística**

Es el conjunto de elementos como ser, individuos objetos propiedades, medidas u otros que comparten alguna característica observable en un lugar y en un momento dado para contribuir a un evento o fenómeno.

### **1.6.2.3 Muestra**

Es una parte representativa que se toma de la población, a veces la población es demasiado grande para poderla estudiar en un 100% por lo que es necesario tomar un número reducido consideración que esa muestra, nos brindara una representación aproximada de la característica o particularidades que estamos estudiando.

En algunos casos la muestra es la misma población, dependiendo de lo que define el objeto de investigación, la muestra contiene las variables que serán medidas para que pueda evolucionar el proceso de investigación.

### **1.6.2.4 Muestreo probabilístico**

Cuando se usa el termino probabilístico en una muestra significativa que todos los elementos tienen probabilidad de ser seleccionados para ello, los elementos deben ser

sometidos a procedimientos que define el investigador, de acuerdo a la técnica que ha seleccionado en la definición de su muestra.

Para la presente investigación se definió y se realizó un muestreo probabilístico, muestreo simple no aleatorio.

Muestreo simple no aleatorio: se eligen los elementos por conveniencia a criterio del investigador, cuando crea que los elementos seleccionados puedan brindar mejor información a la investigación.

## **1.7 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Es una investigación explicativa que se trata de llevar a cabo una investigación de forma puntual con la intención de proporcionar detalle para aumentar la comprensión sobre un tema específico.

### **1.7.1 Unidades de estudio y decisión muestral**

Las canteras de los agregados es provincia Avilés en el municipio del Valle de la Concepción.

Se extrae información directa de los siguientes elementos:

Ensayos de caracterización de agregados.

Ensayos de solidez por medio de sulfatos de magnesio.

Ensayos de caracterización física de los agregados.

#### **1.7.1.1 Población**

Canteras naturales (ríos con extracción de material)

#### **1.7.1.2 Muestra**

Las canteras naturales son ríos en los cuales se toma los materiales para su uso de la zona aledañas y son las siguientes:

Río Camacho colindante al municipio del valle de la concepción.

Quebrada de San José de Charaja a afueras de la planta de producción.

Río Camacho a altura de la comunidad San Nicolás.

### **1.7.1.3 Selección de las técnicas de muestreo**

Mediante un muestreo sistemático en combinación con un muestreo simple no aleatorio.

Con el empleo de la combinación de estas dos técnicas, se establece un muestreo probabilístico de selección de muestras. La selección de cuadrícula por toda la superficie de la cantera nos indica que se podrá obtener información de granulometrías, de una forma muy representativa a la zona que se quiere estudiar.

Se elegirán los lugares por conveniencia a criterio del investigador, cuando se crea que los lugares seleccionados puedan brindar mejor información a la investigación.

## **1.8 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS**

Extracción de muestras.

Caracterización en laboratorio de los agregados (granulometría).

Peso específico de los agregados.

Laminaridad de los agregados.

Índice de alargamiento de los agregados.

Ensayo de solidez por medio de sulfatos de magnesio.

Ensayo de durabilidad.

Procesamiento de datos.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

En el desarrollo de este capítulo de investigación se ha tomado en cuenta la información y conocimiento secundario disponible, ya que es necesario tener un concepto claro de los componentes y etapas que se tratará en el presente estudio, referidos a la calidad de los agregados para su posterior uso en hormigones.

#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 Marco conceptual**

Como se planteó en la introducción, el objeto de investigación del presente trabajo, se pretende visualizar desde la perspectiva del material, específicamente de los agregados, bajo esta óptica, los siguientes componentes ayudarán a analizar los agregados mediante la caracterización de agregados, análisis de la solidez y durabilidad de los agregados.

Método de los sulfatos para determinar la desintegración ASTM C-88 AASHTO T-104.

Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

Método para determinar el desgaste mediante la máquina de los Ángeles ASTM C-131 AASHTO T-96, en la mayoría de las normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión. En Norteamérica, la más generalizada es el denominado Ensayo de Los Ángeles, consistente en colocar muestra de agregado con granulometría específica en un cilindro rotatorio horizontal, conjuntamente con un número de bolas de acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas. El porcentaje de material fragmentado constituye un indicador de calidad. El ensayo de Los Ángeles está normalizado por el método ASTM, los resultados han evidenciado correlación con el comportamiento del concreto en pavimentos. Por otra parte, se estima como un indicador de la calidad del agregado.

Para el caso específico, y tema central de esta tesis, la investigación se centrará en el ataque a los agregados, especialmente el causado por los sulfatos solubles.

### **2.1.2 Marco referencial**

El método de prueba de la solidez de los Agregados mediante el uso del sulfato de sodio o el sulfato de magnesio, ASTM C-88 AASHTO T-104.

Esta prueba está diseñada para simular la acción destructiva de la congelación y el deshielo a los que algunos agregados son vulnerables cuando están empapados en agua.

En este caso, los agregados se empapan alternadamente en una solución saturada de sulfato de sodio o de magnesio y, a continuación, se secan en estufa para liberar el agua de cristalización. La re inmersión causa acción expansiva en los poros de la roca, debido a la hidratación de los cristales desecados, y en semejante a la acción destructiva de la formación de hielo durante la congelación. Los cuales son cinco ciclos de la prueba del sulfato se consideran equivalente a muchos ciclos de congelación y deshielo.

Método de prueba de la resistencia a la abrasión del agregado grueso de tamaño pequeño mediante el uso de la máquina de los Ángeles. ASTM C-131 AASHTO T-96.

El método utiliza la máquina de los Ángeles, y consiste en colocar una cantidad específica de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que junto con cargas abrasivas (esferas) de una masa determinada y se le aplica un número determinado de revoluciones por minuto.

El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión (desgaste del material), y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra (seca) y la masa del material desgastado (seca) expresándolo como inicial.

## **2.2 CONCEPTO FUNDAMENTAL DE LOS AGREGADOS COMO COMPONENTE DEL HORMIGÓN**

### **2.2.1 Resistencia y durabilidad de los agregados**

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales, dista mucho en la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregados.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos, la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y por excepción en los agregados descompuestos o alterados. Pocas veces se determina la resistencia de compresión de los agregados, en estos casos se evalúa la resistencia de la roca en probetas talladas para la prueba. Los resultados obtenidos no son indicativos, por la influencia intrínseca de los posibles planos débiles de la roca y lo incierto de extrapolar valores a las partículas fragmentadas.

### **2.2.2 La estabilidad de los agregados**

El comportamiento de los agregados en los concretos sujetos a la acción de las heladas se evalúa por el conocimiento de su comportamiento histórico en obra similares, cuando esto no es posible o se quiere opinión más sustentada, se recomienda efectuar una de las pruebas siguientes: el ensayo de congelamiento o de inmersión en sulfato de magnesio o de sodio, en ambos casos se trata de establecer una similitud entre el ensayo y la realidad.

El comportamiento del concreto expuesto a la congelación guarda relación con la estructura de poros de los agregados. En efecto si el agregado tiene un alto coeficiente de absorción, puede ocurrir que cuando el agua pasa del estado líquido al sólido por el congelamiento, la expansión de volumen provoca tensiones internas muy elevadas, que ocasionan el agrietamiento o desintegración del concreto.

Dentro de las pruebas de desgaste, en la mayoría de las normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión, en Norteamérica, la más generalizada es el denominado ensayo de los ángeles, el cual consiste en colocar una muestra de agregado con granulometría específica en un cilindro rotatorio horizontal, conjuntamente con número de bolas de acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas. El porcentaje que material fragmentado constituye un indicador de calidad.

El ensayo de los ángeles está normalizado por el ASTM, los resultados han evidenciado relación con el comportamiento del concreto en pavimentos. Por otra parte, se estima como un indicador de la calidad del agregado.

### 2.2.3 Concepto general del hormigón

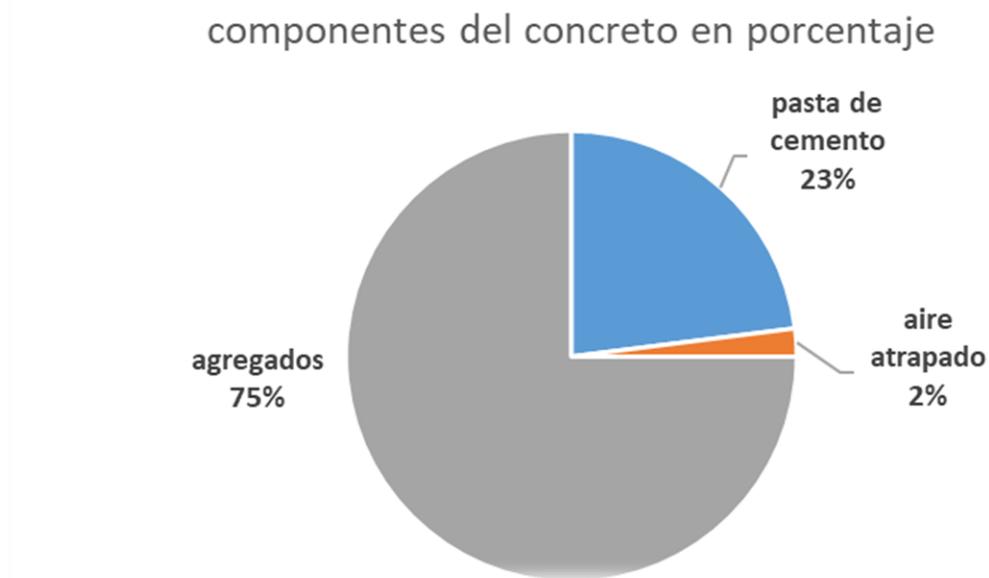
El hormigón es el producto resultante de la mezcla homogénea de pasta de un aglomerante, arena, grava o piedra y agua. Que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo adquiriendo su resistencia de trabajo a la edad de 28 días.

El concreto cuyas características de resistencia, versatilidad, durabilidad y economía, lo han convertido en el material de construcción más utilizado en el mundo, se puede definir como una piedra artificial formada por cemento portland, agregados, agua y aire.

Con una idea muy general se puede hablar de que los integrantes del concreto se encuentran distribuidos tomando como base su peso en los porcentajes siguientes:

Pasta (concreto + agua) con un 23 al 25 %, agregados (grava y arena) de 73 a 75 % y aire atrapado 2%.

Figura 2.1: Componentes del concreto.



Fuente: Tecnología del concreto. Juan Luis Cottier Caviedes

El concreto es sin dudas el material mayormente empleado en la construcción gracias a su fácil moldeo, su facilidad de incorporar otros materiales y su costo relativamente bajo, no ha perdido vigencia hasta la fecha y es considerado el material más popular y requiere de actividades bien definidas y cuidadosamente supervisadas para lograr el éxito

garantizando el cumplimiento de sus Resistencia a compresión simple, estabilidad volumétrica y durabilidad.

#### 2.2.4 Agregados

Se define como agregados a los materiales pétreos resultados de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas, o de otro material inerte y suficientemente duros.

Los agregados son relativamente económicos y no entran en reacciones químicas complejas con el agua: por lo tanto, ha sido costumbre tratarlos como un relleno inerte en el concreto. Sin embargo, debido al creciente conocimiento del papel que juegan los agregados para determinar varias propiedades importantes del concreto, la idea tradicional del agregado como relleno inerte está siendo seriamente cuestionada.

Las características del agregado que son significativas para la tecnología del concreto incluyen la forma y la textura de la superficie, la resistencia a la ruptura, el módulo de elasticidad y los tipos de sustancias nocivas presentes.

Estas características se derivan de la composición mineralógica de la roca original la cual es afectada por los procesos de formación geológica, la condición de exposición a que la roca ha estado sujeta antes de formar el agregado y el tipo de operación y de equipo que ha utilizado para producir el agregado.

Las características de los agregados que influyen en el concreto se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 2.1: Características de los agregados.

<b>Características de los agregados que indican en las propiedades del concreto</b>	
<b>Propiedades del concreto</b>	<b>Características de los agregados</b>
Durabilidad	Composición mineralógica
Resistencia	textura superficial
Cambio de volumen	Módulo de elasticidad
Peso específico	Coefficiente de dilatación termica
Módulo de elasticidad	Resistencia a la tensión

Resistencia al desgaste Dosificación Trabajabilidad Bombeabilidad Acabado del concreto Tiempo de graduado Exudación Economía	Absorción Permeabilidad Estructura de los poros Estabilidad de volumen Granulometría Tamaño máximo Finos Forma Estabilidad química Sales solubles Adherencia en los granos Partículas de arcilla Materia orgánica Sensibilidad al agua Solubilidad en agua
---	--

Fuente: tecnología del concreto Juan Luis Cottier Caviedes

Los áridos en general constituyen el gran arte del hormigón por lo cual se lo toma como parte principal del hormigón y son responsables de buena parte de las características del mismo pues son un elemento mayoritario dentro del hormigón.

Los áridos están constituidos por partículas duras las cuales tienen que estar de forma adecuada como ser sin forma lajasas o que sean aciculares, además los mismos no deben contener arcillas, limos, ni materia orgánica. No deben ser material heladizo, con esto se quiere decir que no deben deteriorar con ciclos de heladas en general, los áridos de baja densidad son pocos resistentes y estos tienen a ser más porosos.

Normalmente los áridos se los clasifica por su tamaño máximo y su tamaño mínimo para su estudio.

## 2.3 CONCEPTOS ESPECÍFICOS

### 2.3.1 Agregado grueso

Los agregados gruesos (grava) es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es de gran importancia para garantizar buenos resultados en la elaboración de la preparación de los hormigones para así tener buenos resultados de los mismos, existen una variedad de tipos de grava en los cuales se puede mencionar la gravilla, grava de banco, grava de río, grava triturada la cual es producto de la trituración mecánica por medio de maquinaria.

Figura 2.2: Extracción del material del río Camacho (Valle de la Concepción).



Fuente: Elaboración propia

Los agregados gruesos están formados por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionada y analizadas en laboratorio, para poder ser certificada por su calidad el tamaño mínimo o el punto de división de los agregados finos es generalmente de 4,75 mm (tamiz de malla N4).

El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio, a esto se refiere que no esté recubierto por material extraño o de polvo. En caso de presentarse estos materiales en los agregados estos deben ser eliminados mediante un procedimiento adecuado de limpieza (lavado).

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de la roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

En general el agregado grueso deberá estar de acuerdo con las especificaciones ASTM AASHTO, el cual está sujeto a cada país mediante su aplicación ya que varía dependiendo de la región o país.

Tabla 2.2: Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso.

<b>Sustancia</b>	<b>Norma</b>	<b>Límite (%)</b>
Material que pasa por el tamiz No. 200	ASTM C 117	Max.
Materiales ligeros	ASTM C 123	Max. 1
Grumos de arcilla	ASTM C 142	Max. 0.5
Pérdida por intemperismo	ASTM C88 Método de sulfato de magnesio	Max. 12
Pérdida por abrasión en la máquina de los ángeles	ASTM C131 Y C535	Max. 40

Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso debe estar bien graduado entre los límites fino y grueso y deben estar separados en tamaños normales cuyas granulometrías se indican a continuación:

Tabla: granulometría de la norma AASHTO T-27 para el agregado grueso

Tabla 2.3: Granulometría ideal.

<b>Granulometría de agregado grueso</b>			
<b>Tamiz</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Especificaciones</b>	
		<b>Límite superior</b>	<b>Límite inferior</b>
2"	50.8	100	100
1 ½"	38.1	95	100
1"	25.4		
¾"	19.1	35	70
½"	12.7		
3/8"	9.5	10	30
N 4	4.75	0	5

Fuente: Norma AASHTO

### 2.3.1.1 Tamaño máximo

Se define como la abertura del menor tamiz por el cual pasa el 100 % de la muestra.

### 2.3.1.2 Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y este definido como el tamiz que le sigue en apertura mayor a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más.

La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos:

- El tamaño máximo nominal no debe ser mayor que el 1/5 de las dimensiones menores de la estructura comprendida entre los lados de una formaleta.
- El tamaño máximo nominal no debe ser mayor que 1/3 del espesor de una losa.
- El tamaño nominal no debe ser mayor que ¾ del espaciamiento libre.

### 2.3.2 Agregado fino

Es el material granular fino resultado de la desintegración natural de rocas o del triturado de agregado grueso. Existen varias definiciones de tamaño para partículas de arena, la más común en nuestro medio explicando a la arena como aquel material granular que para el tamiz con malla N 4 con apertura de 5.75 mm y se retiene en la malla N 200.

Figura 2.3: Extracción de arenas.



Fuente: Elaboración propia

El agregado fino consistirá en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. la forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural estará constituida por fragmentos de roca que sean limpias, duros, durables y compactas.

En general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la norma ASTM AASTHO, es decir no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, material orgánico, mica, álcalis, limos u otras sustancias perjudiciales.

Tabla 2.4: Requisitos de la norma ASTM para agregado fino.

Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa por el tamiz N 200.	ASTM C 117	Max. 3
Materiales ligeros	ASTM C 142	Max. 1
Grumos de arcilla	ASTM C 142	Max. 1
Pérdida por intemperismo	ASTM C 88	Max. 12

Fuente: Norma ASTM

El agregado fino deberá estar bien gradado entre los límites fino y grueso y tendrá la siguiente granulometría.

Tabla 2.5: Granulometría de la norma AASHTO T-27 para el agregado fino.

Granulometría de agregado grueso			
Tamiz	Tamaño (mm)	Especificaciones	
		Límite superior	Límite inferior
3/8 "	9.50	100	100
N 4	4.75	95	100
N 8	2.36		
N 16	1.18	45	80
N 30	0.60		
N 50	0.30	10	30
N 100	0.15	2	10
N 200	0.075	0	5

Fuente: Norma ASTM

### 2.3.3 Propiedades de los agregados

#### 2.3.3.1 Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

### **2.3.3.2 Porosidad**

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por material sólida en la partícula de agregado es una de las más trascendentales propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de este, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

### **2.3.3.3 Porcentajes de vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

### **2.3.3.4 Humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

## **2.3.4 Propiedades de resistencia**

### **2.3.4.1 Resistencia**

La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados, la textura, la estructura y composición de la partícula del agregado influyen sobre todo en la resistencia.

Si los granos de los agregados no están bien cementados uno a otros consecuentemente estos serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante.

### **2.3.4.2 Dureza**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La consistencia de la partícula depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos estas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y puedan ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas o de origen volcánico y las rocas silicosas.

### **2.3.5 Solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio**

La solidez de los agregados se refiere a su capacidad para soportar cambios excesivos en volumen, debido a cambios en las condiciones ambientales como congelamiento-deshielo, calentamiento-enfriamiento, humedecimiento-secado, los agregados afectan la durabilidad del concreto y pueden no solo comprometer su aspecto superficial (descaramientos), sino también la estabilidad de una estructura (agrietamiento internos), la capacidad de los agregados para soportar estos cambios desde luego depende de la procedencia, granulometría, forma, textura, porosidad y propiedades mecánicas de sus partículas.

La norma AASTHO T-140, describe el procedimiento a seguir para determinar la resistencia de los agregados pétreos cuando deben soportar la intemperie en concretos y otras aplicaciones. Este efecto se simula sometiendo los agregados a inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguida de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables de las partículas del agregado, la fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de re inmersión, simula la expansión del agua por congelamiento.

Mediante este método se puede obtener información útil para juzgar la resistencia de los agregados a la acción de los agentes atmosféricos, cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climatológicas reales de servicio.

Las pérdidas de ensayo de solidez (norma de ensayo AASHTO T-104), no podrán superar el doce por ciento (12%) o dieciocho por ciento (18%), según se utilice sulfatos de sodio o de magnesio, respectivamente.

Tabla 2.6: Requisitos de la norma ASTM para ensayos de solidez.

<b>Agregado grueso / fino</b>		
<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Límite máximo %</b>
Sulfato de sodio	AASHTO T-104 ASTM C-88	12
Sulfato de magnesio	AASHTO T-104 ASTM C-88	18

Fuente: Norma ASTM

### **2.3.5.1 Importancia y uso**

Este método de ensayo brinda un procedimiento para hacer una valoración preliminar de la solidez de los agregados previstos para la elaboración de concretos y para otros propósitos. Los valores obtenidos se pueden comparar con los indicados en las especificaciones, con el fin de establecer la aptitud de un agregado para un determinado uso. Dado que la precisión de este método de ensayo es baja, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes no se puede dar sin confirmar los resultados de otros ensayos mejor relacionados con el uso que se le va a dar al material.

Los valores que las pérdidas resultantes al aplicar este método son, generalmente, diferentes para agregados finos y agregados gruesos, además se llama la atención sobre el hecho de que los resultados que se obtienen, varían según la sal que se emplee y que hay que ser cuidadoso al fijar los límites de cualquier especificación que incluya un requisito en relación con este ensayo. Normalmente, el ensayo es más severo cuando se usa sulfato de magnesio; por lo tanto, los porcentajes de pérdida permitidos cuando se unos sulfatos de magnesio suelen ser mayores que cuando se echa sulfato de sodio.

### **2.3.6 Sanidad de los agregados**

El agregado es considerado insano cuando los cambios de su volumen causados por el clima, como los ciclos alterados de mojado y secado, o de congelamiento y descongelamiento, resultan en el deterioro del concreto. La falta de sanidad se muestra generalmente en las rocas que tienen una estructura característica de poros. Los concretos que contienen pizarras, rocas calizas y rocas areniscas, han sido hallados susceptibles de

daño por congelación y por cristalización de sales dentro de los agregados. Aunque se utiliza a menudo la alta absorción de humedad como un índice de falta de sanidad, muchos agregados como la roca pómez y las arcillas expandidas, pueden absorber grandes cantidades de agua y permanecer sanas.

La falta de sanidad está relacionada por los tanto con la distribución del tamaño de los poros, más que con la porosidad total del agregado. La distribución del tamaño de poros, que permite a las partículas del agregado saturarse al mojarse (o a descongelarse en el caso de la congelación), pero evita el fácil drenado al secarse (o congelarse), es capaz de causar altas presiones hidráulicas dentro del agregado. La sanidad del agregado al desgaste por la acción ambiental es determinada por el método ASTM C-88, AASTHO T104, que describe un procedimiento estándar para determinar directamente la resistencia del agregado a la desintegración al exponerlo a cinco ciclos de humedecimiento y secado, se utiliza solución saturada de sodio o de sulfato de magnesio para el ciclo de humedecimiento.

### **2.3.7 Resistencia a la degradación de los agregados por medio de la máquina de los ángeles**

La norma AASTHO T-96, describe el procedimiento para medir la degradación de un agregado pétreo con una composición granulométrica definida, como resultado de una combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene un número determinado de esferas metálicas, el cual depende de la granulometría de la muestra de ensayo. A medida que gira el tambor, una pestaña de acero recoge la muestra y las esferas de acero y las arrastra hasta que caen por gravedad en el extremo opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración, entonces la muestra y las esferas ruedan dentro del tambor, hasta que la pestaña las levanta y se repite el ciclo.

Tras el número específico de revoluciones, se retira el contenido del tambor y se tamiza la porción de agregado para medir la degradación, como un porcentaje de pérdida.

### 2.3.7.1 Importancia y uso de la degradación del agregado por medio de la máquina de los ángeles

En cuanto a su importancia y uso de este ensayo se ha usado ampliamente como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. Los resultados nos brindan automáticamente comparaciones válidas entre fuentes marcadamente diferentes en origen, composición o estructura. Los límites de las especificaciones deben ser asignados con extrema precaución, considerando los tipos de agregados disponibles y su comportamiento histórico en aplicaciones específicas.

Tabla 2.7: Requisitos de la norma ASTM para ensayos de durabilidad.

<b>Ensayo de control de calidad</b>		
<b>Abrasión (los ángeles)</b>	AASHTO T-96 ASTM C-131	40% Max.

Fuente: Norma ASTM

### 2.3.8 Marco legal

#### 2.3.8.1 Antecedentes de explotación

Los depósitos aluviales de agregados o más conocidas en nuestro medio como canteras, ya identificados son fuentes de explotación continua para su uso dentro de las distintas obras civiles en nuestro medio, se pudo observar tres formas de explotación de áridos.

#### 2.3.8.2 Aprovechamiento familiar, comunitario y de orden social

Es aquella operación que, sin fines comerciales, cumple con las necesidades de áridos y agregados para la construcción de viviendas familiares propias, obras que benefician a las comunidades colindantes con los ríos, pozos, canteras, etc.

#### 2.3.8.3 Aprovechamiento artesanal o actividad menor de áridos y agregados

Es aquella operación que utiliza métodos de extracción manual, consiste en la extracción ejecutada mediante simple excavación en forma personal, a base de cuadrillas reducidas

de dos o cuatro hombres mediante palas y picos, siendo muy baja la producción de áridos por hombre/día, no se utiliza maquinaria industrial.

#### **2.3.8.4 Aprovechamiento industrial o actividad mayor de áridos y agregados**

En la planta procesadora de áridos para la elaboración de pavimento flexible en la planta de tratamiento de San José de Charaja, consiste en la extracción mediante excavación en gran volumen ejecutada a base de equipos mecanizados como: volquetas, excavadoras, cargadoras frontales cernidores vibratorios, chancadoras.

Figura 2.4: Planta de San José de Charaja.



Fuente: Elaboración propia

#### **2.3.9 Índice de aplanamiento y de alargamiento de los áridos para carreteras**

Este método describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento de los áridos que se van a emplear en la construcción.

De acuerdo con este método se define como índice de aplanamiento en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud), es inferior a  $3/5$  de la dimensión media de la fracción.

Se define como índice de alargamiento de una fracción de árido, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud), es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

Este método no es aplicable a las fracciones del árido con tamaño inferior a 6,3 mm (1/4”).

### 2.3.9.1 Aplicación del método

Del material recibido en el laboratorio se separa por cuarteo una muestra representativa con cantidad suficiente para la realización del ensayo. Una vez así separada la muestra para el ensayo se procede a determinar su análisis granulométrico de acuerdo con el método H0104, usando los tamices indicados en la tabla siguiente, el porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina  $R_i$ , siendo  $i$  el tamiz de abertura menor.

Tabla 2.8: Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud.

Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)	
Pasa		Retiene		Aplanamiento (abertura de la ranura)	Alargamiento (separación de las barras)
Mm	Pulg	Mm	Pulg		
63	2 1/2"	50	2"	33,9	-
50	2"	37,5	1 1/2"	26,3	78,8
37,5	1 1/2"	25	1"	18,8	56,3
25	1"	19	3/4"	13,2	39,6
19	3/4"	12,5	1/2"	9,5	28,4
12,5	1/2"	9,5	3/8"	6,6	19,8
9,5	3/8"	6,3	1/4"	4,7	14,2

Fuente: Norma de la administradora boliviana de carreteras

Para separar el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura

corresponda a la fracción que se ensaya. La cantidad total de las partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente se pesa y se obtienen los datos.

Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondientes a la fracción que se ensaya. La cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes, se pesa con precisión de 0.1 % de la masa total de la muestra de ensayo.

### **2.3.10 Peso específico de los agregados**

En la presente investigación se tomó en cuenta este punto del peso específico de mis muestras de material el cual se realizó 3 ensayos de cada punto de investigación que se realizó en el laboratorio de tecnología del hormigón.

El punto de este ensayo es determinar la densidad de la masa (peso unitario), mediante la norma ASTM C-29, de los agregados, con el fin de utilizarlos en la selección de proporciones para poder ser usados en los fines adecuados.

En el cálculo realizado se tomaron en cuenta las siguientes fórmulas:

$$PESO ESPECÍFICO SECO AL HORNO (SH) = \frac{A}{B + S - C}$$

$$PESO ESPECÍFICO EN CONDICIÓN SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA (SSS) = \frac{S}{B + S - C}$$

$$PESO ESPECÍFICO APARENTE = \frac{A}{B + A - C}$$

$$ABSORCIÓN \% = \frac{S - A}{A} * 100$$

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA**

## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

El proyecto de investigación, utiliza los laboratorios de hormigones y de asfaltos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y como objeto de estudio las canteras de agregados de la provincia Avilés municipio del Valle de la Concepción, por lo tanto esta investigación contiene el estudio de las características y solidez de los agregados pétreos extraídos de las canteras naturales las cuales son utilizadas en la zona se estudiaron anteriormente, este método de ensayos cubre los procedimientos de pruebas para evaluar las características y solidez de las muestras de agregados por los efectos de sulfatos de sodio o de magnesio.

La prueba de solidez mediante sulfatos de sodio o de magnesio es un método por el cual es posible estimar cualitativamente la durabilidad de la roca bajo condiciones de intemperie.

Los resultados de este método de prueba no se van a utilizar como la única base para la determinación de la durabilidad de rocas, sino que siempre se debe utilizar en combinación con los resultados de otras pruebas.

#### **3.1 ENFOQUE DEL TRABAJO**

De acuerdo a los objetivos de la investigación se busca determinar la posible potencialidad reactiva de algunas canteras naturales de agregados de la región que generalmente podrían ser usados para la construcción de pavimentos rígidos, para ello se desarrollan los siguientes métodos:

- Método para extraer y preparar muestras (AASHTO T-2)
- Método para el cuarteo de muestras (AASHTO T-248)
- Método para la granulometría (AASHTO T-27)
- Método para peso específico (ASTM C-127, AASHTO T-85)
- Método para laminaridad (AASHTO M-283)
- Método para índice de alargamiento (I.N.V.E – 230-07)

- Método de los sulfatos para determinar la desintegración la Norma ASTM C 88 y AASHTO T 104.
- Método para determinar el desgaste mediante la máquina de los Ángeles la Norma ASTM C 131 y AASHTO T 96.

Los cuales se desarrollaron en el laboratorio de hormigón y en el laboratorio de asfaltos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la ciudad de Tarija.

Los agregados naturales que se emplearon para la investigación son todos de la provincia Avilés que son las siguientes regiones:

- Río Camacho zona Valle de la Concepción
- Río Camacho zona de San Nicolás
- Quebrada de San José de Charaja

Con los siguientes agregados que se consideró se obtendrá:

- Caracterización de cada banco de agregado.
- Ensayo de solidez por medio de sulfatos.
- Ensayos de durabilidad por medio de desgaste de los ángeles.

Tomando en cuenta todas las características de los agregados para realizar una comparación entre la resistencia adquiridas mediante los ensayos mencionados anteriormente.

Figura 3.1: Lugares de estudio.



Fuente: Google Earth.

Se tomó la decisión de estudiar las canteras naturales mencionadas por el hecho que es de conocimiento general de los que viven en las zonas aledañas, es por el hecho que utilizan los agregados sin conocer las características de durabilidad y resistencia de los mismos para su uso cotidiano, por lo cual la importancia es dar a conocer qué cantera es de mejores rangos para su posterior uso ya que este cuenta con diferentes afluentes que aportan material.

La investigación que se realiza mostrará con resultados óptimos que cantera presenta los mejores resultados de resistencia y durabilidad para poder realizar su posterior uso.

### **3.2 CRITERIO DE MUESTRA**

#### **3.2.1 Muestreo de agregados para construcción de carreteras**

El propósito de la toma de muestras de agregados gruesos y agregados finos son los siguientes propósitos:

- Investigación preliminar de las fuentes de suministro de materiales.
- Inspección de los materiales en la fuente.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

Los ensayos que se van a realizar son de aceptación y de control con el tipo de construcción en el cual se va a emplear el material. La investigación preliminar y la toma de muestras de posibles yacimientos o fuentes y tipos de agregados, son factores de gran importancia para determinar la disponibilidad y las cualidades de los materiales, en relación con la futura construcción en las cuales se decida utilizar los agregados.

##### **3.2.1.1 Importancia y uso**

La toma de muestras es tan importante como los mismos ensayos, el encargado de hacerlas debe tomar todas las precauciones necesarias para poder obtener muestras que indiquen la verdadera naturaleza y características reales de los materiales, los cuales serán representados por ellos.

En la investigación preliminar y el muestreo de las fuentes y los tipos potenciales de agregados, estos ocupan un lugar muy importante en la determinación de la disponibilidad

y conveniencia de los principales componentes de una construcción vial o de una construcción civil.

La investigación en curso está más involucrada para la afectación desde el punto de vista económico y determina el control que requieren los materiales para asegurar la durabilidad de las obras.

### **3.2.2 Explotación de fuentes potenciales de agregados pétreos**

La explotación de fuentes potenciales de agregados pétreos debe ser dirigida por una persona responsable, con la experiencia requerida por este tipo de trabajo, debido a la diversidad de condiciones bajo las cuales se debe hacer el muestreo en lo cual es importante describir procedimientos detallados aplicables a todos los casos.

#### **3.2.2.1 Muestreo en canteras y vetas**

Ante todo se debe inspeccionar el frente de la cantera o veta, para determinar su estratificación se deberá anotar todos los cambios de color y estructura que se observen.

#### **3.2.2.2 Muestreo y tamaño de las muestras**

En cada punto en el cual se decidió tomar la muestra se toma de cada estrato una muestra representativa de no menos de 25 kg. Por lo cual la muestra no deberá ser alterada y esta no debe contener material contaminado, la cual no resulte adecuada para el uso o los fines que serán utilizados.

Se deben tomar muestras de cada extracto que resulte distinguible. Si el depósito se ha venido trabajando mediante un frente abierto o un pozo, la muestra se deberá tomar haciendo un poso de exploración de aproximadamente 0.8m x 0.8m, y descartando una altura de 0.40 m.

#### **3.2.2.3 Muestreo en zonas de préstamo lateral o en depósitos aluviales**

Se inicia con una inspección en las fuentes conocidas de material aluvial, sus características y posibilidades se puede establecer a partir de pozos hechos con anterioridad, en los cuales se puedan apreciar los posibles frentes o puntos de explotación.

La fotointerpretación, la explotación geológica y otros tipos de investigación de campo también permiten identificar la existencia de posibles depósitos de agregados pétreos.

#### **3.2.2.4 Muestreo y tamaño de las muestras**

Se toma una muestra significativa de cada banco de material, si en el depósito se ha venido trabajando mediante un frente abierto o un pozo, las muestras, se deberán tomar haciendo un pozo de exploración de aproximadamente 0.80m x 0.80m, y descartando una altura de 0.40m, este material descartado podría tener presencia de impurezas y a la vez ser un material sometido a la intermedie, por lo cual no es un material apto para los propósitos de investigación, a partir del material descartado se toma la muestra para el ensayo a realizar, En la muestra no deberá quedar incluido el material de descapote.

Conviene hacer sondeos en distintos sitios del depósito con el fin de establecer su calidad y extensión, más allá de los que permite apreciar el frente de exploración.

El número y la profundidad de las perforaciones dependerán de la cantidad de material requerido de la naturaleza del depósito, de las características de los materiales son muy variables, se deberán tomar muestras solucionadas de cada extracto identificable.

Se deberán tomar muestras seleccionadas de cada estrato identificable, cada muestra se deberá mezclar completamente y cuartear si es necesario para obtener al menos una cantidad de material de 12 kg si la fuente es de material arenoso, y 35 kg si el depósito contiene una cantidad apreciable de agregado grueso.

#### **3.2.2.5 Registro**

Además de la información general que suele acompañar a todas las muestras, se requiere adjuntar los siguientes datos a las muestras provenientes de fuentes aluviales:

- Ubicación de la fuente .
- Detalle sobre la ubicación y representación de cada muestra. Para este propósito es recomendable adjuntar fotografías, esquemas y planos que muestren la ubicación de los puntos trabajados.
- Distancia de acarreo hasta el sitio de la obra y condiciones de camino.

### **3.3 MUESTREO DE LOS MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 Agregados**

Los agregados empleados para la investigación se seleccionaron tomando en cuenta los más usuales para la construcción y tratando de abarcar diferentes cuentas de la provincia Avilés del municipio del Valle de la Concepción, las cuales son usadas en la zona de estudio.

#### **3.3.2 Criterio para el muestreo de los agregados**

Los agregados fueron extraídos de acuerdo al método para extraer materiales y preparar la muestra, la cual es la norma ASTM y la norma AASTHO, que establece los procedimientos que se deben seguir para preparar muestras representativas de áridos finos, gruesos e integrales para los fines de ensayos.

Las muestras extraídas son de yacimientos con frente descubiertos de áridos en sitio de depósitos naturales, los cuales no son sometidos a ningún tratamiento.

Y una toma de muestra fue de la planta de pavimento que se encuentra en la localidad de San José de Charaja, que se consiguió con los permisos adecuados para obtener una muestra representativa de sus materiales para realizar sus estudios.

#### **3.3.3 Codificación de los sondeos y toma de muestra**

Se realizaron sondeos que fueron realizados a cielo abierto en las canteras naturales ya mencionadas, cada sondeo está referenciado mediante coordenadas geográficas, las cuales describen el perfil de cada cantera, simultáneamente se obtuvo muestras, una descripción de la zona la cual se va a estudiar y se tomará en cuenta.

La identificación de las muestras se realizó con la siguiente codificación, se tomará por ejemplo zona:

P1:W1

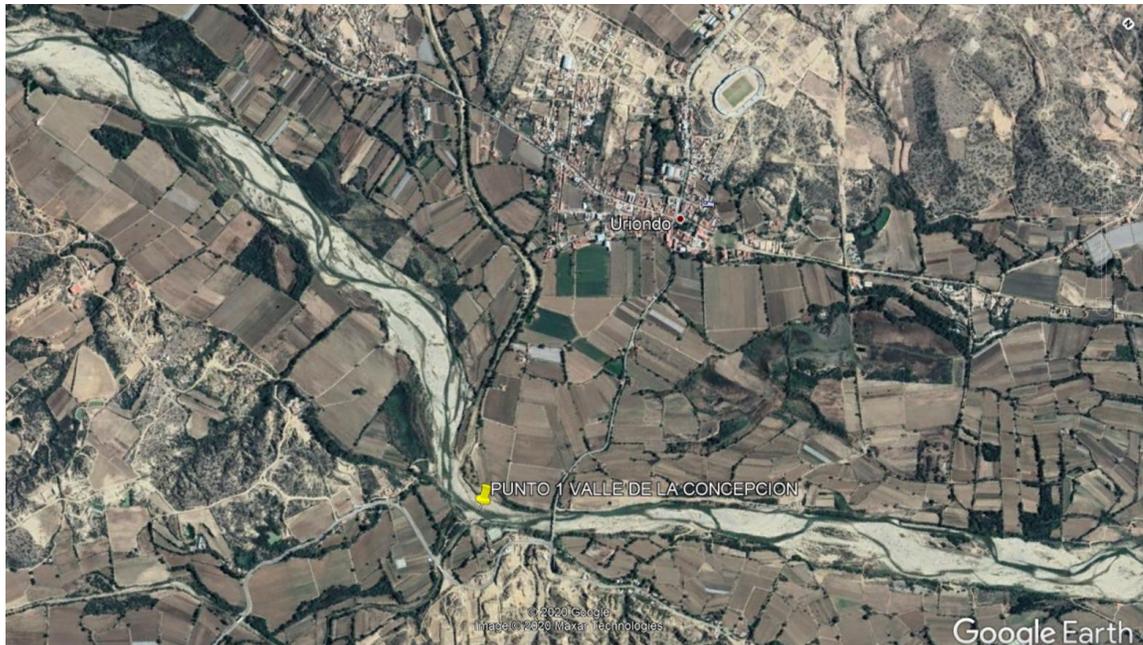
P= Punto el cual pertenece el estudio

W= Ensayo el cual está relacionado el estudio

### 3.3.4 Ubicación y descripción del lugar

#### 3.3.4.1 Río Camacho, localidad Valle de la Concepción

Figura 3.2: Ubicación de la toma de muestra para la investigación Valle de la Concepción.



Fuente: Google Earth.

Punto: 1 Valle de la Concepción

Coordenadas geográficas:

Latitud= 21° 42' 27.51" S

Longitud= 64° 39' 0.13 " O

Coordenadas UTM:

C. norte= 7598623,2

C. este= 329317,7

Zona= 20

### Zona Valle De La Concepción

La cantera del río Camacho zona del Valle de la Concepción, se encuentra ubicada en la provincia Avilés de la ciudad de Tarija, más propiamente en e municipio de Uriondo, la extracción de los agregados del río Camacho se efectuó aproximadamente a 27 km de la ciudad de Tarija, a este río contribuyen ríos de Chaguaya, Juntas, San Nicolás, Barrancas, Rujero, y la quebrada de San José de Charaja,

Los áridos de esta zona de estudio perteneciente al río Camacho son de canto rodado, material aprovechable por su buena consistencia y homogeneidad.

En cuanto a la formación geológica, son depósitos de origen fluvial y aluvial, formado por gravas de edad precámbrica es decir que tiene una edad formada hace muchos años atrás, y son rocas de cuarcita y lutitas.

Figura 3.3: Recolección de áridos.



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.2 Zona San Nicolás

Río Camacho, San Nicolás

Figura 3.4: Ubicación de la toma de muestra para la investigación San Nicolás.



Fuente: Google Earth

Punto: 2 San Nicolás

Coordenadas geográficas:

Latitud= 21° 43' 4.57" S

Longitud= 64° 42' 7.34" O

Coordenadas UTM:

C. norte= 7597736,1

C. este= 324051,7

Zona= 20

### Zona San Nicolás

La cantera del río Camacho zona de San Nicolás, se encuentra ubicada en la provincia Avilés de la ciudad de Tarija, más propiamente en el municipio de Uriondo, la extracción de los agregados del río Camacho se efectuó aproximadamente a 32 km de la ciudad de Tarija, a este río contribuyen ríos de Chaguaya, Juntas, San Nicolás, y la quebrada de San José de Charaja.

Los áridos de esta zona de estudio perteneciente al río Camacho son de canto rodado, material aprovechable por su buena consistencia y homogeneidad.

En cuanto a la formación geológica, son depósitos de origen fluvial y aluvial, formado por gravas de edad precámbrica es decir que tiene una edad formada hace muchos años atrás, y son rocas de cuarcita y lutitas.

Figura 3.5: Recolección de áridos.



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.3 Zona San José de Charaja

quebrada san José de Charaja

Figura 3.6: Ubicación de la toma de muestra para la investigación San José de Charaja.



Fuente: Google Earth

Punto: 3 San José de Charaja

Coordenadas geográficas:

Latitud= 21° 46' 54.10" S

Longitud= 64° 46' 19.86" O

Coordenadas UTM:

C. norte= 7597736.1

C. este= 324051.7

Zona= 20

### Zona San José de Charaja

La cantera de la quebrada de San José de Charaja, se encuentra ubicada en la provincia Avilés de la ciudad de Tarija, más propiamente en el municipio de Uriondo, la extracción de los agregados de la quebrada de San José de Charaja se efectuó aproximadamente a 45 km de la ciudad de Tarija, a este afluente aporta la quebrada de San José de Charaja.

Los áridos de esta zona de estudio perteneciente a la quebrada de San José de Charaja que es de canto rodado, material aprovechable por su buena consistencia y homogeneidad.

En cuanto a la formación geológica, son depósitos de origen fluvial y aluvial, formado por gravas de edad precámbrica es decir que tiene una edad formada hace muchos años atrás, y son rocas de cuarcita y lutitas.

Figura 3.7: Recolección de áridos.



Fuente: Elaboración propia

### 3.4 FICHA TÉCNICA DEL SULFATO DE MAGNESIO

El sulfato de magnesio empleado para la investigación es el sulfato de magnesio (sal inglesa) “SQF”,  $MgSO_4$ , el cual cuenta con las siguientes características.

#### 3.4.1 Identificación del producto

Tipo: sulfato de magnesio= ( $MgSO_4$ ).

Presentación= bolsa de 1 Kg.

Peso molecular= 246,37 g/mol.

#### 3.4.2 Descripción

El sulfato de magnesio es la fuente de  $Mg^{++}$ , soluble más utilizada para corregir deficiencia de magnesio, al ser muy soluble en agua, permite una eficiente utilización en fertirriego como también para aplicación foliares. Es apto para producción orgánica, con la formula  $MgSO_4 * 7H_2O$ .

#### 3.4.3 Características químicas

Pureza= 99 %

$MgSO_4$ = 49 %

$MgO$ = 16,4 %

$Mg^{+2}$  = 9,8 %

pH en solución al 1% = 6 – 7

#### 3.4.4 Características físicas

Fórmula química=  $MgSO_4 * 7H_2O$

Sinónimo= Sal de Epson, sal inglesa.

Estructura= Cristales eflorescentes blancos

Solubilidad= 740 g/l a 20 °C

Por exposición al aire seco pierde una molécula de agua; amargo, soluble en agua, poco soluble en alcohol.

### **3.5 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

- Reactividad: No se conoce ninguna reacción peligrosa en condiciones normales de almacenamiento y uso.
- Estabilidad química: El producto es estable a temperatura ambiente en condiciones normales de almacenamiento y uso.
- Posibilidad de reacciones peligrosas, riesgo de explosión con: Aluminio en condiciones extremas y anómalas el Aluminio en polvo a altas temperaturas podría reaccionar con el sulfato de magnesio riesgo de explotación.
- Condiciones que deben evitarse: calentamiento.
- Estabilidad química: Estable bajo condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.
- Productos peligrosos de descomposición: Cuando se calienta hasta temperatura de descomposición de 1100 °C el sulfato de magnesio produce óxido de magnesio.
- Incompatibilidad: Aluminio o magnesio a elevadas temperaturas puede formar mezclas explosivas con aluminio.
- Polimerización peligrosa: No ocurrirá.

### **3.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS**

#### **3.6.1 Ensayos**

Los ensayos fueron realizados en los ambientes del laboratorio de hormigón y asfaltos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, y de acuerdo a los manuales técnicos, ensayos de hormigones de la ABC y apoyados en normas AASTHO.

Las especificaciones para la caracterización de los agregados se encuentran en los anexos.

### 3.7 RESULTADOS

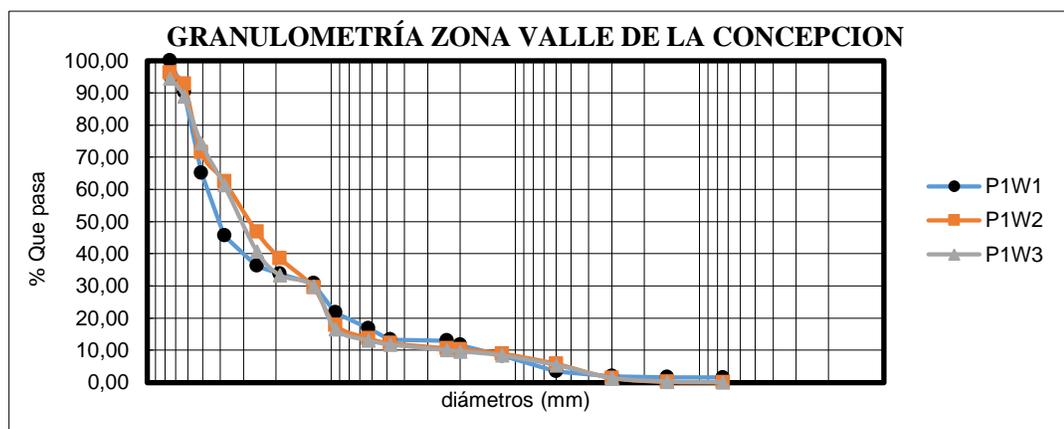
#### 3.7.1 Granulometría de los 3 ensayos de la zona Valle de la Concepción

Tabla 3.1: Granulometría integral de la zona del Valle de la Concepción.

Porentaje que pasa																	
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 50	N 100	N 200
P1:W1	100	90,37	65,12	45,63	36,26	33,8	30,78	21,72	16,85	13,34	12,99	11,69	8,34	3,42	1,93	1,68	1,59
P1:W2	96,19	92,73	71,51	62,5	46,79	38,63	29,61	17,84	13,72	12,21	10,6	10,27	8,96	5,78	1,4	0,18	0
P1:W3	94,5	88,91	74,27	61,26	40,81	33,35	29,89	16,58	13,07	11,77	10,01	9,66	8,37	5,38	1,39	0,27	0,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8: Curva granulométrica integral zona Valle de la Concepción.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2: Resumen granulométrico.

Designación	%
Grava >4,75mm	87,56
Arena gruesa: 4,75-1,18mm	3,88
Arena media: 1,18-0,30 mm	6,98
Arena fina: 0,30-0,075 mm	1,01
pasa Nº200	0,56
Total	100,00
pasante Nº4-Retenido Nº200	12,44

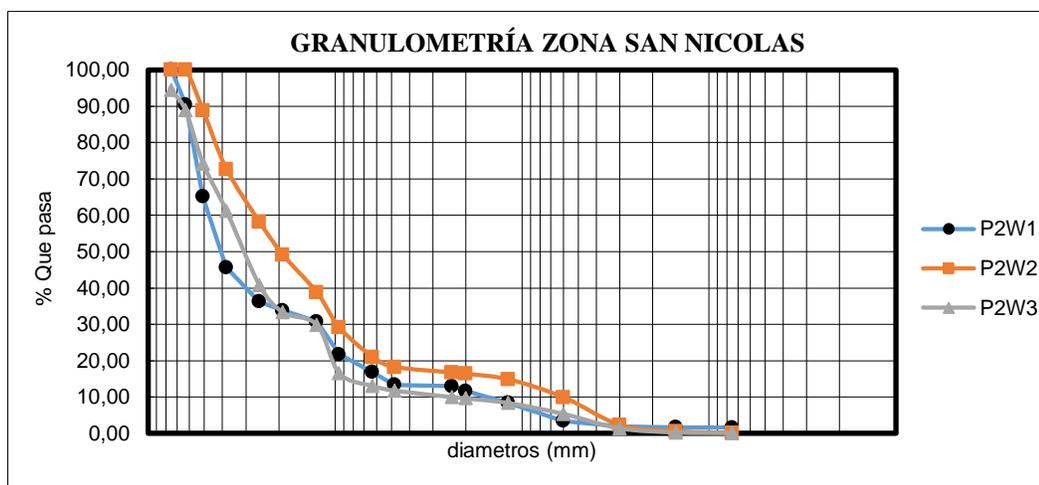
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3: Granulometría integral de la zona de San Nicolás.

Porentaje que pasa																	
	3"	2 1/2"	2"	$\frac{1}{1/2}$ "	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N°4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 50	N 100	N 200
P1:W1	100	95,75	94,19	79,61	56,87	45,72	33,58	24,28	18,67	17,2	15,79	15,44	13,9	9,26	2,29	0,55	0,16
P1:W2	100	100	88,78	72,67	58,2	49,15	38,7	29,11	20,99	18,24	16,72	16,37	14,8	9,9	2,29	0,56	0,13
P1:W3	100	100	95,66	88,57	75,43	68,3	54,95	42	27,71	18,73	16,72	16,25	14,3	9,38	2,89	1,18	0,99

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9: Curva granulométrica integral zona San Nicolás.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4: Resumen granulométrico.

Designación	%
Grava >4,75mm	81,94
Arena gruesa: 4,75-1,18mm	3,72
Arena media: 1,18-0,30 mm	11,84
Arena fina: 0,30-0,075 mm	2,06
pasa N°200	0,43
Total	100,00
pasante N°4-Retenido N°200	18,06

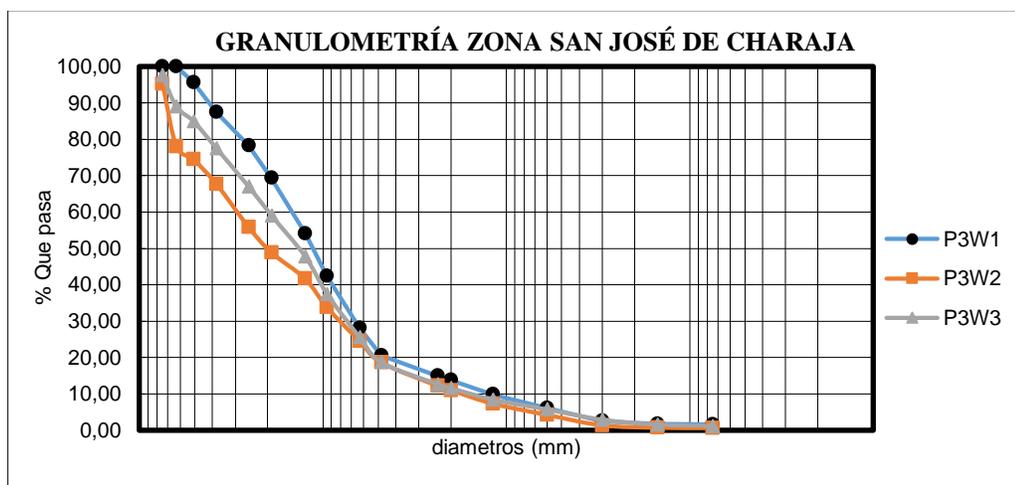
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5: Granulometría integral de la zona de San José de Charaja.

Porentaje que pasa																	
	3"	2 1/2"	2"	$\frac{1}{1/2}$ "	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N°4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 50	N 100	N 200
P1:W1	100,00	100,00	95,64	87,48	78,25	69,28	54,04	42,27	28,04	20,45	14,88	13,68	9,73	6,05	2,49	1,66	1,52
P1:W2	95,22	77,96	74,40	67,64	55,76	48,75	41,58	33,67	24,39	18,49	12,09	10,89	7,19	4,13	1,23	0,58	0,49
P1:W3	97,61	88,97	85,01	77,55	67,00	59,01	47,81	37,45	25,51	18,65	12,60	11,50	8,36	5,68	2,85	1,50	1,10

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Curva granulométrica integral zona San José de Charaja.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6: Resumen granulométrico.

Designación	%
Grava >4,75mm	80,80
Arena gruesa: 4,75-1,18mm	10,77
Arena media: 1,18-0,30 mm	6,24
Arena fina: 0,30-0,075 mm	1,15
pasa N°200	1,04
total	100,00
pasante N°4-Retenido N°200	19,20

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.2 Peso específico de los agregados

En la presente investigación se tomó en cuenta este punto del peso específico de mis muestras de material el cual se realizó 3 ensayos de cada punto de investigación que se realizó en el laboratorio de tecnología del hormigón.

El punto de este ensayo es determinar la densidad de la masa (peso unitario), mediante la norma ASTM C-29, de los agregados, con el fin de utilizarlos en la selección de proporciones para poder ser usados en los fines adecuados.

Calcular la cantidad de vacíos que hay entre los agregados finos y gruesos de las muestras tomadas en campo explicadas anteriormente.

En el cálculo realizado se tomaron en cuenta las siguientes fórmulas:

$$PESO ESPECÍFICO SECO AL HORNO (SH) = \frac{A}{B + S - C}$$

$$PESO ESPECÍFICO EN CONDICIÓN SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA (SSS) = \frac{S}{B + S - C}$$

$$PESO ESPECÍFICO APARENTE = \frac{A}{B + A - C}$$

$$ABSORCIÓN, \% = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

A = Peso muestra seca al horno (g)

B = Peso matraz + agua (g)

C = Peso muestra + matraz + agua (g)

S = Peso muestra saturada seca (g)

Tabla 3.7: Tabla de resultados peso específico grueso zona Valle de la Concepción.

N° de ensayos	Peso específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	% de Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P1:W1	2,59	2,63	2,68	1,28
P1:W2	2,61	2,65	2,70	1,28
P1:W3	2,58	2,62	2,69	1,51
Promedio	2,60	2,64	2,69	1,28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8: Tabla de resultados peso específico grueso zona San Nicolás.

N° de ensayos	Peso específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	% de Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P2:W1	2,61	2,64	2,70	1,26
P2:W2	2,62	2,65	2,70	1,26
P2:W3	2,59	2,63	2,69	1,48
promedio	2,61	2,65	2,70	1,26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9: Tabla de resultados peso específico grueso zona San José de Charaja.

N° de ensayos	Peso específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico Aparente	% de Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P3:W1	2,59	2,67	2,83	3,27
P3:W2	2,54	2,63	2,79	3,53
P3:W3	2,56	2,65	2,81	3,40
promedio	2,56	2,65	2,81	3,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10: Tabla de resultados peso específico fino zona Valle de la Concepción.

N° de ensayos	Peso específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	% de Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P1:W1	2,58	2,63	2,70	1,72
P1:W2	2,42	2,46	2,52	1,54
P1:W3	2,52	2,57	2,63	1,58
Promedio	2,51	2,55	2,62	1,61

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11: Tabla de resultados peso específico fino zona San Nicolás.

N° de ensayos	Peso específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	% de Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P2:W1	2,58	2,63	2,71	1,72
P2:W2	2,38	2,42	2,48	1,64
P2:W3	2,48	2,52	2,59	1,68
Promedio	2,48	2,52	2,59	1,68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12: Tabla de resultados peso específico fino zona San José de Charaja.

N° de ensayos	Peso Específico a granel	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	% De Abs.
	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	%
P3:W1	2,50	2,59	2,77	3,74
P3:W2	2,32	2,41	2,55	3,86
P3:W3	2,47	2,51	2,57	1,54
Promedio	2,43	2,50	2,63	3,05

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.3 Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados de las canteras

Los materiales granulares transmiten cargas por fricción, esta propiedad depende de la forma del agregado, de su textura superficial, de la granulometría del agregado a utilizar y de otros factores que de una u otra forma modifican la efectividad del tratamiento de las partículas reflejándose en pérdida o aumento de fricción.

Para tener mayor control e información sobre el diseño se hace necesario la evaluación de la calidad del agregado, para esto se recurre a normas técnicas o ensayos que permitan caracterizar el material. De estos ensayos se obtiene parámetros muy importantes que dan un estimativo ya sea cualitativo o cuantitativo de que tan bueno o malo es un material para utilizarlo.

El objetivo es determinar los índices de aplanamiento y alargamiento de los agregados de origen natural para la construcción de carreteras.

Fórmulas de índice de aplanamiento:

$$\% \text{ ÍNDICE DE APLANAMIENTO} = \frac{m_i}{R_i} * 100$$

$$\% \text{ ÍNDICE DE APLANAMIENTO GLOBAL} = \frac{\sum \text{Masa pasan}}{\sum \text{Masa total}} * 100$$

Figura 3.11: Realización del índice de laminaridad.



Fuente: Elaboración propia

Fórmulas de índice de alargamiento:

$$\% \text{ ÍNDICE DE ALARGAMIENTO} = \frac{m_i}{R_i} * 100$$

$$\% \text{ ÍNDICE DE ALARGAMIENTO GLOBAL} = \frac{\sum \text{Masa pasan}}{\sum \text{Masa total}} * 100$$

Figura 3.12: Realización del índice de alargamiento.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13: Resultados de índice de laminaridad zona Valle de la Concepción.

Nº de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P1:W1	23,56
P1:W2	23,10
P1:W3	24,62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14: Resultados de índice de laminaridad zona San Nicolás.

N° de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P2:W1	22,21
P2:W2	22,94
P2:W3	24,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15: Resultados de índice de laminaridad zona San José de Charaja.

N° de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P3:W1	46,00
P3:W2	38,65
P3:W3	41,95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16: Resultados de índice de alargamiento zona Valle de la Concepción.

N° de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P1:W1	64,00
P1:W2	67,00
P1:W3	68,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17: Resultados de índice de alargamiento zona San Nicolás.

Nº de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P2:W1	62,00
P2:W2	59,00
P2:W3	63,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18: Resultados de índice de alargamiento zona San José de Charaja.

Nº de ensayos	Índice de laminaridad
	%
P3:W1	43,00
P3:W2	41,00
P3:W3	45,00

Fuente: Elaboración propia

#### 3.7.4 Solidez de los agregados de las canteras.

Para determinar la desintegración de los áridos gruesos y finos mediante soluciones de sulfato de magnesio, se deben encontrar previamente lavados y ya con una gradación adecuada como lo exige las especificaciones.

Las muestras se deben saturar entre un periodo de  $17 \pm 1$  horas, posteriormente se debe retirar la solución de la muestra con mucho cuidado y evitando la pérdida de material para proceder al secado en el horno hasta que seque a masa constante, a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ , se debe repetir este procedimiento cinco veces el ciclo hasta retirar por completo la solución del sulfato de magnesio.

$$Pn = \frac{m_{inicial} - m_{final}}{m_{inicial}} * ppr$$

Donde:

Pn = Porcentaje ponderado de pérdida de masa de casa fracción de muestra (%).

mi = Masa inicial de la fracción (g).

mf = Masa final de la fracción (g).

ppr = Porcentaje parcial retenido correspondiente a la fracción según el análisis granulométrico.

Se presenta un resumen de las pérdidas de material correspondientes a cada cantera y cada ensayo.

Figura 3.13. Ensayo por medio de sulfato de magnesio.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19: Resultados de la desintegración por sulfato de magnesio zona Valle de la Concepción.

N° de Ensayos	Agregado		Especificación
	Grueso	Fino	ASTM
P1:W1	1,44	1,29	18 % MAX.
P1:W2	2,27	1,26	18 % MAX.
P1:W3	1,77	1,26	18 % MAX.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20: Resultados de la desintegración por sulfato de magnesio zona San Nicolás.

N° de ensayos	Agregado		Especificación
	Grueso	Fino	ASTM
P2:W1	2,47	2,47	18 % MAX.
P2:W2	2,25	2,46	18 % MAX.
P2:W3	2,03	2,45	18 % MAX.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21: Resultados de la desintegración por sulfato de magnesio zona San José de Charaja.

N° de ensayos	Agregado		Especificación
	Grueso	Fino	ASTM
P3:W1	3,18	5,49	18 % MAX.
P3:W2	2,76	5,45	18 % MAX.
P3:W3	2,82	4,82	18 % MAX.

Fuente: Elaboración propia

La grava y el área cumplen con la especificación de desintegración del material, actividad que consistió en someter a cinco ciclos de inmersión en sulfatos de magnesio, y su posterior secado, se lo volvió a zarandear por su respectivo tamiz, y de esta forma el material pasante es la pérdida o desgaste del agregado, el material que acepta las especificaciones es aquel que no sobrepasa el 12 % del total de la pérdida.

### 3.7.5 Desgaste de los ángeles de las diferentes canteras

El desgaste de los ángeles se realiza previamente lavando el material con el apoyo del ensayo de granulometría, con el fin de identificar cual se asemeja más al tipo de método según la norma para pavimento rígido.

Conociendo el método que corresponde a nuestro material, se podrá determinar el número de ciclos de la máquina de los ángeles y el número de esferas a usar para realizar el desgaste al material.

Tabla 3.22: Método de desgaste en función a la granulometría del material.

Gradación		A	B	C	D
Diámetro		Cantidad de material a emplear (gr)			
Pasa	Retenido				
11/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	N°4			2500±10	
N°4	N°8				5000±10
Peso Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Número de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo De rotación		15	15	15	15

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Desgaste de los ángeles.



Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{ DESGASTE} = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}}$$

Donde:

% desgaste = Pérdida de masa de la muestra.

$P_{inicial}$  = Masa inicial de la muestra (g).

$P_{final}$  = Masa final de la muestra (g).

Tabla 3.23: Planilla de resultados del desgaste de los ángeles zona Valle de la Concepción.

Nº de ensayos	Peso inicial	Peso final	% de desgaste	Especificación ASTM
P1:W1	5001,6	3681,3	26,4	40 % MAX.
P1:W2	5000,8	3724,7	25,52	40 % MAX.
P1:W3	5002,3	3703,8	25,96	40 % MAX.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24: Planilla de resultados del desgaste de los ángeles zona San Nicolás.

Nº de ensayos	Peso inicial	Peso final	% de desgaste	Especificación ASTM
P2:W1	5006,9	3708,2mm	25,94	40 % MAX.
P2:W2	5002,6	3687,6	26,29	40 % MAX.
P2:W3	5001,8	3723,9	25,55	40 % MAX.

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.25: Planilla de resultados del desgaste de los ángeles zona san José de Charaja.

<b>N° de ensayos</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>	<b>% de desgaste</b>	<b>Especificación ASTM</b>
P3:W1	5002,8	3608,2	25,88	40 % MAX.
P3:W2	5003,9	3598	28,1	40 % MAX.
P3:W3	5002,5	3603,4	27,97	40 % MAX.

Fuente: elaboración propia

La grava cumple con las especificaciones de desgaste del material, actividad que consistió en introducir a la máquina del desgaste de los ángeles, el material se lo zarandeo por el tamiz N°12, de esta forma, se obtuvo que el material que fue desgastado es aquel que no debe pasar el 40 % del total del material introducido en la máquina de los ángeles.

### **3.8 GUÍA DE ENSAYO DE LA SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATOS DE MAGNESIO**

Este método describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados por la acción de soluciones saturadas del sulfato de magnesio seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables, la fuerza de expansión interna deriva de la rehidratación de la sal después de reinversión simula la expansión del agua por congelamiento.

Mediante este método se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos sobre todo cuando no se dispone de datos sobre del comportamiento de los materiales que se van a emplear en las condiciones climatológicas de la obra.

#### **3.8.1 Equipos y materiales**

##### **3.8.1.1 Tamices**

se utilizan tamices con aberturas cuadradas.

Tabla 3.26: Tamaños nominales de abertura.

<b>Tamaños nominales de abertura</b>	
<b>Mm</b>	<b>ASTM</b>
75	3"
63	2 1/2"
50	2"
37,5	1 1/2"
25	1"
19	3/4"
12,5	1/2"
9,5	3/8"
6,3	1/4"
4,75	Nº4
25	Nº8
2	Nº10
1,18	Nº16
0,6	Nº30
0,3	Nº50
0,15	Nº100
0,075	Nº200

Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales hormigones administradora boliviana de carreteras

Figura 3.18: Elaboración del tamizado del material.



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1.2 Balanza

La balanza utilizada en para los ensayos debe tener una capacidad y sensibilidad de 0, gramo, para poder pesar el agregado grueso como el agregado fino.

Figura 3.16: Balanza utilizada para el pesaje del material.



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1.3 Horno

Un horno con circulación de aire y temperatura el cual tiene que ser regulable, capaz de mantener una temperatura de  $1101^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Figura 3.17: Horno de ignición del laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

#### 3.8.1.4. Termómetro

Un termómetro con el intervalo de temperatura recomendado para las soluciones durante la realización del ensayo, con una precisión de 0,1°C.

Figura 3.18: Termómetro utilizado en laboratorio



Fuente: Elaboración propia

#### 3.8.1.5 Recipientes para el estudio de las muestras

Son las bandejas o recipientes para poder sumergir las muestras de los agregados en la solución de sulfatos de magnesio de acuerdo con el procedimiento descrito en el método.

Los recipientes deben tener el tamaño adecuado a la porción a ensayar de tal manera que la solución quede 1,5 cm por encima del agregado.

Se considera recipientes adecuados para utilizar los platos y fuentes que no tengan ningún tipo de abertura para que no se produzca pérdida de partículas de los agregados.

Figura 3.19: Juego de tamices realizados.



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1.6 Solución necesaria de sulfato de magnesio

Se disuelve 1400 gramos de sulfato de magnesio heptahidratado ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), por litro de agua, la cual esta debe estar a una temperatura media de entre  $25^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$ , se realiza la disolución del sulfato de magnesio durante se introduce al agua, en intervalos regularmente hasta su uso, se enfría y mantener la solución a una temperatura de  $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ .

La solución se prepara y se deja reposar durante 48 horas antes de su aplicación a los agregados, se disuelve la solución y se aplica para su uso.

Figura 3.20: Disolución del sulfato de magnesio en agua.



Fuente: Elaboración propia

La solución debe tener una densidad (g/ml), no menor de 1,295 y no mayor a 1,308 la cual debe estar a una temperatura de  $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ , con la siguiente fórmula.

$$DENSIDAD = \frac{C}{D} = \frac{\text{peso de la solución (g)}}{\text{volumen de la muestra (ml)}}$$

Donde:

A = Peso del matraz seco (g)

B = Peso del matraz más la solución (g)

C = B – A = Peso de la solución (g)

D = Volumen de la muestra (ml)

### 3.8.1.7 Densidad para la solución de 1400 g de sulfato de magnesio

Donde:

$$A = 589,3 \text{ g}$$

$$B = 2938,7 \text{ g}$$

$$D = 1800 \text{ ml}$$

$$Densidad = \frac{2938,7 - 589,3}{1800} = 1,305 \text{ g/ml}$$

### 3.8.1.8 Extracción y preparación de los agregados

La muestra debe ser obtenida y reducida a la fracción requerida para el ensayo de acuerdo a la norma (ASTM C-75 ; AASHTO T-27), y para cuarteo de la muestra (ASTM C-702 ; AASHTO T-248).

### 3.7.1.9 La muestra del agregado fino

Debe pasar todo por el tamiz de 9,5 mm (3/8”), la muestra deberá ser de cantidad suficiente para poder obtener 100 gramos de cada una de las fracciones que se indican a continuación.

Tabla 3.27: Tabla para masa mínima de fracción de partículas.

Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa mínima de la fracción (G)
1	4,75-9,5	100
2	2,36-4,75	100
3	1,18-2,36	100
4	0,6-1,18	100
5	0,3-0,6	100

Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales hormigones administradora boliviana de carreteras

Si la muestra contiene menos de 5% de alguno de los tamaños específicos anteriormente, ese tamaño no debe ser ensayado.

La muestra de agregado fino se lava bien sobre el tamiz de 300  $\mu\text{m}$  (N°50), se seca hasta masa constante, a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y cuando se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado.

Figura 3.21: Lavado y selección del material.



Fuente: Elaboración propia

#### **3.8.7.10 La muestra del agregado grueso.**

La muestra debe tener como mínimo el tamaño suficiente para obtener de ella, las cantidades de las fracciones indicadas que estén presentes en cantidad del 5%, como mínimo.

Tabla 3.27: Tabla de tamaños de partículas para sulfatos.

Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa de la sub fracción (g)	Masa de fracción (g)
1	50,00 - 63,00	3000 ± 300	5000 ± 300
	37,50 - 50,00	2000 ± 200	
2	25,00 - 37,50	1000 ± 50	1500 ± 50
	19,00 - 25,00	500 ± 30	
3	12,50 - 19,00	670 ± 10	1000 ± 10
	9,50 - 12,50	330 ± 5	
4	4,75 - 9,50	300 ± 5	300 ± 5
5	2,36 - 4,75	100 ± 5	100 ± 5

Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales hormigones administradora boliviana de carreteras

La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y se separa en las diferentes fracciones, por tamizado hasta que no pase más material. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca por separado en recipientes para ensayos.

#### 3.8.7.11 Ciclos de inmersión y secado.

- Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de magnesio a una temperatura aproximada de  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , durante un período de  $17 \pm 1$  horas, de manera que los niveles de la solución queden cubiertos por una capa de solución superior a 15 cm. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas.
- Después del período de inmersión, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se secan las muestras hasta masa constante a la temperatura ambiente. Se debe establecer el tiempo requerido para obtener masa constante.
- Repita cinco veces el ciclo de inmersión y secado.

- Terminado el número de ciclos y una vez enfriada la muestra, lave hasta eliminar totalmente el sulfato.
- Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; deje enfriar a temperatura ambiente. Cubra los canastillos para evitar absorciones o contaminaciones.
- Tamice cada fracción de áridos en el tamiz que fue retenido al iniciar el ensayo, pese y registre la masa del material retenido como la masa final de la fracción correspondiente.

Figura 3.23: Reposo del material con agregado con el sulfato.



Fuente: elaboración propia

### **3.9 TRATAMIENTO DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO**

#### **3.9.1 Criterios generales.**

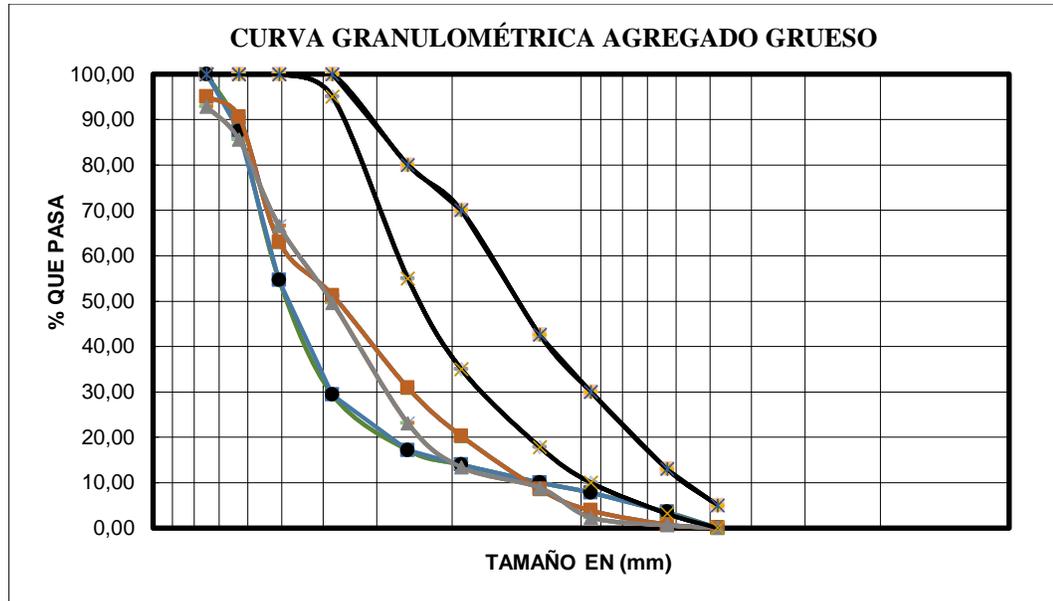
El presente capítulo, contiene los resultados de las pruebas realizadas a los agregados de las cuatro canteras diferentes en estudio, es decir, resultados de ensayos a agregados de extracción natural sin procedimiento alguno.

A continuación, se dará a conocer los datos complementarios de los ensayos realizados

### 3.9.2 Análisis de las granulometrías según AASHTO T-27, en estado natural

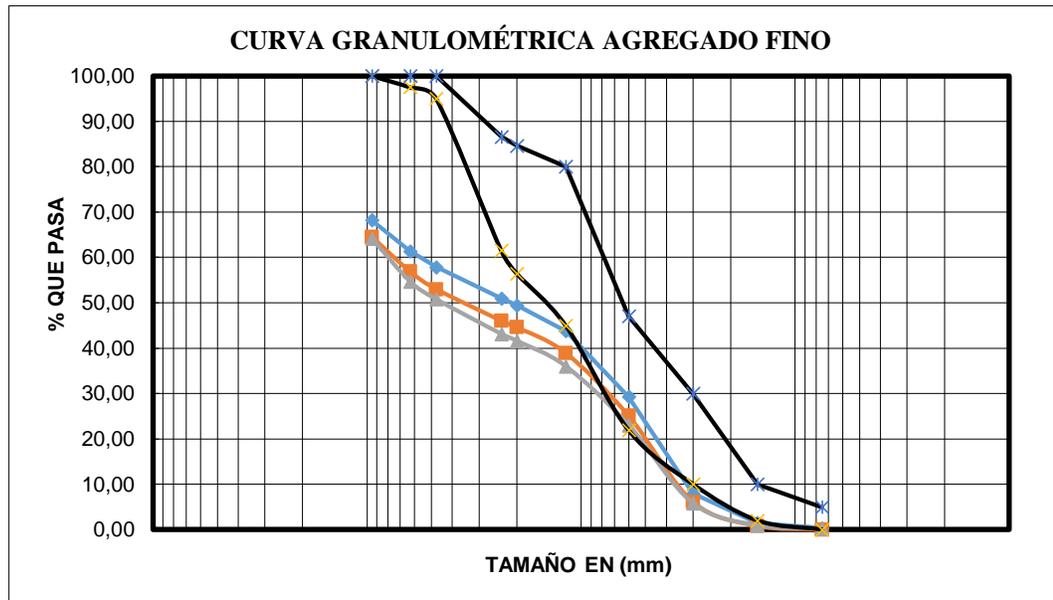
#### 3.9.2.1 Análisis de la granulometría natural zona valle de la concepción

Figura 3.23: Curva granulométrica agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24: Curva granulométrica agregado fino.



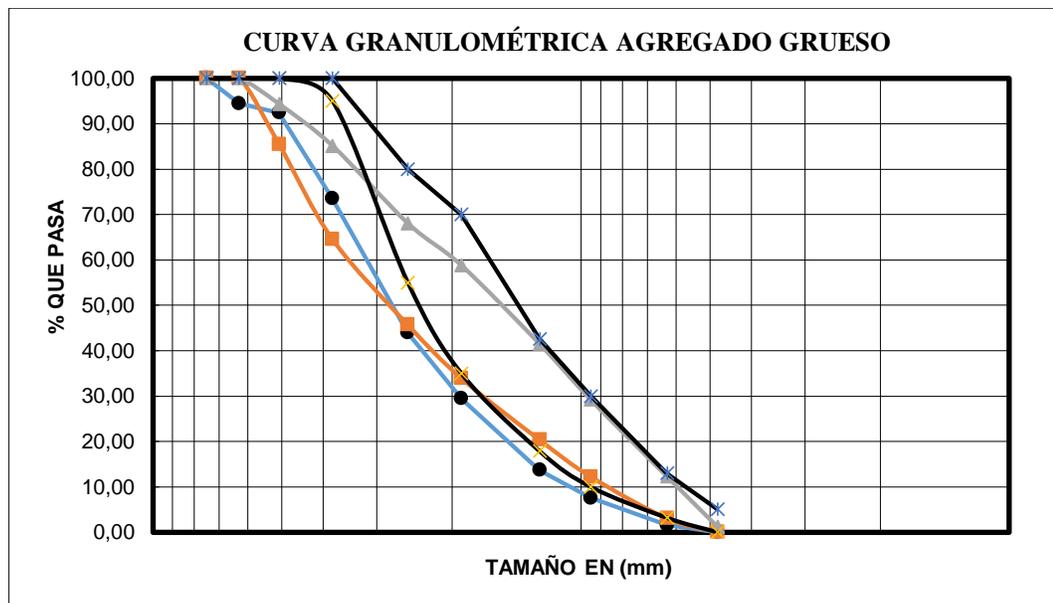
Fuente: Elaboración propia

La grava que se recolectó de la zona Valle de la Concepción se cortó por los tamices 3" y N°4, para ser seleccionada en la curva de granulometría según especificaciones AASTHO T-27, verificando los ensayos presenta una grava mal graduada en todo su contenido.

La arena se cortó por el tamiz N°4, se verificó teniendo una arena mal graduada y fina la cual no cumple con los cortes observando mucho material limoso y sucio.

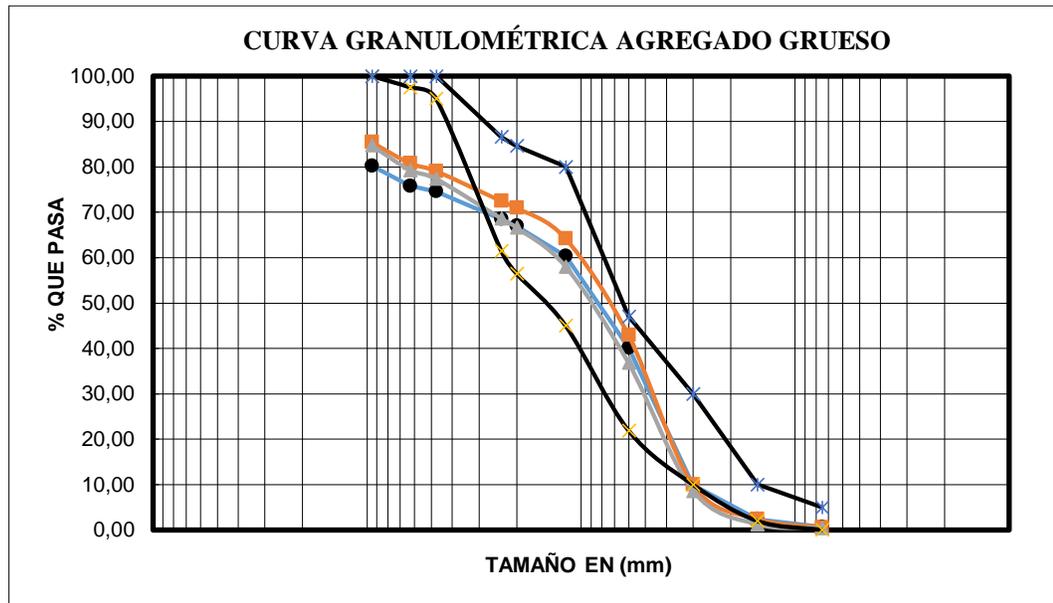
### 3.9.2.2 Análisis de la granulometría natural zona San Nicolás

Figura 3.25: Curva granulométrica agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.26: Curva granulométrica agregado fino.



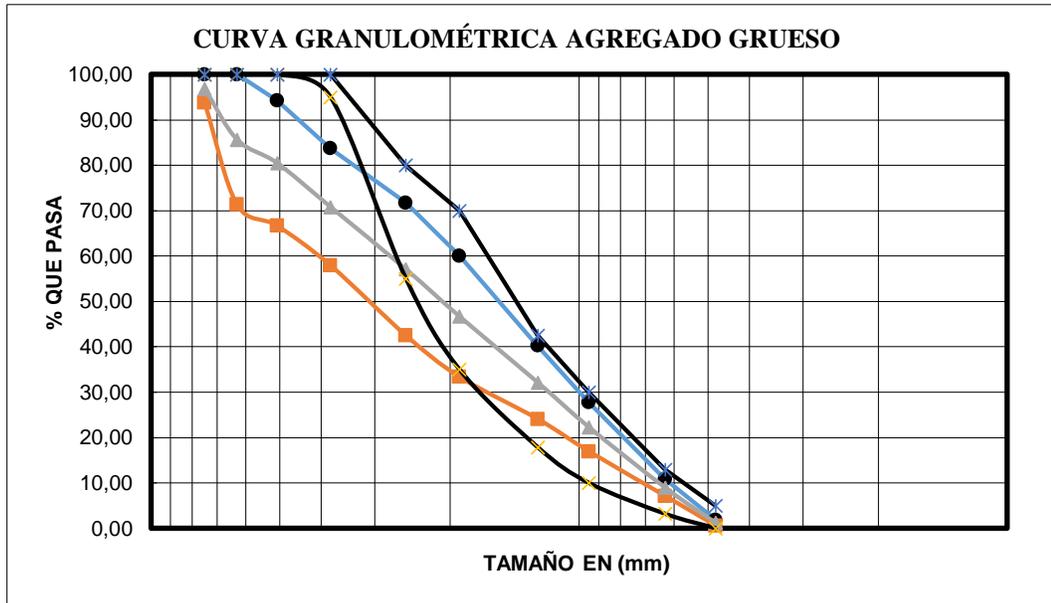
Fuente: Elaboración propia

La grava que se recolectó de la zona Valle de la Concepción se cortó por los tamices 3" y N°4, para ser seleccionada en la curva de granulometría según especificaciones AASTHO T-27, verificando los ensayos presenta una grava mal graduada en todo su contenido.

La arena se cortó por el tamiz N°4, se verificó teniendo una arena mal graduada y fina, no cumple en algunos cortes observando mucho el material se observa mucho material limoso y sucio.

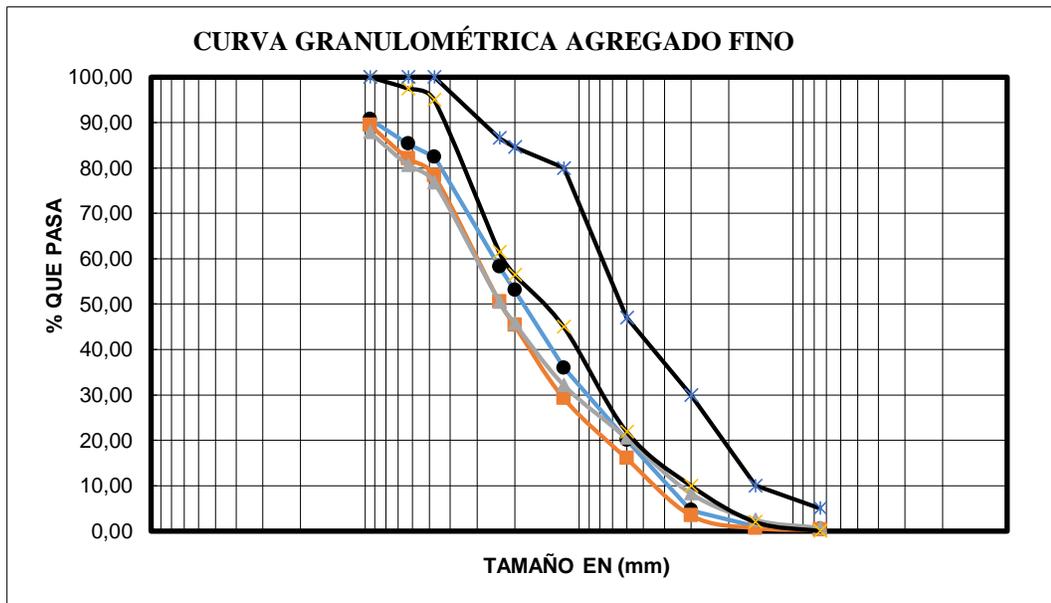
### 3.9.2.3 Análisis de la granulometría natural zona San José de Charaja

Figura 3.27: Curva granulométrica agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.28: Curva granulométrica agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

La grava que se recolectó de la zona Valle de la Concepción se cortó por los tamices 3” y N°4, para ser seleccionada en la curva de granulometría según especificaciones AASTHO T-27, verificando los ensayos presenta una grava mal graduada en todo su contenido, excepto desde el tamiz 1/2” se presenta dentro de la curva ideal.

La arena se cortó por el tamiz N°4, se verificó teniendo una arena mal graduada y fina en todo su contenido, no cumple en algunos cortes observando mucho el material se observa mucho material limoso y sucio.

### 3.10 PESO ESPECÍFICO DE ESTUDIO

Tabla 3.29: Resultados de los pesos específicos estudiados.

N° de ensayos	Peso específico a graner	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	Absorción
	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	%
W1:Grava	2,60	2,64	2,69	1,28
W2:Grava	2,61	2,65	2,70	1,26
W3:Grava	2,56	2,65	2,81	3,40
W1:Fino	2,51	2,55	2,62	1,61
W2:Fino	2,48	2,52	2,59	1,68
W3:Fino	2,43	2,50	2,63	3,05

Fuente: Elaboración propia

$$\text{peso específico a graner Valle de la Concepción} = \frac{2,60 + 2,51}{2} = 2,55 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico a graner San Nicolás} = \frac{2,61 + 2,48}{2} = 2,545 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico a graner San José de Charaja} = \frac{2,56 + 2,43}{2} = 2,495 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico S.S.S.Valle de la Concepción} = \frac{2,64 + 2,55}{2} = 2,595 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico S.S.S.San Nicolás} = \frac{2,65 + 2,52}{2} = 2,58 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico S.S.S.San José de Charaja} = \frac{2,65 + 2,50}{2} = 2,575 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico aparente Valle de la Concepción} = \frac{2,69 + 2,62}{2}$$

$$P.E. = 2,655 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico aparente San Nicolás} = \frac{2,70 + 2,59}{2} = 2,645 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{peso específico aparente San José de Charaja} = \frac{2,81 + 2,63}{2} = 2,72 \frac{g}{cm^3}$$

$$\% \text{ absorción Valle de la Concepción} = \frac{1,28 + 1,61}{2} = 1,445 \%$$

$$\% \text{ absorción San Nicolás} = \frac{1,26 + 1,68}{2} = 1,47 \%$$

$$\% \text{ absorción San José de Charaja} = \frac{3,40 + 3,05}{2} = 3,225 \%$$

### 3.11 ANÁLISIS DE LAMINARIDAD

Tabla 3.30: Resumen de los resultados de laminaridad.

Nº de ensayos	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
W1	23,56	22,21	46,00
W2	23,10	22,94	38,65
W3	24,62	24,22	41,95

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ laminaridad} = \frac{\sum Wn}{n}$$

$$\% \text{ laminaridad} = \frac{23,56 + 23,10 + 24,62}{3} = 23,76 \%$$

$$\% \text{ laminaridad} = \frac{22,21 + 22,94 + 24,22}{3} = 23,12 \%$$

$$\% \text{ laminaridad} = \frac{46,00 + 38,65 + 41,95}{3} = 42,20 \%$$

### 3.12 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE ALARGAMIENTO

Tabla 3.31: Resumen de los resultados del índice del alargamiento.

Nº de ensayos	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
w1	64,00	62,00	43,00
w2	67,00	59,00	41,00
w2	68,00	63,00	45,00

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ alargamiento} = \frac{\sum Wn}{n}$$

$$\% \text{ alargamiento} = \frac{64,00 + 67,00 + 68,00}{3} = 66,33 \%$$

$$\% \text{ alargamiento} = \frac{62,00 + 59,00 + 63,00}{3} = 61,33 \%$$

$$\% \text{ alargamiento} = \frac{43,00 + 41,00 + 45,00}{3} = 43,00 \%$$

### 3.13 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MÉTODO DE LOS SULFATOS

Tabla 3.32: Resumen de los resultados de desgaste de sulfatos.

N° de ensayos	Valle de la Concepción		San Nicolás		San José de Charaja	
	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
W1	9,29	6,42	10,62	7,02	13,11	25,72
W2	8,58	8,10	11,44	6,74	11,45	24,62
W3	9,63	7,45	10,85	7,22	16,84	22,95
Promedio	9,10	7,32	10,97	6,99	12,28	25,17

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ promedio de desgaste} = \frac{GRUESO + FINO}{2}$$

$$\% \text{ promedio de desgaste VALLE DE LA CONCEPCIÓN} = 9,17 + 7,32 = 16,49 \%$$

$$\% \text{ promedio de desgaste SAN NICOLÁS} = 10,97 + 6,99 = 17,96 \%$$

$$\% \text{ promedio de desgaste SAN JOSÉ DE CHARAJA} = 12,28 + 25,17 = 37,45 \%$$

Tabla 3.33: Resultados de la pérdida de material mediante sulfatos.

Zona	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
Pérdidas (%)	16,49	17,96	37,45

Fuente: Elaboración propia.

### 3.14 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MÉTODO MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Tabla 3.34: Resumen de los resultados del desgaste mediante la máquina de los ángeles

Nº de ensayos	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
W1	26,4	25,94	25,88
W2	25,52	26,29	28,1
W3	25,96	25,55	27,97

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ promedio de desgaste} = \frac{\sum Wn}{n}$$

$$\% \text{ promedio de desgaste VALLE DE LA CONCEPCIÓN} = \frac{26,4 + 25,52 + 25,96}{3}$$

$$= 25,96 \%$$

$$\% \text{ promedio de desgaste SAN NICOLÁS} = \frac{26,94 + 26,29 + 25,55}{3} = 25,926 \%$$

$$\% \text{ promedio de desgaste SAN JOSÉ DE CHARAJA}$$

$$= \frac{25,88 + 28,1 + 27,97}{3} = 27,317 \%$$

Tabla 3.35: Resultados de la pérdida de material mediante desgaste máquina de los Ángeles.

Zona	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
Desgaste (%)	25,96	25,93	27,32

Fuente: Elaboración propia.

### 3.15 ORIENTACIÓN DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS PARA PODER USARLO

#### Propuesta de aplicación

En cuanto a la grava se observa granulometrías un sobre tamaño en el corte 1 1/2”, lo cual se lo puede corregir en campo moviendo el ángulo de la zaranda, se observa que la arena en las canteras en algunos cortes no entra dentro de la franja para hormigones teniendo mucho material limoso y sucio, por lo que su empleo deberá realizarse posterior a un lavado, encareciendo su producción por lo tanto el material puede ser empleado para hormigones en pavimentos.

También se puede dar uno como capa base capa de rodadura y agregado para hormigones ya que el desgaste por abrasión, desgaste por sulfato, cumplen con lo requerido en las recomendaciones técnicas.

#### Capa sub base

Los agregados empleados en la capa de sub-base deberán cumplir los parámetros de dureza, durabilidad y limpieza establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto.

A continuación, se presentan los requerimientos mínimos que deberán cumplir los materiales de la capa sub-base.

Tabla 3.36: Requerimientos de los materiales – capa sub base.

Ensayos de control de calidad	Norma	Requerimiento	Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
Ensayo de abrasión (Los Ángeles)	AASHTO T-96	40 % máx.	25,66	25,93	27,32
Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio	AASHTO T-104	18 % máx.	16,49	17,96	37,45
Partículas Laminaridad	AASHTO M-283	35 % máx.	23,76	23,12	42,20

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en los ensayos de durabilidad de sulfatos y desgaste de los ángeles los agregados se encuentran en la dentro de los parámetros que no exige la norma dos canteras, la cual la cantera de San José de Charaja no cumple con lo requerido en durabilidad de sulfatos por lo que su valor sobre pasa el rango que nos indica la norma.

En el tema del índice de laminaridad, de igual manera la cantera de San José de Charaja no cumple con lo requerido.

Como siguiente se realizará la verificación de la granulometría.

### Requisitos para capa sub base y base.

Tabla 3.37: Requisitos Granulometría para sub base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2"	100	100	--	--
1"	--	75 – 95	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
N 4	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
N10	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
N 40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
N 200	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: CE-10 pavimentos urbanos

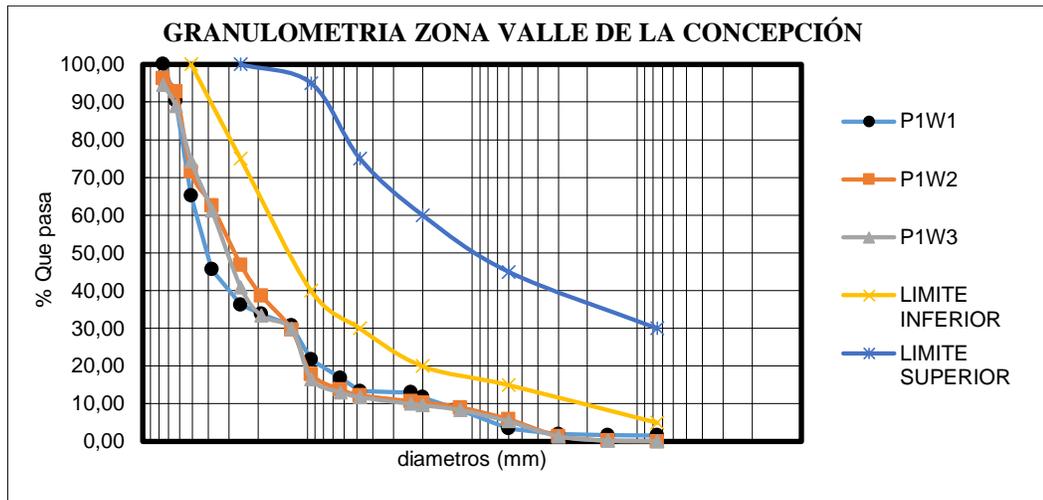
Se utiliza como base para el estudio es la gradación B ya que esta granulometría está dentro de los rangos que requiere la norma que es las localidades menores a 3000 m.s.n.m.

Tabla 3.38: Resultados de la granulometría gradación B

tamiz	Granulometría requerida	Canteras		
		Valle de la Concepción	San Nicolás	San José de Charaja
	Gradación B	Resultados obtenidos	Resultados obtenidos	Resultados obtenidos
2"	100	65,12	71,51	74,27
1"	75 – 95	36,26	46,79	40,81
3/8"	40 – 75	21,72	17,84	16,58
N 4	30 – 60	13,34	12,21	11,77
N10	20 – 45	11,69	10,27	9,66
N 40	15 – 30	1,93	1,40	1,39
N 200	5 – 15	1,59	0,00	0,10

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.29: Granulometrías con gradación B.



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que la granulometría de las canteras estudiadas no se encuentra dentro de los rangos requeridos para la utilización, por lo cual se da como conclusión que el material deberá ser tratado para poder realizar su uso en las capas a utilizar.

### Capa base

Se considera el material de capa base que requiere el valor de CBR igual o superior a 80 %, correspondiente al 100 %, de su densidad máxima seca según el ensayo AASHTO T-180, así mismo el 50 % de las partículas retenidas en el tamiz No.4, presenten al menos una cara fracturada.

Los materiales para base granular para su empleo será agregado que contenga una fracción producto de la trituración mecánica. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas y-o alargadas, blandas o desintegrarse y sin material orgánica, terrones de arcilla y otras sustancias perjudiciales.

A continuación, se presenta los requisitos mínimos que deberán cumplir los materiales de la capa base.

Tabla 3.39: Requerimientos de los materiales – capa base.

<b>Ensayos de control de calidad</b>	<b>Norma</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Valle de la Concepción</b>	<b>San Nicolás</b>	<b>San José de Charaja</b>
Ensayo de abrasión (Los Ángeles)	AASHTO T-96	40 % máx.	25,66	25,93	27,32
Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio	AASHTO T-104	18 % máx.	16,49	17,96	37,45
Partículas Laminaridad	AASHTO M-283	35 % máx.	23,76	23,12	42,20

Fuente: Elaboración propia

### **Agregados para capa de rodadura**

Ya sean tratamientos superficiales o una carpeta asfáltica con mezcla en caliente, fría o una losa de hormigón, el agregado deberá ser procesado seleccionado.

Los materiales para la capa de rodadura será partículas de agregados, duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas y/o alargadas, blandas o desintegrarles y sin material orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

Los requerimientos mínimos de calidad que deben cumplir los diferentes materiales y los requisitos granulométricos se presentan en las especificaciones técnicas respectivas.

A continuación, se presentan los requerimientos mínimos que deberán cumplir los agregados para la capa de rodadura.

Tabla 3.40: Requerimientos de los materiales – capa de rodadura

<b>Ensayos de control de calidad</b>	<b>Norma</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Valle de la Concepción</b>	<b>San Nicolás</b>	<b>San José de Charaja</b>
Ensayo de abrasión (Los Ángeles)	AASHTO T-96	35 % máx.	25,66	25,93	27,32
Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio	AASHTO T-104	18 % máx.	16,49	17,96	37,45
Partículas Laminaridad	AASHTO M-283	35 % máx.	23,76	23,12	42,20
Partículas Alargadas	ASTM D-4791	15 % max.	66,33	61,33	43,00

Fuente: Elaboración propia

### 3.16 PROPUESTA ECONÓMICA

De las canteras naturales se pudo conocer los precios que se tienen en la zona y los cuales se venden, y se tomó datos de distancia de cada cantera hacia el centro de la zona en estudio que es la plaza del Valle de la Concepción la cual se obtuvo las siguientes distancias desde el punto de extracción a la plaza del Valle de la Concepción.

Tabla 3.41: Distancias de acarreo.

<b>Zona de estudio</b>	<b>Distancia (Km)</b>
Valle de la Concepción	2,30
San Nicolás	7,10
San José de Charaja	16,90

Fuente: elaboración propia.

En el tema de costos de arena y grava se obtuvo los siguientes valores de estudio, pero venta en lugar de extracción sin contar transporte:

Tabla 3.42: venta de material en las canteras de estudio.

<b>Zona de estudio</b>	<b>Costos arena (Bs)</b>	<b>Costo Grava 3/4 plg (Bs)</b>	<b>Costo Gravilla 3/8 plg (Bs)</b>
Valle de la Concepción	60	50	55
San Nicolás	60	50	55
San José de Charaja	60	50	55

Fuente: elaboración propia

Costos de mano de obra transporte de material calculado mediante precio unitario serían los siguientes por zona hasta la plaza del Valle de la Concepción:

Tabla 3.43: costos del material más acarreo.

<b>Zona de estudio</b>	<b>Costo Arena (Bs)</b>	<b>Costo Grava 3/4 plg (Bs)</b>	<b>Costo Gravilla 3/8 plg (Bs)</b>
Valle de la Concepción	136,404	123,167	130,167
San Nicolás	160,354	147,88	154,117
San José de Charaja	209,252	196,778	203,015

Fuente: elaboración propia

Realizando un sondeo en la zona se observó que no toda la planta separadora de áridos realiza su trabajo para los pavimentos rígidos de los cuales los que se pudo obtener información de datos de precios son los siguientes:

Tabla 3.43: costo de materiales en diferentes chancadoras.

<b>Chancadoras de la región</b>					
<b>N°</b>	<b>Pavimento rígido</b>	<b>Arena</b>	<b>Grava</b>	<b>Grava</b>	<b>Gravilla</b>
		<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1 1/2" m<sup>3</sup></b>	<b>3/4" m<sup>3</sup></b>	<b>3/8" m<sup>3</sup></b>
		<b>Costo</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
		<b>(Bs)</b>	<b>(Bs)</b>	<b>(Bs)</b>	<b>(Bs)</b>
1	Chancadora Vargas	100	50	-	85
2	Chancadora de San Blas	110	45	80	90
3	Chancadora de Erika	100	90	70	75
4	Chancadora de San Lorenzo	90	70	72,5	75
5	Chancadora 16 de Enero S.R.L.	95	50	70	-

Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se detallan conclusiones y recomendaciones que a partir de resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo de investigación permite brindar información y de alguna manera guiar a los profesionales involucrados con el empleo de agregados en la construcción mediante la zona de extracción de los materiales y para el uso que se le desee emplear el material estudiado.

#### 5.1 Conclusiones

- Para identificar las canteras se debe de indagar realizando consultas a gente involucrada en la construcción para posteriormente seleccionarlas de acuerdo a su frecuencia de explotación y su distancia de acarreo, estos criterios servirán como base para establecer y definir las canteras más convenientes.
- Para que los sondeos y toma de muestras sean lo más objetivo posible, se deberá realizarlo con responsabilidad y bajo normas estandarizadas, siguiendo el método (ASTM C 75 AASTHO T 27) el cual establece los procedimientos para extraer y preparar las muestras representativas de áridos finos, gruesos e integrales para fines de ensayos.
- Con los resultados obtenidos se puede concluir que el mejor agregado para su uso en capa sub-base y capa base, es del río Camacho de la localidad del Valle de la Concepción, este agregado es más resistente a las acciones de los sulfatos y desgaste de los Ángeles, con un porcentaje de pérdidas en ensayo de solidez igual al 16,49 %, de igual forma se obtuvo un desgaste aceptable por la norma mediante la máquina de los Ángeles igual al 25,96 %, siendo estos los valores más bajos de acuerdo a los demás, tomando en cuenta sus demás características como las físicas estos agregados con una adecuada selección al momento de retirar de sus canteras serían los adecuados para su utilización.
- Al realizar los ensayos que determinan la solidez y durabilidad de los agregados por medio del método de los sulfatos para determinar la desintegración, y el método para determinar el desgaste mediante la máquina de los Ángeles y también

se obtuvo la caracterización de los agregados que se darán a conocer a continuación.

Zona de estudio	Peso específico a graner	Peso específico S.S.S.	Peso específico aparente	Absorción	Laminaridad
	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	%	%
Valle de la Concepción	2,55	2,60	2,66	1,45	23,76
San Nicolás	2,55	2,58	2,65	1,47	23,12
San José de Charaja	2,50	2,58	2,72	3,23	42,20

Zona de Estudio	Alargamiento	Desgaste mediante sulfatos	Desgaste por medio de los Ángeles
	%	%	%
Valle De La Concepción	66,33	16,49	25,66
San Nicolás	61,33	17,96	25,93
San José de Charaja	43,00	37,45	27,32

Para capas (sub-base y base), mediante las normas de desgaste de sulfatos y desgaste de los Ángeles, estos materiales están dentro de los parámetros para poder ser capas granulares, las partículas de los agregados ideales deben ser duras, resistentes y durable, debiendo cumplir requisitos de mínimos de calidad, como ser que el desgaste de sulfatos no sea mayor al 18%, y el desgaste de los Ángeles menor al (50 %, y 40%), este caso se establece que los datos mejores en canteras naturales es de la zona del Valle de la Concepción, está en excelentes calidades muy por debajo delos rangos establecido mediante el desgaste de los Ángeles.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar la selección de los áridos que serán empleados para la construcción de obras es imprescindible conocer la solidez de los agregados frente a la acción del sulfato o someterlos a pruebas que determinen la solidez del agregado, para evitar expansiones representativas con fisuras y agrietamientos que afectaran la estructura del agregado y deterioro del mismo y del hormigón, lo cual llevará a refacciona miento y reparaciones de costos elevados.

Se recomienda que al momento de elaborar las muestras de cada tamaño de agregado deben seguir las normas de ensayo, el tiempo de cada ciclo debe ser el mismo para todas las muestras, las muestras deben ser cubiertas con algún aislante para evitar la evaporación de la solución y la contaminación de las mismas para obtener resultados mejores.

Otro punto importante a dar a conocer como recomendación de esta investigación es que al momento de realizar los ensayos se tenga mucho cuidado con la pérdida de material al momento de realizar el ensayo de sulfatos ya que en los finos se tiende a perder material al momento de realizar el cambio de ciclo.

Considerando que los ensayos físicos de los materiales son de gran importancia para su uso posterior ya sea en carpetas bases o algún uso posterior, tocando el tema de realizar la laminaridad y alargamiento de los materiales, se recomienda utilizar un equipo más actualizado al que cuenta el laboratorio de hormigones ya que el que se tiene es antiguo y está con poca precisión al momento de usarlo para los ensayos.

Se recomienda que si desea continuar con el trabajo de investigacion se debe de ampliar el área de estudio para tener datos más representativos de cada cantera.

En la parte de los resultados de los agregados se recomienda tomar más puntos de vistas, como ser el tema de más aplicaciones que se debe realizar aumentando algunos ensayos más, por los cuales los mismos deberán complementar el trabajo ya realizado.

