



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN DISEÑOS
DE ASFALTO EN CALIENTE, CANTERA PALOMINO YAURILLA – ICA, 2017.”**

PRESENTADO POR:

BACH. SIGUAS AGAPITO, MARJORIE SHESSIRA ELENA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2018

DEDICATORIA:

A Dios por la fuerza y compañía en cada paso y por haber puesto en mi camino a personas que me han apoyado en el desarrollo de la presente investigación.

AGRADECIMIENTO:

A mis queridos Padres Jorge Luis Sigvas Muñoz y Sofía Fernanda Agapito Salcedo, por haberme guiado a alcanzar esta meta tan anhelada pese a los obstáculos encontrados y que siempre estuvieron dispuestos para brindarme todo su apoyo y comprensión.

RECONOCIMIENTO:

A la Universidad Alas Peruanas, a mis Profesores, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades y competencias para poder obtener mi Título Profesional.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	11
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	12
	1.2.1. ESPACIAL	12
	1.2.2. TEMPORAL	12
1.3.	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	13
	1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	13
	1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
	1.4.1. OBJETIVO GENERAL	13
	1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	14
	1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	14
	1.5.2. DEFINICION DE VARIABLES	15
1.6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	16
	1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	16
	a) TIPO DE INVESTIGACIÓN	16
	b) NIVEL DE INVESTIGACION	17
	1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	17
	a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	17

b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	17
1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	18
a) POBLACIÓN	18
b) MUESTRA	18
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	18
a) TÉCNICAS	18
b) INSTRUMENTOS	19
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES	20
a) JUSTIFICACIÓN TECNICA	20
b) JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	20
c) JUSTIFICACIÓN SOCIAL	21
d) JUSTIFICACION AMBIENTAL	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	22
2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	22
2.2 BASES TEÓRICAS	23
2.2.1 MARCO TEÓRICO	23
2.3. MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN LOS DISEÑOS	24
2.4. CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA Y COMPORTAMIENTO	33
2.5. FUNDAMENTOS PARA ENSAYOS	48
2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	53

CAPÍTULO III
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE
RESULTADOS

3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	57
3.2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS	58

CAPÍTULO IV
PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	80
4.1.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	80
4.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	80
4.1.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	81

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ENSAYO DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO	82
5.2. ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES	83
5.3. ENSAYO DE ÍNDICE DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS	83
5.4. ENSAYO DE INDICE DE PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS	84
5.5. ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	85
5.6. ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS	85
5.7. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS	86
5.8. ENSAYO DE ADHERENCIA DEL BITUMEN-AGREGADO	87
5.9. CÁLCULOS DE COSTOS Y TIEMPO DE TRANSPORTE	87
5.10. CONCLUSIONES	89
5.11. RECOMENDACIONES	90
5.12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
5.13. ANEXOS	92
5.13.1. ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	92
5.13.2. ANEXO 02: INSTRUMENTOS	94
5.13.3. ANEXO 03: ENCUESTA	95
5.13.4. ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO	96

RESUMEN

El presente trabajo surge determinar la calidad del agregado grueso proveniente de la Cantera Palomino ubicado en Yaurilla, Distrito de Parcona, con la finalidad de determinar la conveniencia de uso en Diseños de asfalto de la Ciudad de Ica.

Con el fin de conseguir este objetivo, el presente trabajo se ha estructurado evaluando mediante ensayos para determinar las características físicas-mecánicas, el cual está dividido en el planteamiento, fundamentos teóricos, finalidades, objetivos y entre otros, los mismos que se encuentran plasmados en el presente trabajo de investigación.

Total se harán los ensayos correspondientes para determinar si los agregados se encuentran en los parámetros permisibles para denominarlo agregado grueso en el diseño de asfalto en caliente, los mismos que estarán en base a los lineamientos de las normas de EG-2013 y procedimientos de ensayos EM-2000.

Finalmente con la esperanza que este trabajo sea un aporte más en el desarrollo de la Ingeniería Vías, quedo agradecida a las personas que directa e indirectamente, han colaborado con la ejecución y culminación del presente trabajo.

PALABRAS CLAVES: CALIDAD, AGREGADOS, ASFALTO, DISEÑO.

ABSTRACT

The present work is to determine the quality of the coarse aggregate coming from the Palomino quarry located in Yaurilla, District of Parcona, with the purpose of determining the suitability of use in asphalt designs of the City of Ica.

In order to achieve this goal, the present work has been structured by evaluating through the tests for physical-mechanical characteristics, which is divided into the approach, theoretical foundations, purposes, objectives and among others, the same that are found captured in the present research work.

Total the parameters have been adapted to determine if the aggregates are in the allowed parameters for the coarse aggregate denominator in the design of hot asphalt, the same ones that are available in the base of the guidelines of the EG-2013 norms and the EM-2000 test procedures.

Finally, with the hope that this work is another project in the development of the Roads Engineering, that thanks those who directly and indirectly, collaborate with the execution and completion of this work.

KEY WORDS: QUALITY, ADDED, ASPHALT, DESIGN.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras forman parte del desarrollo de un país por lo cual es importante tener una vía en buen estado para tener mejor transitabilidad de los vehículos y alargar la vida útil de la estructura del pavimento.

En la actualidad, existen problemas que reflejan el mal estado de las carreteras, vías de acceso y avenidas principales, ya que están sometidas desde el inicio y a lo largo de su funcionalidad a factores como el clima, el tráfico pesado, que conlleva a tener fallas en la carpeta asfáltica como, agrietamientos de bloques, ahuellamientos, fisuras, piel de cocodrilo, huecos, parcheo y acometidas de servicios públicos que son ocasionados por el método de construcción, la falta de mantenimiento y materiales seleccionados para el diseño.

El desarrollo vial del país especialmente a partir de la década de los 90 ha permitido la construcción, rehabilitación y mantenimiento de los caminos de la red nacional.

El material de construcción denominado asfalto, ofrece un comportamiento como aglomerante bituminoso en los pavimentos, con su capacidad de ligar entre sí a los áridos, mantenerlos unidos y darle al conjunto del material elaborado, esa flexibilidad que hace que las estructuras con mezclas asfálticas se denominen pavimentos flexibles. Estas características permiten adhesión, estabilidad, propiedades geológicas y bajos costos, respecto a otros tipos de pavimentos.

Con respecto a lo mencionado, es de suma importancia realizar un buen estudio de la zona, para evitar futuros daños en pavimentos asfálticos al mismo tiempo la accidentabilidad y económico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Conociendo que el sistema vial es la base primordial para desarrollar la integración tanto económica, como social y cultural entre los habitantes de la ciudad de Ica, ya que se encuentra en un proceso de asfaltado de sus carreteras con la utilización de las mezclas asfálticas en caliente, y como resultado de esas experiencias se tiene el alcance de asfaltado en forma parcial hacia las vías existentes, siendo Ica unos de los distritos de Ica la capital de dicha provincia el principal beneficiario del asfaltado, aun se tienen las provincias de Parcona Ica, los distritos de la provincia en mención que necesitaran obras de asfaltado en sus diferentes vías.

En la actualidad se viene elaborando los diseños de asfalto en caliente con agregados de la cantera de Parcona, los cuales implican un costo adicional en el transporte además de su difícil obtención en la temporada de lluvias por la crecida del río, estos factores conllevan un rendimiento limitado en la producción de asfalto en caliente.

La necesidad de buscar agregados de buena calidad para el uso en el diseño de asfalto en caliente, nos da una idea de hacer un estudio de cantera para el uso de sus agregados en el diseño de asfalto en caliente, en la cantera de Y AURILLA - PALOMINO, la misma que se encuentra ubicado en la misma ciudad de Ica a 4 km de distancia de la planta de asfalto, la misma que es propiedad del municipio.

Total se hicieron los ensayos correspondientes para determinar si los agregados se encuentran en los parámetros permisibles para denominarlo agregado grueso en el diseño de asfalto en caliente, los mismos que estarán en base a los lineamientos de las normas de EG-2013 y procedimientos de ensayos EM-2000.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Espacial

Esta investigación denominada **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN DISEÑOS DE ASFALTO EN CALIENTE, CANTERA PALOMINO YAUILLA – ICA, 2017."** Se desarrolló en el Distrito de Parcona en la Cantera Palomino.



1.2.2 Temporal

La investigación se realizó desde enero hasta diciembre de 2017.

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿Cuál será la calidad de material rocoso de la cantera Palomino de Yaurilla, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?

1.3.2 Problemas Específicos

PROBLEMA ESPECIFICO 1

¿Qué propiedades mecánicas debe reunir el material rocoso para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?

PROBLEMA ESPECÍFICO 2

¿Qué propiedades físicas debe reunir el material rocoso para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?

PROBLEMA ESPECÍFICO 3

¿Cuál será la variación de costos en el transporte de material rocoso para su uso como agregado grueso de la cantera de YAURILLA para los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?

1.4 Objetivos de la Investigación:

1.4.1 Objetivo General:

Determinar la calidad de material rocoso de la cantera Palomino de Yaurilla, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.

1.4.2 Objetivos Específicos:

OBJETIVO ESPECIFICO 1

Determinar las propiedades mecánicas que debe reunir el material rocoso, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.

OBJETIVO ESPECIFICO 2

¿Determinar las propiedades físicas que debe reunir el material rocoso, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?

OBJETIVO ESPECIFICO 3

Comparar los costos de transporte de agregados que serán usados como agregado grueso, con las alternativas existentes, para los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 Hipótesis General

El material rocoso extraído de la cantera Palomino de Yaurilla es de óptima calidad para su uso como agregado en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.

HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Las propiedades mecánicas de los materiales rocosos extraídos de la cantera Palomino cumplen con los requerimientos establecidos por la normatividad, en los diseños de asfalto en caliente en la ciudad de Ica.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Las propiedades físicas (Adherencia, % de caras fracturadas, Índice de aplanamiento y alargamiento y absorción) de los materiales rocosos extraídos de la cantera Palomino y usados como agregados gruesos, cumplen con los

requerimientos establecidos por la normatividad vigente, para el diseño de asfalto en caliente en la Ciudad de Ica.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

La variación de costos son favorables en el transporte de agregados usados en diseños de asfalto en caliente, extraídos de la cantera de YAURILLA en comparación con otras canteras.

1.5.2 DEFINICION DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>VARIABLE 1:</p> <p>Determinación de la calidad del agregado grueso.</p>	<p>X1: Antes del asfalto</p> <p>X2: Durante el asfalto</p> <p>X3: Después del asfalto</p>	<p>Ensayos</p> <p>Ensayos de abrasión. (%).</p> <p>Propiedad física.</p> <p>Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados. (%).</p> <p>Propiedades física.</p> <p>Ensayo de durabilidad. (%).Propiedad mecánica.</p> <p>Ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados para carreteras. (%).Propiedad física.</p> <p>Ensayo de absorción. (%).</p> <p>Propiedad física.</p> <p>Ensayo de adherencia de los ligantes bituminosos a los agregados gruesos</p>
<p>VARIABLE 2:</p> <p>Diseños de asfalto en caliente.</p>	<p>Y1: Dosificación</p> <p>Y2: Mezclado</p>	<p>Diseño de la mezcla de asfalto utilizando el agregado</p>

	<p>Y3: Colocado</p> <p>Y:4 Fraguado y Uso</p>	<p>El proceso de la elaboración del asfalto en caliente</p> <p>Comportamiento del asfalto en la colocación</p> <p>Uso en el transito del asfalto su comportamiento en un periodo de uso</p>
--	---	---

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) Tipo de Investigación:

El presente trabajo de tesis es del tipo descriptivo-experimental, descriptivo porque se refiere a descripción del material que se está empleando en la presente investigación; experimental respecto a los diferentes ensayos del material a estudiar que permite un validamiento de los resultados que se obtendrán, este método se aplica con el propósito de establecer las conclusiones y recomendaciones en función a las hipótesis que se plantearon.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se recurrió a la bibliografía establecida, especificaciones técnico generales para la construcción de carreteras del ministerio de transportes (EG-2013).

Para el cumplimiento del segundo objetivo, se tomaron datos directamente del laboratorio de mecánica de suelos, y luego interpretamos los resultados que se obtuvieron en las tomas de muestras.

Para el cumplimiento del tercer objetivo, se realizara toma de datos reales de obras ejecutas en la municipalidad distrital de Ica de transporte de material de

las canteras ya mencionadas anteriormente hacia la planta de producción de la ciudad de Ica.

Finalmente para el cumplimiento del cuarto objetivo, tomamos datos directamente del laboratorio de mecánica de suelos realizando una comparación de propiedades físico mecánicas de las canteras de Y AURILLA, Parcona.

b) Nivel de Investigación

El presente estudio es relacional, ya que estuvo orientado a describir las variables en la muestra seleccionada, mediante el estudio del mismo, en una circunstancia temporo-espacial.

En tal sentido, nos permitió recopilar información sobre la relación entre las variables de estudio (Comportamiento del agregado en las muestras de asfalto), en un intervalo de tiempo determinado, tal y conforme se presentan en la realidad. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

a) Método de investigación:

El método a utilizar será mediante ensayos en laboratorio en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

La metodología que se plantea para el desarrollo del presente trabajo de tesis, es el método descriptivo-experimental, el cual ya fue explicado. Esto nos permitirá culminar de manera satisfactoria el diseño de asfalto en caliente, además permitirá experimentar y determinar la comprobación de las hipótesis planteadas para finalmente concluir y recomendar alcances gracias al desarrollo del presente trabajo de tesis.

b) Diseño de investigación

Según su finalidad esta investigación corresponde a una investigación evaluativa, de campo y básica, porque su propósito es diagnosticar y

evaluar la percepción de la calidad de los servicios de agua potable en el ámbito de estudio.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) Población:

Tal como señala Vara (2012) la población es un "conjunto de sujetos o cosas que tiene una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo". La población llamada también universo, comprende la gran diversidad de unidades que forman las necesidades, no solamente puede referirse a personas si no a cosas o hechos de interés social.

Para esta investigación se tomó en cuenta la opinión de 20 ingenieros civiles especialistas en asfalto

b) Muestra:

Según Vara (2012) la muestra "es el conjunto o una parte de casos extraídos de la población, seleccionado por algún método racional, siempre parte de la población, que se somete a observación científica en representación del conjunto con el propósito de obtener resultados validos".

La investigación consideró un muestreo no probabilístico, carácter causal por conveniencia, es decir se seleccionó la muestra tomando en cuenta grupos que han sido formados con razones diferentes a la investigación y quedó conformado por los 20 ingenieros civiles especialistas de la provincia de Ica.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Técnicas:

Para la ejecución del presente trabajo de tesis se seguirá el siguiente procedimiento.

CUADRO Nº 01: Número de Ensayos.

ENSAYO	NUMERO DE MUESTRAS
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO	1.0
DESGASTE DE ABRASIÓN	5.0
INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS	3.0
INDICE DE APLANAMIENTO	5.0
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	5.0
SALES SOLUBLES EN AGREGADOS	5.0
ABSORCIÓN	5.0
ADHERENCIA	5.0

b) Instrumentos

Para realizar los ensayos del material, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, se utilizó instrumentos siguientes:

- Máquina de los Ángeles.
- Nitrato de plata.
- Vaso mecánico de lavado.
- Cronometro.
- Termómetro
- Bandejas
- Tamices
- Varilla lisa,

- Balanza
- Mallas
- Espátula otros.

1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a) Justificación Técnica:

La realización del trabajo de investigación experimental permitirá cumplir el papel fundamental de un egresado de la Escuela profesional: Aplicar los conocimientos de pavimentos asfálticos adquiridos en la universidad a la solución de problemas prácticos de su entorno académico.

La práctica del diseño de asfalto en caliente en el campo profesional, es de suma importancia, Por lo tanto, la determinación de la calidad de material rocoso de la cantera de Y AURILLA, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, dará oportunidad a los ejecutores a capacitarse profesionalmente con respecto al tema metodología de diseño servirá como consulta para futuros proyectos de la Escuela Profesional.

Respecto al tema del proyecto, en la práctica del trabajo diario de un ingeniero, siempre tendrá que realizar trabajos relacionados al diseño de asfalto en caliente.

b) Justificación Económica:

El presente proyecto servirá para cambiar el uso de agregados de canto rodado de la propiedad privada en canteras de la ciudad de Parcona por agregados de la cantera de Y AURILLA de propiedad del municipio de Ica, para diseños de asfalto en caliente.

Se pretende reducir el costo de los proyectos viales, en lo que se refiere a la adquisición y transporte de agregados para el diseño de asfalto en caliente y posibilitar una alternativa de solución para futuras construcciones de vías dentro de la municipalidad de Ica.

En el trabajo profesional, la experiencia y capacitación en el diseño adquirida por los ejecutores del proyecto, permitirá optimizar gastos económicos en el diseño asfalto en caliente para las empresas donde laboren.

c) Justificación Social:

El Proyecto de investigación contribuirá a cumplir uno de los objetivos de la Universidad; la Proyección social a la sociedad, al dotar de conocimientos y metodologías de diseño a la población de las universidades e institutos tecnológicos superiores.

d) Justificación Ambiental:

La materia prima a utilizar en la elaboración de mezcla asfáltica no ejerce ninguna influencia en el impacto ambiental en el lugar que será utilizado puesto que es un material natural que en el proceso del desgaste no ocasiona ningún tipo de repercusión al medio ambiente.

Por otra parte durante la extracción del material en el área de extracción del material esta será reemplazada por la reforestación tal como se establecen actualmente en los estudios de impacto ambiental en los proyectos aprobados a nivel nacional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El presente proyecto servirá para cambiar el uso de agregados de canto rodado de la propiedad privada en canteras de la cantera de Palomino de propiedad de un particular, para diseños de asfalto en caliente.

Se pretende reducir el costo de los proyectos viales, en lo que se refiere a la adquisición y transporte de agregados para el diseño de asfalto en caliente y posibilitar una alternativa de solución para futuras construcciones de vías dentro de la Municipalidad de Ica.

El asfalto como material ligante en los calzados de las carreteras ha llegado a ser el material más utilizado en la ciudad de Ica y el país. Por décadas se ha venido usando en las mezclas convencionales en caliente, últimamente se han buscado otras opciones, tales como construir carreteras a base de concreto hidráulico, no obstante, los resultados no han sido los deseados, o mejores que obtenidos con el uso del asfalto.

Se realizó un ensayo de Abrasión Los Ángeles MTC E 207, basado en las normas ASTM- C 131, AASHTO T 96 Y ASTM C 535, el mismo que según el laboratorista de suelos, describe que el material de la cantera Palomino dio

mejores resultados que el material de otras la canteras, con una granulometría de ensayo tipo A con un porcentaje de desgaste de 23.26% y el limite permisible es de 35%max.



La creciente necesidad de encontrar alternativas que amenicen con el medio ambiente está llevando a prescindir cada vez más de las formas tradicionales antes mencionadas, ya que, toda actividad realizada por el hombre debe orientarse a un desarrollo sostenible, es por ello que el diseño de mezclas asfálticas para el uso en las vías nacionales requiere mayor control en cuanto al tema ambiental.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se hace una exposición de conceptos básicos de los elementos utilizados en el diseño de mezcla en asfalto en caliente.

Comprende en primer lugar de un análisis de vías pavimentadas y no pavimentadas, luego se presenta una descripción de los materiales pétreos utilizados en el diseño de mezcla asfáltica estudios y ensayos que se realizan a los agregados, además definiciones, clasificación de los asfaltos, así como también las ventajas y desventajas de las mismas.

Así mismo, se discute el papel fundamental que juegan características como el comportamiento mecánico de los materiales utilizados, para luego pasar al diseño de la mezcla, la cual se utilizará en la conformación de carpetas de rodadura para tráfico medio y bajo.

Por último se presenta una serie de criterios de diseños tomados del método Marshall en cual hace referencia a las normas técnicas y manuales técnicos.

Estos se ponen en práctica en las distintas pruebas de laboratorio que se realizan para la elaboración de la mezcla asfáltica.

2.3 MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN LOS DISEÑOS.

Definición:

Un agregado pétreo se define como cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos y que forma parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Conocido también como material granular o agregado mineral.

Los agregados pétreos que se usan tanto en las capas de base granular como para la elaboración de la mezcla asfáltica son: Gravas y arenas.

Gravas: Son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca que varían en su tamaño entre 2 mm y 7.62 cm de diámetro. Si estas son acarreadas por las aguas, tienen forma redondeada.

Suele encontrarse en forma suelta en los lechos, en los márgenes y conos de deyección de los ríos, también en depresiones de terreno rellenados conocidas como canteras.

Arenas: Están formadas por granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, sus partículas varían entre 0.05 mm y 2 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito.

Las arenas estando limpias no sufren contracciones al secarse, no son plásticas y al aplicárseles carga se comprimen casi instantáneamente.

El agregado constituye entre el 90 y 95% en peso y entre el 75 y 85% en volumen en la mayoría de las estructuras de pavimento. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor determinante en el comportamiento del pavimento.

Mineralogía: El término mineral se define como una sustancia de origen natural y composición química definida, que se encuentra en la superficie o la corteza terrestre.

Las rocas están formadas por diversas clases de minerales, principalmente por compuestos de sílice (silicatos) y carbonatos. En el lenguaje común, el término mineral significa algo que se extrae del subsuelo por contener minerales valiosos. (Maldonado Merino et. al. 2006)

Si se desea obtener mayor información de este material, se puede consultar el MS - 22 del manual series of the Asphalt Institute.

Los minerales tienen una estructura interna definida, compuesta por la combinación de grupos de átomos. El arreglo atómico de los átomos dentro de los grupos tiene un efecto importante sobre la resistencia mecánica de los minerales de las rocas.

Cuando la estructura es laminar, el mineral se rompe con facilidad. Otros minerales tienen una estructura interna que solo les permite romperse en forma irregular. En los minerales carbonatados, la estructura molecular es de forma romboédrica y un fragmento del mineral tenderá a romperse en formas similares.

Como los principales minerales formadores de rocas son silicatos (excepto los carbonatos), su estructura molecular se explica en base a la estructura (red cristalina o celda unitaria) de los átomos de silicio y oxígeno. Las cargas con exceso de iones se equilibran con cationes de otros elementos formadores de rocas.

Clasificación De Los Agregados Pétreos:

Un sistema de clasificación es un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen características y propiedades similares, con el propósito de facilitar al ingeniero un método para estimar las propiedades o aptitudes del mismo.

Los agregados pueden ser clasificados, sean estos naturales o procesados. De acuerdo con su tamaño, se dividen en gravas y arenas. Los materiales pueden ser producidos en canteras abiertas o tomados de la ribera de los ríos (cantera de río).

En este último caso son agregados pétreos aluviales. Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. La roca se tritura para volver angular la forma de la partícula y para mejorar la distribución (gradación) de los tamaños de las partículas.

Clasificación Por El Tamaño De Partículas:

De acuerdo al tamaño de las partículas, estos pueden tomar los siguientes nombres (González Escobar et. al, 2007):

- ❖ Guijarros Mayores de 3 pulg. (7.5 cms.)
- ❖ Grava entre 3 pulg y el claro de la malla No. 4
- ❖ Grava Gruesa de 3 pulg a 1.9 pulg. (7.5 cm. a 1.9 cm.)
- ❖ Grava Fina de 1.9 pulg al claro de la malla No. 4 (1.9 cm. a 4.8 mm.)
- ❖ Arena del claro de la malla No 4 a la malla No. 200 (4.8 a 0.075 mm)
- ❖ Arena Gruesa de la malla No. 4 a la malla No. 10 (4.8 mm a 2.0 mm)
- ❖ Arena Media de la malla No. 10 a la malla No. 40 (2.0 mm a 0.4 mm)
- ❖ Arena Fina de la malla No. 40 a la malla No. 200 (0.4 mm a 0.075 mm)

Propiedades De Los Agregados Pétreos:

Las propiedades de los pétreos, sean estas físicas o mecánicas, varían con su graduación, su contenido de humedad, su posición vertical con relación a la superficie y su localización geográfica.

Los agregados pétreos deben cumplir las siguientes propiedades para ser considerado apropiado para una mezcla asfáltica:

- ❖ Gradación y tamaño máximo de partícula.
- ❖ Limpieza.
- ❖ Dureza
- ❖ Forma de la partícula
- ❖ Textura de la superficie
- ❖ Capacidad de absorción
- ❖ Afinidad con el cemento asfáltico

Gradación y tamaño máximo de partícula: Se requiere que las partículas estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño esté presente en ciertas proporciones. Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados son función directa de su granulometría y su determinación es fundamental para establecer su comportamiento mecánico, principalmente cuando se somete a cargas directas.

Limpieza: En los agregados existen materiales indeseables que le restan propiedades y afectan desfavorablemente el comportamiento del pavimento. Dentro de estos se tienen vegetación, arcilla esquistosa, terrones de arcilla, materia orgánica, etc.

Dureza: Los agregados deben ser capaces de resistir la abrasión y degradación durante la producción, colocación y compactación de la mezcla y las exigencias durante la vida de servicio del pavimento.

Forma de la partícula: La forma de la partícula afecta la trabajabilidad de la mezcla, la cantidad de fuerza necesaria para compactarla y la resistencia de la estructura del pavimento. Las partículas irregulares y angulares proporcionan las mejores características.

Textura de la superficie: Es un factor que determina la trabajabilidad, la resistencia final de la mezcla y las características de resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. Según la textura, los agregados pueden ser rugosos o lisos.

Capacidad de absorción: La capacidad de un agregado de absorber agua o asfalto es un elemento importante de información, pues un agregado poroso requiere mayores cantidades de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso.

Afinidad con el cemento asfáltico: Es la tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto.

CUADRO N°02: Requerimientos para los Agregados Gruesos

ENSAYOS	NORMA	<u>REQUERIMIENTOS</u> <u>ALTITUD (m.s.n.m.)</u> <u><3000 >3000</u>	
		<3000	>3000
Durabilidad(al sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad(al sulfato de Magnesio)		18%max.	15% máx.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% min.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% min.	10% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	
Caras fracturadas	MTC E 210	Según tabla 410-4	
Sales solubles Totales	MTC E 219	Máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según diseño.
Adherencia	MTC E 519		.+95

CUADRO N° 03: Requerimientos para los Agregados Finos

ENSAYOS	NORMA	<u>REQUERIMIENTOS</u> <u>ALTITUD (m.s.n.m.)</u> <u><3000 >3000</u>	
		Equivalente de arena	MTC E 209
Angularidad del agregado fino.		Según tabla 410-6	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% min.	6% min
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
NP Índice de Durabilidad.	MTC E 214	35 min	35 min
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 219	máx. 4	NP
Sales sulobles Totales	MTC E 219	0.5 % máx.	0.5 % máx.
Absorción	MTC E 205	0.5 % máx.	según diseño

FUENTE:(Especificaciones técnico generales para construcción de carreteras(EG-2013)Cap. 4 pavimento asfáltico Sección 410

CUADRO N° 04: Requerimientos para Caras Fracturadas.

TRAFICO EN EJES EQUIVALENTES (MILLONES)		ESPESOR DE CAPA	
		<100 mm	>100mm
<3	MT	65/40	50/30
>3-30	TC	85/50	60/40
>30		100/80	90/70

FUENTE:(Especificaciones técnico generales para construcción de carreteras (EG-2013)Cap. 4 pavimento asfáltico Sección 410

CUADRO N° 05: Requerimientos del Equivalente de Arena

TRAFICO EN EJES EQUIVALENTES (MILLONES)	PORCENTAJE DE EQUIVALENTE ARENA(MÍNIMO)	
<3	30 min.	30 min.
>3-30	40 min.	40min.
>30	40min.	40min.

FUENTE:(Especificaciones técnico generales para construcción de carreteras (EG-2013)Cap. 4 pavimento asfáltico Sección 410

Gradación: La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente serán establecidos por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznable según ensayo. MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

Agregados Pétreos Y Polvo Mineral: Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

Para el objeto de estas especificaciones, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 mm (N° 4 y N° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 mm (N° 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la

adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland.

Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por el ensayo de sedimentación en tolueno, deberá encontrarse entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0,5 y 0,8 g/cm³) (BS 812, NLT176) y su coeficiente de emulsibilidad deberá ser inferior a seis décimas (0,6).

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

Filler O Relleno Mineral: Esta especificación está referida a la utilización de un relleno mineral en las mezclas asfálticas preparadas y distribuidas en caliente.

El relleno mineral que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o como mejorador de adherencia será de preferencia la cal hidratada que deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO-M303.

Con mayor precaución y con la aprobación del Supervisor sujeto a pruebas y ensayos de la mezcla podrá utilizarse polvo calcáreo procedente de trituración de rocas. En este caso, se deberá cumplir la siguiente granulometría:

CUADRO N° 06: Residuos máximo de las mallas

MALLA	% RETENIDO (EN PESO)
Residuo máximo en la malla N° 30	3%
Residuo máximo en la malla N° 200	20%

Cemento Asfáltico: El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la Tabla N° 400-1, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico en el sitio de colocación de mezclas asfálticas en caliente, construidas de acuerdo con lo establecido en las presentes especificaciones, de riegos de liga, tratamientos superficiales y sello arena-asfalto en el que se utilice este material.

Material Bituminoso: El material por suministrar será cemento asfáltico clasificado por viscosidad o por grado de penetración de acuerdo con las características del proyecto y que cumpla los requisitos de calidad establecidos.

Los materiales por suministrar generan emisiones debido al proceso de calentamiento, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas alejadas de centros urbanos o asentamientos humanos con el propósito de que dichas emisiones no afecten la salud de las personas.

En caso de que los materiales sean vertidos accidentalmente, deberán recogerse incluyendo el suelo contaminado y colocarlos en las áreas de disposición de desechos que hayan sido autorizados por la autoridad correspondiente o donde el Supervisor estime conveniente.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA Y COMPORTAMIENTO:

Cuando una muestra de mezcla pavimentada es preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su probable comportamiento en una estructura de pavimento. El análisis se enfoca sobre cuatro características son:

Densidad: La densidad de la mezcla compactada es su unidad de peso (el peso de un volumen específico de la mezcla). La densidad es particularmente importante al inspector, porque la alta densidad del pavimento terminado es esencial para los últimos comportamientos de pavimentos.

En exámenes y análisis de diseño de mezcla, la densidad del espécimen compactado es usualmente expresado en libras por pie cubico (lb/ft³) o kilogramo por metro cubico (kg/m³). Esto es calculado multiplicando la gravedad específica del volumen de la mezcla por la densidad del agua (62.416 lb/pie³ (1000kg/m³)).

La densidad determinada en el laboratorio se vuelve estándar, por lo cual, la densidad del pavimento terminado está determinada a ser la adecuada o inadecuada. Debido a lo compactado en sitio, raramente pueden lograrse las densidades por métodos de compactación estándar de laboratorio, estas especificaciones, usualmente, requieren que la densidad de pavimento sea un porcentaje de densidad de laboratorio.

Vacíos De Aire: Vacíos de aire son pequeños espacios o bolsas de aire que ocurren entre la capa de partículas de agregado en la mezcla final compactada. Un cierto porcentaje de vacíos de aire es necesario en toda mezcla de grado denso para carretera, para permitir alguna compactación adicional de pavimento bajo el tránsito y proveer espacios dentro de los cuales pequeñas cantidades de asfalto pueden fluir durante esta compactación subsecuente.

El porcentaje permisible de los vacíos de aire (en especímenes de laboratorio) está entre 3% y 5% .

La durabilidad de un asfalto de pavimento es una función del contenido de vacío de aire. La razón para esto, es el hecho de que lo bajo de vacíos de aire, va a ser menor permeabilidad de la mezcla. Alto contenido de vacíos de aire provee caminos pasajeros a través de la mezcla para la entrada de aire y agua, haciéndolos dañinos.

Muy bajo contenido de vacíos, por lo contrario, pueden conducir a llenado, una condición en la cual el exceso de asfalto prensado hacia afuera de la superficie de la mezcla.

Densidad y contenido de aire están directamente relacionados. Entre mayor densidad, menor porcentaje de vacíos en la mezcla y, viceversa. Especificaciones de trabajo, usualmente, requieren una densidad de pavimento que permita bajo contenido de vacío de aire, preferiblemente menos que el 8%.

Vacío En El Agregado Mineral.: Vacíos en el agregado mineral (VAM) son los espacios de vacío-aire que están entre las partículas de agregado en una mezcla pavimentada compactada. Entre mayor VMA en el agregado seco, hay mayor espacio disponible para las películas de asfalto.

Basado en el hecho de que lo grueso de la película de asfalto sobre las partículas de agregado hace mayor la durabilidad de la mezcla, requerimientos mínimos específicos para VMA son recomendados y especificados como una función gradual del agregado. Valores mínimos de VMA deben ser adheridos a una película gruesa de asfalto que si se logra puede ser durable.

Incrementando la densidad de la graduación del agregado a un punto donde valores mínimos bajos de VMA son obtenidos, esto conduce a películas delgadas de asfalto y una vista seca, mezcla de baja durabilidad. De esta forma economizando en contenido de asfalto al bajar VMA es, actualmente, productivo- contable y dañino en calidad de pavimento.

Contenido De Asfalto: La proporción de asfalto en la mezcla es crítico y debe ser correctamente determinada en un laboratorio y así, controlada, precisamente, en el proyecto.

El contenido de asfalto para una mezcla particular es establecido discutiendo el criterio dictado por cualquier método de diseño de mezclas se esté utilizando.

El contenido de asfalto óptimo de una mezcla es altamente dependiente sobre características de los agregados, tales como graduación y absorción.

La graduación del agregado está directamente relacionada con el contenido de asfalto óptimo. Entre más fina sea la mezcla más larga será el área de la superficie del agregado y más grande la cantidad de asfalto requerido para cubrir, uniformemente, las partículas.

Contrarios a otras mezclas más ordinarias que tienen menos área de superficie total de agregado, estas demandan menos asfalto. La relación entre área de superficie de agregado y contenido de asfalto óptimo es más pronunciada donde el material de relleno (fracciones de agregado muy fino, las cuales pasan a través del tamiz N° 200) es envuelto.

Incrementos pequeños en la cantidad de agregados que pasan a través el tamiz N° 200 en una graduación pueden literalmente absorber mayor el contenido de asfalto, resultando una mezcla seca e inestable.

Decrementos pequeños de agregados que pasan el tamiz N° 200 tienen como resultado una mezcla muy rica (húmeda). Variaciones en el contenido del relleno causaran cambios de propiedades de la mezcla, de seco a húmedo.

Si una mezcla contiene muy poco o mucho relleno mineral, casi siempre, ajustes arbitrarios para corregir la situación es, probablemente, lo que empeora.

En vez de esto, un examen y muestreo propio deben ser hechos para determinar la causa de las variaciones y si es necesario, establecer un nuevo diseño de mezcla.

Es difícil determinar el contenido de asfalto óptimo, porque suficiente asfalto debe ser agregado a la mezcla para permitir absorción y todavía, cubrir las partículas con una película adecuada. Cuando se discute asfalto absorbente o no absorbente, tecnólogos discuten dos tipos de contenido de asfalto y contenido total efectivo.

Contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser agregado a la mezcla para producir las calidades de mezcla deseadas.

Contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido del agregado; la cantidad de asfalto que efectivamente forma una película limitante sobre las superficies de agregado. Contenido de asfalto efectivo es calculado al substraer la cantidad de asfalto absorbido del contenido de asfalto total.

La absorbidad (habilidad del asfalto de absorber) de un agregado es, obviamente, una importante consideración en determinar el contenido de asfalto de una mezcla.

Esto es, generalmente, conocido para establecer fuentes de agregado, pero, requiere examen cuidadoso donde nuevas fuentes agregado están siendo usadas.

Propiedades Consideradas En El Diseño De Mezclas: Las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas.

Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente. Estas incluyen la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al deslizamiento.

El objetivo primordial del procedimiento de diseño de mezclar es el de garantizar que la mezcla de pavimentación posea cada una de estas propiedades. Por lo tanto, hay que saber que significa cada una de estas propiedades, cómo es evaluada, y que representa en términos de rendimiento del pavimento.

Estabilidad: La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

Los requisitos de estabilidad solo pueden establecerse después de un análisis completo del tránsito, debido a que las especificaciones de estabilidad para un pavimento dependen del tránsito esperado.

Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para acomodar adecuadamente el tránsito esperado, pero no más altas de lo que exijan las condiciones de tránsito. Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos durable que lo deseado.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado (fricción entre partículas) está

relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial.

La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto. Un grado propio de fricción y cohesión interna, en la mezcla, previene que las partículas de agregado se desplacen unas respecto a otras debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

En términos generales, entre más angular sea la forma de las partículas de agregado y más áspera sea su textura superficial, más alta será la estabilidad de la mezcla.

Cuando no hay agregados disponibles con características de alta fricción interna, se pueden usar mezclar más económicas, en lugares donde se espere tráfico liviano, utilizando agregados con valores menores de fricción interna.

La fuerza ligante de la cohesión aumenta con aumentos en la frecuencia de carga (tráfico). La cohesión también aumenta a medida que la viscosidad del asfalto aumenta, o a medida que la temperatura del pavimento disminuye.

Adicionalmente, y hasta cierto nivel, la cohesión aumenta con aumentos en el contenido de asfalto. Cuando se sobrepasa este nivel, los aumentos en el contenido de asfalto producen una película demasiado gruesa sobre las partículas de agregado, lo cual resulta en pérdida de fricción entre partículas.

Existen muchas causas y efectos asociados con una estabilidad insuficiente en el pavimento.

Durabilidad: La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos.

Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada en tres formas. Estas son:

Usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla para obtener la máxima impermeabilidad.

La mayor cantidad posible de asfalto aumenta la durabilidad porque las películas gruesas de asfalto no se envejecen o endurecen tan rápido como lo hacen las películas delgadas.

En consecuencia, el asfalto retiene, por más tiempo, sus características originales. Además el máximo contenido posible de asfalto sella eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua.

Por supuesto, se debe dejar un cierto porcentaje de vacíos en el pavimento para permitir la expansión del asfalto en los tiempos cálidos.

Una graduación densa de agregado firme, duro, a la separación, contribuye, de tres maneras, a la durabilidad del pavimento. Una graduación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas del agregado, lo cual mejora la impermeabilidad de la mezcla.

Un agregado firme y duro resiste la desintegración bajo las cargas del tránsito.

Un agregado resistente a la separación resiste la acción del agua y el tránsito, las cuales tienden a separar la película de asfalto de las partículas de agregado, conduciendo a la desintegración del pavimento.

La resistencia de una mezcla a la separación puede ser mejorada, bajo ciertas condiciones, mediante el uso de compuestos adhesivos, o rellenos como la cal hidratada.

La intrusión del aire y agua en el pavimento puede minimizarse si se diseña y compacta la mezcla para darla al pavimento la máxima impermeabilidad posible.

Existen muchas causas y efectos con una poca durabilidad del pavimento.

CUADRO Nº 07: Causas y Efectos

CAUSA	EFFECTOS
Exceso de asfalto en la mezcla.	Ondulaciones, ahuellamientos y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla.	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas.	Ahuellamiento y canalización.

IMPERMEABILIDAD: La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con impermeabilidad.

Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es muy importante que su cantidad.

El grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento.

Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas compactadas, virtualmente todas las mezclas asfálticas usadas en la construcción de carreteras tienen cierto grado de permeabilidad.

Esto es aceptable, siempre y cuando la permeabilidad esté dentro de los límites especificados.

CUADRO N° 08: Causas y Efectos de la Permeabilidad.

CAUSA	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto.	Las películas delgadas de asfalto causaran tempranamente, un envejecimiento de una desintegración de la mezcla
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño.	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento causando oxidación y desintegración de la mezcla.
Compactacion inadecuada.	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja de estabilidad.

FUENTE:(Especificaciones técnico generales para construcción de carreteras(EG-2013)Cap. 4 pavimento asfáltico

Trabajabilidad: La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar.

La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante su manejo, y también pueden ser difíciles de compactar.

A través de mezclas de prueba en el laboratorio puede ser posible adicionar agregado fino, y tal vez asfalto, a una mezcla gruesa, para volverla más trabajable.

En tal caso se deberá tener cierto cuidado para garantizar que la mezcla modificada cumpla con los otros criterios de diseño, tales como contenido de vacíos y estabilidad.

Un contenido demasiado alto de relleno también puede afectar la trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

La trabajabilidad es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillados, curvas pronunciadas y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios.

Las mezclas que son fácilmente trabajables o deformables se conocen como mezclas tiernas. Las mezclas tiernas son demasiado inestables para ser colocadas y compactadas apropiadamente.

Usualmente son el producto de una falta de relleno mineral, demasiada arena de tamaño mediano., partículas lisas y redondeadas de agregado, y/o demasiada humedad en la mezcla.

Aunque el asfalto no es la principal causa de los problemas de trabajabilidad, si tienen algún efecto sobre esta propiedad. Debido a que la temperatura de la mezcla afecta la viscosidad el asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea poco trabajable, mientras que una temperatura demasiado alta podrá hacer que la mezcla se vuelva tierna.

El grado y el porcentaje de asfalto también pueden afectar la trabajabilidad de la mezcla.

CUADRO N° 09: Causas y Efectos de Problemas de Trabajabilidad.

CAUSA	EFFECTOS
Tamaño máximo de partícula: grande.	Superficie áspera, difícil de colocar.
Demasiado agregado grueso.	Puede ser difícil de compactar.
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio.	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable.
Alto contenido de relleno mineral.	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.

Flexibilidad: Flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la sub-rasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las sub-rasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada e bajo contenido de asfalto. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos.

Resistencia A La Fatiga: La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga.

A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento. (El periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye.

Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

Las características de resistencia y espesor de un pavimento, y la capacidad de soporte de la sub-rasante, tienen mucho que ver con la vida del pavimento y con la prevención del agrietamiento asociado con cargas de tránsito.

Los pavimentos de gran espesor sobre sub-rasantes resistentes no se flexionan tanto, bajo las cargas, como los pavimentos delgados o aquellos que se encuentran sobre sub-rasantes débiles.

CUADRO Nº 10: Causas y Efectos de una mala Resistencia a la Fatiga.

CAUSA	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto.	Agrietamiento por fatiga.
Vacíos altos de diseño.	Envejecimiento temprano de asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación.	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por <u>agrietamiento por fatiga.</u>
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por <u>agrietamiento por fatiga.</u>

Resistencia Al Deslizamiento: es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie este mojada.

Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo).

La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 mi/hr).

Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un agregado de textura áspera, en una mezcla de gradación abierta y con tamaño máximo de 9.5 mm (3/8 pulgadas) a 12.5 mm (1/2 pulgada). Además de tener una superficie áspera, los agregados debe resistir el pulimiento (alisamiento) bajo el tránsito.

Los agregados calcáreos son más susceptibles al pulimiento que los agregados silíceos. Las mezclas inestables que tienden a deformarse o a exudar (flujo de

asfalto a la superficie) presentan problemas graves de resistencia al deslizamiento.

CUADRO N° 11: Causas y Efectos de poca Resistencia al Deslizamiento.

CAUSA	EFFECTOS
Exceso de asfalto.	Exudación, poca resistencia al deslizamiento.
Agregado mal graduado o con mala textura.	Pavimento liso, posibilidad de hidroplaneo.
Agregado pulido en la mezcla.	Poca resistencia al deslizamiento.

FUENTE:(Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cap. 3 pag. 59 del Asphalt Institute MS-22

Evaluación Y Ajuste Del Diseño De Una Mezcla: En el proceso de desarrollar un diseño específico de mezcla, es necesario hacer diversas pruebas de mezcla para encontrar una que concentre todos los criterios del método de diseño utilizado.

La evaluación de cada prueba de mezcla sirve como una guía de ajuste para las siguientes pruebas.

Las pruebas de mezclas iniciales para, establecer la fórmula de mezcla de trabajo deben tener una graduación de agregado que este dentro de las especificaciones de trabajo.

Donde las mezclas de pruebas iniciales fallen para encontrar el criterio de diseño es necesario modificar o en algunos casos, rediseñar la mezcla usando una graduación diferente del agregado.

La siguiente es una guía general para ajuste de una mezcla de prueba, para encontrar un criterio de diseño. Cada sección describe la condición de mezcla necesaria a corregir. Las sugerencias delineadas no podrían aplicarse en todos los casos.

Pocos Vacíos, Baja Estabilidad: Los vacíos podrían ser incrementados de diversas formas. Una es incrementar los VMA incorporando a los agregados, ya sea ordinarios adicionales o finos adicionales a la mezcla. Incrementando VMA proveerá mayor espacio en la mezcla para vacíos de aire adicional.

Otra forma de incrementar vacíos es bajar el contenido de asfalto.

Esto puede ser hecho solo si el exceso de asfalto está en la mezcla y el contenido de asfalto no es reducido bajo el punto donde la película es gruesa y subsecuentemente, la durabilidad del pavimento, son reducidas bajo niveles aceptables.

Incrementando la cantidad de materiales molidos en la mezcla se provee de superficies de textura rugosa y formas de partículas angular que aumentan los VMA y, la fricción inter particular.

Con algunos agregados (cuarzo y tipos de roca similares) casi siempre, las caras fracturadas recientemente son tan suaves como las caras desgastadas por agua y un apreciable incremento en estabilidad no se logra moliéndolo solo.

Vacíos Satisfactorios, Baja Estabilidad: La baja estabilidad de mezcla, cuando los vacíos y graduación del agregado son satisfactorios podrían ser indicativos de algunas deficiencias de los agregados.

Para mejorar esta baja estabilidad es indispensable mejorar la calidad de los agregados.

Altos Vacíos, Estabilidad Satisfactorias: Altos vacíos están, frecuentemente, aunque no siempre, asociados con alta permeabilidad.

Así, aun cuando la estabilidad de la mezcla es satisfactoria, el excesivo contenido de vacíos debe ser reducido.

Esto puede ser hecho usualmente por el incremento de contenido de polvo mineral de la mezcla. En algunos casos, casi siempre, la graduación del agregado debe ser ajustada para incrementar la densidad.

Altos Vacíos, Baja Estabilidad: Cuando los vacíos son altos y baja estabilidad, el contenido de vacío debe ser reducido por los métodos discutidos arriba.

Si este ajuste no mejora el contenido de vacíos y estabilidad, el tipo de agregado debe ser revisado.

Las pruebas de diseño de mezcla, son un significado de especificaciones establecidas y chequeos que la mezcla usada sobre la carretera que reúna estas especificaciones.

Normalmente, el ensayo de diseño de la mezcla tiene cuatro importantes aplicaciones en toda la construcción.

Estas son:

a) Prueba De Diseño Preliminar: El propósito principal de un experimento de diseño preliminar es determinar si el banco puede proveer agregados que satisfagan, ambos, graduación y especificaciones, de diseño de mezcla.

Los resultados de experimentos de diseños preliminares también indicaran ya sea o no los requerimientos de diseño que pueden obtenidos, prácticamente, dentro del marco de trabajo de las especificaciones.

b) Experimento De Aceptación De El Banco: El principal objetivo de esta prueba es determinar mezcla más económica de agregados que satisfará, graduación y requerimientos necesarios.

La prueba asegura la selección de materiales y permite al contratista empezar a colocar estos materiales en el sitio de trabajo.

c) Control De Producción De La Mezcla: El control de producción de mezcla está basado en el uso de la fórmula de mezcla de trabajo que tiene que concentrar todos los requerimientos de especificación.

La fórmula de la mezcla de trabajo es la receta usada por la planta para producir la mezcla final de pavimento.

Esto incluye información sobre la graduación de las partículas de agregado de materiales y el contenido de asfalto seleccionado. Debido a que las variaciones en la mezcla son inevitables durante la producción, la fórmula de trabajo-mezcla a edificado tolerancias que permiten variaciones razonables en graduación y contenido de asfalto.

Una prueba de control de rutina es importante para llevar un control de calidad. Esto se hace periódicamente, muestreando la mezcla producida por la planta y experimentado las propiedades de las muestras.

Los resultados de las pruebas son comparados con las pruebas de control de la mezcla- de trabajo y por todos los requerimientos de especificación.

En aquellas instancias donde operen irregularidades y los límites de la fórmula de mezcla- de trabajo son excedidos, las correcciones apropiadas serán requeridas en la planta. Ocasionalmente, donde la situación lo justifica, será necesario reevaluar y rediseñar la mezcla de pavimento.

d) Criterios De Compactación De Concreto Asfáltico: Los especímenes de diseño de mezcla preparados en el laboratorio, generalmente, son usados para establecer una densidad de la mezcla.

Para establecer una densidad real, las muestras de la mezcla de la planta actual son compactadas sobre el sitio de trabajo o en un laboratorio de campo. Una serie de medidas son hechas por métodos de muestreo o usando calibrador de densidad nuclear.

Las especificaciones típicas requieren que cada cantidad de la base compactada y superficie será aceptada cuando el promedio de las cinco determinaciones de densidad es igual o mayor el 96% y cuando una determinación no individual es más baja que el 94%, de la densidad promedio de los seis especímenes preparados de laboratorio.

2.5. FUNDAMENTOS PARA ENSAYOS:

ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 Y ASTM C-535

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida de servicio del pavimento.

Debido a las condiciones de esfuerzo-deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical aproximadamente uniforme y alta.

La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la sub rasante; por esta razón los agregados que están en o cerca de la superficie, como son los materiales de base y carpeta asfáltica, deben ser más resistentes que los agregados usados en las capas inferiores, sub base, de la estructura del pavimento, la razón se debe a que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de cargas del tránsito.

Por otro lado, los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones fuertes.

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS ASTM D 5821-95

Algunas especificaciones técnicas contienen requisitos relacionados al porcentaje de agregado grueso con caras fracturadas con el propósito de maximizar la resistencia al esfuerzo cortante con el incremento de la fricción entre partículas.

Otro propósito es dar estabilidad a los agregados empleados para carpeta o afirmado; y dar fricción y textura a agregados empleados en pavimentación.

La forma de la partícula de los agregados puede afectar la trabajabilidad durante su colocación; así como la cantidad de fuerza necesaria para compactarla a la densidad requerida y la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida de servicio.

Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento (movimiento) en el pavimento, debido a que se entrelazan al ser compactadas. El mejor entrelazamiento se da generalmente, con partículas de bordes puntiagudos y de forma cubica, producidas, casi siempre por trituración.

ENSAYO DE ÍNDICE DURABILIDAD / ASTM C-88

Es el porcentaje de pérdida de material de una mezcla de agregados durante el ensayo de durabilidad de los áridos sometidos al ataque con sulfatos de sodio y sulfato de magnesio.

Este ensayo estima la resistencia del agregado al deterioro por acción de los agentes climáticos durante la vida útil de la obra. Puede aplicarse tanto en el agregado grueso como fino.

El ensayo se realiza exponiendo una muestra de agregados a ciclos alternativos de baño de inmersión en una solución de sulfato de sodio o de magnesio y secado al horno. Una inmersión y secado se consideran un ciclo de durabilidad.

Durante la fase de secado, las sales precipitan en los vacíos del agregado. En la re inmersión las sales se re hidratan y ejercen fuerzas de expansión internas que simulan las fuerzas de expansión del agua congelada.

El resultado del ensayo es el porcentaje total de pérdida de peso sobre varios tamices para un número requerido de ciclos. Los valores máximos de pérdida con aproximadamente de 10 a 20% para cinco ciclos de inmersión y secado.

ENSAYO DE ADHERENCIA DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS AGREGADOS GRUESOS/ ASTM- D1664

Todos los agregados son porosos, y algunos son más que otros. La porosidad se determina sumergiendo los agregados en un baño y determinando la cantidad de líquido que absorbe.

La capacidad de un agregado para absorber agua (asfalto) es un factor importante que debe ser cuantificado en el diseño de mezclas.

Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuara absorbiendo asfalto después del mezclado inicial, disminuyendo la cantidad de asfalto para ligar las demás partículas de agregado.

Por ello, un agregado más poroso requiere cantidades mayores de asfalto que las requiere un agregado con menos porosidad. Los agregados altamente porosos y absorbentes normalmente no son usados, a menos que posean características que los hagan deseables.

Algunos ejemplos de dichos materiales son la escoria de alto horno y ciertos agregados sintéticos. Estos materiales son altamente porosos, pero también son livianos en peso y poseen alta resistencia al desgaste.

El concepto de adherencia en el diseño de mezclas asfálticas está relacionado a la cantidad del agregado por el asfalto, es la tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto.

Las calizas y las dolomitas tienen alta afinidad con el asfalto sin embargo también son hidrofobicas (repelen el agua) por que resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de sus superficies.

Los agregados hidrofílicos (que atraen el agua) tienen, por otro lado, poca afinidad por el asfalto. Por consiguiente, tienden a separarse de las películas de asfalto cuando son expuestas al agua.

Los agregados silíceos (cuarcita o algunos granitos) son ejemplos de agregados susceptibles al desprendimiento y deben ser usados con precaución.

Como se ha explicado el concepto de adherencia no está necesariamente ligado al concepto de porosidad.

Los agregados usados en construcción de carreteras se obtienen del abastecimiento de rocas naturales locales. Las rocas naturales son clasificadas geológicamente en tres grupos dependiendo de su origen: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Otro tipo de agregados usados en mezclas asfálticas en caliente son los agregados livianos, producto de arcillas calentadas a temperaturas muy altas, y escorias de altos hornos.

Estos dos agregados proporcionan buena resistencia al patinaje cuando se usan en mezclas asfálticas en caliente.

En la siguiente tabla se resumen propiedades deseables de rocas para agregados utilizados en Mezclas Asfálticas en Caliente.

ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN LOS AGREGADOS

La presencia de sales solubles en los agregados originan diversos problemas en el hormigón; según su composición química los sulfatos reaccionan con el aluminato tricalcico del cemento provocando expansiones, los cloruros atacan las armaduras y elementos metálicos embebidos en el hormigón y los carbonatos o los bicarbonatos aumentan el pH lo que puede ocasionar un retardo del proceso de hidratación.

Además, deben mencionarse algunos problemas de orden estético ya que el agua solubiliza las sales y al evaporarse las arrastra a la superficie, provocando manchas denominadas afloramiento.

Considerando que el contenido total de sales es el que influye sobre las características del hormigón, se hace necesario controlar no solo el porcentaje aportado por los agregados sino también el que incorporan los aditivos y el agua de mezclado.

Este criterio es el adoptado por CIRSOC 201, con el inconveniente de tener que conocer los materiales y las proporciones en que intervienen en la mezcla para poder realizar el estudio.

ENSAYO DE ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS

¿Qué significado tiene los índices de Alargamiento y Aplanamiento? El índice de alargamiento se basa en la separación de las partículas alargadas y expresando su peso como porcentaje del peso de la muestra ensayada.

Índice de aplanamiento la masa del total de las partículas planas expresada como porcentaje del total de la masa seca de las partículas sometidas al ensayo.

Según los resultados de su práctica, ¿Qué recomendación y/o conclusión hacen en cuanto al material.

El ensayo de índice de aplanamiento y de alargamiento es fácil de ejecución en laboratorio y arroja estimativos importantes de clasificar a un determinado agregado como material adecuado o no para conformar capas granulares.

Los valores obtenidos de los índices de alargamiento y aplanamiento globales y para cada fracción de agregado muestran valores admisibles para la utilización del material como base granular según especificaciones.

Los datos arrojados tienen un cierto margen de error debido a la utilización de una balanza de poca precisión.

En general se podría decir que las partículas alargadas o aplanadas se encuentran en proporción pequeña en el agregado y por tanto este no presentaría problemas en la compactación.

Se podría pensar además, que la fractura miento de las partículas aplanadas y alargadas, con su consecuente aumento de partículas finas no afectaría enormemente las propiedades y comportamiento del conjunto de agregados.

ENSAYO DE ABSORCIÓN.

Ofrecer ecuaciones para calcular la cantidad de asfalto que absorbe un agregado en una mezcla asfáltica para pavimento, expresada como un porcentaje del peso seco al horno del agregado en dicha mezcla.

Este cálculo se basa en valores medidos de los componentes y en las propiedades de una mezcla asfáltica para pavimento secada al horno

El porcentaje de absorción de asfalto en una mezcla para pavimento, secada al horno (expresado como porcentaje del peso del agregado total en la mezcla) puede ser calculado por medio de ecuaciones en las cuales valores medidos del peso específico teórico máximo de la mezcla, su contenido de asfalto (expresado indiferentemente como porcentaje del peso total de una muestra de mezcla), o como porcentaje del peso del agregado secado al horno, contenido en una muestra de la

mezcla secada al horno, del peso específico aparente del asfalto y del peso específico aparente ponderado del agregado total secado al horno contenido en la mezcla.

2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Adhesión. Estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales.

Adhesividad. Es la propiedad de un ligante y un agregado de adherirse uno a otro, sin peligro de perder esta propiedad en presencia de esta propiedad.

Agregado. Material rocoso duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado Grueso. Material retenido en el tamiz de 4.75mm (Nº 4).

Agregado Fino. Material que pasa el tamiz de 4.75mm (Nº 4).

TIPOS DE AGREGADOS



Asfalto. Material cementante, de color entre carmelito oscuro y negro, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que aparezcan en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleos crudos.

Astm. American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

Cohesión. Tipo de atracción entre dos sustancias o materiales.

Consistencia. Describe el grado de fluidez o plasticidad de un cemento asfáltico a determinada temperatura.

La consistencia de un cemento asfáltico varía con la temperatura por lo tanto es necesario usar una temperatura patrón cuando se está comparando la consistencia de cemento asfáltico con la de otro. La temperatura usada para este propósito es 60 C° (140 F°).

Densidad. Grado de solidez que puede alcanzarse en una mezcla dada. Está limitada por la eliminación total de los vacíos que se encuentran entre las partículas de la mezcla.

Ecología. Es la interrelación existente entre los organismos vivos, incluyendo al hombre con su medio ambiente natural.

Hidrofobias. Las piedras que tiene alta afinidad con el asfalto (repelen al agua) porque ellas resisten los esfuerzos de agua para despojar el asfalto de ellas.

Hidrofilicos. (Amantes del agua) tienen bajas afinidades para asfalto ellos tienden a separarse de películas de asfalto cuando se exponen al agua.

Mezcla En Caliente. Mezcla de planta que deben ser colocadas y compactadas temperaturas elevadas.

Penetración. Consistencia de un material bituminoso, se expresa como la distancia decimas de milímetro (0.1mm), que una aguja patrón penetra verticalmente una muestra de material bajo condiciones específicas de carga tiempo temperatura.

Suelo. Es el cuerpo natural dinámico constituido por elementos físicos químicos y biológicos que conforman la capa superficial de la corteza terrestre.

Trabajabilidad. Facilidad con la que las mezclas de pavimentación puedan ser colocadas y compactadas.

Tamiz. Aparato de aberturas cuadradas, utilizado para separar tamaños de material.



TAMICES

BASES NORMATIVAS.

El Perú cuenta como base legal y normativa con dos disposiciones, estas son:

- Especificaciones técnico generales para la construcción de carreteras (EG-2013) aprobado con la resolución directorial N° 40-2013-MTC/14.04
- Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) aprobado con la resolución directorial N° 028-2001-MTC/15.17.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Para la evaluación de la presente investigación se procedió a realizar los ensayos respectivos.

CUADRO N° 12: Número de Ensayos.

ENSAYO	NUMERO DE MUESTRAS
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO	1.0
DESGASTE DE ABRASIÓN	5.0
INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS	3.0
INDICE DE APLANAMIENTO	5.0
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	5.0
SALES SOLUBLES EN AGREGADOS	5.0
ABSORCIÓN	5.0
ADHERENCIA	5.0

3.2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS

ENSAYO DE ABRACIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 Y ASTM C-535.

OBJETIVO

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de Los Ángeles.

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

Para la abrasión de agregados gruesos.

APARATOS Y MATERIALES

Balanza, que permita la determinación del peso con aproximación de 1 g.

Estufa, que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C. Tamices. Consiste en un cilindro hueco, de acero, con una longitud interior de 508 ± 5 mm (20 ± 0.2 ") y un diámetro, también interior, de 711 ± 5 mm (28 ± 0.2 ").

Dicho cilindro lleva sus extremos cerrados y en el centro de cada extremo un eje, que no penetra en su interior, quedando el cilindro montado de modo que pueda girar en posición horizontal alrededor de este eje.

El cilindro estará provisto de una abertura, para introducir la muestra que se desea ensayar, y un entrepaño, para conseguir la rotación de la mezcla y de la carga abrasiva. La abertura podrá cerrarse por medio de una tapa con empaquetadura que impida la salida del polvo, fijada por medio de pernos.

La tapa se diseñará de manera tal que se mantenga el contorno cilíndrico interior. El entrepaño se coloca de modo que la carga no caiga sobre la tapa durante el ensayo, ni se ponga en contacto con ella en ningún momento.

El entrepaño será desmontable, de acero, ocupando longitudinalmente toda una generatriz del cilindro y se proyectará radialmente, y hacia el centro de la sección circular del cilindro, en longitud de 89 ± 2 mm ($3,5 \pm 0.1$ ").

Tendrá un espesor tal que permita montarlo.

Por medio de pernos u otro medio apropiado, de forma que quede instalado de un modo firme y rígido. La distancia del entrepaño a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia del cilindro y en el sentido de la rotación, será mayor de 1.27 m (50").

Es preferible el empleo de un entrepaño de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montada independientemente de la tapa.

No obstante, puede usarse una sección angular montada adecuadamente en la parte interior de la tapa, teniendo en cuenta la dirección de rotación para la que la carga sea recogida por la cara exterior del ángulo.

La superficie del entrepaño de la máquina de Los Ángeles está sometida a un fuerte desgaste y al impacto de las bolas, originándose en ella un relieve a una distancia aproximadamente de 32 mm (1 ¼") desde la unión del entrepaño con la superficie interior del cilindro.

Si el entrepaño está hecho de una sección angular, no solamente puede formarse este relieve, sino que aquél se puede llegar a doblar longitudinal o transversalmente y con respecto a su correcta disposición, por lo cual debe ser revisado periódicamente.

Si se observa alguno de estos defectos, el entrepaño debe ser reparado o reemplazado antes de realizar nuevos ensayos. La influencia de todos estos factores sobre los resultados del ensayo no es conocida; sin embargo, para uniformar las condiciones de ensayo se recomienda eliminar el relieve formado cuando su altura sea superior a 2 mm (0.1").

La máquina será accionada y contrabalanceada en forma tal, que debe mantener la velocidad periférica básicamente uniforme.

A pérdida de velocidad y el deslizamiento del mecanismo de transmisión son causa frecuente de que los resultados del ensayo no coincidan con los obtenidos en otra máquina de desgaste de Los Ángeles con velocidad periférica constante.

Carga abrasiva. La carga abrasiva consistirá en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm (1 13/16") y 47.63 mm (1 7/8") y un peso comprendido entre 390 g y 445 g.

La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D, según se indica en el numeral.

CUADRO Nº 13: Granulometría.

GRANULOMETRIA DE ENSAYO	NUMERO DE ESFERAS	PESO TOTAL EN g.
A	12	5000+-25
B	11	4584+-25
C	8	3330+-20
D	6	2500+-15

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra consistirá en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C (221 a 230°F), separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la Tabla 2. La granulometría o granulometrías elegidas serán representativas del agregado tal y como va a ser utilizado en la obra.

La muestra antes de ensayada deberá ser pesada con aproximación de 1 g.

CUADRO Nº 14: Granulometría de la Muestra de Agregado para Ensayo

Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g.)			
mm	(alt)	mm	(alt)	A	B	C	D
37.5	1 1/2"	-25	1"	1250+-25			
25	1"	-19	3/4"	1250+-25			
19	3/4"	-12.5	1/2"	1250+-10	1250+-10		
12.5	1/2"	-9.5	3/8"	1250+-10	1250+-10	1250+-10	
9.5	3/8"	-6.3	1/4"			1250+-10	
6.3	1 1/4"	-4.75	Nº 4				1250+-10
4.75	Nº 4	-2.36	Nº 8				1250+-10
TOTALES				5000+-10	2500+-10	5000+-10	

PROCEDIMIENTO

Ejecución del ensayo. La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500.

La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz # 12.

La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12). El material más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C (221 a 230°F), hasta peso constante, y se pesa con precisión de 1 g.

Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida, en más del 0.2% del peso de la muestra original.

RESULTADOS

El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.

CUADRO Nº 15: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Abrasión	35% máx.

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS ASTM D 5821-95.

OBJETIVO

Describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en peso, del material que presente una, dos o más caras fracturadas de las muestras de agregados pétreos.

APARATOS

- Balanza, de 5000 g de capacidad y aproximación de 1 g.
- Tamices, de 37.5, 25.0, 19.0, 12.5 y 9.5 mm (1 1/2", 1", 3/4" y 1/2" y 3/8").
- Cuarteador, para la obtención de muestras representativas.
- Espátula, para separar los agregados.

MUESTRA

La muestra para ensayo deberá ser representativa y se obtendrá mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida. Hágase el análisis granulométrico de la muestra cuarteada.

Sepárese por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 3 7.5 mm y 9.5 mm (1 1/2" y 3/8"). Descártese el resto.

El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado así:

CUADRO N° 16: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Caras Fracturadas.	Según Ejes.

FUENTE: Elaboración Propia

ENSAYO DE DURABILIDAD/ ASTM C-88.

OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

Este método suministra 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 el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

Con él se puede hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usarán para la fabricación de Concreto de Cemento Portland u otros propósitos.

Se advierte el hecho que los resultados que se obtengan varían según la sal que se emplee; y que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo.

Dado que su precisión es limitada, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes, no puede darse únicamente con él; se deben confirmar con resultados de otros ensayos más ligados a las características del material.

Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles, resultantes de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

APARATOS.

CUADRO Nº17: Los Tamices Necesarios

TAMICES SERIE FINA		TAMICES SERIEGRUESA	
150mm	Nº 100	8.0 mm	5/16"
300mm	Nº 50	9.5mm	3/8"
600mm	Nº 30	12.5mm	1/2"
1.18mm	Nº 16	16mm	5/8"
2.36mm	Nº 8	19mm	3/4"
400mm	Nº 5	25mm	1"
4.75mm	Nº 3	31.5mm	1 1/4"
		37.5mm	1 1/2"
		500mm	2"
		63mm	2 1/2"

Recipientes para la inmersión de las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y que haya el drenaje de la misma, sin que se produzca pérdida de partículas del agregado.

El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

Se considera que son recipientes adecuados para utilizar en este ensayo, las canastas hechas de tela metálica, o de lámina perforada, con una abertura apropiada para el tamaño de las partículas de la fracción que van a contener.

Regulación de la temperatura. Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el periodo de inmersión.

Balanzas, una con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0.1 g, para pesar el agregado fino, y otra con capacidad de 5 kg y sensibilidad mínima de 1 g, para pesar el agregado grueso. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

Estufa, provista con dispositivo de circulación forzada de aire, y capaz de mantener la temperatura a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y a una rata de evaporación para esta temperatura de 25 g/h, durante 4 horas, periodo en el cual deberá permanecer cerrada la puerta del horno.

Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua, en vasos de forma baja de 1 dm³ de capacidad, que contengan inicialmente cada uno 500 g de agua a la temperatura de 21 ± 2 °C (70 ± 3 °F), colocados en cada rincón y en el centro de cada bandeja del horno, durante el citado período de 4 horas. Esta comprobación se efectúa estando ocupado el horno solamente por los vasos con agua.

SOLUCIONES NECESARIAS

Solución de sulfato de sodio. La solución saturada de sulfato de sodio, se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (Na₂SO₄) o cristalizada (Na₂SO₄.10H₂O), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada.

Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a 21 ± 1 °C (140 ± 2 ° F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

La comprobación del peso específico debe hacerse frecuentemente, por lo menos para cada 50 kg de sal, o cuando esté la solución descolorida en cuyo caso habría que filtrarla o descartarse.

Para conseguir la saturación a 22 °C (71.6 °F) de 1 dm³ (Lit.) de agua, son suficientes 215 gr. de la sal anhidra o 700 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda como mínimo, el empleo de 350 g de la sal anhidra y 750 g de la sal hidratada.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

Solución de sulfato de magnesio. Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (MgSO₄) o cristalizada (MgSO₄.7H₂O), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada.

Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de 21 ± 1 °C (70 ± 2 °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1.295 y 1.302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

Para conseguir la saturación a 23 °C (73.4 °F) de 1 dm³ de agua, son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1230 g de la hidratada.

No obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda el empleo de 1400 g, como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

Lo más económico es el empleo de sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

MUESTRAS

Agregado Fino: La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8").

La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5%.

Agregado Grueso: La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores- al tamiz de 4.75 mm (N°. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino.

La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla 1, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

Si las muestras contienen menos del 5% de algunas de las fracciones indicadas en los numerales 4.1 y 4.2, no se ensayará esta fracción, pero para el cálculo de los resultados del ensayo se considerará que tienen la misma pérdida a la acción de los sulfatos, de sodio o magnesio, que la media de las fracciones, inferior y superior más próximas, o bien si una de estas fracciones falta, se considerará que tiene la misma pérdida que la fracción inferior o superior que esté presente.

Cuando las fracciones de 9.5 a 19.0 mm, 19 a 37.5 mm o 37.5 mm a 63 mm indicadas anteriormente no pueden prepararse debido a la falta de uno de los dos tamaños indicados, el tamaño del que se disponga en exceso se utilizará para preparar la fracción de ensayo de la que no había cantidad suficiente.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Agregado Fino: La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300 μm (N° 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera:

Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados en el numeral 4.1. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g).

Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

Agregado Grueso: La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo.

La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm (3/4"), se cuenta también el número de partículas. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

CUADRO N°18: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Durabilidad al sulfato de Sodio	12% máx.
Durabilidad al sulfato de Magnesio.	18% máx.

ENSAYO DE ADHERENCIA DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS AGREGADOS GRUESOS/ ASTM D-1664.

OBJETIVO

Determinación del grado de cubrimiento de las partículas de agregado en una mezcla bituminosa, basándose en el porcentaje de partículas de agregado grueso que quedan completamente recubiertas por el ligante bituminoso.

La determinación de este porcentaje para varios tiempos de mezclado puede ser usado para establecer el tiempo de mezclado mínimo requerido para producir un cubrimiento satisfactorio del agregado para un conjunto de condiciones dadas.

APARATO

- ❖ Tamices. De 9.5 mm y 4.75 mm (3/8" y No. 4).
- ❖ Cronómetro. Para verificar el tiempo real de mezcla.
- ❖ Termómetro. Para medir temperaturas entre 10 y 204 °C (50 y 400 °F).
- ❖ Pala muestreadora.
- ❖ Bandeja para muestras.

OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

Planta de producción en fachadas o tandas. Permítase que la planta opere el tiempo de mezcla por fachada establecido (medido mediante un cronómetro).

Planta de producción continua. (Ensayo de Materiales. (EM-2000)).

Establézcase un tiempo de mezcla mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$T_m = \frac{\text{Volumen de material en la mezcladora, kg (0 1b)}}{\text{Velocidad de procesamiento en la mezcladora kg/s}}$$

Las muestras deben ser obtenidas en la planta de producción, inmediatamente después del descargue de la mezcladora. Serán en total tres muestras, tomadas de tres volquetadas alternadas.

La cantidad de material requerido para el ensayo puede variar entre 2270 y 3630 gr. (5-8lb.).

Este ensayo se elaborará con el diseño de mezclas en asfalto con los agregados de la cantera de YAURILLA mediante el método Marshall.

CUADRO N° 19: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Adherencia.	95%

ENSAYOS DE SALES SOLUBLE EN LOS AGREGADOS.

OBJETIVO

Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases de mezclas bituminosas.

Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

Una muestra de agregado se somete a continuos lavados con agua destilada a ebullición hasta la total de sales.

La presencia de estas, se detecta mediante reactivos químicos, los cuales, al menor indicio de sales forman precipitados fácilmente visibles.

Del agua total lavado, se toma una parte alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes. (Ensayo De Materiales. (EM- 2000)).

APARATOS

- ❖ Balanzas sensibilidad 0.01 g.
- ❖ Mecheros
- ❖ Matraces aforados
- ❖ Vasos de precipitado
- ❖ Pipetas
- ❖ Solución de nitrato de Plata
- ❖ Solución de cloruro de bario
- ❖ Agua destilada
- ❖ Estufa
- ❖ Tubos de ensayo.

EXTRACCION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

La muestra se debe extraer y preparar previamente. La cantidad de muestra debe ajustarse a la siguiente tabla:

CUADRO N°20: Cantidades de Muestra.

Agregado pétreo	Cantidad MIN.	Aforo MIN.
Grava 50-20mm	1,000	500
Grava 20-05mm	500	500
Arena 5 mm	100	500

F U E N T E : Manual de ensayos de materiales (EM -2000) M TC E 219-200

PROCEDIMIENTO

Secar la muestra en horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante, aproximado a 0.01 g. registrando esta masa como A.

Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta la ebullición.

Agitar durante 1 minuto hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasar el líquido sobredrenante a otro vaso. Determinar en forma separada en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos.

La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de nitrato de plata formándose un precipitado blanco de cloruro de plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de bario dando un precipitado blanco sulfato de bario.

Repetir el segundo y cuarto paso hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobredrenantes. (Ensayo de Materiales. (EM-2000)).

Todos los líquidos sobredrenantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasan con agua destilada.

En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar en aforo como B.

Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogeneizada, del matraz aforado y registrar a su volumen como C.

Cristalizar la alícuota en un horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta masa constante de registrar dicha masa como D.

Se informa el porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

$$\diamond \text{ \%sales solubles} = \frac{1}{((C \times D) / (D \times B))} \times 100$$

CUADRO Nº 21: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Sales Solubles	0.5% máx.
FUENTE: Elaboración Propia	

ENSAYO DE ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS.

OBJETIVO

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras. (Ensayo de Materiales. (EM-2000)).

De acuerdo con este método, se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que forman cuya dimensión mínima (espesor) es inferior de $3/5$ de la dimensión media de la fracción.

Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que forman cuya dimensión máxima (longitud) es superior a $9/5$ de la dimensión media de la fracción. Este método no es aplicable a la fracción del agregado con tamaño inferior a 6.3mm. ($1/4$ ”).

APARATOS

Calibradores metálicos, uno de las ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes).

Tamices.

Balanza con sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra de agregados que se ensaya.

Equipo misceláneo: cuarteador de agregados, bandejas.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

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 ensayo, se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con la norma MTC 204, usando los tamices indicados en la siguiente tabla.

El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina R_i , siendo, el tamiz de abertura menor. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

CUADRO N° 22: Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud

TAMICES				DIMENSIONES DEL CALIBRADOR	
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Alargamiento
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

F U E N T E : (Especificaciones técnico generales para construcción n de carreteras (EG-2000) Cap. 4 pavimento asfáltico sección 410.

A continuación, previo cuarteo, se separan por tamizado las distintas fracciones de la muestra, tal como se indica en la siguiente tabla.

Las fracciones del agregado cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensayan.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje en la muestra este comprendido entre el 5% y el 15%, se tomara un mínimo de 100 partículas, determinado su peso, P_i , en la balanza con aproximación del 0.1%.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje, en la muestra sea superior al 15%, se tomara un mínimo de 200 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con aproximación del 0.1%.

PROCEDIMIENTO.

Para reparar, el material de forma de aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en la parte superior, se liace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la tabla N°12.

La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (p) con aproximación del 0.1% del peso total de la muestra en ensayo. (Ensayo de materiales. (EM-2000)).

CÁLCULOS

El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_i , que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción (Iii)} = (P_{ii}/P_i) \times 100$$

El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de partículas, P_{ai} , retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción (Iai)} = (P_{ai}/P_i) \times 100$$

El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamientos, se redondeara al número entero más próximo.

INFORME

Los resultados obtenidos mediante esta norma pueden esta norma pueden expresarse para cada fracción ensayada o para el total de la muestra.

La expresión de los índices de aplanamiento y alargamiento de cada fracción serán obtenidos directamente en el ensayo.

Para expresar los índices de aplanamiento y alargamiento totales se calcula el promedio ponderado de los respectivos índices de todas las fracciones ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos, R_i , e indicando la granulometría de la muestra.

CUADRO Nº 23: Resultado.

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Planas y alargadas	10%max.

FUENTE: Elaboración Propia.

Estos índices totales pueden obtenerse también aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\sum (I_{ix} R_i)}{\sum R_i}$$

$$\text{Índice de alargamiento} = \frac{\sum (I_{ai} / R_i)}{\sum R_i}$$

Siendo las fracciones ensayadas

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN AGREGADOS GRUESOS.

OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz N° 4).

DEFINICIONES

Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se dé denomina "nominal".

Peso específico aparente y nominal.

En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal

APARATOS

Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño máximo de la muestra para ensayo (véase Tabla 1), con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta de 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra, para pesos superiores.

Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas.

Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3 mm.

Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm³ y para tamaños superiores canastillas con capacidades de 8 a 16 dm³ (litros).

Dispositivo De Suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. (Ensayo de materiales. (EM-2000)).

Las cantidades mínimas para ensayo se indican en la Tabla 1, en función del tamaño máximo nominal del agregado.

CUADRO Nº 24: Tamaño Máximo Nominal.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		CANTIDAD MÁXIMA DE MUESTRA
mm.	pulg.	Kg.
Hasta 12.5	1/2.	2
19	1/4.	3
25	1	4
37.5	1 1/2.	5
50	2	8
63	2 1/2.	12
75	3	18
90	3 1/2.	25

F U E N T E : Manual de ensayos de materiales (EM -2000) MTC E 205-2000.

Si se desea, puede fraccionarse la muestra y ensayar separadamente cada una de las fracciones; cuando la muestra contenga más de un 15 por ciento retenido en el tamiz de 38.10 mm (1 ½ "), se separará entonces siempre por este tamiz al menos en dos fracciones. (Ensayo de materiales. (EM-2000))

Cuando se fracciona la muestra, las cantidades mínimas para ensayo de cada fracción se ajustarán, según su tamaño máximo particular.

PROCEDIMIENTO

La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en una estufa a 100° - 110 °C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.

Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.

CUADRO Nº 25: Resultado

ENSAYO	DEBE CUMPLIR
Absorción.	Según diseño

FUENTE: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis General

El material rocoso de la cantera Palomino que se encuentra ubicado en el centro poblado de Yaurilla en el Distrito de Parcona en la ciudad de Ica para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto es de buena calidad.

4.1.1 HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Las propiedades mecánicas (Índice de durabilidad, Ensayo de abrasión, Sales solubles y durabilidad al sulfato de sodio) correspondientes para los materiales rocosos usados como agregados gruesos para el diseño de asfalto en caliente tienen resultados positivos en comparación a los requerimientos establecidos en la norma EG-.2013.

4.1.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Las propiedades físicos (Adherencia, % de caras fracturadas, Índice de aplanamiento y alargamiento y Absorción) correspondientes para los materiales rocosos usados como agregados gruesos para el diseño de asfalto en caliente tienen resultados que cumplen con los requerimientos de la norma vigente (EG – 2013).

4.1.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Los costos de transporte de material de la Cantera Palomino es el 42.34% del costo del transporte de la cantera alternativa existente, logrando un deductivo de 57.66%.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ENSAYO DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

Las muestras son extraídas de la cantera PALOMINO y chancadas por medios mecánicos en la planta de asfalto de la MPSR- Ica.

Se trabajó con la solución sulfato de sodio para determinar su durabilidad a dicha solución.

Se tiene un resultado de 5.81% por tanto se acepta la validación del agregado tiene una pérdida de 4.19% es menor que 10% como máximo valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

CUADRO N° 26: Resultados de Durabilidad al Sulfato de Sodio.

MUESTRA	PERDIDA
N°1	5.81

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2. ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES

Las muestras son extraídas de la cantera PALOMINO y chancadas por medios mecánicos en la planta de asfalto de la MPSR- Ica.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene <35% de desgaste por Abrasión valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de desgaste de 23.26%.

Este valor nos indica que si resistirá el agregado al desgaste durante la producción, colocación y compactación y sobre todo durante su vida de servicio del pavimento.

CUADRO Nº 27: Resultados de Abrasión Los Ángeles.

RESUMEN	% ABRASIÓN
Nº 1	17.82%
Nº 2	17.72%
Nº 3	25.16%
Nº 4	28.56%
Nº 5	27.06%

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.

5.3. ENSAYO DE ÍNDICE DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene >35% de índice de durabilidad valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de Índice de Durabilidad de 89.00%.

Este valor nos indica la resistencia del agregado al deterioro por acción de los agentes climáticos durante la vida de servicio del pavimento.

CUADRO Nº 28: Resultados de Índice de Durabilidad.

MUESTRA	ÍNDICE DE DURABILIDAD
Nº 1	90
Nº 2	87
Nº 3	90

5.4. ENSAYO DE ÍNDICE DE PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene <10% de partículas planas y alargadas valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de Partículas Planas y Alargadas de 9.21%.

Este valor nos indica que el fractura miento de las partículas planas y alargadas, con su consecuente aumento de partículas finas no afectaría enormemente la propiedades y comportamiento en conjunto del agregado.

CUADRO Nº 29: Resultados de Índice de Aplanamiento y Alargamiento.

MUESTRA	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	ÍNDICE DE APLANAMIENTO
Nº 1	6.52	7.36
Nº 2	9.78	9.83
Nº 3	9.65	9.24
Nº 4	9.87	9.8
Nº 5	9.87	9.8

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.5. ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene 90/70 es crítico de caras fracturadas valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de Caras Fracturadas de 100.00%.

Este valor nos indica que las caras fracturadas podrán maximizar la resistencia al esfuerzo cortante con el incremento de la fricción entre las partículas y como también mayor estabilidad.

CUADRO Nº 30: Resultados de Caras Fracturadas.

MUESTRA	% CARAS FRACTURADAS
Nº 1	100%
Nº 2	100%
Nº 3	100%
Nº 4	100%
Nº 5	100%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.6. ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene <0.5% de sales solubles valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de Sales Solubles de 0.44%.

CUADRO Nº 31: Resultados de Sales Solubles

MUESTRA	% SALES SOLUBLES
Nº 1	0.40%
Nº 2	0.40%
Nº 3	0.40%
Nº 4	0.40%
Nº 5	0.40%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.7. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS.

Se tiene un promedio de Absorción de 2.49% en los agregados para su diseño en asfalto.

Este valor nos indica la cantidad de asfalto que absorbe un agregado en una mezcla asfáltica para pavimento.

CUADRO Nº 32: Resultados de Absorción.

MUESTRA	P.ESPECIFICO APARENTE	P.ESPECIFICO NOMINAL	%ABSORCIÓN
Nº 1	2.6	2.44	2.40%
Nº2	2.63	2.47	2.42%
Nº 3	2.6	2.44	2.57%
Nº 4	2.62	2.45	2.61%
Nº 5	2.61	2.45	2.45%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.8. ENSAYO DE ADHERENCIA DEL BITUMEN - AGREGADO.

Por tanto se acepta la validación el agregado en estudio tiene +95 de Adherencia valor que nos indica la norma vigente (EG-2013).

Se tiene un promedio de Adherencia de 100.00%.

Este valor nos indica la afinidad que tiene el agregado por el asfalto, es la tendencia del agregado a aceptar o retener una capa de asfalto.

CUADRO Nº 33: Resultados de Adherencia.

MUESTRA	% PARTICULAS RECUBIERTAS
Nº 1	100%
Nº 2	100%
Nº 3	100%
Nº 4	100%
Nº 5	100%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.9. CÁLCULOS DE COSTOS Y TIEMPO DE TRANSPORTE

ENSAYO	RESULTADO	REQUERIMIENTO	ACEPTABILIDAD
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESO	5.81%	15% MAX.	Aceptable
INDICE DE DURABILIDAD	89.00%	35% MIN.	Aceptable
SALES SOLUBLES	0.44%	0.5% MAX.	Aceptable
ADHERENCIA	100%	+.95%	Aceptable

ENSAYO	RESULTADO	REQUERIMIENTO	ACEPTABILIDAD
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESO	5.81%	15% MAX.	Aceptable
ABRASION LOS ANGELES	23.26%	35% MAX.	Aceptable

PARTICULAS CHATAS	9.14%	–	–
PARTICULAS ALARGADAS	9.21%	–	–
CARAS FRACTURADAS	100%	90/70 (CRITICO)	Aceptable
ABSORCION	2.49%	Segun diseño	Aceptable

5.10. CONCLUSIONES

- 1) El material rocoso de la cantera Palomino que se encuentra ubicado en el centro poblado de Yaurilla en el Distrito de Parcona en la ciudad de Ica tiene la características físico mecánicas (desgaste, durabilidad, % sales durabilidad al sulfato de magnesio, etc.) necesarias para ser usado como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente.
- 2) El material rocoso de la Cantera Palomino, se encuentra se encuentra próximo al límite permisible según la norma EG- 2013 en sus características mecánicas.
- 3) El material rocoso de la Cantera Palomino, se encuentra se encuentra próximo al límite permisible según la norma EG- 2013 en sus características físicas.
- 4) El costo de tiempo de transporte del rocoso de la cantera de Palomino a la planta de asfalto de la ciudad de Ica, con respecto a la alternativa más cercana (Cantera), será 42.34%, logrando un ahorro del 57.66%.

5.11. RECOMENDACIONES

- 1) Que se cumplan, estrictamente, las especificaciones técnicas (EG- 2013) en las mezclas.

- 2) Se recomienda realizar ensayos para determinar las partículas chatas y alargadas y la granulometría en las muestras después de los lavados asfálticos, a fin de determinar si durante el mezclado de los agregados y el cemento asfáltico las partículas chatas y largas se pudieran haber quebrado, lo que podría generar una disminución en partículas chatas y alargadas y una variación en la granulometría del agregado lo cual podría variar en las propiedades física- mecánicas del agregado.

- 3) El material Rocoso deberá ser evaluado para la trituración mediante un sistema de golpeo para comprobar si mejoraría sus características.

- 4) Que el diseño de mezcla asfáltica se realice de acuerdo con el tipo de tránsito esperado, tomando en consideración su evolución en el tiempo de diseño.

5.12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013), Manual de Carreteras, especificaciones técnico generales para la construcción de carreteras (EG- 2013) aprobado con la resolución directorial N° 1146-2000-MTC/15.17.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2000), Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) aprobado con la resolución directorial N° 028-2001-MTC/15.17.

ORDOÑEZ HUAMÁN ABEL Y MINAYA GONZALES SILENE (2000). Diseño de asfalto

ORDOÑEZ HUAMÁN ABEL Y MINAYA GONZALES SILENE (2001), Manual de laboratorio ensayos para pavimentos volumen I y volumen II

CIRSOC (2008); Reglamento 201y Anexos, proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VIAL (UIDV) (¿), Consideraciones sobre el módulo de reacción de la sub rasante.

MENDOZA IXPANEL MARCO ANTONIO (2009), Criterios en diseños de mezcla asfáltica en caliente.

ASPHALT INSTITUTE (2000), Principios de construcción de pavimentos de mezclas en caliente.

NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (2010), Reglamento Nacional de Edificaciones.

JHERSON MAMANI GARCÍA (2016), Aplanamiento y Alargamiento de agregado grueso.

5.13. ANEXOS

5.13.1. ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál será la calidad de material rocoso de la cantera Palomino de Yaurilla, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Qué propiedades mecánicas debe reunir el material rocoso para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?</p> <p>¿Qué propiedades físicas debe reunir el material rocoso para su uso como agregado grueso en los</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la calidad de material rocoso de la cantera Palomino de Yaurilla, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinarlas propiedades mecánicas que debe reunir el material rocoso, para su uso como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.</p> <p>¿Determinarlas propiedades físicas que debe reunir el material rocoso, para su uso</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El material rocoso extraído de la cantera Palomino de Yaurilla es de óptima calidad para su uso como agregado en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades mecánicas de los materiales rocosos extraídos de la cantera Palomino cumplen con los requerimientos establecidos por la normatividad, en los diseños de asfalto en caliente en la ciudad de Ica.</p>	<p>VARIABLE 1:</p> <p>Determinación de la calidad del agregado grueso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de abrasión. (%). Propiedad física. - Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados. (%). - Propiedades físicas. - Ensayo de durabilidad. (%). Propiedad mecánica. - Ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados para carreteras (%). Propiedad física. - Ensayo de absorción. (%). Propiedad física. - Ensayo de adherencia de los ligantes bituminosos a los agregados gruesos. 	<p>X1: Antes del asfalto</p> <p>X2: Durante el asfalto</p> <p>X3: Después del asfalto</p>

<p>diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?</p> <p>¿Cuál será la variación de costos en el transporte de material rocoso para su uso como agregado grueso de la cantera de YAURILLA para los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?</p>	<p>como agregado grueso en los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica?</p> <p>Comparar los costos de transporte de agregados que serán usados como agregado grueso, con las alternativas existentes, para los diseños de asfalto en caliente, en la ciudad de Ica.</p>	<p>Las propiedades físicas (Adherencia, % de caras fracturadas, Índice de aplanamiento y alargamiento y absorción) de los materiales rocosos extraídos de la cantera Palomino y usados como agregados gruesos, cumplen con los requerimientos establecidos por la normatividad vigente, para el diseño de asfalto en caliente en la Ciudad de Ica.</p> <p>La variación de costos son favorables en el transporte de agregados usados en diseños de asfalto en caliente, extraídos de la cantera de YAURILLA en comparación con otras canteras.</p>	<p>VARIABLE 2:</p> <p>Diseños de asfalto en caliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de la mezcla de asfalto utilizando el agregado - El proceso de la elaboración del asfalto en caliente - Comportamiento del asfalto en la colocación uso en el tránsito del asfalto su comportamiento en un periodo de uso 	<p>Y1: Dosificación</p> <p>Y2: Mezclado</p> <p>Y3: Colocado</p> <p>Y4: Fraguado y Uso</p>
---	---	--	--	--	---

5.13.2. ANEXO 02: INSTRUMENTOS

ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
T MAX DEL AGREGADO GRUESO:				
T MN DEL AGREGADO GRUESO				

PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (PEM)				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	muestra 03
	$\frac{A}{(B - C)}$			
MUESTRA SECA FINAL (GR)	A			
MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (GR)	B			
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (GR)	C			
PESO ESPECÍFICO (GR/CM ³)				
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO (GR/CM ³)				

% DE ABSORCIÓN (AB)				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\left(\frac{B - A}{A}\right) \times 100$			
MUESTRA SECA FINAL (GR)	A			
MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (GR)	B			
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (GR)	C			
ABSORCIÓN (%)				
PROMEDIO ABSORCIÓN (%)				

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (GR/CM ³)	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (%)	

5.13.3. ANEXO 03: ENCUESTA

ENCUESTA SOBRE EL MATERIAL DE LA CANTERA PALOMINO

- 1.- ¿Los costos del material como agregado grueso de la cantera Palomino son muy elevados o están acorde al mercado?
- 2.- ¿El material como agregado grueso para el uso de diseño de asfalto es buena o prefieren el material de otra cantera?
- 3.- ¿El tiempo de entrega del material hace el punto indicado por el cliente demora mucho o está en el rango de las demás empresas?
- 4.- ¿Usted Recomendaría a la cantera Palomino a las personas que están ejerciendo como contratistas en la ejecución de vías en la ciudad de Ica?
- 5.- ¿Qué le recomendaría a la cantera Palomino mejorar o está conforme con la calidad y garantía que le brindan?

A)- RESULTADOS DE LA ENCUESTA: EL 97% RESPEDIERON LO SIGUIENTE:

- 1.- Los costos están bajos a comparación de otras empresas proveedoras de agregados.
- 2.- La Cantare Palomino es confiable porque ellos llevan un control de calidad al momento de extraer el material de su cantera.
- 3.- Si, son puntuales en el horario que fijan la entrega del material hacia el cliente.
- 4.- Si, porque ellos dan la garantía sobre su material, ya que al momento de analizar su material en un laboratorio siempre arroja resultados positivos.
- 5.- Tener una Oficina céntrica en la ciudad de Ica,

B)- EL 3% RESTANTE NO OPINABAN PORQUE NO CONOCIAN LA CANTERA PALOMINO

5.13.4. ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO:

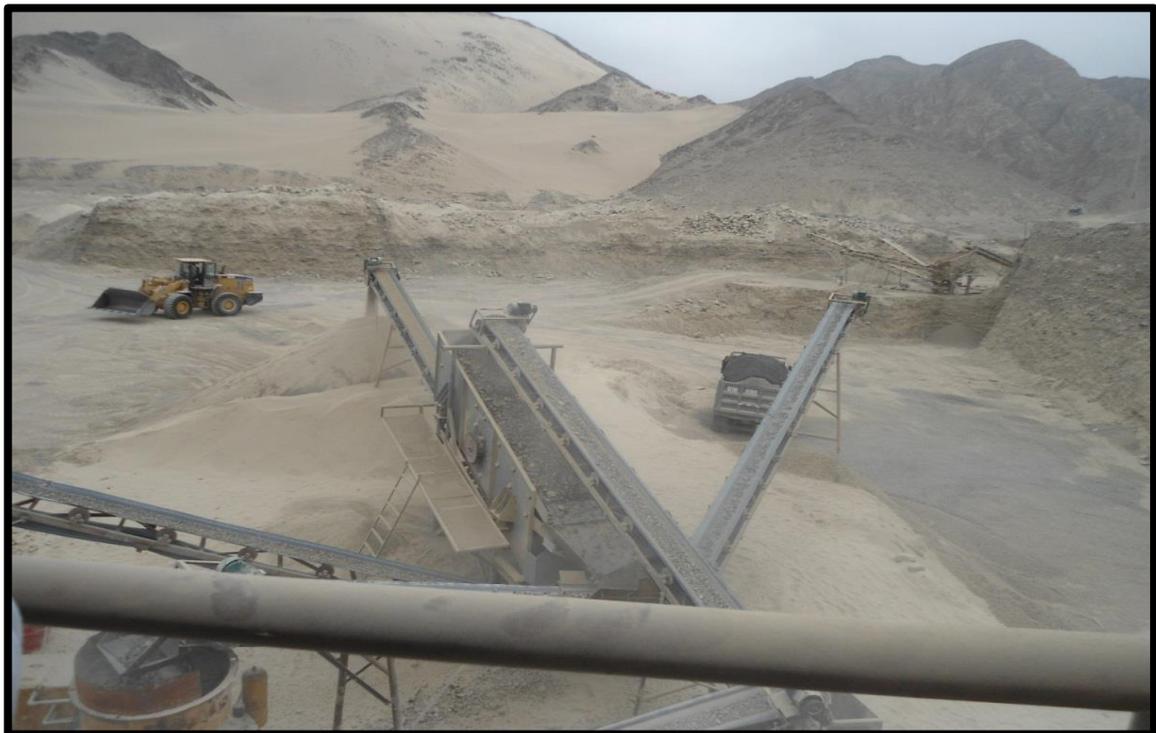


VISTA PANORAMICA DE LA CANTERA
PALOMINO





FAJA TRANSPORTADORA DE LA CHANCADORA DONDE SE SELECCIONA LOS AGREGADOS.





MATERIAL SELECCIONADO (PIEDRA CHANCADA)





TAMISADOS E ROTURAS DE PROBETAS



ROTURA DE PROBETA



**PLANTA CHANCADORA DE CANTERA PALOMINO-
YAUILLA**

