

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS
AGREGADOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA
CAÑETE - LUNAHUANÁ**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: FLORMIRA BORJA CAMPOS

ASESOR: MCs. ING. ALBERTICO A. BADA ALDAVE

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

**COPYRIGHT © 2014 by
FLORMIRA BORJA CAMPOS**

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA.

A DIOS, fuente de toda sabiduría, por brindarme salud, fortaleza, y ser mi guía día a día para el cumplimiento de mis objetivos y metas a lo largo de mi vida

A MI MADRE, María Delicia, sinónimo de lucha y esfuerzo diario, por enseñarme a perseverar en la vida, por ser mi motor y ejemplo de superación, por tu presencia a lo largo de mi vida.

A MIS ABUELOS, Julio y Berta, por su apoyo incondicional, por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mis tíos, Samuel, Carmela, Nelva, Ana, Carlos, Matilde, por brindarme su apoyo moral y económico, por estar siempre conmigo.

FLORMIRA

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a DIOS, por bendecirme, iluminarme y a mantenerme firme en el cumplimiento e mis objetivos, por darme la fuerza y valor para culminar esta meta más en mi vida.

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por mi madre, quien sin duda alguna apostó por mi educación, bríndame sus consejos y ensañándome que la única forma de superación es la educación.

A la universidad Nacional de Cajamarca, alma mater por acogerme y ser el aporte a mis conocimientos.

Al Ing. Albertico Bada Aldave, asesor de tesis, por guiarme y asesorarme en la realización de la misma.

ÍNDICE

| Contenido | Págs |
|--|-------------|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| ÍNDICE..... | v |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| LISTA DE AREVIATURAS..... | ix |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes..... | 3 |
| 2.2.1. Internacionales..... | 3 |
| 2.1.2. Nacionales..... | 4 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 6 |
| 2.2.1. Pavimento Flexible..... | 6 |
| CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS..... | 37 |
| 3.1. Ubicación Geográfica..... | 37 |
| 3.2. Tiempo en que se realizó la investigación..... | 39 |
| 3.3. Materiales y Equipos..... | 39 |
| 3.3.1. Materiales..... | 39 |
| 3.3.2. Equipos..... | 39 |
| 3.4. Diseño Metodológico..... | 42 |
| 3.4.1. Tipo de investigación..... | 42 |
| 3.4.2. Procedimiento..... | 42 |
| CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 57 |
| 4.1. Análisis de resultados..... | 57 |
| 4.2. Discusión de resultados..... | 83 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 87 |
| 5.1. Conclusiones..... | 87 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 87 |
| REFRERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 90 |
| ANEXO A .PANEL FOTOGRAFICO..... | 91 |
| ANEXO B .INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS..... | 97 |
| ANEXO B .PLANOS..... | |

ÍNDICE DE TABLAS

| Título | Págs. |
|--|--------------|
| Tabla 1. Propiedades físicas de los materiales para base..... | 9 |
| Tabla 2 .Requerimientos Granulométricos del Agregado Grueso de la Base Granular. | 10 |
| Tabla 3 .Requerimientos Agregado Fino de la Base Granular..... | 11 |
| Tabla 4 .Requerimientos granulométricos para base granular..... | 12 |
| Tabla 5 Ensayos de laboratorio requeridos para material de base..... | 13 |
| Tabla 6 Requerimientos Granulométricos de la Base Granular..... | 14 |
| Tabla 7. Características del índice de plasticidad..... | 17 |
| Tabla 8 Clasificación de los suelos sistema SUCS..... | 20 |
| Tabla 9. Clasificación de los suelos AASHTO M -145..... | 23 |
| Tabla 10 .Requerimientos CBR para Base Granular..... | 24 |
| Tabla 11 .Características del equivalente de arena..... | 25 |
| Tabla 12. Propiedades deseables de rocas para agregados utilizados en Mezclas Asfálticas en Caliente..... | 28 |
| Tabla 13 .Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezcla Asfáltica en Caliente..... | 32 |
| Tabla 14 .Requerimientos para los Agregados Finos de Mezcla Asfáltica en Caliente. | 33 |
| Tabla 15 .gradaciones de los Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente..... | 34 |
| Tabla 16. Gradaciones de los Agregados para base granular M1..... | 57 |
| Tabla 17. Obtención de datos para límite líquido M1..... | 58 |
| Tabla 18. Obtención de la Humedad Natural M1..... | 59 |
| Tabla 19. Obtención del equivalente de arenal M1..... | 59 |
| Tabla 20. Ensayo Próctor Modificado M1..... | 60 |
| Tabla 21. Ensayo CBR..... | 61 |
| Tabla 22. Penetración..... | 62 |
| Tabla 23. Resultados del gráfico de penetración de CBR..... | 63 |
| Tabla 24. Porcentaje de partículas chatas y alargadas..... | 64 |
| Tabla 25. Una cara fracturada..... | 64 |
| Tabla 26. Dos o más caras fracturadas..... | 65 |
| Tabla 27. Ensayo de abrasión | 65 |
| Tabla 28. Resumen de los resultados de las 5 muestra de base granular analizadas y su promedio estadístico..... | 66 |
| Tabla 29. Curva granulométrica estadística – Graduación B..... | 67 |
| Tabla 30. Análisis granulométrico agregado grueso..... | 68 |
| Tabla 31. Análisis de durabilidad al sulfato de sodio y magnesio del agregado grueso..... | 69 |
| Tabla 32. Ensayo de abrasión del agregado grueso..... | 70 |

| | |
|--|----|
| Tabla 33. Análisis de adherencia del agregado grueso..... | 70 |
| Tabla 34. Análisis de índice de durabilidad del agregado grueso..... | 70 |
| Tabla 35. Con una cara fracturada del agregado grueso..... | 71 |
| Tabla 36. Con dos o más caras fracturadas del agregado grueso..... | 71 |
| Tabla 37. Porcentaje de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso..... | 71 |
| Tabla 38. Contenido de sales solubles en el agregado grueso..... | 72 |
| Tabla 39. Resumen de los resultados de las 15 muestra de piedra para mezcla asfáltica analizadas y su promedio estadístico..... | 73 |
| Tabla 40. Curva granulométrica estadística – piedra para asfalto..... | 74 |
| Tabla 41. Análisis granulométrico del agregado fino..... | 75 |
| Tabla 42. Análisis del Límite líquido (malla N°40) del agregado fino..... | 76 |
| Tabla 43. Análisis del Límite Plástico (malla N°40) del agregado fino..... | 76 |
| Tabla 44. Análisis del Límite líquido (malla N°200) del agregado fino..... | 77 |
| Tabla 45. Análisis del Límite Plástico (malla N°200) del agregado fino..... | 77 |
| Tabla 46. Análisis de equivalente de arena del agregado fino..... | 78 |
| Tabla 47. Análisis de Angularidad de la arena del agregado fino..... | 79 |
| Tabla 48. Resumen de los resultados de las 15 muestra de arena chancada para mezcla asfáltica analizadas y su promedio estadístico..... | 80 |
| Tabla 49. Curva granulométrica estadística – Arena chancada para asfalto..... | 81 |
| Tabla 50. Resumen de los resultados de las 15 muestra de arena zarandeada para mezcla asfáltica analizadas y su promedio estadístico..... | 82 |
| Tabla 51. Curva granulométrica estadística – Arena zarandeada para asfalto..... | 83 |
| Tabla 52. Resultados de las propiedades de los agregados para base granular..... | 84 |
| Tabla 53. Resultados de las propiedades de los agregados carpeta asfáltica..... | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Título | Págs. |
|--|--------------|
| Figura 1. Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible). | 6 |
| Figura 2. Rango granulométrico para subbase y bases granulares, gradaciones A y B..... | 14 |
| Figura 3. Rango granulométrico para subbase y bases granulares, gradaciones C y D..... | 15 |
| Figura 4. Grafico para determinación Límite líquido..... | 16 |
| Figura 5. Determinación Límite plástico..... | 17 |
| Figura 6. Grafica de plasticidad del SUCS..... | 22 |
| Figura 07. Prueba de los ángeles, para determinar el grado de abrasión..... | 26 |
| Figura.8. ubicación geográfica dela investigación..... | 38 |
| Figura 9. Acopio de agregados para base granular y carpeta asfáltica, Cantera Rio Cañete..... | 43 |
| Figura 10. Curva granulométrica, Anexo B - M1..... | 58 |
| Figura 11. Diagrama de Fluidez, Anexo B - M1..... | 58 |
| Figura 12. Diagrama de contenido óptimo de humedad VS densidad seca, Anexo B - M1..... | 60 |
| Figura 13. Diagrama penetración de CBR, Anexo B - M1..... | 62 |
| Figura 14. Diagrama penetración vs carga aplicada, Anexo B - M1..... | 63 |
| Figura 15. Curva Granulométrica Estadística- Gradación B base granular – cantera Rio Cañete, Anexo B | 67 |
| Figura 16. Curva Granulométrica agregado grueso para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B | 68 |
| Figura 17. Curva Granulométrica Estadística- Gradación agregado grueso o piedra para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B | 74 |
| Figura 18. Curva Granulométrica Gradación agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B | 76 |
| Figura 19. Diagrama de fluidez (malla N°40) del agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B | 77 |
| Figura 20. Diagrama de fluidez (malla N°200) del agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B | 78 |
| Figura 21. Curva Granulométrica – Estadística Gradación de arena chancada para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B | 81 |
| Figura 22. Curva Granulométrica – Estadística Gradación de arena zarandeada para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B | 83 |
| Figura 23. Secciones típicas del pavimento flexible carretera Cañete - Lunahuaná | 87 |

LISTA DE ABREVIACIONES

AASHTO: American Asociación off State Highway and Transportation Officials

AMAAC: Asociación Mexicana De Asfalto

CBR: California Bearing Ratio

EG: Especificaciones Generales

ICG: Instituto de la Construcción y Gerencia

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

RESUMEN

El estudio se realizó en la carretera Cañete – Lunahuaná, Provincia de Cañete Departamento de Lima, donde se planteó ¿cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del pavimento flexible? y sus objetivos principales son evaluar las propiedades físicas del pavimento flexible de la carretera en mención. Los objetivos principales son: a) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que conforman la base y b) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que componen la carpeta asfáltica, el procedimiento realizado es recolección de muestras, llevadas al laboratorio para luego ser sometidas a ensayos que nos permitió determinar sus propiedades; De los resultados encontrados se puede mencionar que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumple con los requerimientos necesarios para conformar las capas estructurales de base granular y carpeta asfáltica de la carretera Cañete – Lunahuaná y las conclusiones son: que las propiedades físicas y mecánicas del agregado para base y carpeta asfáltica, cumplen con los requisitos y parámetros establecidos en el manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito; El método empleado es cuasi experimental.

Palabras claves: propiedades físicas y mecánicas de los agregados en pavimentos flexibles.

ABSTRACT

The study was conducted in the highway Cañete - Lunahuana, province of Cañete Department of Lima, where arose as to what are the physical and mechanical properties of flexible pavement? and its main objectives are assess the physical properties of the flexible of the mention of road pavement. The main objectives are: a) to determine the physical and mechanical properties of the aggregates that form the basis and b) to determine the physical properties and mechanical of aggregates which make up the asphalt, the procedure performed is collection of samples, taken to the laboratory to be then subjected to trials that allowed us to determine their properties; Result found it may be mentioned that the physical and mechanical properties of aggregates complies with the requirements necessary to form the structural layers of base granular and asphalt of the highway Cañete - Lunahuana and conclusions are: that the physical and mechanical properties of the aggregate for base and asphalt, comply with the requirements and parameters established in the design of paved roads in low-volume manual of traffic; The method used is quasi-experimental.

Key words: physical and mechanical properties of aggregates in resilient floorcoverings

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país, cuyo desarrollo está íntimamente ligado a sus medios de comunicación, especialmente en lo concerniente a su red vial, se enfrenta al problema de mejorar y conservar la calidad de su infraestructura vial.

Las ciudades de Cañete y Lunahuaná en procura de un proceso de transformación y adaptación que le permita facilitar su crecimiento y proyección futura, se ha propuesto la ejecución de su infraestructura vial, como parte trascendental de este cambio y dada la importancia de las vías de comunicación en el desarrollo y progreso de una sociedad.

El diseño de pavimentos es una disciplina de la ingeniería civil que se encarga de la determinación de los espesores y de las características físico mecánicas que deben tener los materiales que componen la estructura de una vía para que sea capaz de soportar las cargas del tráfico y ambientales a los que será sometida durante un determinado periodo de tiempo.

Para la ejecución de esta obra de magnitud considerada, se requiere de grandes volúmenes de materiales. Para base granular y carpeta asfáltica, estos son extraídos de cantera "Rio Cañete", la cual se encuentra dentro del área donde se ejecuta la red vial.

Como en nuestro país los pavimentos flexibles se deterioran rápidamente se planteó el siguiente problema de investigación ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete – Lunahuaná?; cuya hipótesis es: Las propiedades físicas y mecánicas del pavimento flexible de la carretera Cañete - Lunahuaná, depende de la calidad y resistencia de los agregados.

La justificación de este estudio es determinar la calidad y resistencia los agregados ya que estos forman parte de la estructura de un pavimento en más de un 95%. Determinando las propiedades físicas y mecánicas de los agregados obtendremos una buena calidad en resistencia y duración del pavimento flexible. Para que el estudio cumpla con los requisitos de las especificaciones del proyecto y las normas del MTC, se regió muestras extraídas de la cantera Rio Cañete y se pudo observar que cumple con las especificaciones recomendadas en el proyecto y los requisitos del MTC.

Los alcances de la investigación es aportar con los parámetros más importantes en la selección y evaluación de los materiales en las propiedades físicas y mecánicas como son: granulometría, índice de plasticidad, equivalente de arena, chatas planas y alargadas y caras fracturadas; proctor, CBR, absorción y dureza.

Los objetivos planteados en la siguiente investigación son:

a).- Determinar las propiedades físicas y mecánicas e los agregados que conforman la base; b).- Determinar las propiedades físicas y mecánicas que conforman la carpeta asfáltica.

En el Capítulo I introducción : pregunta principal, hipótesis, justificación y objetivos; Capítulo II: se describe las teorías, conceptos y definiciones que es el soporte y fundamento de nuestra investigación, indicando los métodos y materiales realizados en la elaboración de los ensayos correspondientes a la base granular y carpeta asfáltica, Capítulo III, ubicación y tiempo en que se realizó la investigación, métodos de análisis y procedimientos para la obtención de resultados; Capítulo IV procedimientos realizados; obtención de resultados finales de la investigación que nos permitió determinar si su aporte a brindar depende mucho de su calidad y resistencia, además de su comparación con muestras patrón (Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito - MTC) con el fin de establecer si sus propiedades y características físicas y mecánicas se encuentran dentro del rango permisible para su utilización como base granular y carpeta de rodadura del pavimento flexible.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

2.2.2. Internacionales.

Sostiene, Rico, (1996). Que las especificaciones de pavimentos y materiales utilizados están normalizadas por el instituto nacional de vías, INVIAS, entre los requisitos más importantes que exigen a los materiales para base y carpeta de rodadura para pavimento flexible son.

La fracción gruesa debe ser producto de trituración mecánica. La exigencia usual es que al menos la mitad de las partículas mayores a 4.75mm. (Tamiz N°04) presenten una cara fracturada mecánicamente.

El material debe encajar dentro de una franja granulométrica que permita obtener una alta densidad.

El desgaste del material en la máquina de los Ángeles no puede superar el 40%.

El equivalente mínimo de arena aceptable es de 30%.

El nivel de compactación en el terreno de esta capa debe ser por lo menos igual a la máxima del ensayo proctor modificado (INV E-142). Para dicha densidad, el CBR del material debe ser de cuando menos 80%.

Indica, Ugarte, (2003), que Los materiales que constituyen los agregados, tanto la fracción gruesa como fina, deberán ser resistentes, duros, durables, limpios y libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas o alargadas, así como de arcilla u otro material inconveniente.

El agregado grueso podrá estar constituido por roca triturada, grava triturada o por una mezcla de ambos materiales.

Ugarte, (2002) que las Especificaciones Generales de Construcción en Costa Rica 2002, se establece que los materiales deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Pérdida por abrasión, AASHTO T-96 35, máximo

Índice de durabilidad, AASHTO T—210 35, mínimo

Partículas con una o más caras fracturadas como producto de la trituración (retenido Malla No.4) FLH T-507 50%, mínimo

Terrones de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 3%, mínimo;
Sanidad utilizando sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T-104 15%, máximo

El agregado fino deberá estar constituido por arena manufacturada por trituración, arena natural, o por mezcla de ambos materiales y deberá cumplir los siguientes requisitos:

Índice de durabilidad, AASHTO T-210 35, mínimo

Equivalente de arena, AASHTO T-176, método de arbitraje 75, mínimo
Libre de materia orgánica o impurezas, según ensayo AASHTO T-21

Terrones de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 3%, mínimo

Sanidad utilizando sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T-104 15%, máximo

En cuanto a la procedencia de los agregados se prefieren los obtenidos por Trituración.

La granulometría de los agregados debe ser continua, estable y densa.

2.1.2. Nacionales.

Brazzi, (2000) En la mayor parte del territorio nacional existen bancos de agregados que satisfacen los requisitos mencionados por las especificaciones técnicas generales para carreteras. En algunos casos particulares se dificulta obtener agregados que cumplan los valores de desgaste e intemperismo requeridos, por lo que se debe realizar un estudio de costo-beneficio para definir si es conveniente transportar los agregados de mayores distancias, o si es necesario utilizar los agregados locales y generar especificaciones particulares que permitan obtener una aceptable calidad de la mezcla considerando estas deficiencias, Las características de caras fracturadas, forma de la partícula y angularidad del agregado fino están asociadas al equipo de trituración, por lo que se debe contar con apropiados equipos para este fin.

En la carretera Patahuasi – Yauri- Sicuani, tramo San Genaro – El Descanso, Km. 11+096.00 – Km. 42+860.00, Para la construcción de base granular se emplearon materiales de canteras de cero, obtenidas mediante

proceso de trituración mecánica de rocas. De las cuales los agregados presentaron características resistentes y durables, sin exceso de partículas, planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrenos de arcilla u otras sustancias perjudiciales, además de cumplir con una granulometría continua y bien gradada (sin inflexiones notables).

Carretera: Huancayo – Imperial - Pampas – Churcampa Sector: km 43+480 –km 43+980, durante el periodo de ejecución se determinó que el tipo de suelo de fundación pertenece aun un tipo de suelo grava arcillosa GC/A-2-4(0), de su evaluación de los agregados utilizados provenientes canteras de cero, obtenidas mediante proceso de trituración mecánica de rocas. De las cuales los agregados presentaron características resistentes y durables, sin exceso de partículas, planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrenos de arcilla u otras sustancias perjudiciales, además de cumplir con una granulometría continua y bien gradada (sin inflexiones notables), cumpliendo las normas del DCG (2000).

Carretera: Cuñumbuque –San José de Sisa Sector: km 20+000 Carretera: Tarapoto – Juanjui Sector: Yacatina km 26+500

Tipo de Superficie : Base tipo grava arcillosa del tipo GC / A-2-4(0)

Fuente de extracción: bancos o lechos de Rio

Características de los materiales utilizados:

CBR Valor mínimo (AASHTO-T-193) mayor al 85%

Abrasión Máxima “Los Ángeles” (AASHTO T-96) igual al 45%

Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90)

Limite Liquido Máximo, igual al 25%

Índice de Plasticidad Máximo, igual al 4%; de los cuales se concluye que cumple con los parámetros establecidos.

2.2. Bases teóricas.

2.2.2. Pavimento Flexible

Rico y del castillo (1984), citan que sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que están constituidos por una serie de capas denominadas de arriba abajo, superficie de rodadura o capa asfáltica, base granular y sub base granular asentada sobre una subrasante nivelada y compactada mínimo al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito. Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

Resistencia estructural, Deformabilidad, Durabilidad, Costo, Requerimientos de conservación y Comodidad.

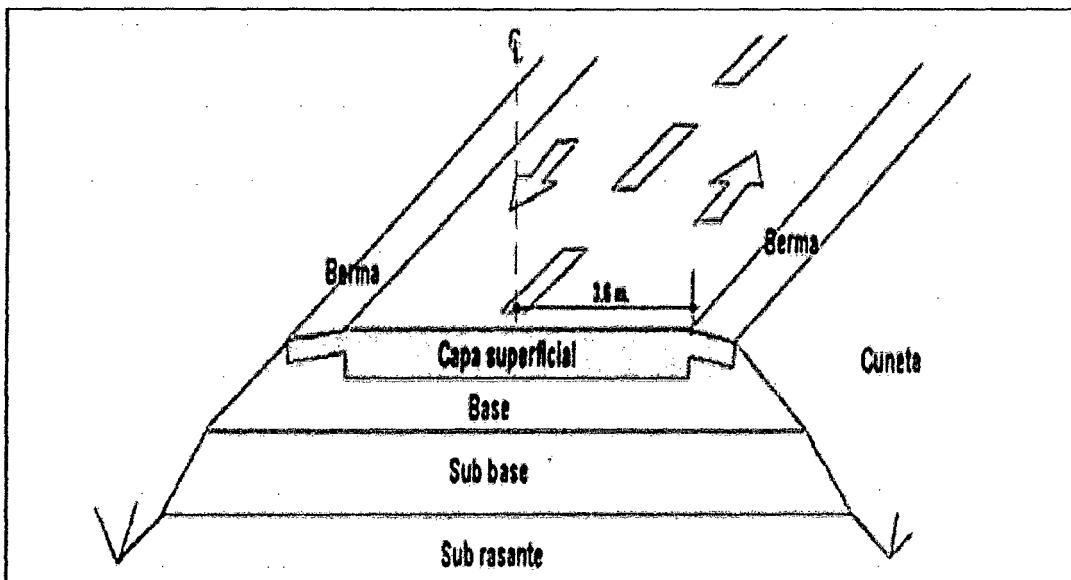


Figura 1. Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).

Fuente: Del Castillo, 1996

A. Subrasante

El estudio de la fundación debe realizarse como en el caso de capa de rodamiento, base y subbase: en las condiciones más críticas de servicio. Generalmente los procedimientos y ensayos que se utilizan para el estudio de la subrasante son los mismos que se utilizan para los materiales de subbase y base cuando no tienen cimentación.

El punto fundamental es conocer el grado de compactación y porcentaje de humedad que va a tener en obra y hacer los ensayos en estas condiciones. Una buena densificación de la subrasante es fundamental para lograr un buen comportamiento de toda la estructura, evitando así el posterior asentamiento por consolidación.

En el caso de pavimentos rígidos la uniformidad de la subrasante presenta una importancia ulterior, como es explicado más adelante, (Olivera, 1994).

B. Base granular.

Montejo (1998), las bases granulares es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos, es decir, es estructuralmente la capa más importante de un pavimento flexible por su cercanía con la capa de rodadura. Su función principal es resistir los esfuerzos inducidos por los vehículos y dar un soporte homogéneo a la superficie de rodamiento, transmitiendo a las capas inferiores que soportan (sub- base y subrasante) una mínima porción de la carga. Es semirrígida, que puede ser granular estabilizada o asfáltica.

Las cualidades que debe poseer un material de base son:

Presentar una granulometría que impida la segregación y además debe presentar por rozamiento interno una buena resistencia a esfuerzos; Estar constituido por partículas duras y resistentes a los esfuerzos a soportar.

La presencia de finos debe de ser mínima y en caso de existir deben cumplir las exigencias a este respecto.

La estabilidad mecánica debe de ser independiente de las condiciones climáticas y del contenido de agua; Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura; No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.

Presentar alto grado de compactación

El porcentaje de desgaste, según el ensayo "Los Ángeles", debe ser inferior a 45%.

La fracción del material que pase del tamiz # 40, ha de tener un límite líquido menor del 25% y un índice de plasticidad inferior a 6, La fracción que pasa el tamiz # 200, no podrá exceder de 1/2 y en ningún caso de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz # 40. El CBR tiene que ser superior a 50%.

1. Propiedades mecánicas.

Todas estas cualidades descritas anteriormente, están relacionadas con las propiedades mecánicas de los agregados: una alta resistencia, rigidez y durabilidad ante las cargas sometidas y factores externos.

a. Resistencia de materiales granulares.

Una de las principales características que catalogan un material granular como óptimo para su utilización como base granular para pavimento flexible es la capa que proporciona un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas, (Montejo, 1998).

Para que el material pueda ofrecer una buena resistencia debe presentar una serie de propiedades como una buena composición de partículas, es decir, que la base este conformada con partículas de diversos tamaños y con una forma apropiada para que se genere una trabazón y un gran rozamiento interno, en general que sea un material friccionante, ya que esta cualidad garantizara en gran medida la resistencia estructural adecuada. Hay algunas características de los materiales que dependen de procesos de fabricación como la trituración, que define la forma final de las partículas, y el cribado, que permite satisfacer los requisitos granulométricos, (Acosta y Macías, 2006).

b. Rigidez de los materiales granulares.

Cuando un material de base para pavimento flexible va hacer sometido a cargas es necesario que este no se fracture o se rompa ya que esto va a provocar que la composición de tamaños de las partículas exigida se vea afectada y cambie, haciendo que la estructura se comporte de manera diferente y posiblemente desfavorable ya que no ofrecerá la misma capacidad de soporte inicial, por tales razones el material debe de ser rígido. (Menéndez, 2013)

Es implícito decir que un material es rígido cuando tiene una resistencia al desgaste baja, propiedad que se ve favorecida si las partículas tienen una forma apropiada, es decir , ni muy alargadas ni muy aplanadas, así como por su porosidad y fracturamiento, (Acosta y Macías, 2006).

c. Durabilidad de capas granulares.

La durabilidad de una capa granular está dada por la conservación de sus propiedades físicas y mecánicas tales como resistencia al desgaste por carga abrasiva y ante la acción de sulfatos, así como la preservación de las proporciones en su distribución granulométrica. Pero cuando se estudien los materiales granulares, y se aprueba su utilización mediante las normas vigentes no se está teniendo en cuenta que esos materiales en su vida útil se van a comportar diferente a como se estima que se comportaron en todos los estudios realizados en el laboratorio, sobre todo porque los materiales granulares sufren cambios, como lo discuten muchos autores causados por la acumulación de esfuerzos, en cuya situación se forman cadenas de esfuerzos y las partículas que participan en estas sufren fracturamiento. Todo esto implica que los materiales van a cambiar sus características físicas y mecánicas y que un ensayo común no puede describir de manera real como se comporta el material granular al final de su periodo de servicio, porque no simula lo que realmente ocurre al aplicarle la carga, (Acosta Y Macías, 2006).

2. Propiedades físicas.

Para verificar la calidad de un determinado banco de materiales, estos deben ser sometidos a ensayos de suelos, debiendo cumplir con las especificaciones técnicas siguientes, tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de los materiales para base

| Tipo De Ensayo | Base |
|--|-------------|
| CBR Valor mínimo (AASHTO-T-193) | 80% |
| Abrasión Máxima "Los Ángeles" (AASHTO T-96) | 45% |
| Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90) | |
| Límite Líquido Máximo | 25% |
| Índice de Plasticidad Máximo | 4% |

Fuente: MTC (2010)

a. Agregado grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características; tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos Granulométricos del Agregado Grueso de la Base Granular.

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos | |
|---|-----------|------------|--------------|----------------------|-----------------------------|
| | | | | < Menor de 3000 msnm | ≥ Mayor o igual a 3000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80% min | 80% min. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 40% min. | 50% min. |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx. | 40% máx. |
| Partículas Chatas y Alargadas (1) | MTC E 221 | D 4791 | | 15% máx. | 15% máx. |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | D 1888 | | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Pérdida con Sulfato de Sodio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | - | 12% máx. |
| Pérdida con Sulfato de Magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | - | 18% máx. |

Fuente: sección 305 de las EG- Vigentes del MTC

(1) La relación a emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud)

b. Agregado fino

Se denominará así a los materiales que pasan la malla N° 4, que podrá provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos, tabla 3.

Tabla 3. Requerimientos Agregado Fino de la Base Granular.

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|------------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| | | < 3 000 m.s.n.m. | > 3 000 m.s.n.m. |
| Índice Plástico | MTC E 111 | 4% máx. | 2% máx. |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 35% mín. | 45% mín. |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,55% máx. | 0,5% máx. |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | 35% mín. | 35% mín. |

Fuente: sección 305 de las EG- Vigentes del MTC

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que se produzca deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

El material de Base deberá cumplir además con las siguientes características físico- mecánicas y químicas que se indican a continuación; tabla 4.

Tabla 4 .Requerimientos granulométricos para base granular

| Material o Producto | Propiedades y Características | Método de Ensayo | Norma ASTM | ASTM Norma AASHTO | Lugar de Muestreo |
|----------------------|--|------------------|------------|-------------------|-------------------|
| Base Granular | Granulometría | MTC E 204 | D 422 | T 88 | Cantera |
| | Límite Líquido | MTC E 110 | D 422 | T 89 | Cantera |
| | Índice de Plasticidad | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | Cantera |
| | Desgaste Los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | Cantera |
| | Equivalente de Arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | Cantera |
| | Sales Solubles | MTC E 219 | D 1888 | | Cantera |
| | CBR | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | Cantera |
| | Partículas Fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | Cantera |
| | Partículas Chatas y Alargadas | MTC E 221 | D 4791 | | Cantera |
| | Pérdida en Sulfato de Sodio / Magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | Cantera |
| | Densidad – Humedad | MTC E 115 | D 1557 | T 180 | Pista |
| | Compactación | MTC E 117 | D 1556 | T 191 | Pista |
| | | MTC E 124 | D 2922 | T 238 | |

Fuente: sección 305 de las EG- Vigentes del MTC (2008)

3. Ensayos requeridos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de base.

Las muestras deben ser preparadas para someterlas a diferentes ensayos, dependiendo su función; tabla 5.

Tabla 5. Ensayos de laboratorio requeridos para material de base

| Ensayos | Norma |
|--|-----------------------------|
| Análisis Granulométrico por tamizado | ASTM D 422 – MTC E 204 |
| Limites de consistencia | ASTM D 4318 – MTC E 210-211 |
| Equivalente de arena | ASTM D 2419 |
| Abrasión | ASTM C 131 – MTC E 207 |
| Proctor modificado | ASTM D 1557 – MTC E 115 |
| CBR | ASTM C 1883 – MTC E 132 |
| Porcentaje de caras fracturadas | ASTM D 4791 – MTC E 221 |
| Porcentaje de partículas chatas y alargadas | ASTM C 5821 – MTC E 210 |
| Contenido de impurezas orgánicas | |
| Contenido de sales solubles | |

Fuente: ICG (2001).

A. Granulométrica de Base Granular

El material para la base, puede ser de grava o piedra triturada, consistirá de partículas duras y durables, o fragmentos de piedra o grava y un rellador de arena u otro material partido en partículas finas. La porción de material retenido en el tamiz No. 4, será llamado agregado grueso y aquella porción que pasa por el Tamiz No. 4, será llamado agregado fino. El material de tamaño excesivo que se haya encontrado en depósitos de los cuales se obtiene el material para la capa de base, será retirado por tamizado o será triturado, hasta obtener el tamaño requerido. No menos del 75% en peso de las partículas del agregado grueso triturado, retenido en la malla 3/8", deberán tener dos caras fracturadas o forma cúbica angulosa. Para cumplir con este requisito la grava será tamizada antes de ser utilizada, (Minaya, 2011)

El material que se utilizará para la conformación de la Base granular, deberá ajustarse a cualquiera de las bandas o husos granulométricos especificados. De acuerdo con este requerimiento el Contratista deberá seleccionar el tipo de graduación a utilizar, proponiéndola a la Supervisión para su aprobación, figura 2 y 3

Las canteras a usar serán las indicadas en el expediente técnico o las que ordene el Supervisor en Campo.

El material compuesto para la base debe estar libre de material vegetal o

terrones. Presentará en lo posible una granulometría lisa, continua y bien graduada.

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados:

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según uno de los requisitos granulométricos que se indican la tabla 6.

Tabla 6. Requerimientos Granulométricos de la Base Granular.

| Tamiz | Porcentaje que pasa en Peso | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm (2") | 100 | 100 | - | - |
| 25 mm (1") | - | 75 - 95 | 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/8") | 30 - 65 | 40 - 75 | 50 - 85 | 60 - 100 |
| 4.75 mm (N° 4) | 25 - 55 | 30 - 60 | 35 - 65 | 50 - 85 |
| 2.0 mm (N° 10) | 15 - 40 | 20 - 45 | 25 - 50 | 40 - 70 |
| 4.25 µm (N° 40) | 8 - 20 | 15 - 30 | 15 - 30 | 25 - 45 |
| 75 µm (N° 200) | 2 - 8 | 5 - 15 | 5 - 15 | 8 - 15 |

Fuente: ASTM D 1241.

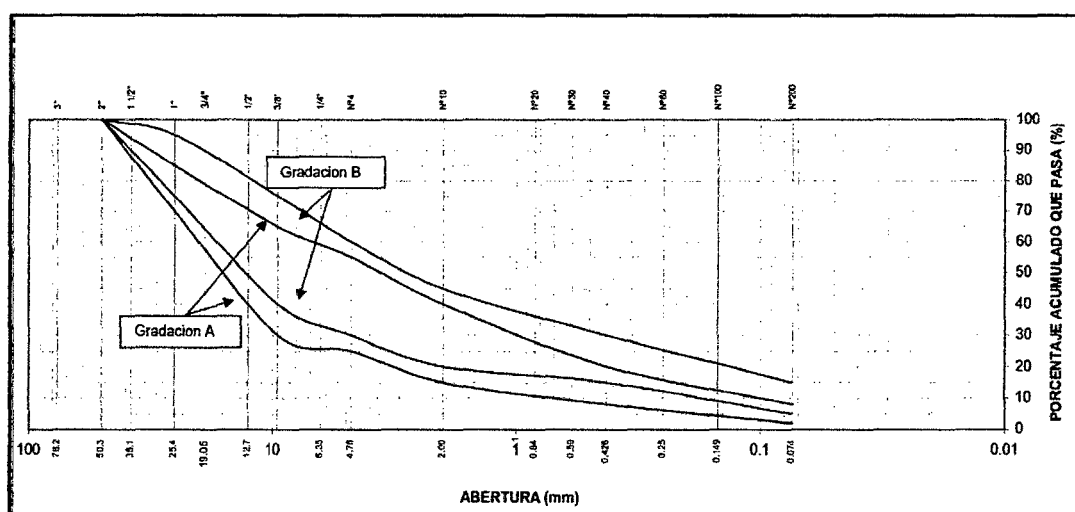


Figura 2. Rango granulométrico para subbase y bases granulares, gradaciones A y B

Fuente: Minaya, 2011

La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

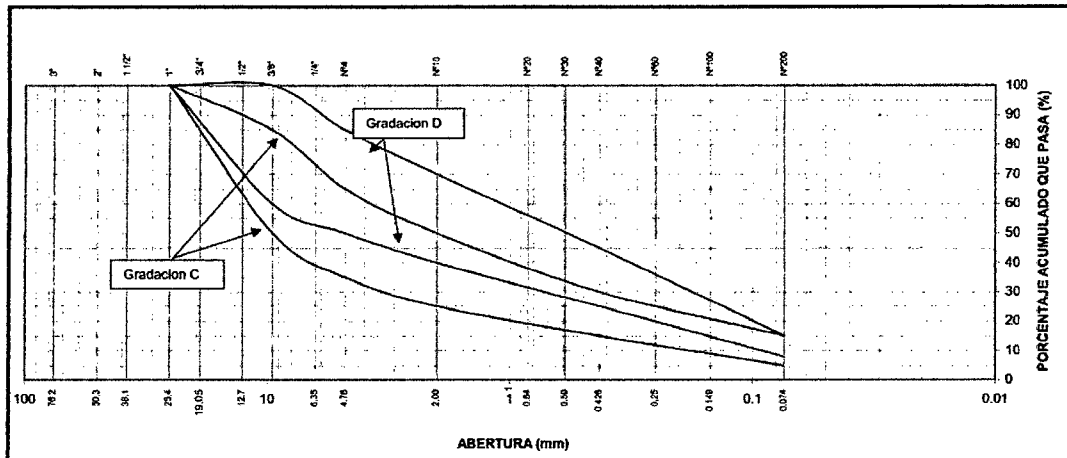


Figura 3. Rango granulométrico para subbase y bases granulares, gradaciones C y D
Fuente:(Minaya, 2011)

Además de los requisitos de calidad que deben tener el agregado grueso y fino, el material de la mezcla de los agregados de estar libre de terrones de arcilla y se aceptara como máximo en un por ciento de (1%) de partículas deleznable según el ensayo MTC E -212. tampoco deberá contener materia orgánica u otros materiales deletéreos.

B. Límites de Consistencia (Atterberg)

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Son ensayos de laboratorios normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico, (Almonte, 1986)

Límite Líquido.

Limite Plástico.

Limite de Contracción.

1. Límite Líquido

Es el contenido de agua del material en el límite superior de su estado plástico. Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se

deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido, (Almonte, 1986)

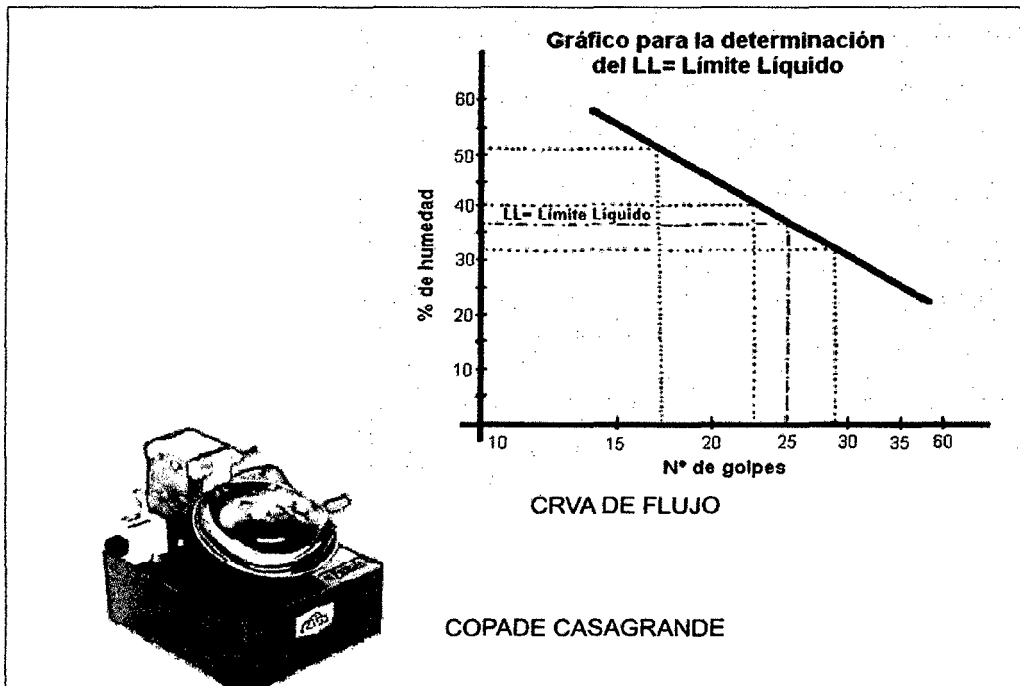


Figura 4. Grafico para determinación Límite líquido.

Fuente: Almonte (1986).

2. Límite Plástico.

Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en porcentaje del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm de diámetro, (Almonte, 1986)

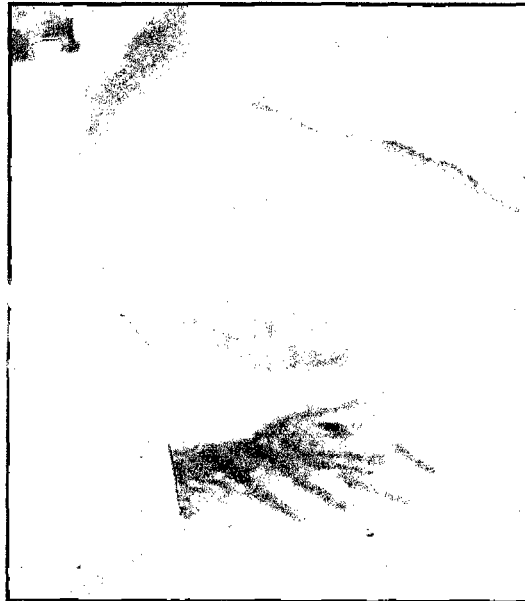


Figura 5. Determinación Límite plástico.

Fuente: Almonte (1986)

3. Índice de Plasticidad

Es un parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de arcilla presente en el suelo, por otra: Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP > 10 \text{ plástico.}$$

$$IP = LL - LP < 10 \text{ no plástico.}$$

Valores Menores de 10 indican baja plasticidad, y valores cercanos a los 20 señalan suelos muy plásticos. (Almonte, 1986); tabla 7

Tabla 7. Características del índice de plasticidad.

| Índice de plasticidad | Características |
|-----------------------|---------------------------|
| IP>20 | Suelos muy arcillosos |
| 20>IP>10 | Suelos arcillosos |
| 10>IP>4 | Suelo poco arcillosos |
| IP=0 | Suelos exentos de arcilla |

Fuente: EG (2000).

Se debe de tener en cuenta que, en un suelo en contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

C. Clasificación de suelos.

Menéndez,(2013); Para la clasificación de suelos en carreteras se suelen emplear dos sistemas: sistema AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS. El sistema SUCS se utiliza con mayor frecuencia en suelos y, por ende para la clasificación del material de subrasante, mientras que el sistema de clasificación AASHTO es utilizada con frecuencia para la clasificación de materiales de subbase y base, sin embargo es recomendable reportar los resultados en ambos sistemas.

i. Sistema SUCS

El sistema de clasificación de suelos SUCS, permite que se clasifiquen los suelos en función de sus propiedades de ingeniería, incluyendo resistencia, permeabilidad y compresibilidad. Para utilizar este sistema se requiere conocer el límite líquido, plástico y la gradación de suelo.

En este método al suelo se le asigna un símbolo de grupo de dos letras y un nombre de grupo. Los tres tipos básicos de suelos y los símbolos de grupos que se incluyen en cada tipo de suelo son:

Gravas: GP, GW, GM y GC,

Arenas: SP, SW, SM y SC, y

Limos y arcillas: ML, CL, CH, MH, OH, y OL.

En el sistema SUCS, no hay distinción directa entre limos y arcillas, aunque las partículas de arcilla son más pequeñas que las partículas de limo y son mineralógicas diferentes de partículas de limo.

Limos y arcillas se distinguen indirectamente en el sistema SUCS mediante los límites de consistencia. Aunque seis símbolos de grupos no figuran en limos y las arcillas los últimos tres símbolos (MH, OH, y OL) son relativamente poco frecuentes.

Cada símbolo de grupo tiene dos letras. La primera letra describe el tipo de suelo como sigue:

G = grava;

S= arena;

M= limo (lodo);

C=arcilla, y

O= organica.

La letra carta es un modificador que proorciona descripcion adicional del suelo:

P= pobremente graduado

W= bien calificado;

M= limoso;

C= arcilloso

L= baja plasticidad (magra), y

H= alta plasticidad (grasa)

Además del simbolo de grupo, acada suelo se le asignan un nombre de grupo, que ademas modifica y describe el suelo, tabla 8

Tabla 8. Clasificación de los suelos sistema SUCS

| Criterios para la Asignación de Nombres y Símbolos de Grupo de Uso de Pruebas de Laboratorio (a) | | Clasificación de Suelos | | |
|--|--|--|-----------------|---|
| | | Grupc Símbol | Nombre de grupo | |
| Gravas más de 50% de grueso fracción retenida N°04 | Gravas limpias menos de 5% finos | $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$ | GW | Grava bien graduada |
| | | $C_u \leq 4$ y $1 \geq C_c \geq 3^e$ | GP | Grava pobremente graduada |
| | Gravas limpias menos de 12% finos (c) | Finos clasifican como ML o MH | GM | Grava limosa ^{f,g,h} |
| | | Finos clasifican como CL o CH | GC | Arena Bien Gradada ⁱ |
| Arenas más de 50% pasante tamiz N°04 | Arenas limpias menos del 5% de finos (d) | $C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$ | SW | Mal Clasificados Arena ⁱ |
| | | $C_u \leq 6$ y $1 \geq C_c \geq 3^e$ | GP | Grava limosa ^{f,g,h} |
| | Arenas limpias menos del 12% de finos (d) | Finos clasifican como ML o MH | GM | Grava limosa ^{f,g,h} |
| | | Finos clasifican como CL o CH | GC | Grava Arcillosa ^{f,g,h} |
| Limos y Arcillas LL<50% | Inorgánicas | IP>7 en o sobre la línea "A" (j) | CL | Lean Magro ^{k,l,m} |
| | | IP<7 en o sobre la línea "A"(j) | ML | Limo ^{k,l,m} |
| | Orgánica | (LL secado al horno/LL sin secar) < 0.75 | OL | Arcilla Organica ^{k,l,m,n} limo Organico ^{k,l,m,o} |
| Limos y Arcillas LL>50% | Inorgánicas | IP en o sobre la línea "A" | CH | Grasa de arcilla ^{k,l,m} |
| | | IP en o sobre la línea "A" | MH | Elástico limo ^{k,l,m} |
| | Orgánica | (LL secado al horno/LL sin secar) < 0.75 | OH | Limo orgánica ^{k,l,m,p} |
| Suelos Altamente Orgánicos Fibrosos | La materia prima orgánica, de color oscuro y de color orgánico | Pt | Turba y Muskeg | |

Fuente: Menéndez (2013)

Notas.

- Basado en el material que pasa el tamiz de 75µm
- Si la muestra de campo tiene bolones y/o canto rodado
- Grava con un 5 -12% de finos requieren dos símbolos:
 GW- GM bien grava graduada con limo
 GW- GC bien grava graduada con arcilla
 GP- GM poco de grava graduada con limo.
 GP- GC poco de grava con arcilla.

- d. Arenas con 5 -12% de finos requieren dos símbolos;
 Arenas SW – SM bien graduada con limo.
 SW –SC arena bien graduada con arcilla
 SP –SM mal clasificado arena con limos.
 SP- SC mal clasificado arena con arcilla.
- e. Ver ensayo granulométrico.
- f. Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de arena, añadir con arena al nombre del grupo
- g. Si los finos clasifican como CL – ML, de doble uso símbolo GC- GM, SC- SM
- h. si los finos son orgánicos añadir “con finos orgánicos” a nombre del grupo.
- i. Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de grava, añadir “con grava” a nombre del grupo.
- j. Si el límite líquido y el índice de plasticidad caen en el área rayada en la carta de plasticidad, el suelo es un CL –ML, arcilla limosa (ver figura 05)
- k. Si el suelo contiene 15- 29% mayor a N° 200, añadase “ de arena “ o “con grava”, según sea la predominante.
- l. Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor N° 200, en su mayoría de arena, agregue “arena” a nombre de grupo
- m. Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor N° 200, predominantemente grava, añadir “grava” a nombre del grupo.
- n. $IP \geq 4$ y en o por encima de línea “A”, (ver figura 05)
- o. $IP < 4$ por debajo de la línea “A”, (ver figura 05)
- p. IP encima de línea “A”, (ver figura 05)
- q. IP por debajo de línea “A”, (ver figura 05)

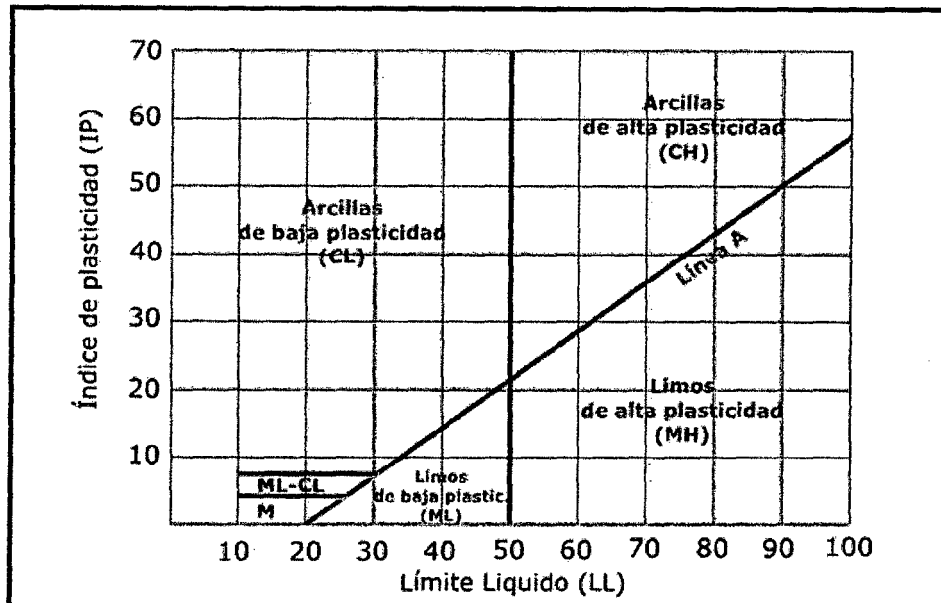


Figura 6. Grafica de plasticidad del SUCS.

Fuente: Menéndez (2013)

ii. Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema se usa principalmente en carreteras. Este sistema da un indicativo de la calidad del material para ser empleado como subrasante o base granular, emplea una medida numérica de la calidad del suelo llamada índice de grupo IG.

El Sistema De Clasificación AASHTO, clasifica los suelos a partir de los resultados del ensayo granulométrico, el límite líquido y el límite plástico. Estos resultados se ingresan a las tablas siguientes buscando cuál de las clasificaciones corresponde a los resultados de laboratorio. adicionalmente se calcula el índice de grupo mediante la siguiente expresión.

$$IG = (F - 35) * [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10).$$

Donde: IG = índice de grupo; F = % que pasa la malla N° 200; LL = límite líquido; IP = índice de plasticidad.

Tabla 9. Clasificación de los suelos AASHTO M -145

| Clasificación General | Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla N° 200) | | | | | | Materiales Finos (Más del 35% pasa la malla N° 200) | | | | | |
|--|--|---------|------------|--------------------------------------|---------|---------|---|----------------|---------|-------------------|---------|---------|
| Clasificación por grupo | A-1 | | A-3 | A-2 | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | | |
| | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | A-7-5 | | |
| | | | | | | | | | | A-7-6 | | |
| Granulometría % más fino: | | | | | | | | | | | | |
| malla N° .10 | 50 máx. | | | | | | | | | | | |
| malla No. 40 | 30 máx. | 50 máx. | 50 min. | 51 min | | | | | | | | |
| malla No. 200 | 15 máx. | 25 min | 25 máx. | 10 máx. | 35 Max | 35 máx. | 35 Max | 36 máx. | 36 máx. | 36 máx. | 36 máx. | |
| Características del material menor | 6 máx. | | NP | | | | | | | | | |
| que No. 40: límite líquido, | | | | 40 máx. | 41 máx. | 40 máx. | 41 máx. | 40 máx. | 41 máx. | 40 máx. | 41 máx. | |
| índice de plasticidad | | | | 10 máx. | 10 máx. | 11 máx. | 11 máx. | 10 máx. | 10 máx. | 11 máx. | 11 máx. | |
| Índice de Grupo | 0 | | 0 | 0 | | | 4 | | 8 máx. | 12 máx. | 16 máx. | 20 máx. |
| Grupos comunes de los materiales constituyentes principales | Fragmentos de rocas, grava y arena | | Arena fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | |
| Apreciación general como subrasante | De excelente a buena | | | | | | De regular a pobre | | | | | |

Fuente: Menéndez (2013)

D. Ensayo relación esfuerzo densidad Proctor Modificado (ensayo de compactación)

Menéndez, (2011). La compactación es uno de los procedimientos básicos de la construcción que comprende la subrasante y base de los pavimentos. La compactación es el proceso de incrementar la cantidad de sólidos por unidad de volumen del suelo con técnicas mecánicas.

Este aumento de densidad tiene un efecto importante en el mejoramiento de las propiedades del suelo tales como resistencia, permeabilidad y comprensibilidad

En consecuencia, para una determinada energía de compactación existe un

contenido de humedad particular, en la cual la densidad seca es mayor y la compactación es mejor. Este contenido de humedad es el contenido óptimo de humedad, y la densidad seca asociada a la llamada máxima densidad seca (M.D.S)

E. Ensayo razón soporte california CBR.

Es una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración, para obtener un indicador de la resistencia del suelo: subrasante, subbase, base. El ensayo esencialmente mide la resistencia de corte de suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El CBR para el suelo es la relación obtenida al dividir el esfuerzo de penetración requerido para lograr que un pistón penetre en el suelo 0.10 pulgadas con un esfuerzo estándar de penetración de 1000 libras por pulgada cuadrada (psi) a una velocidad de 0.05 pul/min, (Menéndez .2011).

Tabla 10. Requerimientos CBR para Base Granular.

| Propiedad/ característica | valor |
|---|---|
| % pasa N° 200 / % pasa N° 30 | <60% |
| Valor relativo de soporte CBR, al 100% de la densidad seca máxima a 0.1" de penetración | Trafico ligero min. 80% Tráfico pesado min. 100% |
| Grado de compactación | Min. 100% |

Fuente: ICG, (Menéndez, 2013)

F. Equivalente de Arena

La prueba equivalente de arena se utiliza para determinar las propiedades relativas de la arcilla y polvo con los agregados finos.

Un valor equivalente de arena con alto o bajo contenido de arcilla, significa que hay "suciedad" en la superficie de los agregados y la presencia de estos puede reducir la adherencia del agregado con el asfalto, (Ordoñez, 2001); tabla 11.

Tabla 11. Características del equivalente de arena.

| Equivalente de Arena | Características |
|----------------------|---|
| Si EA >40 | El suelo no es plásticos de arena |
| Si 40 > EA >20 | El suelo es poco plástico y no heladizo |
| Si EA < 20 | El suelo es plástico y arcilloso |

Fuente: DG (2000)

G. Partículas chatas y Alargadas.

Se concideran partículas chatas y alargadas a aquellas cuya dimensión última es menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio.

H. Caras fracturadas.

Algunas especificaciones técnicas contienen requisitos relacionados al porcentaje del agregado grueso con caras fracturadas con el propósito de maximizar la resistencia al esfuerzo cortante con el incremento de la fricción entre las 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 al desplazamiento (movimiento) en el pavimento debido a que se entrelazan al ser compactadas. El mejor entrelazamiento se da generalmente, con las partículas bordes puntiagudos y de forma cubica, producidas casi siempre por trituración, (Ordoñez, 2011)

I. Desgaste Los Ángeles

Los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones altas. El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles, ATM C-131 ó AASHTO T-96 y ATM C-535, mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión, (este

método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados gruesos). La muestra a ensayar depende de la granulometría del material. Luego de completado el ciclo de desgaste en la máquina de los Ángeles, la muestra se saca y se pasa por la malla No. 12. El material retenido es el material resistente, el material pasante es el desgastado, (Almonte, 1986).

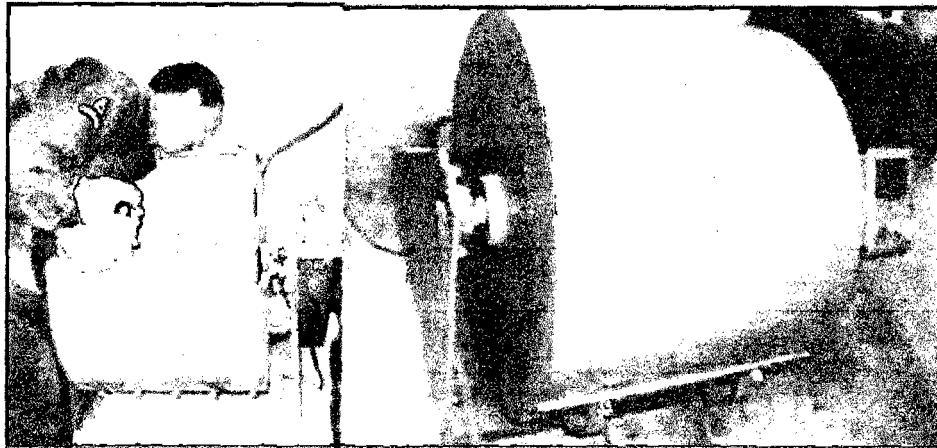


Figura 07. Prueba de los ángeles, para determinar el grado de abrasión.

Fuente: Garnica y Gómez (2002)

C. Carpeta Asfáltica.

Es una capa o un conjunto de capas que se colocan sobre la base y está constituida por material pétreo mezclado con algún producto asfáltico (cemento asfáltico, asfalto líquido, emulsión asfáltica).

La función principal de la carpeta, consiste en proporcionar al tránsito una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada.

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, las principales características que debe cumplir el pétreo son las siguientes:

- a) Un diámetro menor de una pulgada y poseer espesores en grados sucesivos adecuados.

b) Deberá tener cierta dureza para lo cual se le efectuarán los ensayos de Desgaste los Ángeles, intemperismo acelerado, densidad y durabilidad.

c) La forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, no debe usarse material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad, alterando la granulometría y puede provocar fallas en la carpeta, se efectúan pruebas de equivalente de arena ya que los materiales finos en determinados porcentajes no resultan adecuados.

d) La superficie de rodamiento debe tener capacidad para resistir el desgaste y los efectos abrasivos de los vehículos en movimiento y poseer suficiente estabilidad para evitar daños por la carga de tránsito.

Cuando la carpeta se construye con espesores mayores o iguales a 2,5 cm., se considera que contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.

Debido a que ésta es la parte que está mayormente expuesta al intemperismo y a la interacción directa con el tráfico, es la que se ve dañada más severamente y por lo que usualmente necesita con mayor frecuencia un cuidado especial y que generalmente cubren las distintas clases de mantenimiento.

1. Calidad de Agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente

Mineralogía

Los agregados usados en construcción de carreteras se obtienen de rocas naturales locales. Las rocas naturales se clasifican geológicamente en tres grupos dependiendo de su origen: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Otro tipo de agregados, algunas veces 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 utilizan en mezclas asfálticas en caliente. En la tabla 12 se resumen propiedades deseables de rocas para agregados utilizados en Mezclas Asfálticas en Caliente.

Tabla 12. Propiedades deseables de rocas para agregados utilizados en Mezclas Asfálticas en Caliente.

| Tipo de roca | Dureza/tenacidad | Resistencia al desprendimiento | Textura superficial | Forma fracturada |
|----------------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|
| Ígnea: | | | | |
| Granito | Regular | Regular | Regular | Regular |
| Sienita | Bueno | Regular | Regular | Regular |
| Diorita | Bueno | Regular | Regular | Regular |
| Basalto | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |
| Diabasa | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |
| gabro | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |
| Sedimentaria: | | | | |
| Caliza, dolomita arenisca | Pobre | Bueno | Bueno | Regular |
| chert | Bueno | Regular | Pobre | Bueno |
| lutita | Pobre | Pobre | Regular | Regular |
| Metamórfica: | | | | |
| Gneis | Regular | Regular | Bueno | Bueno |
| Esquisto | Regular | Regular | Bueno | Regular |
| Pizarra | Bueno | Regular | Regular | Regular |
| Cuarcita | Bueno | Regular | Bueno | Bueno |
| Mármol | Bueno | Bueno | Regular | Regular |
| Serpentina** | Bueno | Regular | Regular | Regular |

Fuente: Minaya (2001)

2. Propiedades Físicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente

Minaya (2011), una mezcla asfáltica está formada por dos elementos básicos que son: los agregados y el cemento asfáltico, para desarrollar y entender fácilmente el tema del Control de Calidad, se procede a retomar conceptos fundamentales de cada uno de esos elementos de una manera desglosada.

Los agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente son usualmente clasificados por tamaños en agregados gruesos, agregados finos, o filler mineral. ASTM define a los agregados gruesos como las partículas retenidas

en la malla N°4 (4.75 mm); y filler mineral como el material que pasa lamilla N°200 (75 µm) en un porcentaje mínimo de 70%.

Las especificaciones de agregados gruesos, finos, y filler mineral se dan en ASTM D-692, D-1073y D-242, respectivamente. Los agregados adecuados para su uso en Mezclas Asfálticas en Caliente se determinan evaluándolos para las siguientes características mecánicas:

Tamaño y gradación

Limpieza / materiales deletéreos

Tenacidad / dureza

Durabilidad / resistencia

Textura superficial

Forma de partículas

Absorción. Afinidad por el asfalto.

a. Limpieza

El ensayo de Equivalente de Arena, desarrollado por la California División of Highways descrito en ASTM D-2419 es un método para determinar la proporción relativa de polvo o arcilla en la porción de agregado que pasa la malla N°4.

b. Tenacidad y Resistencia a la Abrasión

Los agregados sufren desgaste abrasivo durante su construcción, colocación y compactación de mezclas asfálticas para pavimentos. Los agregados también están sujetos a abrasión por efecto de la carga de tránsito. Los agregados de la superficie requieren mayor tenacidad que los agregados de capas menores que reciben cargas disipadas.

El ensayo de abrasión de Los Ángeles mide el desgaste o resistencia a la abrasión del agregado mineral. El equipo y procedimiento se detallan en AASHTO T-96 y ASTM C-131.

El ensayo de prueba da rangos de 10% para rocas ígneas muy duras a 60% para calizas y areniscas. El máximo desgaste para agregados gruesos usados en carreteras de primera categoría con Mezclas Asfálticas en Caliente se limita el porcentaje de desgaste a 40% y otras agencias en 60%*. ASTM D-1073 no especifica el porcentaje máximo de pérdida por abrasión.

c. Durabilidad y Resistencia

Los agregados deben ser resistentes a la falla o desintegración por efectos del humedecimiento-secado y hielo-deshielo. El ensayo ASTM C-88 es una medida empírica que pretende indicar la durabilidad debido a variaciones del clima, no se encontraron registros históricos por ser una nueva fuente para evaluar agregados.

d. Forma y angulosidad.

La forma de las partículas del agregado grueso afecta fundamentalmente, al esqueleto mineral. Según su forma, las partículas pueden clasificarse en redondeadas, irregulares, angulares, lajosas, alargadas y alargadas -lajosas.

Las lajosas y alargadas-lajosas (agujas), pueden romperse con facilidad durante la compactación o después bajo la acción del tráfico, modificando con ello la granulometría del agregado inicial. Se deben imponer limitaciones en el contenido de partículas de mala forma. Aparte de la forma de las partículas del agregado grueso, se debe tener en cuenta su angulosidad, que influye junto a la textura superficial de las partículas, en la resistencia del esqueleto mineral, por su contribución al rozamiento interno.

3. Propiedades de los Asfaltos

Las propiedades físicas del asfalto de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son:

- a) Durabilidad
- b) Adhesión y Cohesión
- c) Susceptibilidad a la temperatura

d) Envejecimiento y Endurecimiento

a) Durabilidad

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento y por consiguiente es difícil definirlo solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características de agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

b) Adhesión y Cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla para pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo relacionado con esta propiedad es la ductilidad aunque este no mide directamente la adhesión o la cohesión, más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por algunos como relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo "califica - no califica" y solamente indica si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos los que se mencionaran más adelante.

4. Materiales en Pavimentos Asfálticos en Caliente.

a) Agregados Minerales.

Los agregados minerales que forman parte de un pavimento asfáltico en caliente se dividen en agregados gruesos y agregados finos, tabla 13 y 14.

Tabla 13 .Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezcla Asfáltica en Caliente

| Ensayo | Norma | Requerimiento Altitud | |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| | | < 3000 msnm | > 3000 msnm |
| Durabilidad(al sulfato de magnesio) | MTC E 209 | 18% máximo | 15% máximo |
| Abrasión de los ángeles | MTC E 207 | 40% máximo | 35% máximo |
| adherencia | MTC E 517 | +95 | --- |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | | 35% mínimo |
| Partículas chatas y alargadas | MTC 4791 | | 10% máximo |
| Caras fracturadas | MTC E 210 | 85/50 | 90/70 |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | | 0,5% máximo |
| Absorción | MTC E 209 | | 1,00% máximo |

Fuente: sección 410 de las EG- Vigentes del MTC (2000)

Excepcionalmente se aceptan porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas, tabla 14

Tabla 14 .Requerimientos para los Agregados Finos de Mezcla Asfáltica en Caliente.

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|-------------|
| | | Altitud (m.s.n.m) | |
| | | < 3000 msnm | > 3000 msnm |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 60 | 70 |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 30 | 40 |
| Azul de metileno | AASTHO T P 57 | 8 máx. | 8 máx. |
| Índice de plasticidad (malla N° 40) | MTC E 111 | NP | NP |
| Durabilidad(al sulfato de magnesio) | MTC E 209 | - | 18% máx. |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | 35 min | 35 min |
| Índice de plasticidad (malla N°200) | MTC E 111 | 4 máx. | NP |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Absorción | MTC E 205 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |

Fuente: ICG, (Menéndez, 2008)

b) Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente será establecida y aprobada por el contratista y aprobada por el supervisor. En el cuadro siguiente se presentan los tipos de gradaciones, tabla 15.

Tabla 15 .gradaciones de los Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente

| Tamiz | Porcentaje que pasa | | |
|-----------------|---------------------|----------|---------|
| | MAC-1 | MAC-2 | MAC-3 |
| 25,0 mm (1") | 100 | | |
| 19,0 mm (3/4") | 80 - 100 | 100 | |
| 12,5 mm (1/2") | 67 - 85 | 80 - 100 | |
| 9,5 mm (3/8") | 60 - 77 | 70 - 88 | 100 |
| 4,75 mm (N° 04) | 43 - 54 | 51 - 68 | 65 - 87 |
| 2,00 mm (N° 10) | 29 - 45 | 38 - 52 | 43 - 61 |
| 425 µm(N° 40) | 14 - 25 | 17 - 28 | 16 - 29 |
| 180 µm (N° 80) | 8 - 17 | 8 - 17 | 9 - 19 |
| 75 µm (N° 200) | 4 - 8 | 4 - 8 | 5 - 10 |

Fuente: ICG, (Menéndez, 2008)

2.3. Definición de términos básicos.

Según Montejo, (1998).

Pavimento.- capa o conjunto de capas de materiales apropiadas, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías (subrasantes) y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito e intemperismo.

Agregados.- los agregados se refieren al material derivado de rocas naturales, son obtenidos de canteras o de lechos de ríos, sus propiedades dependen de su roca madre.

Agregados Pétreos.- Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos.

Trituración.- Es el nombre de los diferentes métodos de procesamiento de materiales. El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda

Intemperismo.- Consiste en la transformación y destrucción de las rocas, in situ, es decir, sin removerlas. Los minerales que las componen sufren dos procesos; uno de éstos puede ser mecánico o sea su fragmentación; y el otro puede ser químico, es decir su descomposición.

Cohesión (suelo).- Fuerza de unión entre las partículas de un suelo, cuya magnitud depende de la naturaleza y estructura del mismo. En los suelos cohesivos la estructura depende del contenido de minerales arcillosos presentes y de las fuerzas que actúan entre ellos.

Compacidad de un Suelo.- Grado de compactación o densidad natural de un suelo no cohesivo, que depende del acomodo alcanzado por las partículas de éste.

Compactación (suelo).- Operación mecanizada para reducir el índice de huecos de un suelo y alcanzar con ello la densidad deseada.

Adhesión.- Es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos.

Muestra.- Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas de la misma. Para cumplir esta característica la inclusión de sujetos en la muestra debe seguir una técnica de muestreo. En tales casos, puede obtenerse una información similar a la de un estudio exhaustivo con mayor rapidez y menor coste.

Agregado grueso.- Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como agregado grueso, a la parte del agregado pétreo total que queda retenido en el tamiz #4. Y según la normativa Europea UNE-EN 933-2., se define como agregado grueso, a la parte del agregado pétreo total que queda

retenido en el tamiz 2 mm.

Propiedades mecánicas.- Engloban los parámetros básicos de resistencia al desgaste y al pulimento.

Ausencia de impurezas.- Es fundamental que los agregados a emplear en la construcción de pavimentos estén libres de impurezas capaces de afectar el buen comportamiento de las capas. El empleo de agregados sucios en la construcción de un pavimento, puede ser una causa suficiente para provocar su degradación.

Inalterabilidad.- Es imprescindible la evaluación de las posibles degradaciones que puedan sufrir los agregados pétreos que se van a utilizar en una obra; así, los materiales evolutivos han de ser empleados con especiales precauciones para evitar comportamientos anómalos que puedan afectar la vida útil de las capas.

Adhesividad.- Los agregados pétreos han de ser afines con los ligantes asfálticos que vayan a ser empleados en la construcción del pavimento, y en caso de problemas de afinidad, será necesario el uso de activantes, para garantizar el buen comportamiento de las mezclas asfálticas.

Alterabilidad.- Los fallos detectados en un firme al poco tiempo después de su puesta en servicio, comúnmente suelen ser ocasionados por procesos de alteración de los agregados en alguna de sus capas, los cuales pueden desencadenarse debido a alguna reacción química con alguno de los componentes de los ligantes asfálticos o conglomerantes, por la acción de la helada o, simplemente, por la siempre inevitable presencia de agua.

Existe la necesidad de evaluación de la alterabilidad de un agregado pétreo por el procedimiento que sea, y se pueden señalar a título indicativo, los siguientes caminos: análisis petrográficos, acción de soluciones salinas o de agua oxigenada, ciclos hielo–deshielo, inmersión en agua y ciclos de humedad–sequedad.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.5. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la carretera Cañete - Lunahuaná Km. 05+400.00 al Km. 42+844.43, Provincia de Cañete Departamento de Lima.

Coordenadas geográficas (Inicio).

Latitud: 13° 01' 40,83" S

Longitud: 76° 11' 30,46" W

Altitud: 86,890 m.s.n.m.

Coordenadas geográficas (Final).

Latitud: 12° 56' 18.92" S

Longitud: 76° 07' 23.08" W

Altitud: 525,210 m.s.n.m.

Coordenadas UTM (Inicio).

Norte: 8 555 485.966 m

Este: 353 919.846 m

Coordenadas UTM (Final).

Norte: 8 569 388,622 m

Este: 378 174,376 m

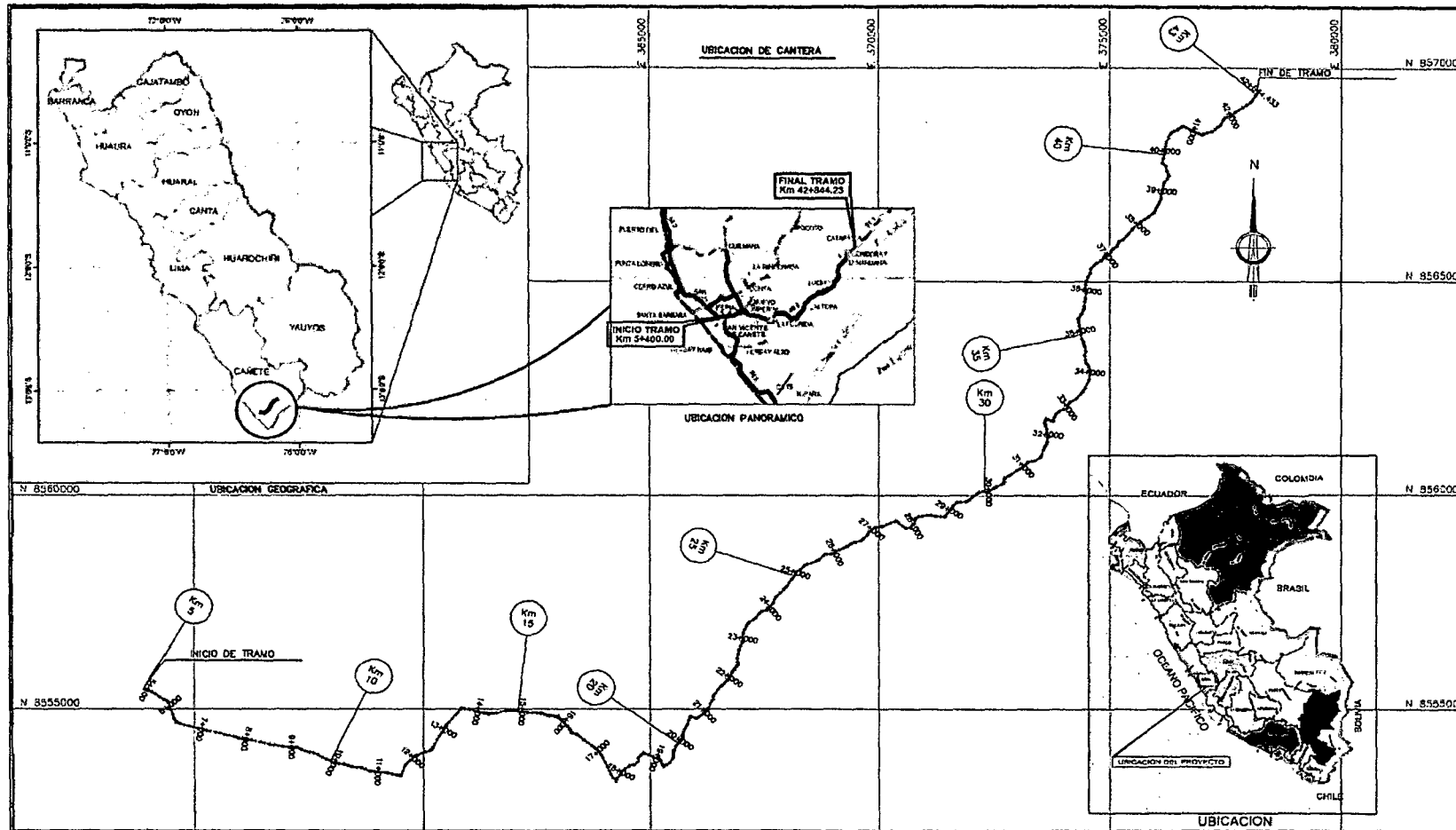


Figura.8. ubicación geográfica de la investigación
 Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Lunahuaná (2014).

3.6. Tiempo en que se realizó la investigación

Se realizó en los meses de agosto, setiembre y octubre del 2014, iniciándose con la recopilación de muestras en cantera y a lo largo de 37.5 Km de la carretera, Se analizará procesos y propiedades físicas mecánicas de cada uno de los agregados que conforman cada capa de la estructura.

3.7. Materiales y Equipos.

3.3.3. Materiales:

Muestras recogidas de la cantera "Rio Cañete"

Recipientes para muestras

Cinta adhesiva

Bolsas o sacos.

Agua

Fichas de recolección de datos.

Tablas de clasificación de suelos SUCS y AASHTO

Lápiz, lapiceros y marcadores

3.3.2. Equipos:

Computadora, cámara fotográfica, impresora.

Equipos de laboratorio por ensayo:

a) Análisis Granulométrico

Horno de temperatura constante.

Balanza eléctrica (0.1 gr. de precisión).

Juego de tamices: 2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, 8, 10, 20, 40, ° 50, 80, 100, 200 y

Base.

Agitador mecánico o motorizado.

Recipientes.

Brochas, escobillas de acero y bronce.

b) Límites de Consistencia

Horno eléctrico

Balanza

Casa grande

Cápsula de Aluminio, porcelana o hierro

Espátula

c) Relación Esfuerzo Densidad Proctor Modificado, ASTM D 1557- 91

Molde de metal cilíndrico, de $152,4 \text{ mm} \pm 0.66 \text{ mm}$ (6 ± 0.026 "") de diámetro interior y de $177,8 \pm 0.46 \text{ mm}$ (7 ± 0.018 "") de altura, provisto de un collar de metal suplementario

Pisón de compactación o martillo

Horno de secado

Balanza

Cápsula de Aluminio, porcelana o hierro

Espátula y/o regla

Tamices o mallas

d) Razón Soporte California CBR, ASTM D 1883 y AASHTO

Molde de metal cilíndrico, de $152,4 \text{ mm} \pm 0.66 \text{ mm}$ (6 ± 0.026 "") de diámetro interior y de $177,8 \pm 0.46 \text{ mm}$ (7 ± 0.018 "") de altura, provisto de un collar de metal suplementario

Pisón de compactación

Balanza

Cápsula de Aluminio, porcelana o hierro

Espátula y/o regla

e) Equivalente de Arenas y Agregados Finos ASTM D-2419.

Tubo irrigador. De acero inoxidable, cobre o bronce, de 6.35 mm de diámetro exterior, 508 mm de longitud, cuyo extremo inferior está cerrado en forma de cuña. Tiene dos agujeros laterales de 1 mm de diámetro en los dos planos de la cuña cerca de la punta.

Sistema de Sifón. Se compone de un botellón de 1 galón (3.8 lt) de capacidad con un tapón. El tapón tiene dos orificios que lo atraviesan, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire. El conjunto deberá ubicarse a 90 cm por encima de la mesa.

Probeta graduada. Con diámetro interior de $31.75 \pm 0.381 \text{ mm}$ y 431.8 mm

de altura graduada hasta una altura de 381 mm, provista de un tapón de caucho o goma que ajuste en la boca del cilindro.

Tubo flexible. De caucho o goma con 4.7 mm de diámetro, tiene una pinza que permite cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo permite conectar el tubo irrigador con el sifón.

f) Índice De Aplanamiento Y Alargamiento De agregados Para Carreteras MTC E 221

Calibrador de aplanamiento y alargamiento

Tamices. 2 1/2"; 2", 1 1/2", 1", 3/4"; 1/2"; 3/8"; 1/4"

Bandejas

Cuarteador

Balanza. Sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra que se ensaya.

g) Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados ASTM D 5821

Balanza. De 5 Kg. y sensibilidad al gramo

Tamices

Partidor de muestras

Espátula

h) Abrasión Por Medio De La máquina De Los Ángeles ASTM C-131 y ASTM C-535

Máquina de desgaste de Los Ángeles

Tamices. De los siguientes tamaños: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 8. Un tamiz N° 12 para el cálculo del desgaste

Esferas de acero. De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.

Horno Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C

Balanza. Sensibilidad de 1.0 gr.

3.8. Diseño Metodológico

3.4.3. Tipo de investigación

Es una investigación cuasi – experimental

3.4.4. Procedimiento.

a. Población y muestra

La recolección de muestras para los análisis de ensayos se realizó en la única cantera autorizada para la extracción de agregados; “Cantera Rio Cañete”, ubicada en el Km 22+600.00 L.D, de la carreta Cañete – Lunahuaná.

b. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con el propósito de establecer si los materiales de la cantera de Rio Cañete son aptos para su utilización se planteó una serie de ensayos para verificar las especificaciones propuestas en el Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito y a la vez comparar dichos resultados con los de las mismas pruebas aplicadas a unas muestras patrón.

1. Selección de Muestra.

Las muestras utilizadas en cada uno de los ensayos, son recogidos de la única cantera autorizada denominada cantera “Rio Cañete”, obtenidos mediante un proceso de trituración o molienda.



Figura 9. Acopio de agregados para base granular y carpeta asfáltica, Cantera Rio Cañete

2. Procedimiento y tratamiento de variables

a) Ensayo de granulometría - MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

1.- según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o con parte de ella después de separar los finos por lavado.

2.- Se prepara una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para el análisis granulométrico (MTC E 106), la cual será constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz N°04 y otra que pasa dicho tamiz, ambas fracciones se ensayan por separado, la fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizara por tamizado en seco, lavando las muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

3.-Se cuartea la muestra, para obtener una muestra con un peso de 28 790; (en nuestro caso, muestra M - 01, 5 muestras por cada ensayo).

4.-Se coloca toda la serie de tamices en el vibrador o agitador correspondiente, aumentando el diámetro de abertura, de la base hacia arriba.

5.-Se coloca la muestra en el tamiz de mayor diámetro; luego se procede a activar el agitador de tamices durante 15 minutos.

6.-Posteriormente pesamos los pesos retenidos en cada tamiz con mucho cuidado.

7.-Con todo este procedimiento ya podemos comenzar a realizar los posteriores cálculos.

Fórmulas a Emplear:

$$\% \text{ Ret. Acum} = \frac{\text{Peso ret.Acum}}{\text{Peso Total}} * 100 \dots\dots\dots 01$$

$$\text{Peso que pasa} = \text{Peso Total} - \text{Peso Ret.Acum} \dots\dots\dots 02$$

$$\% \text{ Que Pasa.} = \frac{\text{Peso que Pasa}}{\text{Peso Total}} * 100 \dots\dots\dots 03$$

Coefficiente de Curvatura:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})} \dots\dots\dots 04$$

Los suelos bien graduados; C_c entre 1 y 3.

Coefficiente de Uniformidad:

$$C_u = \frac{(D_{60})}{(D_{10})} \dots\dots\dots 05$$

Las gravas bien graduadas tienen; $C_u > 4$.

Las arenas bien graduadas tienen; $C_u > 6$.

Curva Granulométrica

La curva granulométrica, se halla trazada, en forma completa, en el ensayo correspondiente.

Para realizar la curva de distribución de la curva granulométrica de todo el material grueso y fino se relaciona los porcentajes de las porciones de partículas obtenidas en el análisis con tamices y las encontradas con este procedimiento al total original. Se construye la curva en papel semi-logarítmico con los porcentajes en la escala aritmética y los diámetros en escala logarítmica.

b) Límites de consistencia

Límite líquido

1.-este ensayo se hace con la muestra (seca al aire) parte que pasa la malla N°40, Se toman 50 o 60 g, para nuestro caso (51,24; 58,80; 61,87).

2.- Se humedece la muestra y se procede a homogenizar con el agua que se desee formando una pasta y luego se deposita en la cazuela de bronce del equipo de Casagrande, de modo que la superficie de la muestra, quede paralela a la base del equipo, y se la distribuye de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente 1 cm

3.-Con el acanalador se hace una muesca o ranura en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2mm.; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio.

4.-Se acciona la manivela a razón de 2 vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia, se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 13 mm.

5.-Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si ha habido corrimiento de toda la masa, la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la cápsula. En cambio sí ha habido fluencia, la espátula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.

6.-Se retira la porción de pasta, de peso más o menos 10 g., de la parte en que se produjo la unión, y se coloca en un pesa-filtro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla.

También se anotará el peso del pesa-filtro (tarro), su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.

7.-Se repiten estas operaciones dos o más veces, con contenidos crecientes

de agua, procurando que el número de golpes requeridos para el cierre de la muestra sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.

8.-La pasta colocada en los pesa-filtros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110 C°.

Fórmulas a Emplear:

La humedad porcentual (*% de humedad*) de cada punto se calcula con la fórmula.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_2 - P_f)} \dots\dots\dots 06$$

Dónde:

P_1 = peso del pesa-filtro más la porción de pasta de suelo húmedo

P_2 = peso del pesa-filtro más la porción de pasta de suelo seco

P_f = peso del pesa-filtro.

- El valor del límite líquido (*LL*) está dado por la fórmula.

$$LL = \frac{\% \text{ de Humedad}}{1,419 - 0,3 * \log N} \dots\dots\dots 07$$

Dónde:

N = número de golpes necesarios.

9.-Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas escala logarítmica el número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta a la perpendicular trazada a las abscisas por el punto N° 25, se lee el valor del Límite Líquido, figura. 11

Límite plástico

1.-Para calcular el Límite Plástico se usa el resto de la masa usada para calcular el Límite Líquido.

2.- esa porción de masa se hace rodar con la palma de la mano sobre la lámina de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros.

La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.

3.- La velocidad con que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 60 a 70 impulsos por minuto, entendiéndose como un impulso un movimiento completo de la mano hacia adelante y atrás.

4.- Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. Y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se unen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario. La operación también se repite si las barritas cilíndricas se fisuran y agrietan antes de llegar al diámetro 3 mm. En este caso se reúnen los trozos y se amasan nuevamente con el agregado de agua hasta lograr la completa uniformidad.

5.- El ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a fisurarse y agrietarse al alcanzar los 3mm. De diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolas con los trozos de alambre.

6.- Las barritas cilíndricas colocadas en los pesa-filtros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110°C.

Fórmulas a Emplear:

La humedad porcentual correspondiente al Límite Plástico de un suelo se calcula con la fórmula.

$$LP = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_2 - P_f)} \dots\dots\dots 07$$

Dónde:

P_1 = peso del pesa-filtro más la porción de pasta de suelo húmedo

P_2 = peso del pesa-filtro más la porción de pasta de suelo seco

P_f = peso del pesa-filtro

Índice de plasticidad

- El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico del mismo. Es decir:

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots 08$$

c) Humedad Natural

1.- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición.

2.-Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza, para nuestro caso 1 373,00 g, tabla 17.

3.-Colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110±5°C a menos que se especifique otra temperatura.

4.- El tiempo requerido para obtener peso constante varía dependiendo del tipo del material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores.

5.- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno, se permitirá el enfriado del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos.

6.- Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno y registrar este valor.

Fórmulas a Emplear:

Se calcula el contenido de humedad natural, mediante la siguiente formula se calcula con la fórmula.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100 \dots\dots\dots 09$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} * 100 = \frac{M_W}{M_S} \dots\dots\dots 10$$

Dónde:

w = contenido de humedad (%)

M_{CWS} = peso del contenedor más suelo húmedo, en gramos

M_{CS} = peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_C = peso del contenedor, en gramos

M_W = peso del agua, en gramos

M_S = peso de las partículas sólidas, en gramos

d) Equivalente de Arena

1. Se obtiene al menos 1500 gr de material que pasa el tamiz N° 04 (4.76 mm).
2. se vierte solución de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de $101,6 \pm 2,54$ mm ($4 \pm 0.1''$).
3. con ayuda del embudo, se vierte la muestra del ensayo en el cilindro graduado, 85 ± 5 cm³. Golpeamos varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente, dejándose en reposo durante 10 ± 1 min.
4. al finalizar los 10 min (periodo de humedecimiento), se tapa el cilindro con un tapón y suéltese el material del fondo invertido parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.

5. después de soltar el material del fondo, agítase el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos, usando un movimiento de 229 ± 25 mm un ciclo está (9 ± 1 "") definido como movimiento completo hacia adelante y así atrás. Para agitar el cilindro a esta velocidad, es necesario que el operador mueva únicamente los antebrazos mientras mantiene el cuerpo y los hombros descansados o relajados.
6. inmediatamente después de la operación de agitación, colóquese el cilindro verticalmente sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón.
7. Introduzca un tubo irrigador en la parte superior de la probeta, suelte la abrazadera de la manguera y limpie el material de las paredes de la probeta mientras el irrigador baja. El irrigador debe llegar hasta el fondo, aplicando suavemente una presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador, esto impulsa el material fino desde el fondo hacia arriba poniendo sobre las partículas gruesas de arena.
8. Cuando el nivel de líquido alcance la señal de los 38 cm, se levanta el tubo irrigador despacio sin que deje de fluir la solución.
9. Dejar reposar $20\text{min} \pm 15$ segundos. Comience a medir el tiempo; al término de los 20min., leer el nivel superior de la suspensión de arcilla. Este valor se denomina lectura de arcilla.
10. Después de la lectura de arcilla, introduzca en la probeta el ensamblaje del pie (conjunto de discos, varilla y sobrepeso) y baje totalmente hasta que llegue a la arena, no permitir que el indicador golpee la boca de la probeta o cilindro mientras baja en conjunto. Cuando el conjunto toca la arena con unos de los tronillos de ensamblaje hacia la línea de graduación de la probeta, lea y anote. Restar 25.4cm del nivel indicado del borde superior del indicador y registrar ese valor como la lectura de arena.
11. Si las lecturas de arcilla y arena están entre 2.5mm de graduación (0.1pulg) registrar el nivel de graduación inmediatamente superior como lectura.

Fórmulas a Emplear:

Se calcula el equivalente de arena (EA o SE) con aproximación a 0,1% como sigue.

$$SE = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100 \dots\dots\dots 10$$

e) Ensayo Próctor Modificado MTC E 115 – AST D 1557 – AASHTO T - 180 D

Método de preparación húmeda. Sin secado previo de la muestra, pasada A través del tamiz N° 04 (4,75mm), 3/8 pulg (9,5mm) o 3/4 pulg (19mm), (dependiendo del método a ser usado, para nuestro caso método C, Manual de ensayo de materiales (EM 2000)).

1. Se determina el contenido de agua del suelo procesado.
2. Prepare mínimo cuatro especímenes con contenidos de agua de modo que estos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado.
3. Después del curado, ensamble y asegure el molde y collar al plato base. El molde se apoyara sobre un cimiento uniforme y rígido.
4. Compactar el espécimen en cinco capas, después de la compactación cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor uniforme.
5. Compactar cada capa con 56 golpes para el molde de 6 pulg.
6. Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde
7. Se remueve el material del molde, se obtiene el espécimen cortando una porción axialmente por el centro del espécimen compactado, obtener el contenido de humedad de acuerdo al método MTC E 108.

Fórmulas a Emplear:

Se calcula la densidad húmeda (ρ_m), densidad seca (ρ_d) y luego el peso unitario seco (γ_d).

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{100 * V} \dots\dots\dots 11$$

$$\rho_d = \frac{(\rho_m)}{1 + \frac{w}{100}} \dots\dots\dots 12$$

$$\gamma_d = 62.43 * \rho_d \text{ (} lbf/ft^3 \text{)} \dots\dots\dots 13$$

En el cálculo de los puntos para el peloteo de la curva de 100%

$$\rho_m = \frac{\gamma_w * G_s - \gamma_d}{\gamma_d * G_s} * 100 \dots\dots\dots 14$$

Dónde:

ρ_m = densidad húmeda del espécimen compactado (mg/m^3)

M_t = masa total (kg)

M_{md} = masa del molde de compactación (kg)

V = volumen del molde de compactación (m^3)

ρ_d = densidad del espécimen compactado (mg/m^3)

w = contenido de agua (%)

w_{sat} = contenido de agua para saturación completa (%)

γ_w = peso unitario del agua ($9.807 kN/m^3$)

γ_d = peso unitario del suelo

G_s = gravedad específica del suelo

f) Ensayo CBR MTC E 132 – AST D 1883 – AASHTO T - 193

1. Se determino la humedad optima y la densidad maxima mediante el ensayo anterior próctor modificado.
2. Se determina la humedad natural del suelo mediante secado de estufa, según la norma MTC E 108. Conocida la humedad natural del suelo, se añade la cantidad d e agua que le falta por alcanzar la humedad fijada
3. Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con el bastagoy sobre esta los anillos necesarios para completar una sobre carga tal, que produsca una presion equivalente a la originada por todas las capas del material que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximacion quedara dentro de los 2,27kg

correspondientes a una pesa. en ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,5kg.

4. Se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días), con el nivel de agua aproximadamente constante.
5. Al final de la inmersión se vuelve a leer el deformímetro, para medir el hinchamiento.
6. Penetración.- se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27\text{kg}$ de aproximación).
7. Finalmente se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

Fórmulas a Emplear:

Humedad de compactación el tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural.

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{(H-h)}{100+h} * 100 \dots\dots\dots 15$$

g) Determinación de partículas chatas y alargadas

1. Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de espesores en la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya.
2. Pesar a la cantidad de partículas de cada fracción, que pasaron por la ranura correspondiente, aproximación al 0,1% del peso total de la muestra del ensayo. P_i .
3. Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de la longitud por la separación entre barras correspondientes a la fracción que se ensaya.

4. Pesar a la cantidad de partículas de cada fracción, retenida entre las dos ranuras correspondientes, aproximación al 0,1% del peso total de la muestra del ensayo. R_i .
5. Además; los índices pueden ser expresados en función del total de la muestra, 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

Fórmulas a Emplear:

Índice de Aplanamiento.

$$IAP_n \% = \frac{P_i}{W_i} * 100 \dots\dots\dots 16$$

$$IAL_n \% = \frac{R_i}{W_i} * 100 \dots\dots\dots 17$$

$$Indice\ de\ Aplanamiento = \frac{\sum(IAP_n * R_i)}{\sum R_i} \dots\dots\dots 18$$

$$Indice\ de\ Aplanamiento = \frac{\sum(IAL_n * R_i)}{\sum R_i} \dots\dots\dots 19$$

Dónde:

IAP_n = índice de aplanamiento de la fracción i ensayada

IAL_n = índice de alargamiento de la fracción i ensayada

P_i = peso de las partículas que pasan la ranura correspondiente

R_i = peso de las partículas retenidas entre las correspondientes barras

h) Porcentaje de caras fracturadas en los agregados.

1. Se lava la muestra sobre la malla designada y remover cualquier fino.
Secar
2. Determinar la masa de la muestra con una aproximación de 0.1%
3. Extender la muestra seca sobre una superficie plana, limpia y lo suficientemente grande como para permitir una inspección, para verificar si la partícula alcanza o cumple con el criterio de fractura, sostener el agregado de tal manera que la cara sea vista directamente, si la cara

constituye al menos ¼ de la máxima sección transversal, considerarla como cara fracturada.

4. Usando la espátula se separa en tres categorías. 1.-partículas fracturadas dependiendo si la partícula tiene el número requerido de caras fracturadas; 2.- partículas que no reúnen el criterio especificado; y 3.- partículas cuestionables. Si el número requerido de caras fracturadas no se consigue en las especificaciones, la determinación será hecha sobre la base de un mínimo de una cara fracturada.
5. Se determina el porcentaje en peso de cada una de las categorías. Si sobre cualquiera de los porcentajes más del 15% del total es cuestionable, repita la evaluación hasta que no más del 15% se repita en esta categoría.

Fórmulas a Emplear:

Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas; aproximado al uno por ciento de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$P = \left[\frac{F+Q/2}{F+Q+N} \right] * 100 \dots\dots\dots 20$$

Dónde:

P= porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas

F= Peso o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas

Q= Peso o cantidad de partículas cuestionables

N= Peso o cantidad de partículas en la categoría de fracturadas que no cumple el criterio de fractura.

i) Ensayo de abrasión (máquina de los Ángeles)

1. El material deberá ser lavado y secado al horno a una temperatura constante de 105 -110°C, tamizadas según las mallas que se indican y mezcladas en las cantidades del método ASTM C -131, ATM C- 535

2. Pesar la muestra con precisión de 1gr., para el caso de agregados gruesos de 1 1/2" y 5 g. Para agregados gruesos de tamaños mayores a 3/4.
3. Introducir la muestra junto con la carga abrasiva en la máquina de los ángeles, cerrar la abertura del cilindro con su tapa, esta tapa posee empaquetadura que impide la salida de polvo fijada por medio de pernos. Accionar la máquina, regulándose el número de revoluciones adecuada según el método.
4. Finalizado el tiempo de rotación, se casa el agregado y se tamiza por la malla N° 12
5. El material retenido en el tamiz N° 12 se lava y se seca al horno, a una temperatura constante entre 105° a 110°C. pesar la muestra con precisión de 1 g.

Fórmulas a Emplear:

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{(P_{inicial} - P_{final})}{P_{inicial}} * 100 \dots\dots\dots 21$$

Nota.- Los mismos procedimientos antes descritos se utilizan para el tratamiento y procesamiento de los agregados utilizados para la carpeta asfáltica.

3. Tratamiento y Análisis de datos y presentación de resultados

El tratamiento que se utilizó es la de muestreo o recopilación de muestras de los agregados para base granular y carpeta asfáltica, posteriormente llevadas al laboratorio para la evaluación correspondiente, Para el análisis de datos se utilizó la metodología de la investigación cuasi- experimental, Los resultados se presentaran en tablas y figuras (gráficos).

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1 Análisis de resultados

1. Resultados de los ensayos realizados a los agregados que conforman la base granular de 1 de las 5 muestras ensayadas:

a) granulometría.

Tabla 16. Gradaciones de los Agregados para base granular M1

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA |
|-----------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|
| 7" | 177,800 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 6" | 152,400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 5" | 127,000 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 4 1/2" | 114,300 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 4" | 101,600 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3 1/2" | 88,900 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3" | 76,200 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 2 1/2" | 63,500 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 2" | 50,800 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 38,100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1" | 25,400 | 2 706,0 | 9,4 | 9,4 | 90,6 |
| 3/4" | 19,050 | 4 693.0 | 16,3 | 25,7 | 74,3 |
| 1/2" | 12,700 | 4 750.0 | 16,5 | 42,2 | 57,8 |
| 3/8" | 9,525 | 3 023.0 | 10,5 | 52,7 | 47,3 |
| 1/4" | 6,350 | | 0.0 | 52,7 | 47,3 |
| # 4 | 4,760 | 1 497,0 | 5,2 | 57,9 | 42,1 |
| # 8 | 2,360 | | 0.0 | 57,9 | 42,1 |
| # 10 | 2,000 | 122,6 | 9,6 | 67,5 | 32,5 |
| # 20 | 0,850 | | 0.0 | 67,5 | 32,5 |
| # 40 | 0,420 | 156,7 | 12,3 | 79,7 | 20,3 |
| # 50 | 0,300 | | 0.0 | 79,7 | 20,3 |
| # 80 | 0,180 | | 0.0 | 79,7 | 20,3 |
| # 100 | 0,150 | | 0.0 | 79,7 | 20,3 |
| # 200 | 0,075 | 155,2 | 12,1 | 91,9 | 8,1 |
| < # 200 | FONDO | 103,9 | 8,1 | 100,0 | 0,0 |
| FRACCIÓN | | 538,4 | | | |
| TOTAL | | 28 790,0 | | | |

Anexo B - M1

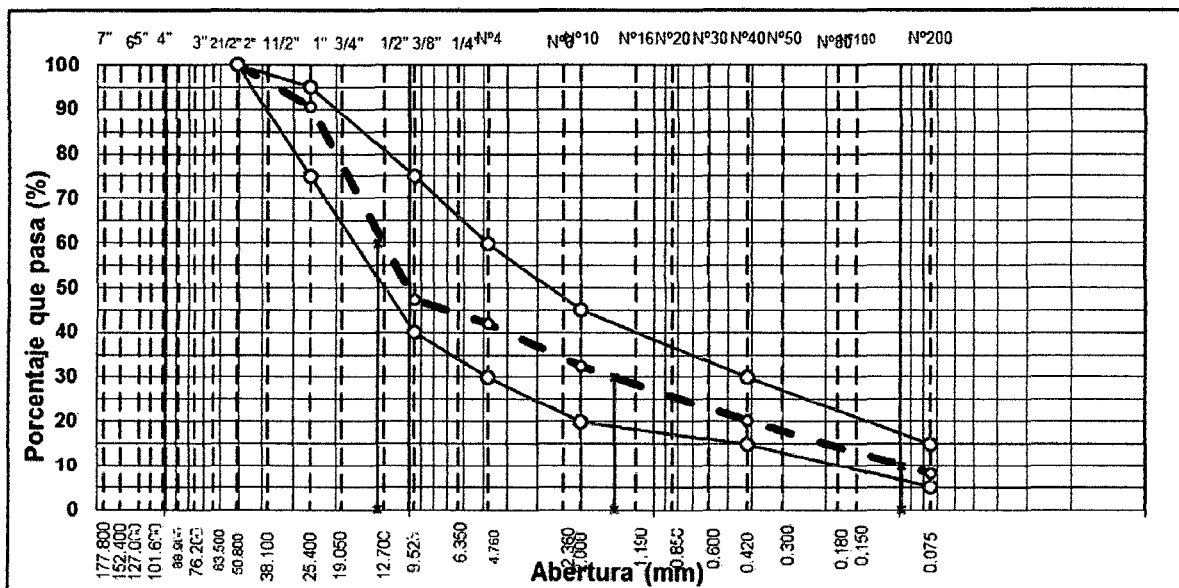


Figura 10. Curva granulométrica, Anexo B - M1

b) Límites de consistencia

Tabla 17. Obtención de datos para límite líquido M1

| LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40) | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| N° TARRO | 14 | 2 | 7 |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 51,24 | 58,80 | 61,87 |
| TARRO + SUELO SECO | 48,48 | 55,97 | 59,01 |
| AGUA | 2,76 | 2,83 | 2,86 |
| PESO DEL TARRO | 29,53 | 38,38 | 42,70 |
| PESO DEL SUELO SECO | 18,95 | 17,59 | 16,31 |
| % DE HUMEDAD | 14,56 | 16,09 | 17,54 |
| N° DE GOLPES | 25 | 20 | 15 |

Anexo B - M1

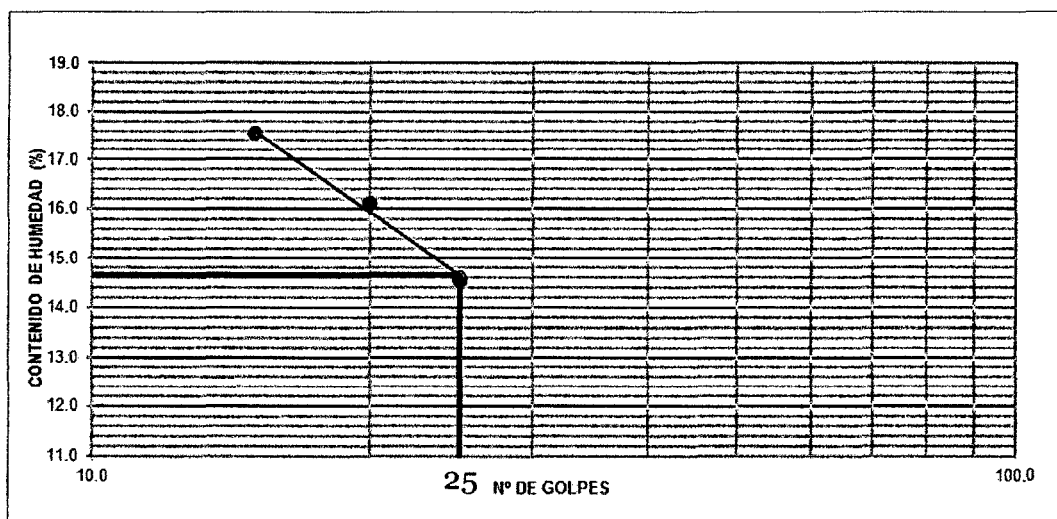


Figura 11. Diagrama de Fluidez, Anexo B - M1

c) Humedad Natural

Tabla 18. Obtención de la Humedad Natural M1

| DATOS | |
|----------------------------------|---------|
| Nº de Ensayo | 1 |
| Peso de Mat. Húmedo + Tara (gr.) | 1373,00 |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 1305,00 |
| Peso de Tara (gr.) | |
| Peso de Agua (gr.) | 68,00 |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 1305,00 |
| Humedad Natural (%) | 5,21 |
| Promedio de Humedad (%) | 5,2 |

Anexo B - M1

d) Equivalente de Arena

Tabla 19. Obtención del equivalente de arenal M1

| EQUIVALENTE DE ARENA | | | | |
|--|----|----------------|-------|-------|
| MUESTRA | : | IDENTIFICACIÓN | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Hora de entrada a saturación | | 13:41 | 13:43 | 13:45 |
| Hora de salida de saturación (más 10') | | 13:51 | 13:53 | 13:55 |
| Hora de entrada a decantación | | 13:53 | 13:55 | 13:57 |
| Hora de salida de decantación (más 20') | | 14:13 | 14:15 | 14:17 |
| Altura máxima de material fino | cm | 4,50 | 4,30 | 4,20 |
| Altura máxima de la arena | cm | 3,10 | 3,20 | 3,20 |
| Equivalente de arena | % | 69 | 75 | 77 |
| Equivalente de arena promedio | % | | 73,7 | |
| Resultado equivalente de arena | % | | 74 | |

Anexo B - M1

e) Ensayo Próctor Modificado

Tabla 20. Ensayo Próctor Modificado M1

| COMPACTACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN | : | "C" | | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | : | 56 | | |
| NUMERO DE CAPAS | : | 5 | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 11103 | 11355 | 11501 | 11496 |
| PESO DE MOLDE (gr) | 6564 | 6564 | 6564 | 6564 |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 4539 | 4791 | 4937 | 4932 |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm³) | 2125 | 2125 | 2125 | 2125 |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³) | 2,136 | 2,255 | 2,323 | 2,321 |
| DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 2,094 | 2,166 | 2,192 | 2,151 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| RECIPIENTE N° | s/n | s/n | s/n | s/n |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 582,60 | 574,30 | 594,30 | 522,10 |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 571,20 | 551,70 | 560,70 | 483,90 |
| PESO DE LA TARA (gr) | | | | |
| PESO DE AGUA (gr) | 11,40 | 22,60 | 33,60 | 38,20 |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 571,20 | 551,70 | 560,70 | 483,90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 2,00 | 4,10 | 5,99 | 7,89 |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 2,192 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 5,90 |

Anexo B - M1

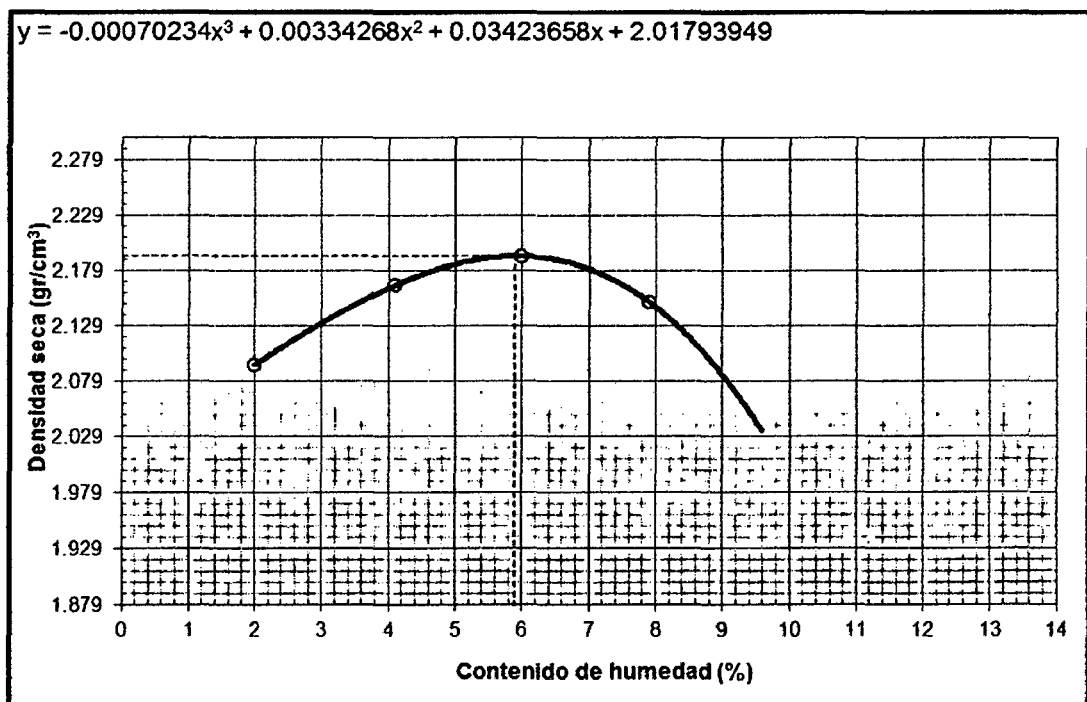


Figura 12. Diagrama de contenido óptimo de humedad VS densidad seca, Anexo B - M1

f) CBR

Tabla 21. Ensayo CBR

| DATOS DEL PROCTOR | | | | | | |
|-----------------------------|---|--------|-------------------|------------|-------|------|
| Máxima Densidad Seca | : | 2,192 | g/cm ³ | Capacidad: | 10000 | Lbs. |
| Optimo Contenido De Humedad | : | 5,90 % | | Anillo | : | 1 |

ENSAYO DE CBR
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

| Molde N° | | 9 | | 3 | | 7 | |
|---------------------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| N° Capa | | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | | 56 | | 25 | | 12 | |
| Cond. de la muestra | | NO SATURADO | SATURA DO | NO SATURADO | SATURA DO | NO SATURADO | SATURA DO |
| Peso molde + suelo húmedo | (gr) | 12665 | 11632 | 12517 | 11539 | 12238 | 11864 |
| Peso de molde | (gr) | 7728 | 7728 | 7764 | 7764 | 7717 | 7717 |
| Peso del suelo húmedo | (gr) | 4937 | 3904 | 4753 | 3775 | 4521 | 4147 |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2119 | 2119 | 2119 | 2119 | 2129 | 2129 |
| Densidad húmeda | (gr/cm ³) | 2,330 | 1.842 | 2,243 | 1.782 | 2,124 | 1.948 |
| Humedad | (%) | 6,01 | 16.08 | 6,01 | 16.12 | 5,90 | 16.19 |
| Densidad seca | (gr/cm ³) | 2,198 | 1.587 | 2,116 | 1.535 | 2,006 | 1.677 |
| Tarro N° | | S/N | 65 | S/N | 67 | S/N | 69 |
| Tarro + Suelo húmedo | (gr) | 582,40 | 1161.00 | 575,10 | 1073.10 | 531,50 | 1063.10 |
| Tarro + Suelo seco | (gr) | 549,40 | 1043.00 | 542,50 | 967.00 | 501,90 | 958.00 |
| Peso del Agua | (gr) | 33,00 | 118.00 | 32,60 | 106.10 | 29,60 | 105.10 |
| Peso del tarro | (gr) | | 309.00 | | 309.00 | | 309.00 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 549,40 | 734.00 | 542,50 | 658.00 | 501,90 | 649.00 |
| Humedad | (%) | 6,01 | 16,08 | 6,01 | 16,12 | 5,90 | 16,19 |
| Promedio de Humedad | (%) | 6,01 | 16.08 | 6,01 | 16.12 | 5,90 | 16.19 |

EXPANSIÓN

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | |
|--------------|------|--------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
| | | Hr. | | Mm | % | | Mm | % | | Mm | % |
| NO EXPANSIVO | | | | | | | | | | | |

Anexo B - M1

Tabla 22. Penetración.

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|-------|------------------------|---------------------|----------------------------|-------|------------------------|---------------------|----------------------------|-------|
| Penetración pulg | Carga Stand. kg/c m2 | Moide N° 9 | | | | Moide N° 3 | | | | Moide N° 7 | | | |
| | | Carga Dial (div) | Carga kg/c m2 | Corrección kg/c m2 % | | Carga Dial (div) | Carga kg/c m2 | Corrección kg/c m2 % | | Carga Dial (div) | Carga kg/c m2 | Corrección kg/c m2 % | |
| | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | |
| 0,025 | | 45 | 11 | | | 32 | 8 | | | 21 | 5 | | |
| 0,050 | | 174 | 40 | | | 133 | 31 | | | 85 | 20 | | |
| 0,075 | | 317 | 73 | | | 223 | 51 | | | 142 | 33 | | |
| 0,100 | 70,3 | 448 | 103 | 92,3 | 131,2 | 322 | 74 | 69,78 | 99,2 | 208 | 48 | 57,71 | 82,1 |
| 0,150 | | 577 | 132 | | | 453 | 104 | | | 342 | 78 | | |
| 0,200 | 105,5 | 723 | 165 | 165,1 | 156,5 | 597 | 136 | 135,34 | 128,3 | 484 | 111 | 118,45 | 112,3 |
| 0,250 | | 846 | 192 | | | 722 | 164 | | | 628 | 143 | | |
| 0,300 | | 973 | 221 | | | 861 | 196 | | | 763 | 174 | | |
| 0,400 | | 1136 | 257 | | | 992 | 225 | | | 841 | 191 | | |
| 0,500 | | 1242 | 281 | | | 1112 | 252 | | | 921 | 209 | | |

Anexo B - M1

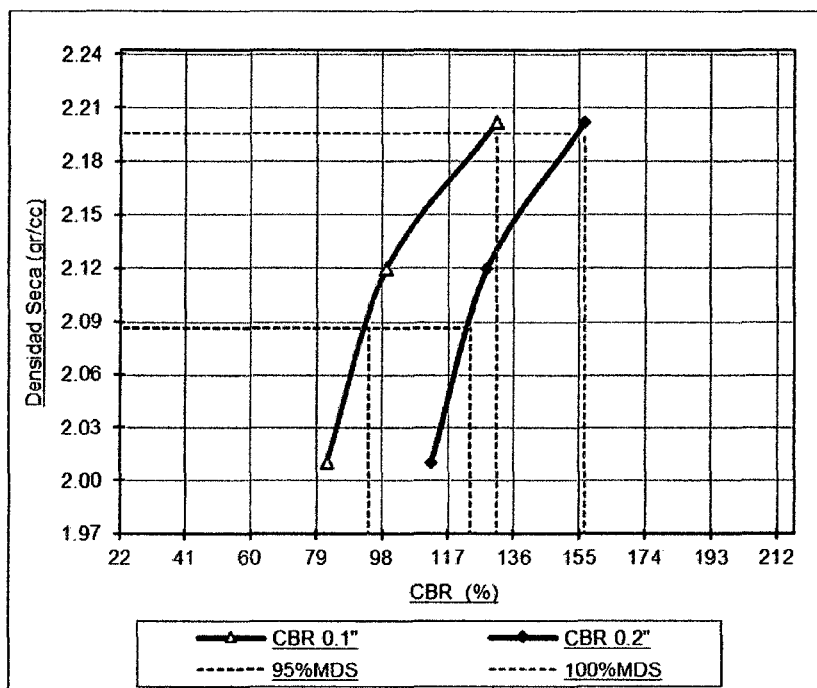


Figura 13. Diagrama penetración de CBR, Anexo B - M1

Tabla 23. Resultados del gráfico de penetración de CBR

| RESULTADOS: | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------------|
| C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) | 0,1": | 131,2 | 0,2": 156,5 |
| C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) | 0,1": | 94,0 | 0,2": 123,4 |

| Datos del Proctor | |
|-------------------|-------------|
| Densidad Seca | 2,192 gr/cc |
| Optimo Humedad | 5,90 % |

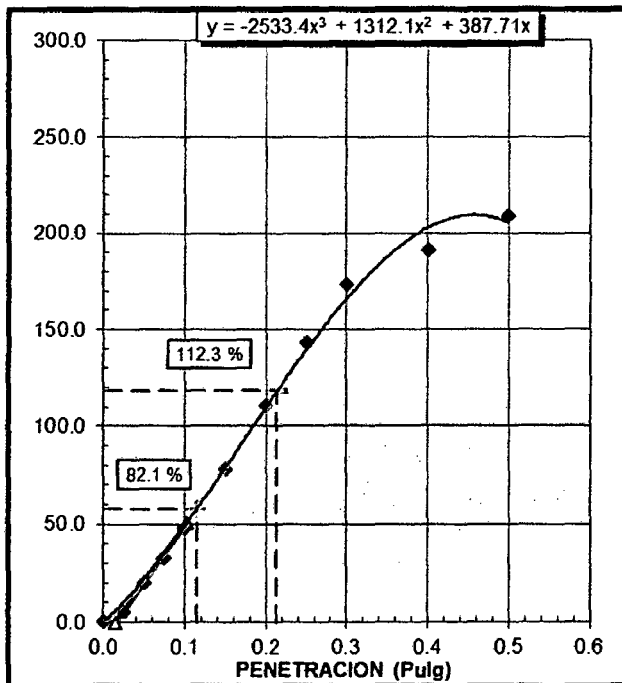
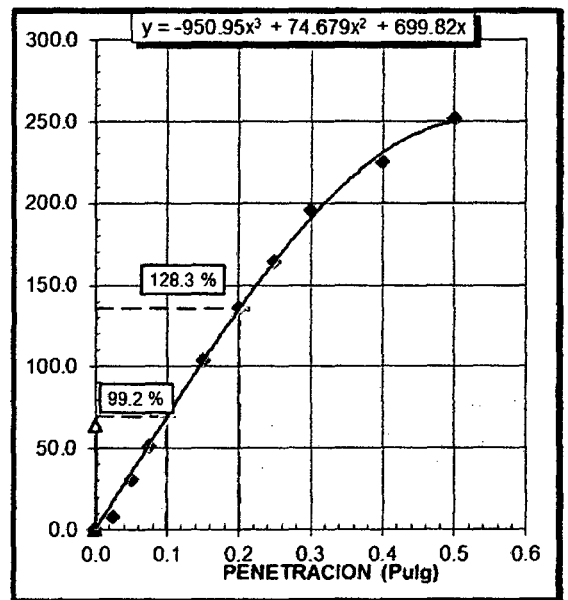
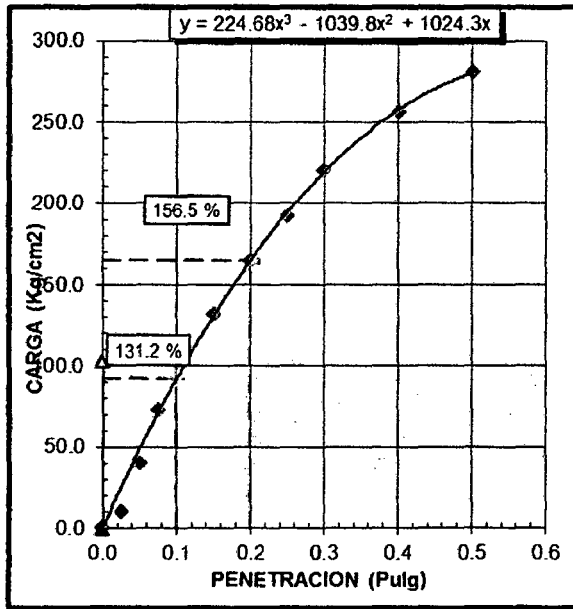


Figura 14. Diagrama penetración vs carga aplicada, Anexo B - M1

g) Determinación de partículas chatas y alargadas

Tabla 24. Porcentaje de partículas chatas y alargadas.

| MATERIAL | AGREGADO GRUESO | | | CHATAS | | | ALARGADAS | | | NI CHATA, NI ALARGADA | | | | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|--------|--------|-------|-----------|---------------|------|-----------------------|---------------|--------|------|---------------|
| | abertura (mm) | (%) x Mallas | PESO RET. | % RET. | % PASA | PESO | (%) | (%) Corregido | PESO | (%) | (%) Corregido | PESO | (%) | (%) Corregido |
| 1" | 25,400 | 16,2 | 2932,2 | 40,0 | 60,0 | 23,5 | 0,8 | 13,0 | 14,7 | 0,5 | 8,1 | 2894,0 | 98,7 | 1598,9 |
| 3/4" | 19,050 | 28,2 | 3014,7 | 41,1 | 19,0 | 48,2 | 1,6 | 45,1 | 27,1 | 0,9 | 25,3 | 2939,4 | 97,5 | 2749,6 |
| 1/2" | 12,700 | 28,5 | 1131,8 | 15,4 | 3,5 | 53,2 | 4,7 | 134,0 | 14,7 | 1,3 | 37,0 | 106,9 | 94,0 | 2679,0 |
| 3/8" | 8,750 | 18,1 | 186,3 | 2,5 | 1,0 | 10,8 | 5,8 | 104,9 | 3,5 | 1,9 | 34,0 | 172,0 | 92,3 | 1671,1 |
| 1/4" | 6,350 | 0,0 | 73,9 | 1,0 | 0,0 | 5,4 | 7,3 | 0,0 | 2,6 | 3,5 | 0,0 | 65,9 | 89,2 | 0,0 |
| TOTAL | | 91,0 | 7338,9 | 100,0 | | 141,1 | | 3,3 | 62,6 | | 1,1 | 7135,2 | | 95,6 |

Anexo B - M1

| | | |
|-------------------------------|-----|--------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | (g) | 7338,9 |
| PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS | (%) | 4,4 |

h) Porcentaje de caras fracturadas

Tabla 25. Una cara fracturada.

| Con Una O Más Caras Fracturadas | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------|
| Tamaño Del Agregado Pasa Tamiz | Retenido En Tamiz | Peso Por Mallas (A) (Gr) | 1 Cara Fracturada (B) (Gr) | % Por Mallas (C) = (B/A)*100 (%) | Porcentaje Por Mallas (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
| 1 1/2" | 1" | 2000,0 | 1634,0 | 81,7 | 9,4 | 768,0 | |
| 1" | 3/4" | 1500,0 | 1303,5 | 86,9 | 16,3 | 1416,5 | |
| 3/4" | 1/2" | 1200,0 | 952,8 | 79,4 | 16,5 | 1310,1 | |
| 1/2" | 3/8" | 300,0 | 254,4 | 84,8 | 10,5 | 890,4 | |
| TOTAL | | 5000,0 | 4144,7 | | 52,7 | 4385,0 | 83,2 |

Anexo B - M1

Tabla 26. Dos o más caras fracturadas

| Con Dos o Más Caras Fracturadas | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------|------|
| Tamaño Del Agregado | Peso Por Mallas (A) (Gr) | 2 Caras Fracturadas (B) (Gr) | % Por Mallas (C) = (B/A)*100 (%) | Porcentaje Por Mallas (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) | |
| Pasa Tamiz | Retenido en Tamiz | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 2000,0 | 1404,0 | 70,2 | 9,4 | 659,9 | |
| 1" | 3/4" | 1500,0 | 1159,5 | 77,3 | 16,3 | 1260,0 | |
| 3/4" | 1/2" | 1200,0 | 890,4 | 74,2 | 16,5 | 1224,3 | |
| 1/2" | 3/8" | 300,0 | 237,3 | 79,1 | 10,5 | 830,6 | |
| TOTAL | | 5000,0 | 3691,2 | | 52,7 | 3974,7 | 75,4 |

Anexo B - M1

i) Ensayo de abrasión (máquina de los Ángeles)

Tabla 27. Ensayo de abrasión

| Tamiz Pasa - Retiene | Gradaciones | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | A | B | C | D |
| 1 1/2" - 1" | 1250,0 | | | |
| 1" - 3/4" | 1250,0 | | | |
| 3/4" - 1/2" | 1250,0 | 2500,0 | | |
| 1/2" - 3/8" | 1250,0 | 2500,0 | | |
| 3/8" - 1/4" | | | 2500,0 | |
| 1/4" - N° 4 | | | 2500,0 | |
| N° 4 - N° 8 | | | | 5000,0 |
| Peso Total | 5000,0 | 5000,0 | 5000,0 | 5000,0 |
| (%) Retenido en la malla N° 12 | 4221,0 | 3987,2 | 4402,2 | 4402,2 |
| (%) Que pasa en la malla N° 12 | 779,0 | 1012,8 | 597,8 | 597,8 |
| N° de esferas | 12 | 11 | 8 | 6 |
| Peso de las esferas (gr) | 5000 ± 25 | 4584 ± 25 | 3330 ± 20 | 2500 ± 15 |
| % Desgaste | 15,6% | 20,3% | 12,0% | 12,0% |

Anexo B - M1

Tabla 28. Resumen de los resultados de las 5 muestra de base granular analizadas y su promedio estadístico.

| Anexo B | | Gradometría % que pasa - Gradación A | | | | | | | | | | | Clasificación | | MAX. DENS. SECA | OPT. CONT. HUM. | CBR 100% | | CARAS FRACTURADAS | | CHATAS Y ALARGADAS | EQUIV. ARENA | Humedad Natural % | Durabilidad Sulfato de Magnesio | | | | | | |
|----------------|----------|--------------------------------------|------------|--------------------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------|-------------------|---------|--------------------|--------------|-------------------|---------------------------------|----------|-------|-------|-----------|-------------------|----------|
| Nº de Registro | Fecha | Material | Ubicación | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº200 | LL | | | IP | ASHTO | UCS | 0,1" | | | | 0,2" | ABRASION | UNA | DOS | ALARGADAS | Humedad Natural % | A Grueso |
| DBG-08-14/01 | 12/08/14 | Río Cañete | Km. 22+600 | 100.0 | 100.0 | 90.6 | 74.3 | 57.8 | 47.3 | 42.1 | 32.5 | 20.3 | 8.1 | 15 | N.P. | A-1-a (0) | GW - GM | 2.192 | 5.9 | 131.2 | 156.5 | 15.6 | 83.2 | 75.4 | 4.4 | 74.0 | 5.2 | — | — | |
| DBG-08-14/02 | 07/08/14 | Río Cañete | Km. 22+600 | 100.0 | 100.0 | 94.1 | 72.9 | 58.9 | 51.6 | 40.0 | 31.5 | 16.6 | 8.5 | 15 | N.P. | A-1-a (0) | GW - GM | 2.217 | 6.0 | 135.9 | 157.2 | 15.2 | 83.7 | 74.3 | 5.8 | 76.0 | 4.8 | — | — | |
| DBG-08-14/03 | 14/08/14 | Río Cañete | Km. 22+600 | 100.0 | 100.0 | 94.4 | 69.4 | 55.6 | 47.6 | 34.8 | 26.7 | 17.7 | 10.1 | N.P. | N.P. | A-1-a (0) | GP - GM | 2.060 | 6.9 | 120.8 | 144.0 | 15.3 | 81.4 | 78.1 | 4.9 | 75.0 | 2.1 | 1.2 | 0.0 | |
| DBG-08-14/03 | 18/08/14 | Río Cañete | Km. 22+600 | 100.0 | 100.0 | 94.1 | 69.1 | 55.5 | 47.8 | 35.0 | 26.2 | 17.4 | 9.1 | N.P. | N.P. | A-1-a (0) | GP - GM | 2.201 | 6.8 | 121.6 | 145.1 | 15.3 | 81.4 | 78.0 | 4.9 | 80.0 | 2.1 | 2.4 | 3.2 | |
| DBG-08-14/05 | 22/08/14 | Río Cañete | Km. 22+600 | 100.0 | 100.0 | 94.1 | 73.0 | 59.0 | 51.7 | 40.1 | 31.5 | 17.1 | 7.8 | 15 | N.P. | A-1-a (0) | GW - GM | 2.205 | 6.2 | 134.0 | 155.3 | 15.1 | 82.1 | 73.0 | 5.7 | 80.0 | 4.2 | — | — | |
| | | | | n | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | - | - | - | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| | | | | S | 500.0 | 500.0 | 467.3 | 358.7 | 286.7 | 246.0 | 192.0 | 148.4 | 89.3 | 43.5 | 44.5 | - | - | - | 10.875 | 31.736 | 643.522 | 758.078 | 76.589 | 411.85 | 378.87 | 25.7 | 385.0 | 18.4 | 3.7 | 3.2 |
| | | | | ESPECIFICACIÓN | 100-100 | - | 75 - 95 | - | - | 40-75 | 30-80 | 20-45 | 15-30 | 5-15 | < 25% | < 4% | - | - | - | > 100 % | - | < 40% | > 80% | > 40% | < 15% | > 35% | - | - | - | |
| | | | | Xp | 100.00 | 100.00 | 93.45 | 71.74 | 57.35 | 49.20 | 38.39 | 28.69 | 17.85 | 8.69 | 16 | N.P. | A-1-a (0) | GW - GM GP - GM | 2.176 | 6.3 | 128.7 | 151.6 | 15.3 | 82.4 | 75.8 | 5.1 | 77 | 3.7 | 1.8 | 1.6 |
| | | | | MIN | 100.0 | 100.0 | 90.6 | 69.1 | 55.5 | 47.3 | 34.8 | 26.2 | 16.8 | 7.8 | 14.7 | - | - | - | 2.060 | 5.9 | 120.801 | 143.987 | 15.100 | 81.35 | 73.04 | 4.4 | 74.0 | 2.1 | 1.2 | 0.0 |
| | | | | MAX | 100.0 | 100.0 | 94.4 | 74.3 | 59.0 | 51.7 | 42.1 | 32.5 | 20.3 | 10.1 | 14.9 | - | - | - | 2.217 | 6.9 | 135.936 | 157.166 | 15.580 | 83.73 | 78.08 | 5.8 | 80.0 | 5.2 | 2.4 | 3.2 |
| | | | | DESV. ESTANDAR | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 2.3 | 1.7 | 2.2 | 3.3 | 3.0 | 1.4 | 0.9 | 0.2 | - | - | - | 0.065 | 0.5 | 7.062 | 6.500 | 0.179 | 1.06 | 2.24 | 0.56 | 2.8 | 1.5 | 0.8 | 2.3 |
| | | | | VARIANZA | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 5.5 | 3.0 | 5.0 | 10.9 | 8.9 | 1.9 | 0.8 | 0.0 | - | - | - | 0.004 | 0.2 | 49.877 | 42.246 | 0.032 | 1.13 | 5.02 | 0.34 | 8.0 | 2.2 | 0.7 | 5.1 |
| | | | | COEF. DE VARIACIÓN | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 3.3 | 3.0 | 4.5 | 8.6 | 10.0 | 7.8 | 10.3 | 1.0 | - | - | - | 2.979 | 7.2 | 5.487 | 4.287 | 1.166 | 1.29 | 2.96 | 11.37 | 3.7 | 40.5 | 46.0 | 141.4 |

Tabla 29. Curva granulométrica estadística – Graduación B

| Estadísticas | Granulometría % que pasa | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº 4 | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 |
| ABERTURA (mm) | 50,80 | 38,10 | 25,40 | 19,05 | 12,70 | 9,53 | 4,76 | 2,00 | 0,42 | 0,08 |
| MIN - ESPECIFICACION | 100 | - | 75 | - | - | 40 | 30 | 20 | 15 | 5 |
| MIN - ESTADÍSTICO | 100,00 | 100,00 | 90,60 | 69,12 | 55,46 | 47,30 | 34,82 | 26,21 | 16,83 | 7,76 |
| Xp (Media) | 100,00 | 100,00 | 93,45 | 71,74 | 57,35 | 49,20 | 38,39 | 29,69 | 17,85 | 8,69 |
| MAX - ESPECIFICACION | 100 | - | 95 | - | - | 75 | 60 | 45 | 30 | 15 |
| MAX - ESTADÍSTICO | 100,00 | 100,00 | 94,35 | 74,30 | 59,01 | 51,69 | 42,10 | 32,51 | 20,26 | 10,05 |

Anexo B

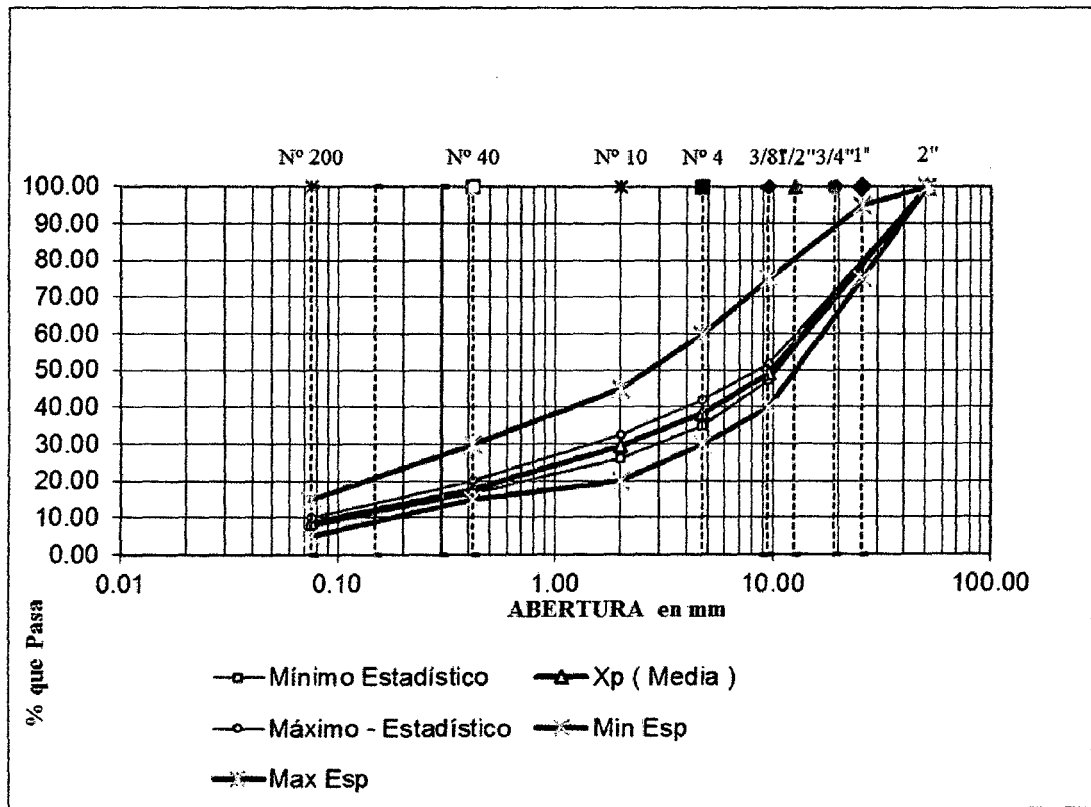


Figura 15. Curva Granulométrica Estadística- Graduación B base granular – cantera Rio Cafete, Anexo B .

2. Resultados de los ensayos realizados a los agregados gruesos (piedra chancada) que conforman la carpeta asfáltica de 1 de las 15 muestras ensayadas:

a. granulometría.

Tabla 30. Análisis granulométrico agregado grueso.

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA |
|---------|------------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| 7" | 177.800 | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | |
| 4" | 101.600 | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 |
| 1/2" | 12.700 | 2,073.0 | 13.4 | 13.4 | 86.6 |
| 3/8" | 9.525 | 4,955.0 | 32.1 | 45.5 | 54.5 |
| 1/4" | 6.350 | 5,532.0 | 35.8 | 81.3 | 18.7 |
| N°4 | 4.760 | 1,773.0 | 11.5 | 92.8 | 7.2 |
| N°8 | 2.360 | 605.0 | 3.9 | 96.7 | 3.3 |
| N°10 | 2.000 | 198.0 | 1.3 | 98.0 | 2.0 |
| N°16 | 1.180 | | | 98.0 | 2.0 |
| N°30 | 0.600 | | | 98.0 | 2.0 |
| N°40 | 0.420 | 309.0 | 2.0 | 100.0 | |
| N°50 | 0.300 | | | | |
| N°80 | 0.180 | | | | |
| N°100 | 0.150 | | | | |
| N°200 | 0.075 | | | | |
| < N°200 | FONDO | | | | |
| FINO | | 1,112.0 | | | |
| TOTAL | | 15,445.0 | | | |

Anexo B

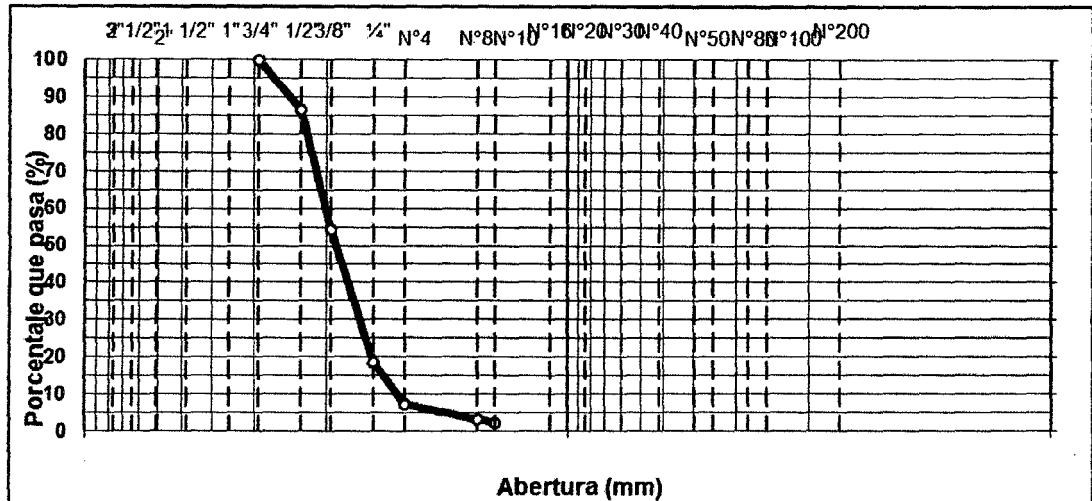


Figura 16. Curva Granulométrica agregado grueso para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B

b. Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio.

Tabla 31. Análisis de durabilidad al sulfato de sodio y magnesio del agregado grueso.

| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso requerido (g) | Peso fracción ensayada (g) | N° de partículas | Peso ret. después de ensayo (g) | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | N° de partículas |
|----------------|---------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------|---------------------------------|-----------|-----|-----------------------|------------------|
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 2 1/2" | 2" | | 3000±300 | | | | 0.0 | | 0.00 | |
| 2" | 1 1/2" | | 2000±200 | | | | 0.0 | | 0.00 | |
| 1 1/2" | 1" | | 1000±50 | | | | 0.0 | | 0.00 | |
| 1" | 3/4" | | 500±30 | | | | 0.0 | | 0.00 | |
| 3/4" | 1/2" | | 670±10 | | | | 0.0 | | 0.00 | |
| 1/2" | 3/8" | 45.5 | 330±5 | 1001.6 | | 999.5 | 2.1 | 0.2 | 0.10 | |
| 3/8" | N° 4 | 47.3 | 300±5 | 300.8 | | 296.4 | 4.4 | 1.5 | 0.69 | |
| TOTALES | | 92.8 | | 1302.4 | | 1295.9 | | | 0.79 | |

Anexo B

c. Abrasión (máquina de los Ángeles).

Tabla 32. Ensayo de abrasión del agregado grueso.

| Tamiz Pasa - Retiene | Gradaciones | | | |
|--------------------------------|-------------|---------------|---|---|
| | A | B | C | D |
| 1 1/2" - 1" | | | | |
| 1" - 3/4" | | | | |
| 3/4" - 1/2" | | 2500.0 | | |
| 1/2" - 3/8" | | 2500.0 | | |
| 3/8" - 1/4" | | | | |
| 1/4" - N° 4 | | | | |
| N° 4 - N° 8 | | | | |
| Peso Total | | 5000.0 | | |
| (%) Retenido en la malla N° 12 | | 4170.8 | | |
| (%) Que pasa en la malla N° 12 | | 829.2 | | |
| N° de esferas | | 11 | | |
| Peso de las esferas (gr) | | 4584 ± 25 | | |
| % Desgaste | | 16.6% | | |

Anexo B

d. Adherencia.

Tabla 33. Análisis de adherencia del agregado grueso.

| MUESTRA | 1 | 2 | PROMEDIO |
|---|-----|-----|----------|
| PORCENTAJE ESPECIFICADO | 95% | 95% | |
| RECUBRIMIENTO (%) N°1 | 96% | 95% | |
| RECUBRIMIENTO (%) N°2 | 96% | 95% | |
| PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO | 96% | 95% | 96% |

Anexo B

e. Índice de durabilidad.

Tabla 34. Análisis de índice de durabilidad del agregado grueso.

| MUESTRA DE DISEÑO MAC-2-01 | UNIDAD | IDENTIFICACIÓN | | | | Promedio |
|---|--------|----------------|-------|-------|-----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Tamaño máximo (pasa malla 3/4") | mm | 4.76 | 4.76 | 4.76 | | |
| Hora de entrada a saturación | | 11:00 | 11:02 | 11:04 | | |
| Hora de salida de saturación (más 10") | | 11:10 | 11:12 | 11:14 | | |
| Hora de entrada a decantación | | 11:12 | 11:14 | 11:16 | | |
| Hora de salida de decantación (más 20") | | 11:32 | 11:34 | 11:36 | | |
| Altura de sedimentación en pulg. | Pulg. | 3.70 | 4.00 | 3.90 | | |
| Índice de durabilidad | % | 49 | 47 | 48 | 48 | |

Anexo B

f. Porcentaje de caras fracturadas.

Tabla 35. Con una cara fracturada del agregado grueso.

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | CON UNA CARA FRACTURADAS | | | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 1 CARA FRACTURADA (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 2073.0 | 2060.0 | 99.4 | 13.4 | 1331.6 | |
| 1/2" | 3/8" | 4955.0 | 4885.0 | 98.6 | 32.1 | 3164.7 | |
| TOTAL | | 7028.0 | 6945.0 | | 45.5 | 4496.2 | 98.8 |

Anexo B

Tabla 36. Con dos o más caras fracturadas del agregado grueso.

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS | | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 2073.0 | 2040.0 | 98.4 | 13.4 | 1318.7 | |
| 1/2" | 3/8" | 4955.0 | 4855.0 | 98.0 | 32.1 | 3145.2 | |
| TOTAL | | 7028.0 | 6895.0 | | 45.5 | 4463.9 | 98.1 |

Anexo B

g. Partículas chatas y alargadas.

Tabla 37. Porcentaje de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

| PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 693 | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| TAMIZ | Peso por mallas (A) (gr) | Peso chatas y alargadas (B) (gr) | Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%) | Gradación Original (D) (%) | Corrección (E)=(C)*(D) (%) | (E)/(D) (%) |
| 2 1/2" - 2" | | | | | | |
| 1" - 3/4" | | | | | | |
| 3/4" - 1/2" | 2073.0 | 169.8 | 8.2 | 13.4 | 109.8 | |
| 1/2" - 3/8" | 4955.0 | 253.7 | 5.1 | 32.1 | 164.4 | |
| Peso Total (gr.) | 7028.0 | 423.5 | | 45.5 | 274.1 | 6.0 |

Anexo B

h. Contenido de sales solubles.

Tabla 38. Contenido de sales solubles en el agregado grueso.

| MUESTRA : | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
|---|----------------|---------|---------|---|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ENSAYO N° | | | | | |
| (1) Peso muestra (gr) | 1012.50 | 1008.85 | 1016.50 | | |
| (2) Volumen aforo (ml) | 500.00 | 500.00 | 500.00 | | |
| (3) Volumen alícuota (ml) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | | |
| (4) Peso masa cristalizada (gr) | 0.18 | 0.17 | 0.16 | | |
| (5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$ | 0.09 | 0.08 | 0.08 | | 0.08% |

Anexo B

Tabla 40. Curva granulométrica estadística – piedra para asfalto

| Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 1/4" | Nº4 | Nº8 | Nº10 |
| | 19,050 | 12,700 | 9,525 | 6,350 | 4,750 | 2,360 | 2,000 |
| MIN - ESPECIFICACION | | | | | | | |
| MIN - ESTADISTICO | 100,0 | 82,2 | 47,8 | 18,7 | 3,4 | 0,6 | 0,2 |
| Xp (Media) | 100,0 | 85,9 | 55,7 | 27,6 | 6,8 | 2,4 | 1,0 |
| MAX - ESTADISTICO | 100,0 | 89,5 | 63,4 | 33,0 | 11,4 | 4,2 | 2,0 |
| MAX - ESPECIFICACION | | | | | | | |

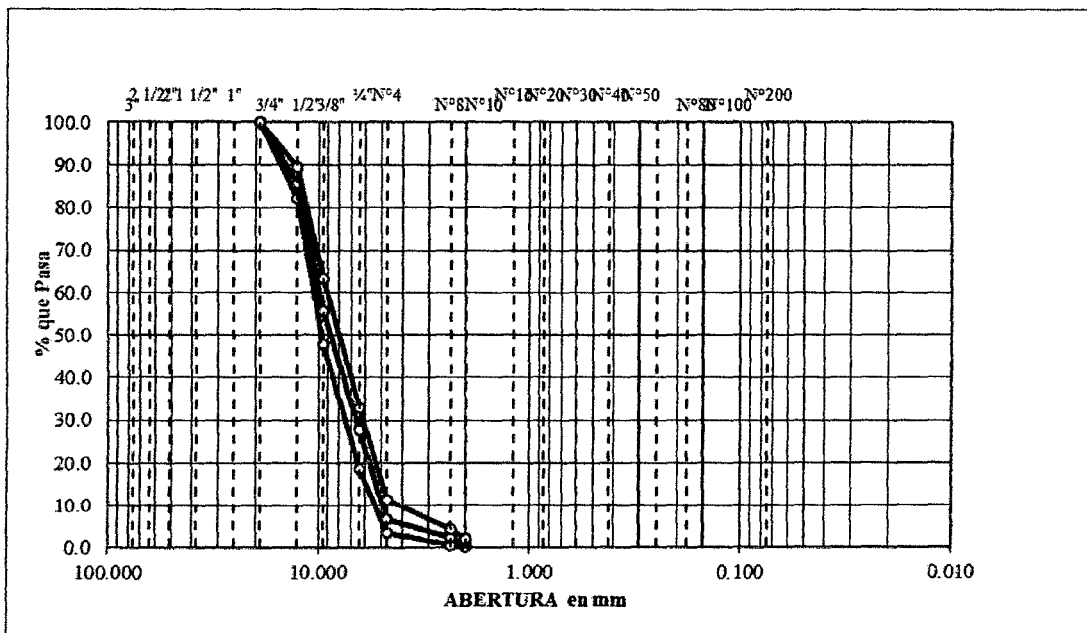


Figura 17. Curva Granulométrica Estadística- Gradación agregado grueso o piedra para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B.

3. Resultados de los ensayos realizados a los agregados finos (arena zarandeada) que conforman la carpeta asfáltica de 1 de las 15 muestras ensayadas:

a. granulometría.

Tabla 41. Análisis granulométrico del agregado fino.

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | ESPECIFICACIÓN |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------------|
| 7" | 177.800 | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | | |
| 4" | 101.600 | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | |
| 1/4" | 6.350 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| N°4 | 4.750 | 7.5 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | |
| N°8 | 2.360 | 57.0 | 5.8 | 6.6 | 93.4 | |
| N°10 | 2.000 | 27.1 | 2.8 | 9.4 | 90.6 | |
| N°16 | 1.180 | 86.3 | 8.8 | 18.2 | 81.8 | |
| N°30 | 0.600 | 79.9 | 8.2 | 26.4 | 73.6 | |
| N°40 | 0.420 | 290.6 | 29.7 | 56.1 | 43.9 | |
| N°50 | 0.300 | 132.6 | 13.6 | 69.7 | 30.3 | |
| N°80 | 0.180 | 123.5 | 12.6 | 82.3 | 17.7 | |
| N°100 | 0.150 | 52.5 | 5.4 | 87.7 | 12.3 | |
| N°200 | 0.075 | 51.1 | 5.2 | 92.9 | 7.1 | |
| < N°200 | FONDO | 69.4 | 7.1 | 100.0 | 0.0 | |
| FINO | | 977.5 | | | | |
| TOTAL | | 977.5 | | | | |

Anexo B.

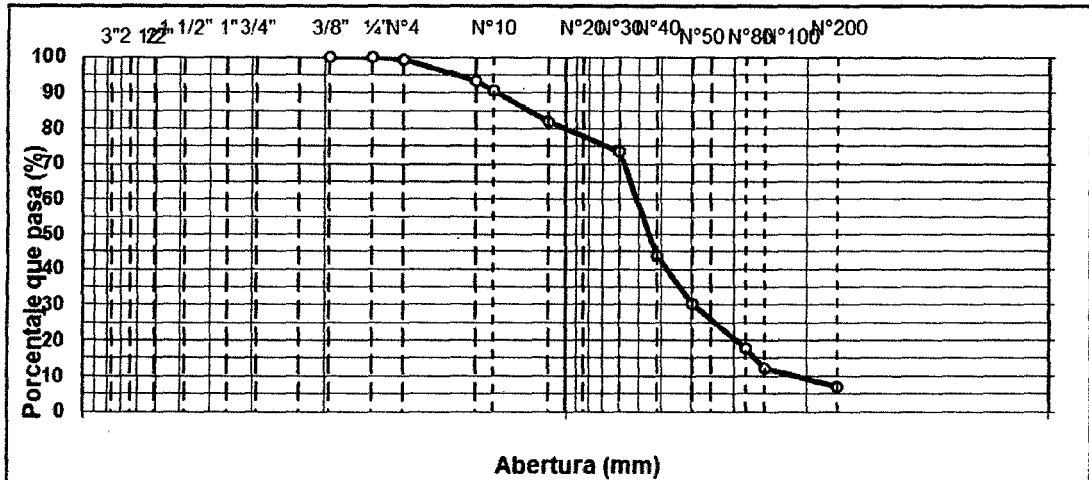


Figura 18. Curva Granulométrica Gradación agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B.

b. Límite Líquido (malla N° 40).

Tabla 42. Análisis del Límite líquido (malla N°40) del agregado fino.

| LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40) | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|------|
| N° TARRO | 1 | 2 | 3 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 48.46 | 47.71 | 47.90 | |
| TARRO + SUELO SECO | 47.82 | 46.46 | 46.91 | |
| AGUA | 0.64 | 1.25 | 0.99 | |
| PESO DEL TARRO | 43.92 | 38.38 | 40.06 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 3.90 | 8.08 | 6.85 | |
| % DE HUMEDAD | 16.41 | 15.47 | 14.45 | |
| N° DE GOLPES | 4 | 11 | 18 | 0.94 |

Anexo B .

Tabla 43. Análisis del Límite Plástico (malla N°40) del agregado fino.

| LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40) | | |
|-------------------------------|------|------|
| N° TARRO | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | |
| TARRO + SUELO SECO | N.P. | |
| AGUA | | |
| PESO DEL TARRO | #N/A | #N/A |
| PESO DEL SUELO SECO | | |
| % DE HUMEDAD | NP | NP |

Anexo B .

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 14 |
| LÍMITE PLÁSTICO | N.P. |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | N.P. |

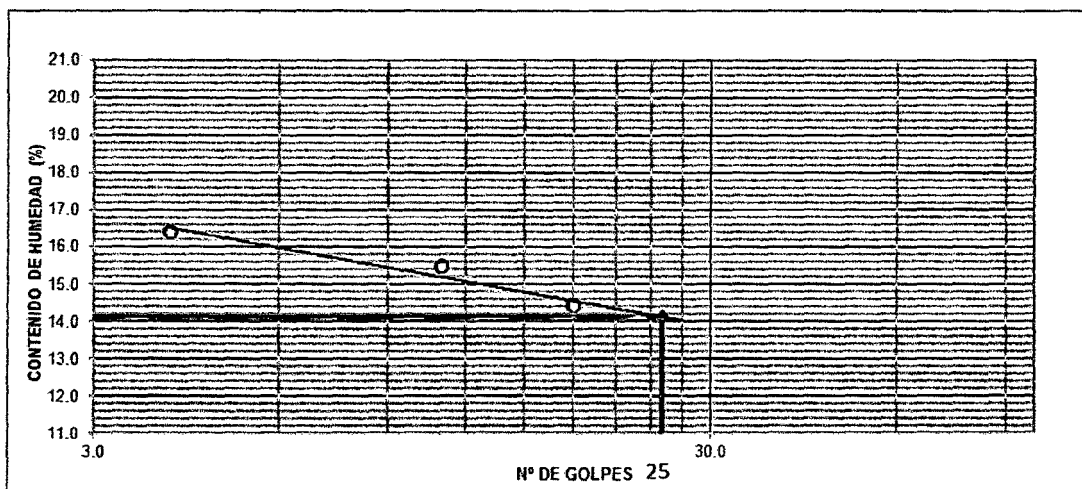


Figura 19. Diagrama de fluidez (malla N°40) del agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B.

c. Límite Líquido (malla N° 200).

Tabla 44. Análisis del Límite líquido (malla N°200) del agregado fino.

| LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 200) | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | 8 | 9 | 10 |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 49.09 | 48.57 | 48.73 |
| TARRO + SUELO SECO | 48.00 | 46.75 | 46.79 |
| AGUA | 1.09 | 1.82 | 1.94 |
| PESO DEL TARRO | 43.00 | 38.03 | 36.99 |
| PESO DEL SUELO SECO | 5.00 | 8.72 | 9.80 |
| % DE HUMEDAD | 21.80 | 20.87 | 19.80 |
| Nº DE GOLPES | 11 | 18 | 28 |

Anexo B.

Tabla 45. Análisis del Límite Plástico (malla N°200) del agregado fino.

| LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 200) | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | 2 | 4 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 22.40 | 20.72 | 55.35 |
| TARRO + SUELO SECO | 22.21 | 19.56 | 51.28 |
| AGUA | 0.19 | 1.16 | |
| PESO DEL TARRO | 21.21 | 13.58 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 1.00 | 5.98 | |
| % DE HUMEDAD | 19.00 | 19.40 | |

Anexo B

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|----|
| LÍMITE LÍQUIDO | 20 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 19 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 1 |

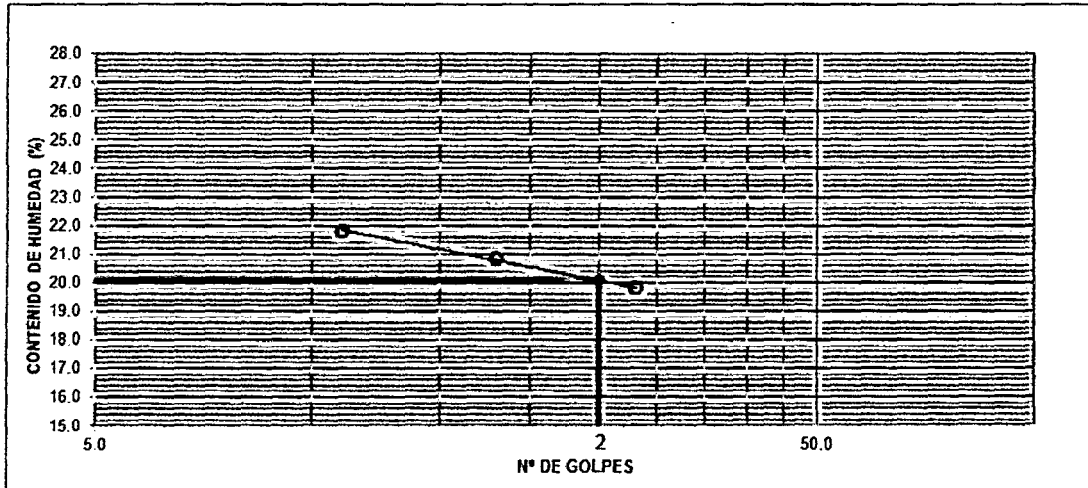


Figura 20. Diagrama de fluidez (malla N°200) del agregado fino o arena zarandeada para carpeta asfáltica – cantera Rio Cañete, Anexo B .

d. Equivalente de arena

Tabla 46. Análisis de equivalente de arena del agregado fino.

| CANTERA : MUESTRA | IDENTIFICACIÓN | | | |
|---|----------------|-------|-------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Hora de entrada a saturación | 10:35 | 10:37 | 10:39 | |
| Hora de salida de saturación (más 10') | 10:45 | 10:47 | 10:49 | |
| Hora de entrada a decantación | 10:47 | 10:49 | 10:51 | |
| Hora de salida de decantación (más 20') | 11:07 | 11:09 | 11:11 | |
| Altura máxima de material fino | cm 5.50 | 5.40 | 5.50 | |
| Altura máxima de la arena | cm 4.30 | 4.20 | 4.30 | |
| Equivalente de arena | % 79 | 78 | 79 | |
| Equivalente de arena promedio | % | 78.7 | | |
| Resultado equivalente de arena | % | 79 | | |

Anexo B.

e. Angularidad de la arena.

Tabla 47. Análisis de Angularidad de la arena del agregado fino.

| ANGULARIDAD DE LA ARENA | | | | |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| MTC E 222 | | | | |
| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| 1 Peso Material + Molde (grs) | 9092 | 9119 | 9104 | |
| 2 Peso Del Molde (grs) | 5798 | 5798 | 5798 | |
| 3 Peso Neto Del Material (grs) | 3294 | 3321 | 3306 | |
| 4 Volumen Del Molde (cc) | 2216 | 2216 | 2216 | |
| 5 Peso Unitario (gr/cc) | 1.486 | 1.499 | 1.492 | 1.492 |

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|---|----------|----------|----------|-----------------|
| A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) | 500.0 | 500.0 | 500.0 | |
| B Peso Frasco + agua | 684.4 | 681.8 | 675.3 | |
| C Peso Frasco + agua + A | 1184.4 | 1181.8 | 1175.3 | |
| D Peso del Mat. + agua en el frasco | 1002.1 | 998.8 | 992.6 | |
| E Vol de masa (C-D) | 182.3 | 183.0 | 182.7 | |
| Pe Bruto del Agregado | 2.743 | 2.732 | 2.737 | 2.737 |

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|---|----------|----------|----------|-----------------|
| 1 Peso Especifico Seco (Gsb) | 2.737 | 2.737 | 2.737 | |
| 2 Volumen de Molde(V) | 2216 | 2216 | 2216 | |
| 3 Peso de material en el molde (w) | 3294 | 3321 | 3306 | |
| 4 Angularidad de agregado fino % | 45.7 | 45.2 | 45.5 | 45.5 |

Anexo B.

Tabla 49. Curva granulométrica estadística – Arena chancada para asfalto

| Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 3/8" | 1/4" | Nº4 | Nº8 | Nº10 | Nº16 | Nº30 | Nº40 | Nº50 | Nº80 | Nº100 | Nº200 |
| | 9,525 | 6,350 | 4,750 | 2,360 | 2,000 | 1,190 | 0,600 | 0,420 | 0,300 | 0,180 | 0,150 | 0,075 |
| MIN - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | |
| MIN - ESTADISTICO | 100,0 | 98,9 | 91,5 | 60,7 | 55,3 | 41,1 | 28,7 | 23,4 | 19,4 | 14,7 | 12,8 | 9,4 |
| Xp (Media) | 100,0 | 99,4 | 94,2 | 65,6 | 59,0 | 44,8 | 32,2 | 26,1 | 21,8 | 16,8 | 14,7 | 10,0 |
| MAX - ESTADISTICO | 100,0 | 99,9 | 96,9 | 73,9 | 69,0 | 53,9 | 38,4 | 31,4 | 25,9 | 19,4 | 17,1 | 11,3 |

Anexo B.

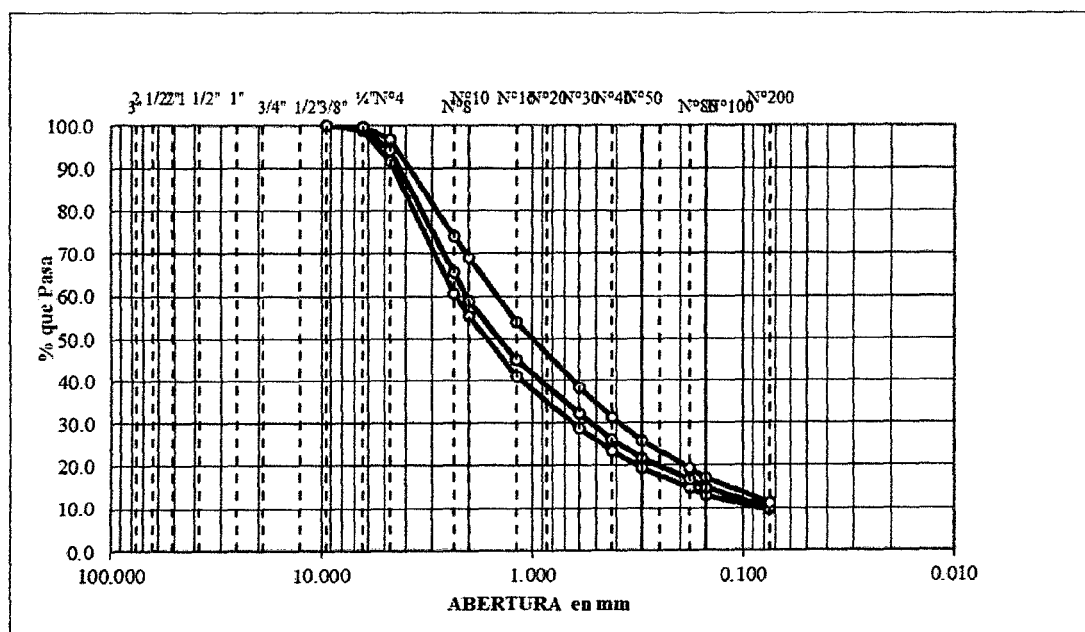


Figura 21. Curva Granulométrica – Estadística Gradación de arena chancada para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B.

Tabla 51. Curva granulométrica estadística – Arena zarandeada para asfalto

| Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 1/2" | 3/8" | 1/4" | Nº4 | Nº8 | Nº16 | Nº30 | Nº60 | Nº100 | Nº200 | Nº400 | Nº800 | Nº1500 |
| | 12,70 | 9,52 | 6,35 | 4,75 | 2,36 | 2,00 | 1,19 | 0,60 | 0,42 | 0,30 | 0,18 | 0,150 | 0,075 |
| | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MIN - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | | |
| MIN - ESTADISTICO | | 100,0 | 100,0 | 95,9 | 83,3 | 80,5 | 70,9 | 51,5 | 37,8 | 25,8 | 14,6 | 11,5 | 6,4 |
| Xp (Media) | | 100,0 | 100,0 | 98,2 | 90,4 | 87,1 | 77,8 | 61,8 | 42,1 | 29,4 | 17,4 | 13,1 | 7,2 |
| MAX - ESTADISTICO | | 100,0 | 100,0 | 99,3 | 93,6 | 90,7 | 81,8 | 75,2 | 45,6 | 33,5 | 20,6 | 15,3 | 8,6 |
| | | 0 | 0 | | | | | | | | | | |

Anexo B.

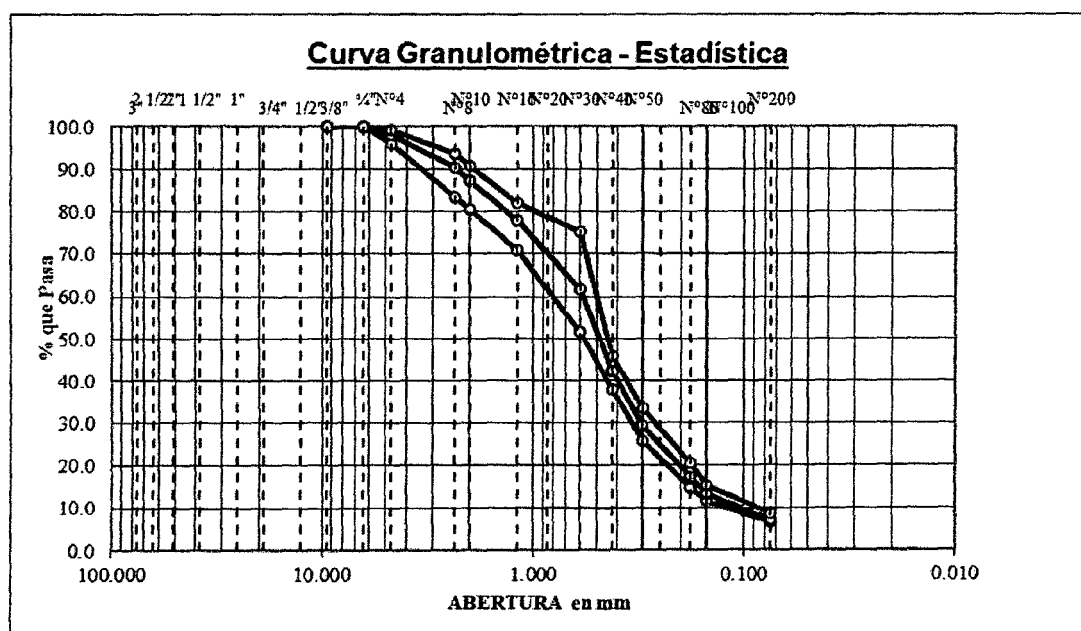


Figura 22. Curva Granulométrica – Estadística Gradación de arena zarandeada para asfalto – cantera Rio Cañete, Anexo B.

4.2 Discusión de resultados.

Según los resultados obtenidos estos se indican en las tablas 52 y 53.

Tabla 52. Resultados de las propiedades de los agregados para base granular.

| Ensayo | Especificación | Resultado | Cumplimiento | |
|--|----------------|-----------|--------------|------------------|
| Granulometría % que pasa - Gradación B | 2" | 100-100 | 100,0 | |
| | 1 1/2" | - | 100,0 | |
| | 1" | 75 - 95 | 93,5 | |
| | 3/4" | - | 71,7 | |
| | 1/2" | - | 57,3 | |
| | 3/8" | 40-75 | 49,2 | |
| | N° 4 | 30-60 | 38,4 | |
| | N° 10 | 20-45 | 29,7 | |
| | N° 40 | 15-30 | 17,9 | |
| | N° 100 | - | - | |
| N° 200 | 5-15 | 8,7 | Cumple | |
| L.L. | < 25% | 15,00 | | |
| IP | < 4% | N.P. | | |
| Clasificación | AASHTO | - | | A-1-a (0) |
| | SUCS | - | | GW - GM GP-GM |
| CBR 100% | 0,1" | > 100 % | | 128,7 |
| | 0,2" | - | | 151,6 |
| Abrasión | | < 40% | | 15,3 |
| Caras Fracturadas | Una | > 80% | | 82,4 |
| | DOS | > 40% | | 75,8 |
| Chatas y Alargadas | | < 15% | 5,1 | |
| Equiv. Arena | | > 35% | 77,0 | |

Resultados obtenidos del análisis de las muestras ensayadas tabla 27.

Tabla 53. Resultados de las propiedades de los agregados carpeta asfáltica

| Ensayos | Norma | Especificaciones | Resultado | Cumplimiento |
|-------------------------------------|-----------|------------------|-----------|--------------|
| Durabilidad(al sulfato de magnesio) | MTC E 209 | 18% máximo | 0,79% | Cumple |
| Abrasión de los ángeles | MTC E 207 | 40% máximo | 17,30% | Cumple |
| adherencia | MTC E 517 | 95% | 96% | Cumple |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | 35% mínimo | 48% | Cumple |
| Partículas chatas y alargadas | MTC 4791 | 10% máximo | 6,60% | Cumple |
| Caras fracturadas | MTC E 210 | 85/50 | 98% | Cumple |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,5% máximo | 0,08% | Cumple |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 60 | 79% | Cumple |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 30 | 45% | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N° 40) | MTC E 111 | NP | N.P | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N°200) | MTC E 111 | 4 máx. | 1% | Cumple |

Resultados obtenidos del análisis de las muestras ensayadas tablas 39, 47 y 49; comparadas con las tablas 13 y 14.

De los ensayos realizados para el material de base granular se determinó, que el ensayo en estudio cumple con los requisitos planteados en la tabla 6 y se encuentra dentro de la gradación B, tal cómo se presenta en la tabla 28, cumpliendo con las especificaciones técnicas y generales para el diseño de pavimentos flexibles. Como se observa en la tabla resumen 52.

De la tabla 28, el límite líquido promedio es igual al 15%, cumpliendo con unos de los requisitos para base granular como lo indica la tabla 1.

El índice de plasticidad promedio de las muestras nuestras ensayadas dieron como resultado un suelo de comportamiento NO PLASTICO (N.P), es decir poca presencia de arcilla. Y según nuestra clasificación de suelos SUCS y AASHTO, (tablas 8 y 9) pertenece a un suelo GW-GM y A-1-a (0), descripción del suelo: grava bien graduada con limo y arena.

El CBR es mayor que el valor relativo que se indica en las tablas 1 y 10, lo que significa que su clasificación cualitativa del suelo es excelente.

Los resultados de la investigación para los agregados finos y gruesos, cumplen con los valores establecidos en las tablas 2 y 3; partículas con caras fracturadas: una mayor al 80%; dos o más caras fracturadas igual al 75.8% superando el min de 40%; esto indica que habrá una buena adherencia entre partículas y una mejor resistencia a fuerzas externas; abrasión igual a 15.3% menor del 40% máx. Permitido; partículas chatas y alargadas 5.1% menor del 15% como máx. Tabla 52.

De las tabla 39; tabla 48 y tabla 50, se determina que los materiales a emplear en la carpeta asfáltica están dentro los requisitos establecidas en las tabla 13, tabla 14 y tabla 15, como lo indica la tabla 53

De esta manera afirmamos que las propiedades físicas y mecánicas del pavimento flexible de la carretera Cañete – Lunahuaná dependen de la calidad y resistencia de sus agregados. Porque los resultados de las propiedades física y mecánicas de estos, se encuentran dentro de los parámetros establecidos del Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de transito del MTC. Esto nos indica que los agregados son de calidad y resistentes a fuerzas externas.

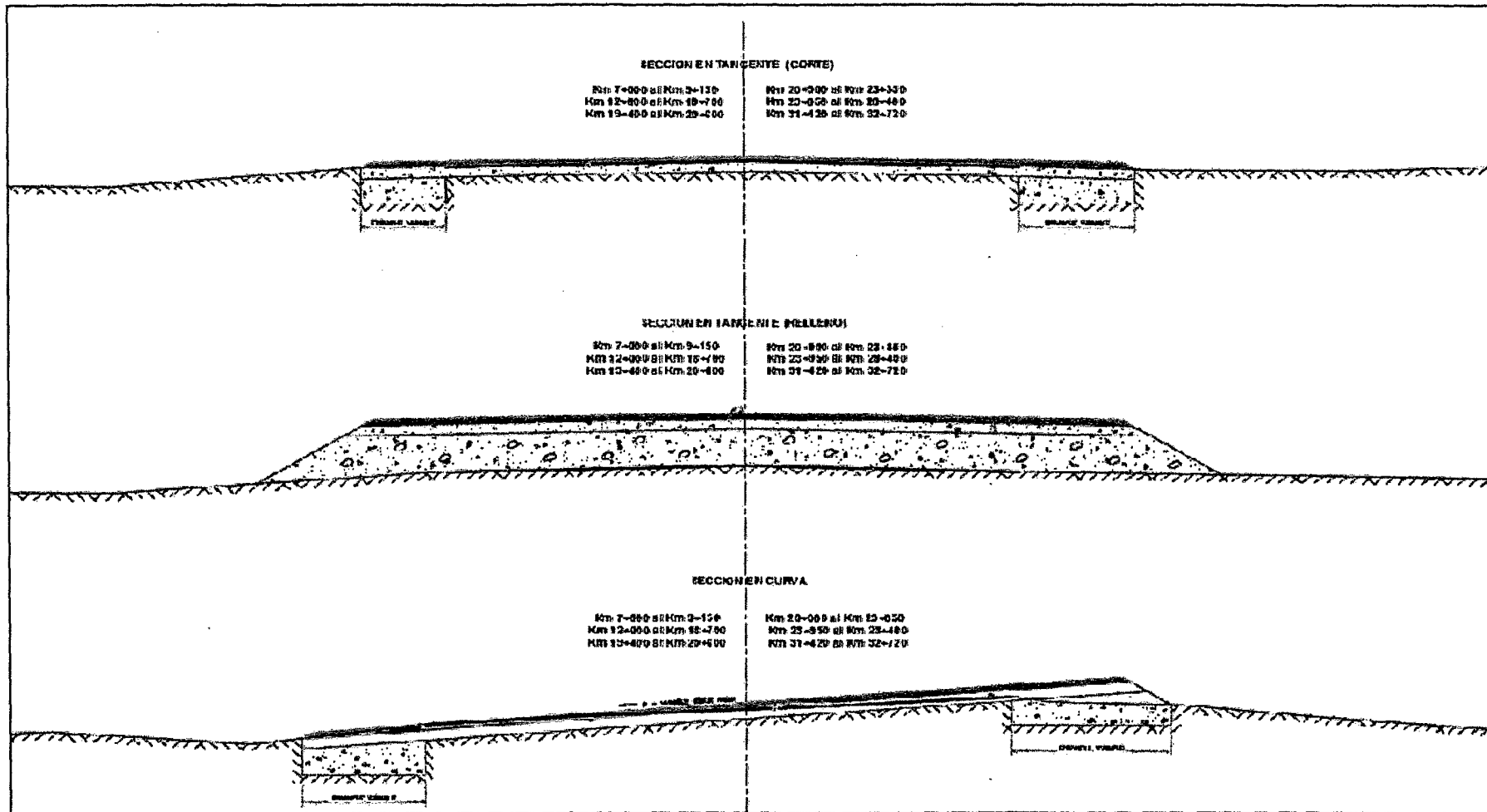


Figura 23. Secciones típicas del pavimento flexible.
 Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Lunahuaná (2014).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- a) Se determinó que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para base, cumplen con los parámetros establecidos por el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito del MTC y por ende con el expediente técnico del proyecto. Estas propiedades físicas y mecánicas brindan una valiosa información de la capacidad de servicio de la estructura a largo plazo
- b) La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la carpeta asfáltica y el desempeño de los materiales se logra a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que dichos materiales funcionan correctamente de acuerdo a rangos, límites y/o valores estándares, para condiciones similares o equivalentes.
- c) Es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en un diseño de pavimentos, ya que esta influyen de manera directa en el comportamiento del mismo; llegando a producir fallas estructurales por el manejo apresurado (sin análisis) y de un mal análisis.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda hacer una investigación de materiales asfálticos, mezclas asfálticas, aditivos y bases granulares y como estos se comportan estructuralmente en un pavimento flexible.
2. Para la mayor sustentabilidad de las obras viales será importante aunar esfuerzos en vías de elaborar una normativa que ayude a la utilización de agregados reciclados en diferentes campos de la construcción como existe en la mayoría de países del norte

3. Se recomienda realizar un análisis más detallado de los agregados que componen la carpeta de rodadura o carpeta asfáltica, considerando los insumos de asfalto, teniendo en cuenta que son sometidos a altas temperatura.

4. Se recomienda hacer un análisis comparativo para determinar si el comportamiento estructural de un pavimento flexible con agregados provenientes de cantera de cerro, es igual a los agregados de cantera de río.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, F., Macías, J. 2006 Estudio sobre Materiales Granulares de la Cantera Rio de Oro Utilizados como Base Granular para Pavimentos Flexibles- Bucaramarx

Almonte, A. 1986. Límites de Atterberg. Perú: Ed. Ciencia. 205 p

Arbitres, V. 2000. Método científico. Planificación de la investigación. Perú: Ed. Ciencia. 205 p.

Contreras. M. 2001 Emulsiones Asfálticas- Documento Técnico N°23 Santanilla.

Garnica, P.; Gómez, J.; Sesma. 2002. Mecánica de Materiales para Pavimentos- publicación técnica N°197, Sanfandila Qro.

Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de transito- Ministerio de Transporte y Comunicaciones- Dirección General y Ferrocarriles (2008)

Minaya, S. 2001. Manual de ensayo de materiales para pavimentos- MTC-DGCF

Montejo, A. 1998. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2da edición. Santafé de Bogotá: Universidad Católica. De Colombia.

Morales Rosales. 2007. Diseño de pavimentos flexibles, Editorial Javeriana Colombia. 227p

Ordoñez, A. 2001 Manual de Ensayos Para Pavimentos - volumen I

Pérez, P. 2013. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos .41p

Juárez, R. 1990. Apuntes de materia en construcción de carreteras. Universidad de buenos aires.

Jiménez, W; 2007. tesis modelación geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú

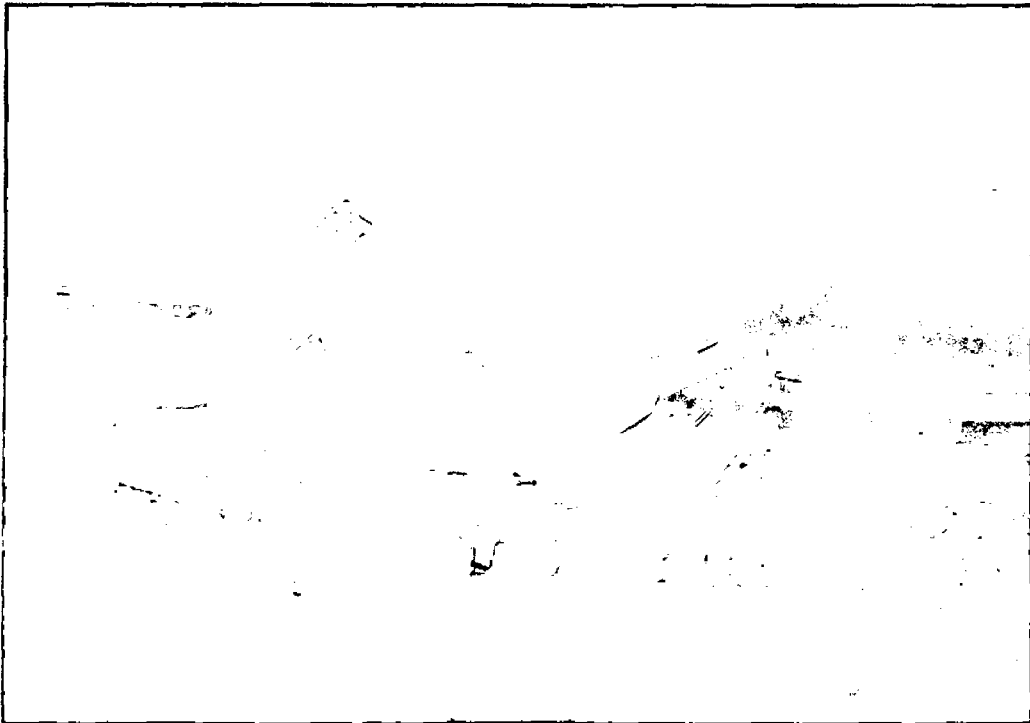
Rico, M.; Del Castillo. 1996 la ingeniería de suelos en las vías terrestres II. 11 ma. Edición México: editorial Limosa.

Sarmiento; L. 2008. Artículo: deformación permanente de materiales granulares en pavimentos flexibles: estado del conocimiento. Revista ingenierías universidad de Medellín. Colombia.

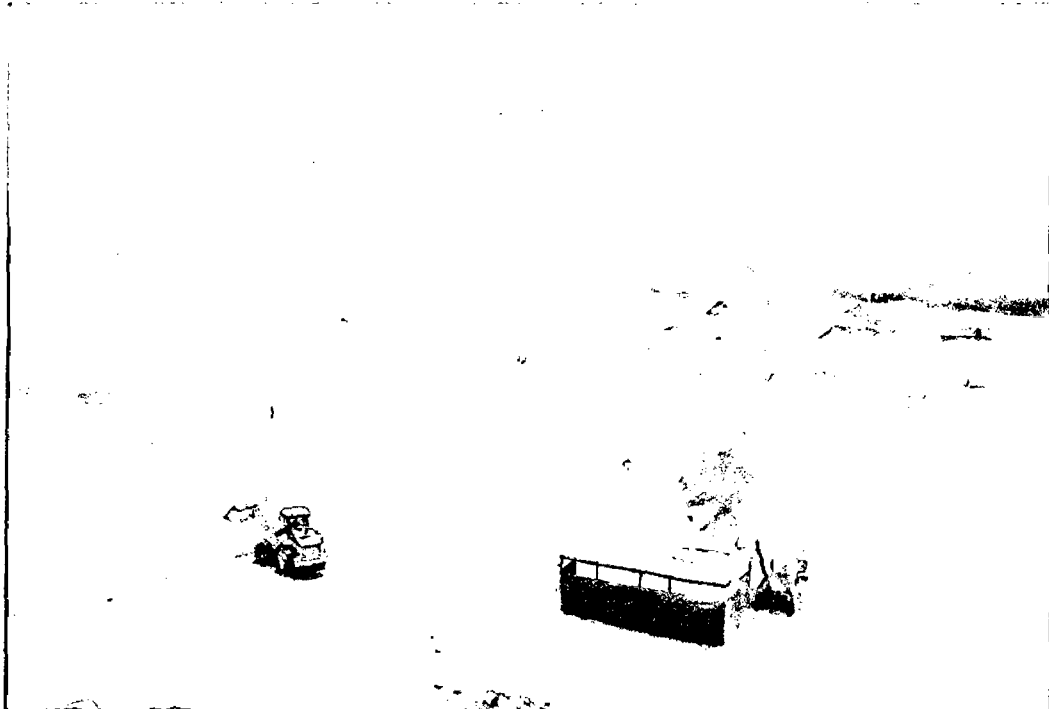
Smith, M.R. y Collens, L. 1994 Análisis de materiales pétreos en el control de calidad de canteras en Mérida.

N. 2011. Tesis mezclas asfálticas y deterioro de pavimentos asfálticos en el Perú

ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 1. Procesamiento de agregados para base granular y carpeta asfáltica –
Cantera Rio Cañete Km 22+600 L.D.**



**Figura 2. Acopio de agregados para base granular y carpeta asfáltica –
Cantera Rio Cañete Km 22+600 L.D**

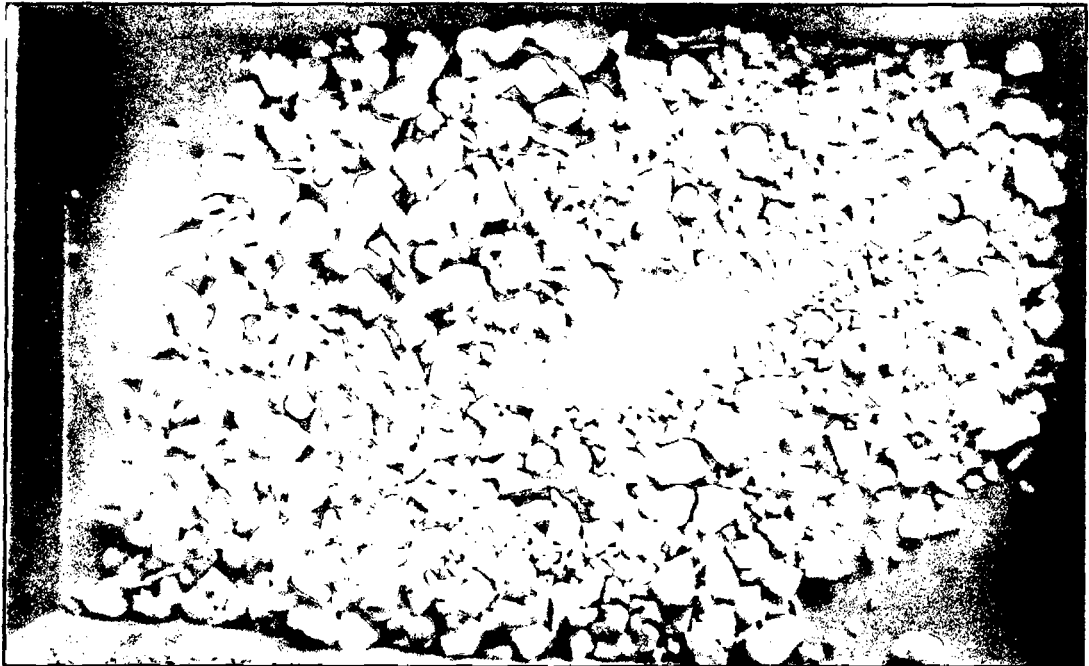


Figura 3. Agregado grueso – Cantera Rio Cañete Km 22+600 L.D.

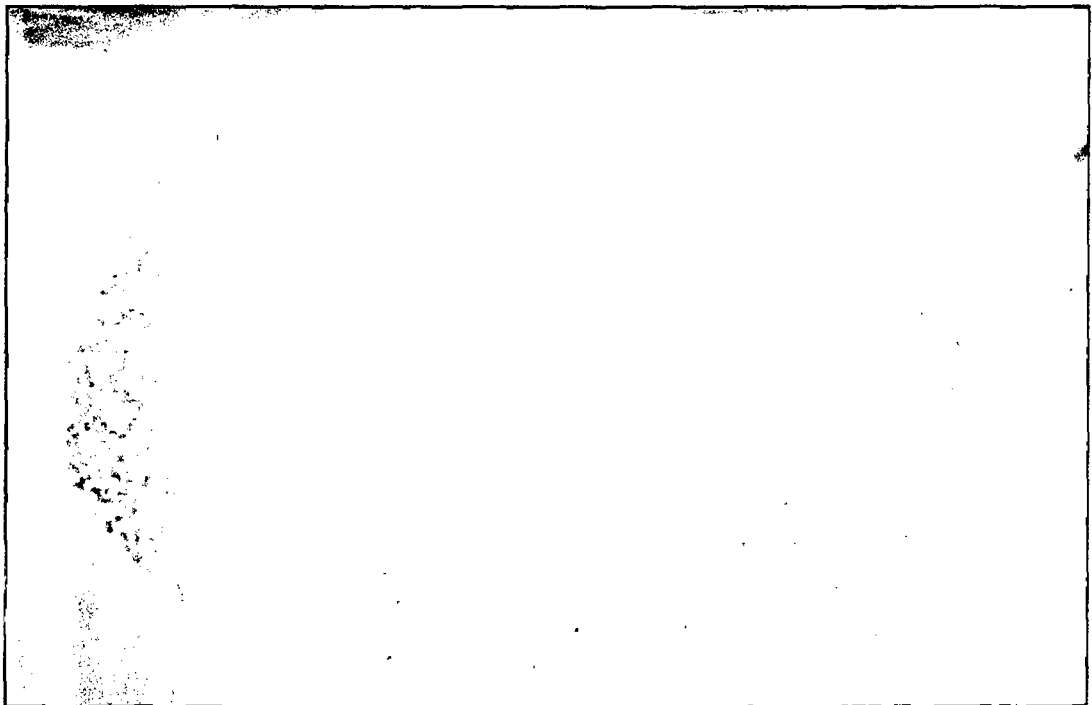


Figura 4. Agregado fino– Cantera Rio Cañete Km 22+600 L.D.

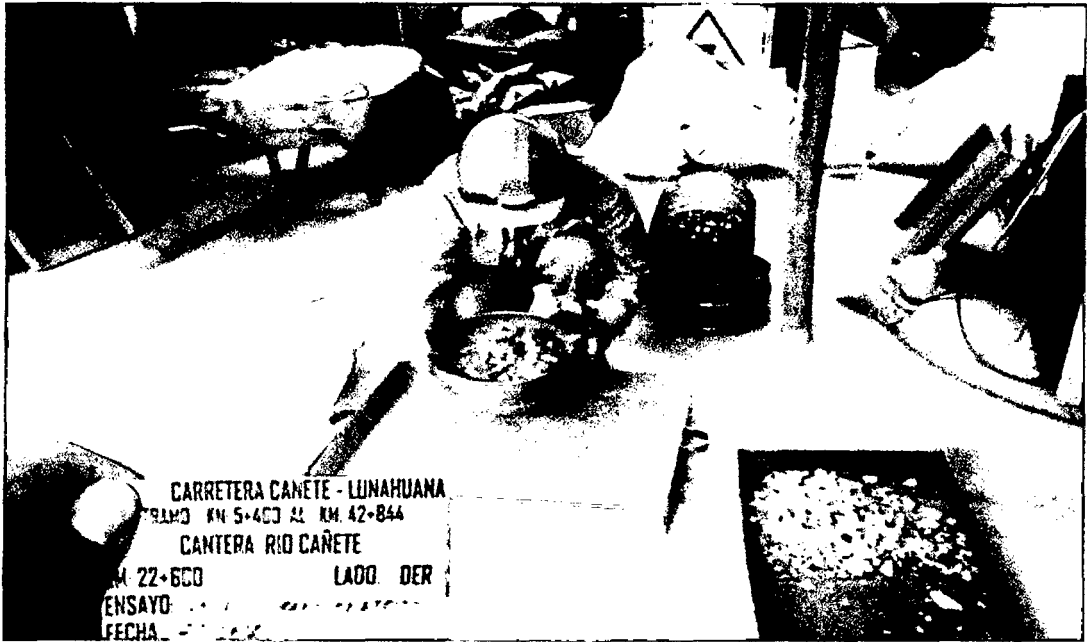


Figura 5. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado



Figura 6. Ensayo de Equivalente de Arena



Figura 7. Ensayo de Límites de Atterberg

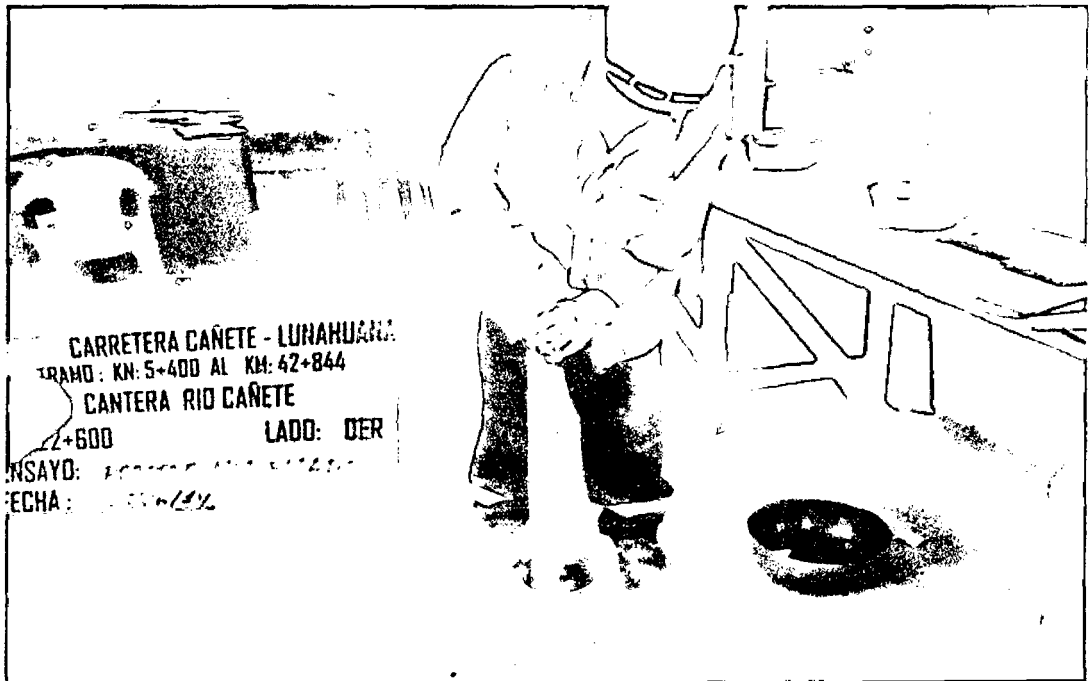


Figura 8: Ensayo de Proctor Modificado



Figura 9. Ensayo de Capacidad de Soporte de California (CBR)



Figura 10: Ensayo de Caras Fracturadas

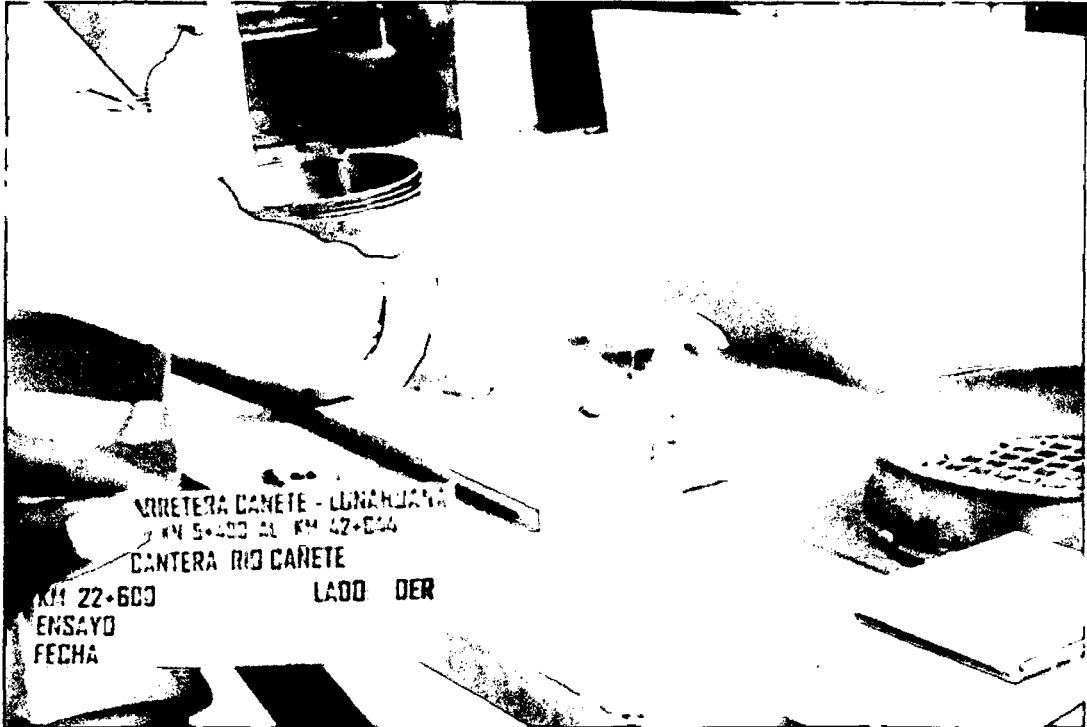


Figura 11: Ensayo de Chatas y Alargadas



Figura 12: Ensayo de Abrasión de los Ángeles

ANEXO B: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

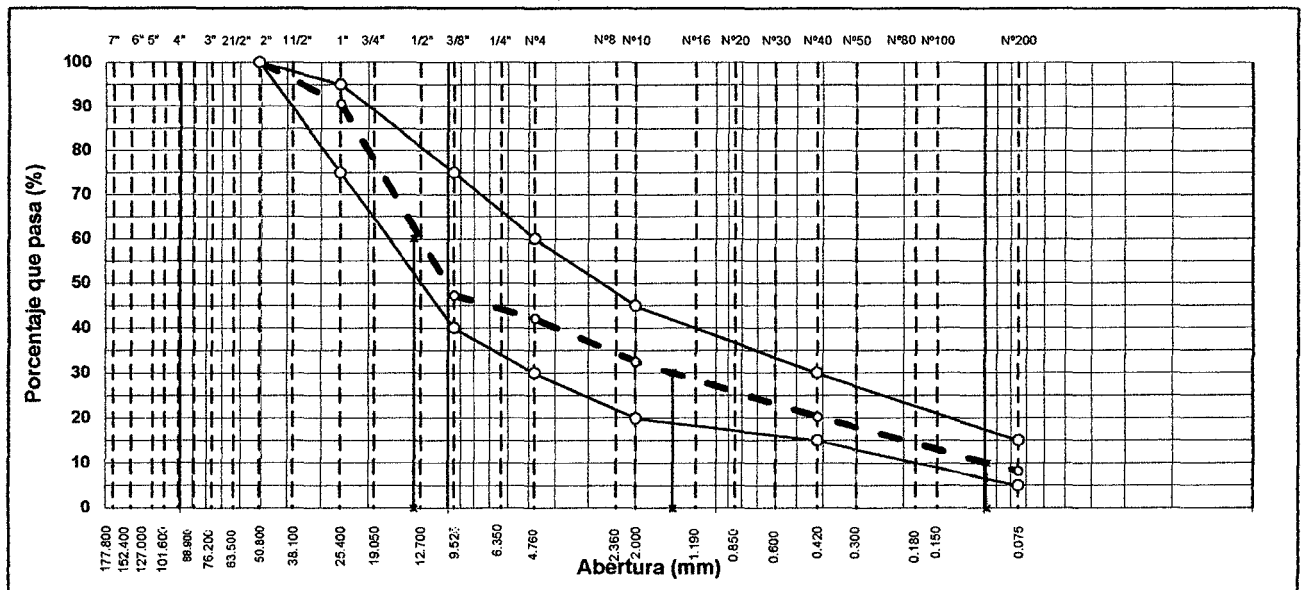
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

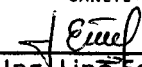
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | |
|--|--|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná TRAMO : Cañete - Lunahuaná MATERIAL : Base Granular CALICATA : MUESTRA : 1 PROFUND. : CANTERA : Río Cañete UBICACIÓN : km 22+600 L.D. | N° REGISTRO : BG-08-14/01 TÉCNICO : ING° RESP. : FECHA : 12/08/2014 HECHO POR : DEL KM : AL KM : LADO : |
|--|--|

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % O' PASA | HUSO B | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|--|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|---|------|------------------------|---|
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL = 28.790.0 gr PESO GRAVA = 16669.0 gr PESO ARENA = 12121.0 gr PESO FINO = 538.4 gr LÍMITE LÍQUIDO = 15 % LÍMITE PLÁSTICO = N.P. % INDICE PLÁSTICO = N.P. % CLASF. AASHTO = A-1-a (0) CLASF. SUCCS = GW - GM MAX. DENS. SECA = 2.192 (gr/cm3) OPT. CONT. HUM. = 5.90 % CBR 0.1" (100%) = 131.2 % CBR 0.2" (100%) = 156.5 % % Grava = 57.9 % % Arena = 34.0 % % Fino = 8.1 % % HUMEDAD = P.S.H. P.S.S % Humedad Observaciones : | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | | | | | | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | | | | | |
| 4" | 101.600 | | | | | | | | | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | 100 - 100 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | 75 - 95 | | | | |
| 1" | 25.400 | 2,706.0 | 9.4 | 9.4 | 90.6 | 40 - 75 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | 4,693.0 | 16.3 | 25.7 | 74.3 | 30 - 60 | | | | |
| 1/2" | 12.700 | 4,750.0 | 16.5 | 42.2 | 57.8 | 20 - 45 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | 3,023.0 | 10.5 | 52.7 | 47.3 | 15 - 30 | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | | | | |
| # 4 | 4.760 | 1,497.0 | 5.2 | 57.9 | 42.1 | | | | | |
| # 8 | 2.360 | | | | | | | | | |
| # 10 | 2.000 | 122.6 | 9.6 | 67.5 | 32.5 | | | | | |
| # 20 | 0.850 | | | | | | | | | |
| # 40 | 0.420 | 156.7 | 12.3 | 79.7 | 20.3 | | | | | |
| # 50 | 0.300 | | | | | | | | | |
| # 80 | 0.180 | | | | | | | | | |
| # 100 | 0.150 | | | | | | | | | |
| # 200 | 0.075 | 155.2 | 12.1 | 91.9 | 8.1 | 5 - 15 | | | | |
| < # 200 | FONDO | 103.9 | 8.1 | 100.0 | 0.0 | | | | | |
| FRACCIÓN | | 538.4 | | | | | Coef. Uniformidad | 137 | Indice de Consistencia | |
| TOTAL | | 28,790.0 | | | | | Coef. Curvatura | 1.6 | | - |
| Descripción suelo: Grava bien gradada con limo y arena | | | | | | | Pot. de Expansión | Bajo | | - |

CURVA GRANULOMÉTRICA



| | | |
|---|--|--------------------|
| Tec. Responsable Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ  Ing. Linó Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|---|--|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | |
|---|----------------------------------|
| TRAMO : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| MATERIAL : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| CALICATA : Base Granular | ING° RESP. : |
| MUESTRA : | FECHA : 12/08/2014 |
| PROFUND. : M- 1 | HECHO POR : |
| CANTERA : | DEL KM : |
| UBICACIÓN : Río Cañete | AL KM : |
| CANTERA : Km. 22+600 L.D. | LADO : |

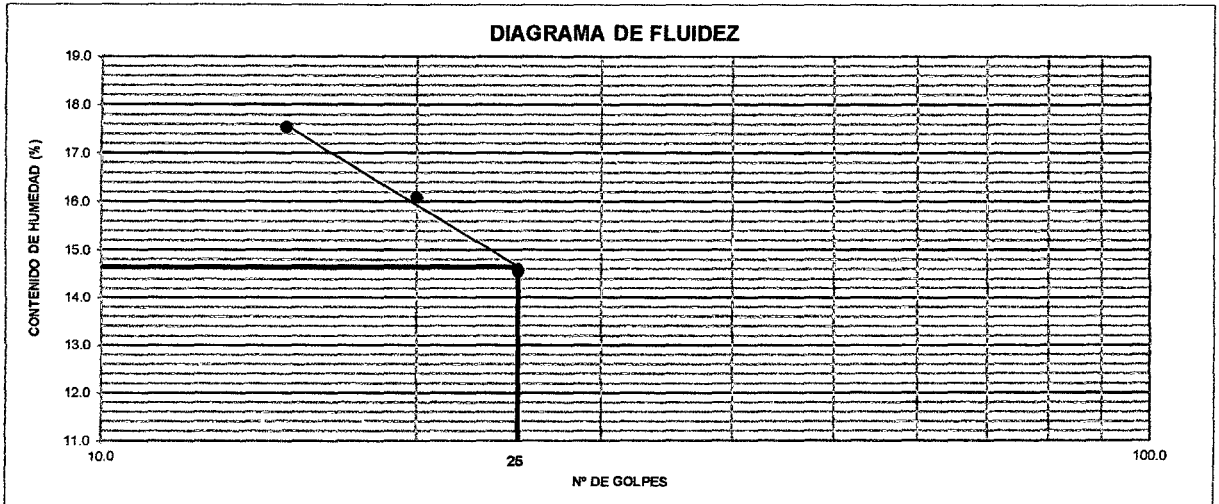
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40)

| | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| N° TARRO | 14 | 2 | 7 |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 51.24 | 58.80 | 61.87 |
| TARRO + SUELO SECO | 48.48 | 55.97 | 59.01 |
| AGUA | 2.76 | 2.83 | 2.86 |
| PESO DEL TARRO | 29.53 | 38.38 | 42.70 |
| PESO DEL SUELO SECO | 18.95 | 17.59 | 16.31 |
| % DE HUMEDAD | 14.56 | 16.09 | 17.54 |
| N° DE GOLPES | 25 | 20 | 15 |

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40)

| | | | |
|-----------------------------|--|-------------|--|
| N° TARRO | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | | |
| AGUA | | N.P. | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 15 |
| LÍMITE PLÁSTICO | N.P. |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | N.P. |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

| | | |
|---|---|--------------------|
| Tec. Responsable Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CARRILLO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA <i>E. Santé</i> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|---|---|--------------------|

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108)

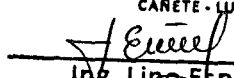
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | |
|--|----------------------------------|
| OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| TRAMO : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Base Granular | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 12/08/2014 |
| MUESTRA : M- 1 | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cafete | AL KM : |
| UBICACIÓN : Km. 22+600 L.D. | LADO : |

DATOS

| | |
|----------------------------------|---------|
| N° de Ensayo | 1 |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 1373.00 |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 1305.00 |
| Peso de Tara (gr.) | |
| Peso de Agua (gr.) | 68.00 |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 1305.00 |
| Humedad Natural (%) | 5.21 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.2 |

OBSERVACIONES:

| | | |
|--|---|---|
| <p>Tec. Responsable</p> <p style="text-align: center;">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAFETE - LUNAHUANÁ</p>  <p style="font-weight: bold; margin: 0;">Ing. Lino Espinoza Santé</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> </div> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

| | | | |
|------------------|--|--------------------|---------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO | : BG-08-14/01 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Base Granular | ING° RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 12/08/2014 |
| MUESTRA | : M- 1 | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Río Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : Km 22+600 L.D. | LADO | : |

EQUIVALENTE DE ARENA

| MUESTRA | IDENTIFICACIÓN | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Hora de entrada a saturación | 13:41 | 13:43 | 13:45 | |
| Hora de salida de saturación (más 10') | 13:51 | 13:53 | 13:55 | |
| Hora de entrada a decantación | 13:53 | 13:55 | 13:57 | |
| Hora de salida de decantación (más 20') | 14:13 | 14:15 | 14:17 | |
| Altura máxima de material fino | cm | 4.50 | 4.30 | 4.20 |
| Altura máxima de la arena | cm | 3.10 | 3.20 | 3.20 |
| Equivalente de arena | % | 69 | 75 | 77 |
| Equivalente de arena promedio | % | | | 73.7 |
| Resultado equivalente de arena | % | | | 74 |

Observaciones:

| | | |
|--|---|--------------------|
| Tec. Responsable | Ing. Responsable | Supervisión |
| <p>Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA</p> <p><i>[Firma]</i> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | |

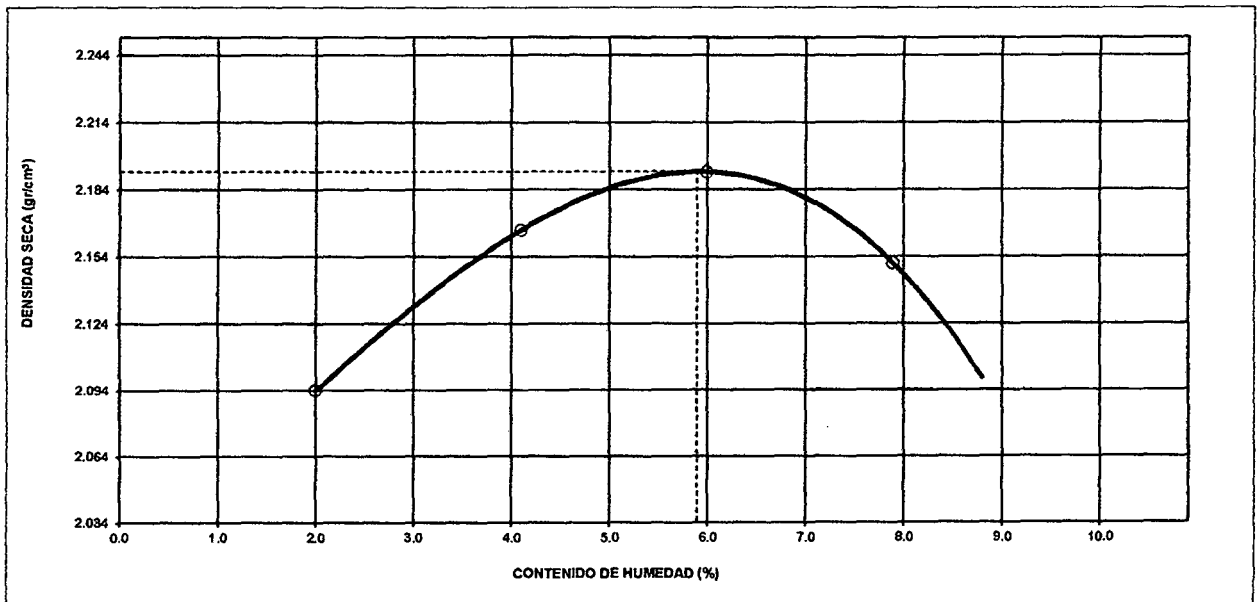
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

| | |
|--|----------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| TRAMO : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Base Granular | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 12/08/2014 |
| MUESTRA : M- 1 | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cafete | AL KM : |
| UBICACIÓN : Km. 22+600 L.D. | LADO : |

| COMPACTACIÓN | | | | |
|---|--------|--|--------|--------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN | : "C" | | | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | : 56 | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | |
| NÚMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 11103 | 11355 | 11501 | 11496 |
| PESO DE MOLDE (gr) | 6564 | 6564 | 6564 | 6564 |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 4539 | 4791 | 4937 | 4932 |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm³) | 2125 | 2125 | 2125 | 2125 |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³) | 2.136 | 2.255 | 2.323 | 2.321 |
| DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 2.094 | 2.166 | 2.192 | 2.151 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| RECIPIENTE N° | s/n | s/n | s/n | s/n |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 582.60 | 574.30 | 594.30 | 522.10 |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 571.20 | 551.70 | 560.70 | 483.90 |
| PESO DE LA TARA (gr) | | | | |
| PESO DE AGUA (gr) | 11.40 | 22.60 | 33.60 | 38.20 |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 571.20 | 551.70 | 560.70 | 483.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 2.00 | 4.10 | 5.99 | 7.89 |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 2.192 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 5.90 |

CURVA DE COMPACTACIÓN



| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p style="text-align: center;">_____ Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p style="text-align: center;"> <small>CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAFETE - LUNAHUANA</small> Ing. Lino Espinoza Santé <small>ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</small> </p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

| | | | |
|-----------|--|-------------|---------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | Nº REGISTRO | : BG-08-14/01 |
| TRAMO | : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Base Granular | INGº RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 12/08/2014 |
| MUESTRA | : 1 | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Río Cafete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : Km 22+600 L.D. | LADO | : |

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| MAXIMA DENSIDAD SECA | : 2.192 g/cm ³ |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | : 5.90 % |

| | |
|-----------|--------------|
| CAPACIDAD | : 10000 Lbs. |
| ANILLO | : 1 |

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Molde Nº | 9 | 3 | 7 | | | |
| Nº Capa | 5 | 5 | 5 | | | |
| Golpes por capa Nº | 56 | 25 | 12 | | | |
| Cond. de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + suelo húmedo (gr) | 12665 | 12517 | 12238 | | | |
| Peso de molde (gr) | 7728 | 7764 | 7717 | | | |
| Peso del suelo húmedo (gr) | 4937 | 4753 | 4521 | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2119 | 2119 | 2129 | | | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.330 | 2.243 | 2.124 | | | |
| Humedad (%) | 6.01 | 6.01 | 5.90 | | | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 2.198 | 2.116 | 2.006 | | | |
| Tarro Nº | S/N | S/N | S/N | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr) | 582.40 | 575.10 | 531.50 | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr) | 549.40 | 542.50 | 501.90 | | | |
| Peso del Agua (gr) | 33.00 | 32.60 | 29.60 | | | |
| Peso del tarro (gr) | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr) | 549.40 | 542.50 | 501.90 | | | |
| Humedad (%) | 6.01 | 6.01 | 5.90 | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 6.01 | 6.01 | 5.90 | | | |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|---------------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |

NO EXPANSIVO

PENETRACION

| PENETRACION pulg | CARGA | | MOLDE Nº 9 | | MOLDE Nº 3 | | MOLDE Nº 7 | | | | | | |
|---------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|
| | STAND. | CARGA | CORRECCION | CARGA | CORRECCION | CARGA | CORRECCION | | | | | | |
| | kg/cm ² | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.025 | | 45 | 11 | 0 | | 32 | 8 | 21 | 5 | | | | |
| 0.050 | | 174 | 40 | | | 133 | 31 | 85 | 20 | | | | |
| 0.075 | | 317 | 73 | | | 223 | 51 | 142 | 33 | | | | |
| 0.100 | 70.3 | 448 | 103 | 92.3 | 131.2 | 322 | 74 | 69.78 | 99.2 | 208 | 48 | 57.71 | 82.1 |
| 0.150 | | 577 | 132 | | | 453 | 104 | 342 | 78 | | | | |
| 0.200 | 105.5 | 723 | 165 | 165.1 | 156.5 | 597 | 136 | 135.34 | 128.3 | 484 | 111 | 118.45 | 112.3 |
| 0.250 | | 846 | 192 | | | 722 | 164 | 628 | 143 | | | | |
| 0.300 | | 973 | 221 | | | 861 | 196 | 763 | 174 | | | | |
| 0.400 | | 1135 | 257 | | | 992 | 225 | 841 | 191 | | | | |
| 0.500 | | 1242 | 281 | | | 1112 | 252 | 921 | 209 | | | | |

Tec. Responsable

Téc. Cesar Aguilar Atoche
Lab. de Suelos Concreto y Asfalto

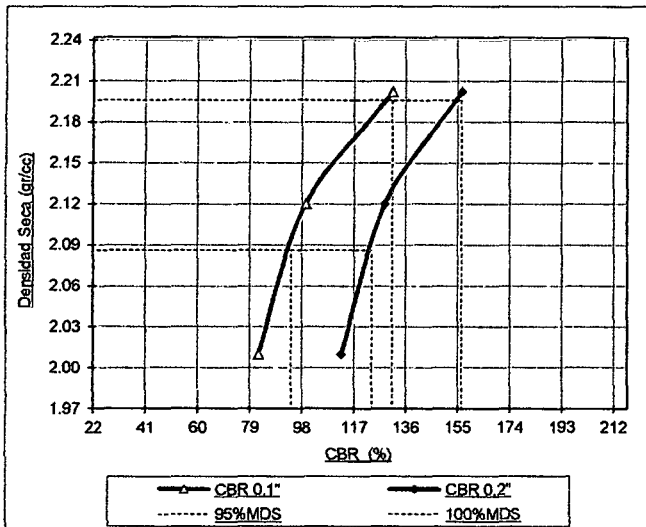
Ing. Responsable: CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA
CAFETE - LUNAHUANA

Ing. Lino Espinoza Santé
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 23668

Supervisión

| | | | |
|-----------|--|-------------|---------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuana | Nº REGISTRO | : BG-08-14/01 |
| TRAMO | : Cafete - Lunahuana | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Base Granular | INGº RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 12/08/2014 |
| MUESTRA | : M-1 | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Rio Cafete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 22+600 L.D. | LADO | : |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

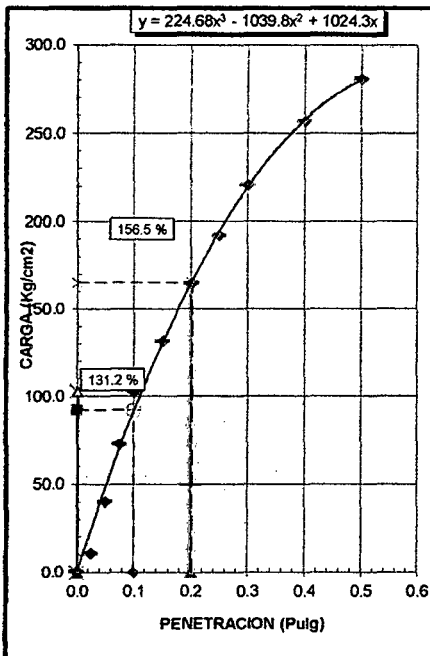
| | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) | 0.1": | 131.2 | 0.2": | 156.5 |
| C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) | 0.1": | 94.0 | 0.2": | 123.4 |

Datos del Proctor

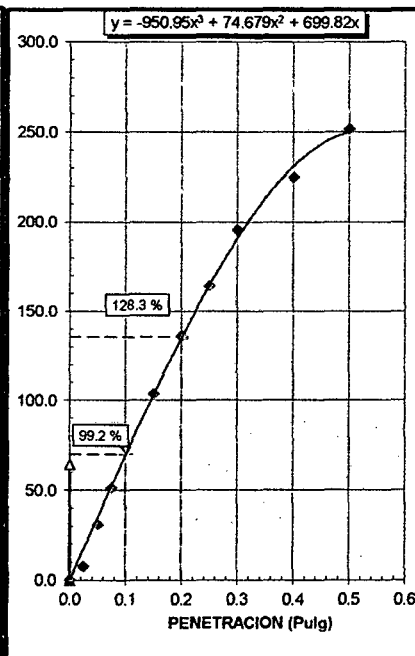
| | | |
|----------------|-------|-------|
| Densidad Seca | 2.192 | gr/cc |
| Óptimo Humedad | 5.90 | % |

OBSERVACIONES:

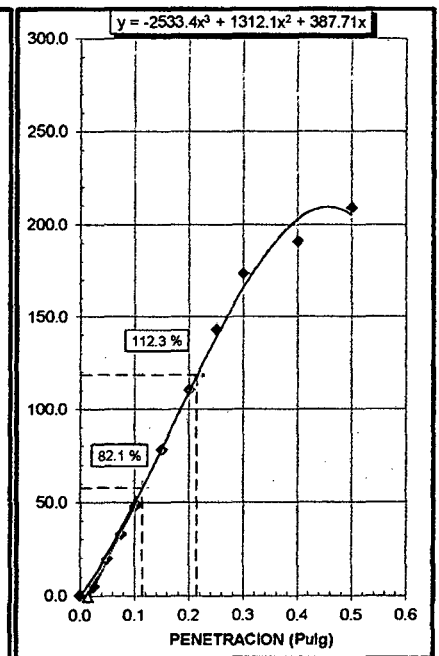
EC = 66 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Tec. Responsable

Téc. Cesar Aguilar Atoche
Lab. de Suelos Concreto y Asfalto

Ing. Responsable

CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA
CAFETE - LUNAHUANA

[Firma]
Ing. Lino Espinoza Santé
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 23668

Supervisión

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(NORMA ASTM D-4791)

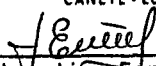
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | |
|--|----------------------------------|
| OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Base Granular | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 12/08/2014 |
| MUESTRA : M- 1 | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 22+600 L.D. | LADO : |

| MATERIAL | | AGREGADO GRUESO | CHATAS | | | ALARGADAS | | | NI CHATA, NI ALARGADA | | | | | | |
|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------|--------|-----------|---------------|----------|-----------------------|------------|---------------|--------|-------------|--------|--|
| TAMIZ (pulg) | abertura (mm) | | PESO RET. | % RET. | % PASA | PESO (%) | (%) Corregido | PESO (%) | (%) Corregido | PESO (%) | (%) Corregido | | | | |
| 1" | 25.400 | 16.2 | 2932.2 | 40.0 | 60.0 | 23.5 | 0.8 | 13.0 | 14.7 | 0.5 | 8.1 | 2894.0 | 98.7 | 1598.9 | |
| 3/4" | 19.050 | 28.2 | 3014.7 | 41.1 | 19.0 | 48.2 | 1.6 | 45.1 | 27.1 | 0.9 | 25.3 | 2939.4 | 97.5 | 2749.6 | |
| 1/2" | 12.700 | 28.5 | 1131.8 | 15.4 | 3.5 | 53.2 | 4.7 | 134.0 | 14.7 | 1.3 | 37.0 | 1063.9 | 94.0 | 2679.0 | |
| 3/8" | 8.750 | 18.1 | 186.3 | 2.5 | 1.0 | 10.8 | 5.8 | 104.9 | 3.5 | 1.9 | 34.0 | 172.0 | 92.3 | 1671.1 | |
| 1/4" | 6.350 | 0.0 | 73.9 | 1.0 | 0.0 | 5.4 | 7.3 | 0.0 | 2.6 | 3.5 | 0.0 | 65.9 | 89.2 | 0.0 | |
| TOTAL | | 91.0 | 7338.9 | | | | 3.3 | | | 1.1 | | | 95.6 | | |

| | | |
|--------------------------------------|-----|--------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | (g) | 7338.9 |
| PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS | (%) | 4.4 |

Observaciones:

| | | |
|--|---|--------------------|
| Téc. Responsable | Ing. Responsable | Supervisión |
| <p>Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p>  <p>Ing. Liño Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | |
|--|----------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Base Granular | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 12/08/2014 |
| MUESTRA : M- 1 | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : Km. 22+600 L.D. | LADO : |

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 210 - ASTM D 5821

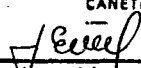
CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 1 CARA FRACTURADA (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
|---------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 2000.0 | 1634.0 | 81.7 | 9.4 | 768.0 | |
| 1" | 3/4" | 1500.0 | 1303.5 | 86.9 | 16.3 | 1416.5 | |
| 3/4" | 1/2" | 1200.0 | 952.8 | 79.4 | 16.5 | 1310.1 | |
| 1/2" | 3/8" | 300.0 | 254.4 | 84.8 | 10.5 | 890.4 | |
| TOTAL | | 5000.0 | 4144.7 | | 52.7 | 4385.0 | 83.2 |

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
|---------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 2000.0 | 1404.0 | 70.2 | 9.4 | 659.9 | |
| 1" | 3/4" | 1500.0 | 1159.5 | 77.3 | 16.3 | 1260.0 | |
| 3/4" | 1/2" | 1200.0 | 890.4 | 74.2 | 16.5 | 1224.3 | |
| 1/2" | 3/8" | 300.0 | 237.3 | 79.1 | 10.5 | 830.6 | |
| TOTAL | | 5000.0 | 3691.2 | | 52.7 | 3974.7 | 75.4 |

OBSERVACIONES:

| | | |
|--|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA</p> <p align="center"> Vngelino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

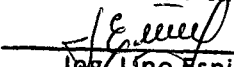
ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

| | |
|--|----------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : BG-08-14/01 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Base Granular | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 12/08/2014 |
| MUESTRA : M- 1 | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : Km. 22+600 L.D. | LADO : |

| Tamiz Pasa - Retiene | Gradaciones | | | |
|--------------------------------|-------------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 1 1/2" - 1" | 1250.0 | | | |
| 1" - 3/4" | 1250.0 | | | |
| 3/4" - 1/2" | 1250.0 | | | |
| 1/2" - 3/8" | 1250.0 | | | |
| 3/8" - 1/4" | | | | |
| 1/4" - N° 4 | | | | |
| N° 4 - N° 8 | | | | |
| Peso Total | 5000.0 | | | |
| (%) Retenido en la malla N° 12 | 4221.0 | | | |
| (%) Que pasa en la malla N° 12 | 779.0 | | | |
| N° de esferas | 12 | | | |
| Peso de las esferas (gr) | 5000 ± 25 | | | |
| % Desgaste | 15.6% | | | |

OBSERVACIONES :

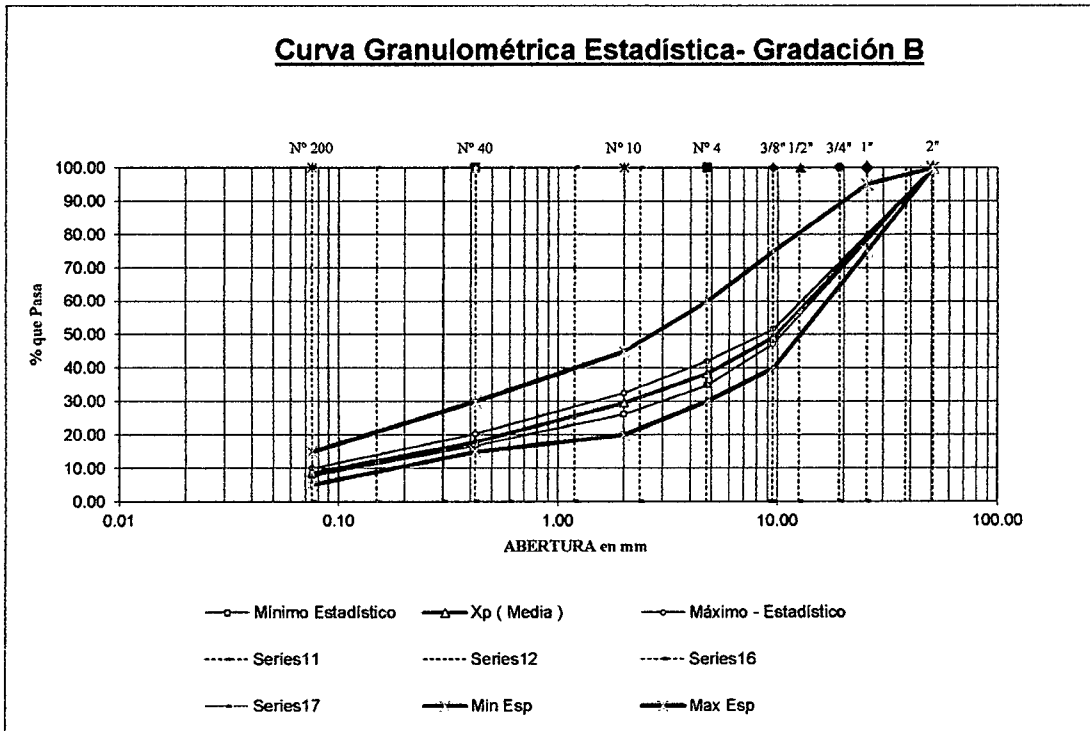
| | | |
|-------------------------|---|--------------------|
| Tec. Responsable | Ing. Responsable LABORATORIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA  Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|-------------------------|---|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuana
TRAMO I : Cañete-Lunahuana
MATERIAL : Cantera Río Cañete Km, 22+600 L,D, para Base Granular

CURVA GRANULOMETRICA ESTADISTICA - GRADACIÓN "B"

| ESTADISTICAS | Granulometría % que pasa | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº 4 | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 |
| ABERTURA (mm) | 50.80 | 38.10 | 25.40 | 19.05 | 12.70 | 9.53 | 4.76 | 2.00 | 0.42 | 0.08 |
| MIN - ESPECIFICACION | 100 | - | 75 | - | - | 40 | 30 | 20 | 15 | 5 |
| MIN - ESTADISTICO | 100.00 | 100.00 | 90.60 | 69.12 | 55.46 | 47.30 | 34.82 | 26.21 | 16.83 | 7.76 |
| Xp (Media) | 100.00 | 100.00 | 93.45 | 71.74 | 57.35 | 49.20 | 38.39 | 29.69 | 17.85 | 8.69 |
| MAX - ESPECIFICACION | 100 | - | 95 | - | - | 75 | 60 | 45 | 30 | 15 |
| MAX - ESTADISTICO | 100.00 | 100.00 | 94.35 | 74.30 | 59.01 | 51.69 | 42.10 | 32.51 | 20.26 | 10.05 |



Tec. Responsable

Téc. Cesar Aguilar Atoche
 Lab. de Suelos Concreto y Asfalto

Ing. Responsable

CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA
 CAÑETE - LUNAHUANA


Ing. Lino Espinoza Santé
 ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 23668

Supervisión

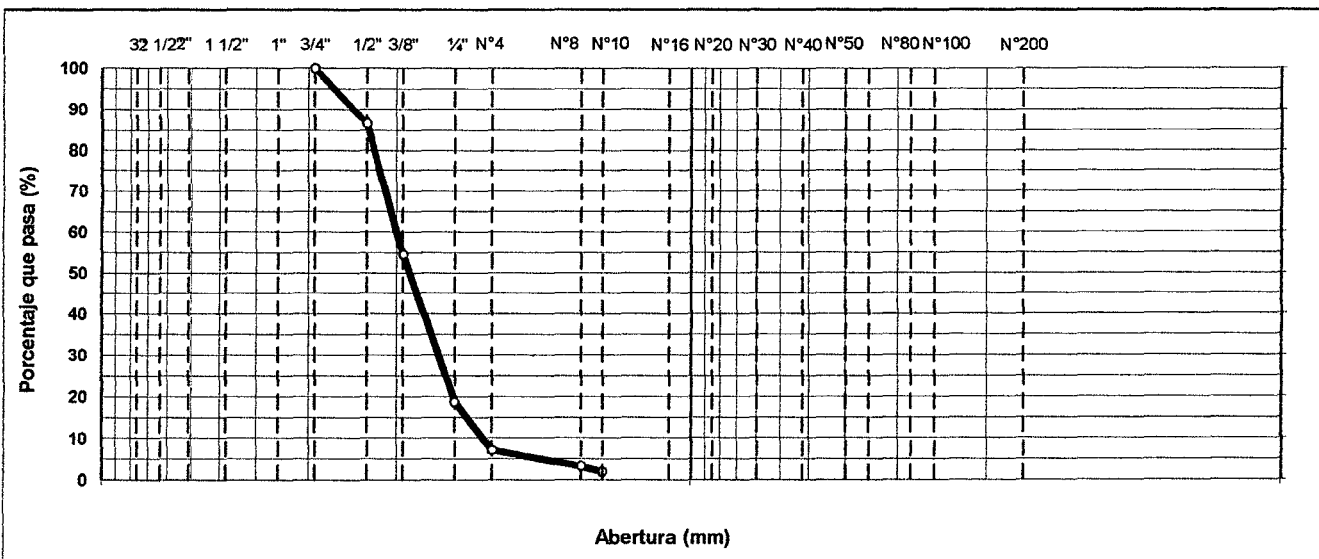
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO : GRAV- 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezcla Asfáltica | INGº RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Qº PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL = 15.445.0 gr |
| 6" | 152.400 | | | | | | PESO LAVADO = 15.445.0 gr |
| 5" | 127.000 | | | | | | PESO FINO = 1.112.0 gr |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | | |
| 1/2" | 12.700 | 2.073.0 | 13.4 | 13.4 | 86.6 | | |
| 3/8" | 9.525 | 4.955.0 | 32.1 | 45.5 | 54.5 | | |
| 1/4" | 6.350 | 5.532.0 | 35.8 | 81.3 | 18.7 | | |
| Nº4 | 4.760 | 1.773.0 | 11.5 | 92.8 | 7.2 | | |
| Nº8 | 2.360 | 605.0 | 3.9 | 96.7 | 3.3 | | |
| Nº10 | 2.000 | 198.0 | 1.3 | 98.0 | 2.0 | | |
| Nº16 | 1.180 | | | | | | |
| Nº30 | 0.600 | | | | | | |
| Nº40 | 0.420 | 309.0 | 2.0 | 100.0 | | | |
| Nº50 | 0.300 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| Nº80 | 0.180 | | | | | | |
| Nº100 | 0.150 | | | | | | |
| Nº200 | 0.075 | | | | | | |
| < Nº200 | FONDO | | | | | | |
| FINO | | 1.112.0 | | | | | |
| TOTAL | | 15.445.0 | | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p>Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p><i>[Firma]</i> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : GRAV- 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 210 - ASTM D 5821

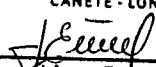
CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 1 CARA FRACTURADA (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 2073.0 | 2060.0 | 99.4 | 13.4 | 1331.6 | |
| 1/2" | 3/8" | 4955.0 | 4885.0 | 98.6 | 32.1 | 3164.7 | |
| TOTAL | | 7028.0 | 6945.0 | | 45.5 | 4496.2 | 98.8 |

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) | (E)/(D) |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 2073.0 | 2040.0 | 98.4 | 13.4 | 1318.7 | |
| 1/2" | 3/8" | 4955.0 | 4855.0 | 98.0 | 32.1 | 3145.2 | |
| TOTAL | | 7028.0 | 6895.0 | | 45.5 | 4463.9 | 98.1 |

OBSERVACIONES:

| | | |
|---|---|--------------------|
| Tec. Responsable Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CARRIL VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA  Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|---|---|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

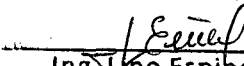
| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO | : GRAV- 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 04-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Rio Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

ASTM D 693

| TAMIZ | Peso por mallas (A) (gr) | Peso chatas y alargadas (B) (gr) | Porcentaje (C)={B}/(A)*100 (%) | Gradación Original (D) (%) | Corrección (E)={C}* (D) (%) | (E)/(D) (%) |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|
| 2 1/2" - 2" | | | | | | |
| 1" - 3/4" | | | | | | |
| 3/4" - 1/2" | 2073.0 | 169.8 | 8.2 | 13.4 | 109.8 | |
| 1/2" - 3/8" | 4955.0 | 253.7 | 5.1 | 32.1 | 164.4 | |
| Peso Total (gr.) | 7028.0 | 423.5 | | 45.5 | 274.1 | 6.0 |

Observaciones:

| | | |
|--|--|--------------------|
| Tec. Responsable <hr/> Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ  Ing. Uno Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|--|--|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

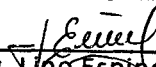
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

| | |
|--|-------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO : GRAV-001 |
| TRAMO : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cafete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

ANÁLISIS CUANTITATIVO

| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|-----------|-----|-----------------------|------------------|
| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso requerido (g) | Peso fracción ensayada | N° de partículas | Peso ret. después de ensayo (g) | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | N° de partículas |
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 2 1/2" | 2" | | 3000±300 | | | | | | | |
| 2" | 1 1/2" | | 2000±200 | | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | 1000±50 | | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | 500±30 | | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 670±10 | | | | | | | |
| 1/2" | 3/8" | 45.5 | 330±5 | 1001.6 | | 999.5 | 2.1 | 0.2 | 0.10 | |
| 3/8" | N° 4 | 47.3 | 300±5 | 300.8 | | 296.4 | 4.4 | 1.5 | 0.69 | |
| TOTALES | | 92.8 | | 1302.4 | | 1295.9 | | | 0.79 | |

| | |
|-----------------------|---------------------|
| OBSERVACIONES: | Sulfato de Magnesio |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | | |
|---|--|--------------------|
| Tec. Responsable Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAFETE - LUNAHUANA  Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|---|--|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INDICE DE DURABILIDAD

MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : GRAV- 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

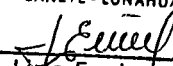
AGREGADO FINO

| MUESTRA DE DISEÑO MAC-2-01 | UNIDAD | IDENTIFICACIÓN | | | | Promedio |
|---|--------|----------------|---|---|---|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Tamaño máximo (pasa malla N° 4) | mm | | | | | |
| Hora de entrada a saturación | | | | | | |
| Hora de salida de saturación (mas 10") | | | | | | |
| Hora de entrada a decantación | | | | | | |
| Hora de salida de decantación (mas 20") | | | | | | |
| Altura máxima de material fino | mm | | | | | |
| Altura máxima de la arena | mm | | | | | |
| Índice de durabilidad | % | | | | | |

AGREGADO GRUESO

| MUESTRA DE DISEÑO MAC-2-01 | UNIDAD | IDENTIFICACIÓN | | | | Promedio |
|---|--------|----------------|-------|-------|---|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Tamaño máximo (pasa malla 3/4") | mm | 4.76 | 4.76 | 4.76 | | |
| Hora de entrada a saturación | | 11:00 | 11:02 | 11:04 | | |
| Hora de salida de saturación (mas 10") | | 11:10 | 11:12 | 11:14 | | |
| Hora de entrada a decantación | | 11:12 | 11:14 | 11:16 | | |
| Hora de salida de decantación (mas 20") | | 11:32 | 11:34 | 11:36 | | |
| Altura de sedimentación en pulg. | pulg. | 3.70 | 4.00 | 3.90 | | |
| Índice de durabilidad | % | 49 | 47 | 48 | | 48 |

Observaciones:

| | | |
|---|--|--------------------|
| Tec. Responsable Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto | Ing. Responsable CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA  Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 | Supervisión |
|---|--|--------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

MTC 219 - 2000

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO | : GRAV- 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | INGº RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 04-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Río Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

AGREGADO GRUESO

| MUESTRA : | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
|---|----------------|---------|---------|---|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ENSAYO N° | | | | | |
| (1) Peso muestra (gr) | 1012.50 | 1008.85 | 1016.50 | | |
| (2) Volumen aforo (ml) | 500.00 | 500.00 | 500.00 | | |
| (3) Volumen alicuota (ml) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | | |
| (4) Peso masa cristalizada (gr) | 0.18 | 0.17 | 0.16 | | |
| (5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1))$ | 0.09 | 0.08 | 0.08 | | 0.08% |

Observaciones :

| | | |
|--|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">_____ Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p align="center">_____ Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|--|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO

ASTM D 1664

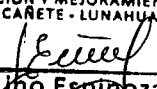
| | |
|--|-------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : GRAV-001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

DATOS DE LA MUESTRA

| MUESTRA | 1 | 2 | PROMEDIO |
|---|-----|-----|----------|
| PORCENTAJE ESPECIFICADO | 95% | 95% | |
| RECUBRIMIENTO (%) N°1 | 96% | 95% | |
| RECUBRIMIENTO (%) N°2 | 96% | 95% | |
| PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO | 96% | 95% | 96% |

Observaciones :

Diseño de mezcla asfáltica MAC-2
 0.5% Aditivo Mejorador de Adherencia (QUIMIBOND 5000)

| | | |
|--|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">_____ Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA</p> <p align="center"> Ing. Uno Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|--|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO : GRAV- 001 |
| TRAMO : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Piedra Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cafete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

| Tamiz Pasa - Retiene | Gradaciones | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------|---|---|
| | A | B | C | D |
| 1 1/2" - 1" | | | | |
| 1" - 3/4" | | | | |
| 3/4" - 1/2" | | 2500.0 | | |
| 1/2" - 3/8" | | 2500.0 | | |
| 3/8" - 1/4" | | | | |
| 1/4" - N° 4 | | | | |
| N° 4 - N° 8 | | | | |
| Peso Total | | 5000.0 | | |
| (%) Retenido en la malla N° 12 | | 4170.8 | | |
| (%) Que pasa en la malla N° 12 | | 829.2 | | |
| N° de esferas | | 11 | | |
| Peso de las esferas (gr) | | 4584 ± 25 | | |
| % Desgaste | | 16.6% | | |

OBSERVACIONES :

| | | |
|--|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAFETE - LUNAHUANA</p> <p align="center"><i>L. Espinoza</i></p> <p align="center">Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---------------------------|

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA :Rehabilitacion y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuana
 TRAMO :Cañete - Lunahuana
 MATERIAL :Piedra Chancada Para Mezla Asfaltica
 CANTERA :Rio Cañete
 UBICACIÓN PLANTA DE ASFALTO KM 16+510 L/Der.

TECNICO :
 ING° RESP. :
 FECHA : 31-oct-14
 REG. No : RG-001

RESUMEN DE PIEDRA PARA MEZCLA ASFALTICA

| INFORME MENSUAL N° | N° REGISTRO | FECHA | TAMANO MAXIMO | ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASANTA | | | | | | | | | | | | DURAB. (%) | ADHERENCIA | ABRAS. (%) | CARAS FRACTURADAS | | PART. CHATAS Y ALARG. | PESOS ESPECIFICOS | | ABSORCIÓN (%) | PESOS UNITARIOS | | SALES SOLUBLES (%) | IND.DUR AB. (%) | MAT.ORG (%) |
|--------------------|-------------|-----------|---------------|--|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|---------------|------------|---------------|----------------------|---------|-----------------------------|-------------------|-----------|------------------|-----------------|------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
| | | | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 1/4" | N#4 | N#8 | N#10 | N#40 | N#50 | N#80 | N#100 | N#200 | | | | CON UNA | CON DOS | | BULK | APARENTE. | | SUELTO | COMPACTADO | | | |
| Oct. | 001 | 04-oct-14 | 3/4" | 100 | 86.6 | 54.5 | 18.7 | 7.2 | 3.3 | 2.0 | | | | | | | 98.8 | 98.1 | 6.0 | | | | | | | | | | |
| Oct. | 002 | 09-oct-14 | 3/4" | 100 | 87.9 | 58.1 | 32.0 | 10.0 | 3.9 | 1.7 | | | | | | | 98.4 | 97.9 | 6.8 | | | | 1675 | 1767 | | | | | |
| Oct. | 003 | 10-oct-14 | 3/4" | 100 | 89.4 | 60.8 | 32.1 | 8.3 | 2.2 | 1.7 | | | | | | | 98.2 | 97.8 | 6.7 | 2.716 | 2.753 | 0.488 | | | | | | | |
| Oct. | 004 | 11-oct-14 | 3/4" | 100 | 85.3 | 57.2 | 31.9 | 11.4 | 4.2 | 1.6 | | | | | | 17.3% | | | | | | | 1674 | 1766 | | | | | |
| Oct. | 005 | 13-oct-14 | 3/4" | 100 | 82.2 | 47.8 | 22.8 | 6.6 | 3.8 | 0.4 | | | | | | | 98.2 | 97.6 | 6.6 | | | | | | | | | | |
| Oct. | 006 | 14-oct-14 | 3/4" | 100 | 82.3 | 47.9 | 18.8 | 6.5 | 2.1 | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 007 | 15-oct-14 | 3/4" | 100 | 83.9 | 50.1 | 22.8 | 3.4 | 1.0 | 0.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 008 | 16-oct-14 | 3/4" | 100 | 89.5 | 63.4 | 33.0 | 7.6 | 4.2 | 1.6 | | | | | | | 98.5 | 97.9 | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 009 | 17-oct-14 | 3/4" | 100 | 85.2 | 55.7 | 28.5 | 4.3 | 0.8 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 010 | 18-oct-14 | 3/4" | 100 | 85.5 | 56.1 | 29.3 | 4.5 | 0.7 | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 011 | 19-oct-14 | 3/4" | 100 | 86.3 | 56.2 | 29.3 | 4.4 | 0.7 | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 012 | 21-oct-14 | 3/4" | 100 | 86.6 | 57.3 | 28.9 | 4.6 | 0.6 | 0.4 | | | | | | | 99.0 | 98.6 | 7.0 | | | | | | | | | | |
| Oct. | 013 | 22-oct-14 | 3/4" | 100 | 87.3 | 56.5 | 29.4 | 6.1 | 1.2 | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 014 | 23-oct-14 | 3/4" | 100 | 84.8 | 56.7 | 28.2 | 8.3 | 3.4 | 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. | 015 | 24-oct-14 | 3/4" | 100 | 85.3 | 57.1 | 27.9 | 8.6 | 3.5 | 1.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| RESUMEN ESTADISTICO | CANTIDAD | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | | | | | | 1 | 6 | 6 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | |
|--------------------------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--|--|--|--|--|--|
| | SUMA | 1500.0 | 1288.1 | 835.4 | 413.6 | 101.8 | 35.6 | 15.3 | | | | | | | | | | 0.2 | 591.2 | 588.0 | 33.1 | 2.716 | 2.753 | 0.488 | 3349 | 3533 | | | | | | |
| ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 100.0 | 85.9 | 55.7 | 27.6 | 6.8 | 2.4 | 1.0 | | | | | | | | | | 17.3% | 98.5 | 98.0 | 6.6 | 2.716 | 2.753 | 0.488 | 1675 | 1766 | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACION | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | | | | | | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | | | | | | | | | | | | |
| DESVIACION STD | | 2.2 | 4.3 | 4.6 | 2.3 | 1.4 | 0.6 | | | | | | | | | | | 0.3 | 0.4 | 0.4 | | | | | | | | | | | | |
| LIMITES | MAX | 100.0 | 89.5 | 63.4 | 33.0 | 11.4 | 4.2 | 2.0 | | | | | | | | | 0.2 | 99.0 | 98.6 | 7.0 | 2.716 | 2.753 | 0.488 | 1675 | 1767 | | | | | | | |
| | MIN | 100.0 | 82.2 | 47.8 | 18.7 | 3.4 | 0.6 | 0.2 | | | | | | | | | 0.2 | 98.2 | 97.6 | 6.0 | 2.716 | 2.753 | 0.488 | 1674 | 1766 | | | | | | | |
| ACEPTABILIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

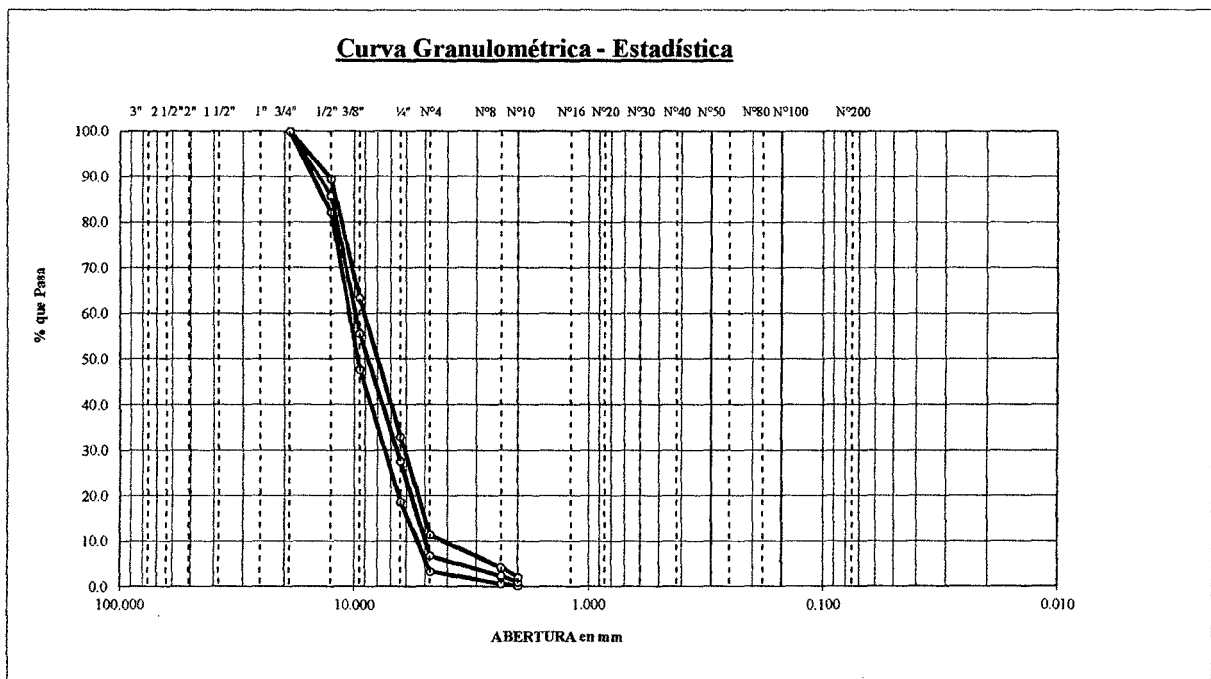
| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p style="text-align: center;">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p style="text-align: center;">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p style="text-align: center;"><i>Lino Espinoza</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | TECNICO |
|---|--|--|------------|
| OBRA | Rehabilitacion y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | | ING° RESP. |
| TRAMO | Cañete - Lunahuaná | | FECHA |
| MATERIAL | Piedra Chancada Para Mezla Asfaltica | | REG. No |
| CANTERA | Río Cañete | | 31/10/2014 |
| UBICACIÓN | PLANTA DE ASFALTO KM 16+510 L/Der. | | RG-001 |

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA

PIEDRA DE 3/4" PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

| | Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 1/4" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 |
| MIN - ESPECIFICACION | 19.050 | 12.700 | 9.525 | 6.350 | 4.750 | 2.360 | 2.000 | 1.190 | 0.600 | 0.420 | 0.300 | 0.180 | 0.150 | 0.075 |
| MIN - ESTADISTICO | 100.0 | 82.2 | 47.8 | 18.7 | 3.4 | 0.6 | 0.2 | | | | | | | |
| Xp (Media) | 100.0 | 85.9 | 55.7 | 27.6 | 6.8 | 2.4 | 1.0 | | | | | | | |
| MAX - ESTADISTICO | 100.0 | 89.5 | 63.4 | 33.0 | 11.4 | 4.2 | 2.0 | | | | | | | |
| MAX - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | | | |



MIN ESTADISTICO MEDIA ESTADISTICA
 MAX ESTADISTICO

| | | |
|---|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p style="text-align: center;">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p style="text-align: center;">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p style="text-align: center;"><i>[Signature]</i> Ing. Vito Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|---|---------------------------|

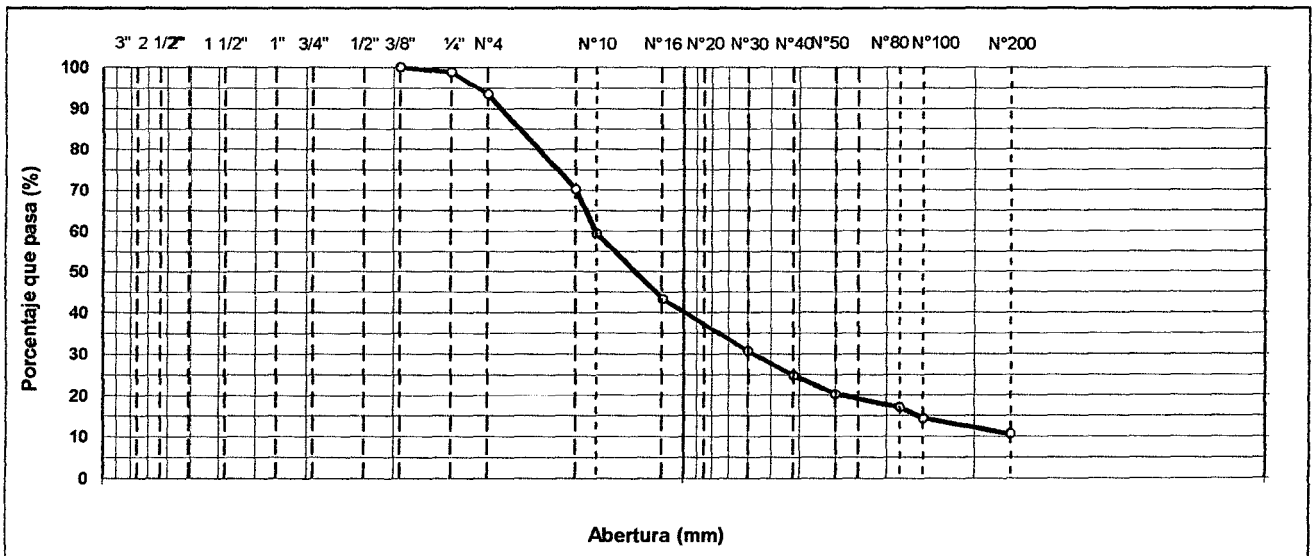
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO : A_CHA 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | INGº RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Qº PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL = 1,209.6 gr |
| 6" | 152.400 | | | | | | PESO LAVADO = 1081.0 gr |
| 5" | 127.000 | | | | | | PESO FINO = 1,131.6 gr |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | | |
| 1/4" | 6.350 | 13.6 | 1.1 | 1.1 | 98.9 | | |
| Nº4 | 4.750 | 64.4 | 5.3 | 6.4 | 93.6 | | |
| Nº8 | 2.360 | 281.5 | 23.3 | 29.7 | 70.3 | | |
| Nº10 | 2.000 | 130.3 | 10.8 | 40.5 | 59.5 | | |
| Nº16 | 1.180 | 196.3 | 16.2 | 56.7 | 43.3 | | |
| Nº30 | 0.600 | 152.1 | 12.6 | 69.3 | 30.7 | | |
| Nº40 | 0.420 | 71.1 | 5.9 | 75.2 | 24.8 | | |
| Nº50 | 0.300 | 55.9 | 4.6 | 79.8 | 20.2 | | OBSERVACIONES: |
| Nº80 | 0.180 | 38.4 | 3.2 | 83.0 | 17.0 | | |
| Nº100 | 0.150 | 31.7 | 2.6 | 85.6 | 14.4 | | |
| Nº200 | 0.075 | 45.7 | 3.8 | 89.4 | 10.6 | | |
| < Nº200 | FONDO | 128.6 | 10.6 | 100.0 | | | |
| FINO | | 1,196.0 | | | | | |
| TOTAL | | 1,209.6 | | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p>Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>Ing. Viro Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : A_CHA 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Arena Chancada Para Mezcla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 05-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

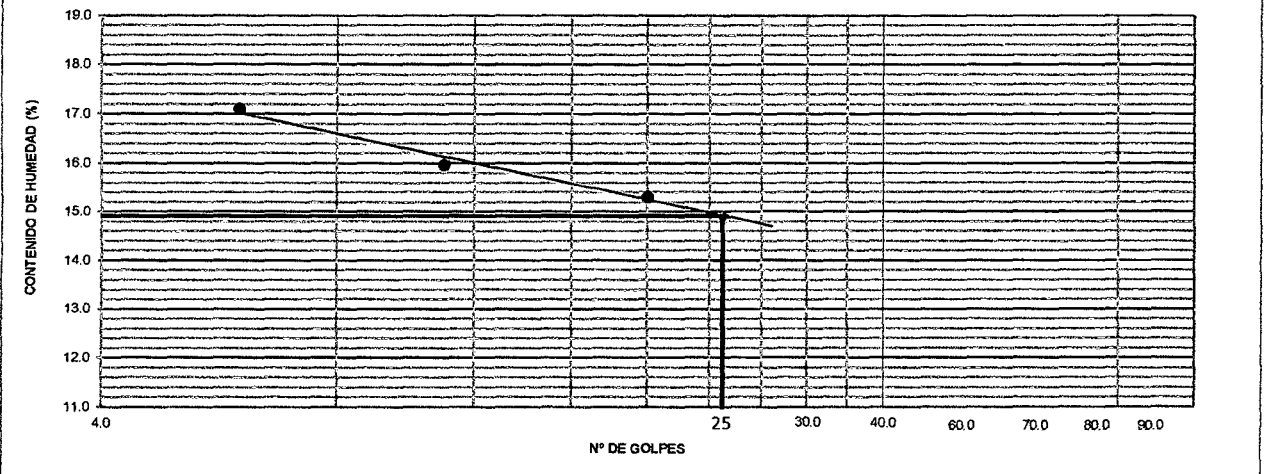
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40)

| N° TARRO | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 48.37 | 50.29 | 49.71 |
| TARRO + SUELO SECO | 47.72 | 48.65 | 48.43 |
| AGUA | 0.65 | 1.64 | 1.28 |
| PESO DEL TARRO | 43.92 | 38.38 | 40.06 |
| PESO DEL SUELO SECO | 3.80 | 10.27 | 8.37 |
| % DE HUMEDAD | 17.11 | 15.97 | 15.29 |
| N° DE GOLPES | 6 | 11 | 20 |

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40)

| | | | |
|----------------------|------|----|--|
| N° TARRO | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | |
| TARRO + SUELO SECO | N.P. | | |
| AGUA | | | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | NP | NP | |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 15 |
| LÍMITE PLÁSTICO | N.P. |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | N.P. |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p align="center"><i>[Firma]</i> Ing. Vito Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO | : A_CHA 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | INGº RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 05-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Rio Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

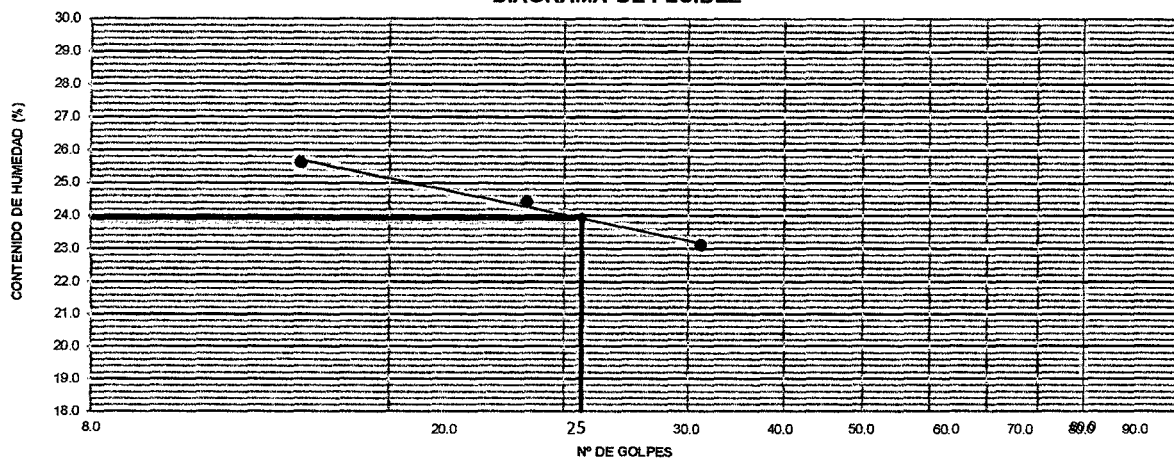
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA Nº 200)

| Nº TARRO | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 48.36 | 47.32 | 49.29 |
| TARRO + SUELO SECO | 46.63 | 45.72 | 47.66 |
| AGUA | 1.73 | 1.60 | 1.63 |
| PESO DEL TARRO | 39.88 | 39.17 | 40.61 |
| PESO DEL SUELO SECO | 6.75 | 6.55 | 7.05 |
| % DE HUMEDAD | 25.63 | 24.43 | 23.12 |
| Nº DE GOLPES | 13 | 22 | 33 |

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA Nº 200)

| Nº TARRO | 2 | 3 |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 23.23 | 23.19 |
| TARRO + SUELO SECO | 22.86 | 22.87 |
| AGUA | 0.37 | 0.32 |
| PESO DEL TARRO | 21.21 | 21.46 |
| PESO DEL SUELO SECO | 1.65 | 1.41 |
| % DE HUMEDAD | 22.42 | 22.70 |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

| | |
|-----------------------|----|
| LÍMITE LÍQUIDO | 24 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 23 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 1 |

OBSERVACIONES

| |
|--|
| |
|--|

Tec. Responsable

Téc. César Aguilar Atoche
Lab. de Suelos Concreto y Asfalto

Ing. Responsable

CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA
CAÑETE - LUNAHUANA

[Signature]
Ing. Lino Espinoza Santé
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 23668

Supervisión

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO | : A_CHA 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | INGº RESP. | : 0 |
| CALICATA | : | FECHA | : 04-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Río Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

| MUESTRA | | IDENTIFICACIÓN | | | |
|--|----------|----------------|-------|-------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Hora de entrada a saturación | | 10:45 | 10:47 | 10:49 | |
| Hora de salida de saturación (más 10') | | 10:55 | 10:57 | 10:59 | |
| Hora de entrada a decantación | | 10:57 | 10:59 | 11:01 | |
| Hora de salida de decantación (más 20') | | 11:17 | 11:19 | 11:21 | |
| Altura máxima de material fino | cm | 5.70 | 5.70 | 5.60 | |
| Altura máxima de la arena | cm | 4.30 | 4.30 | 4.20 | |
| Equivalente de arena | % | 76 | 76 | 75 | |
| Equivalente de arena promedio | % | 75.7 | | | |
| Resultado equivalente de arena | % | 76 | | | |

Observaciones: _____

| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">_____ Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA</p> <p align="center">_____ Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104


| | |
|---|--------------------------------|
| A : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : A_CHA 001 |
| MO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| ERIAL : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| ICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| STRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| FUND. : | AL KM : |
| TERA : Rio Cañete | CARRIL : |
| ACIÓN : km 16+510 L/Der. | |

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO FINO

| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso mín. requerido (g) | Peso fracción ensayada | N° de partículas | Peso ret. después de ensayo (g) | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | N° de partículas |
|-------------|---------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|-----------|------|-----------------------|------------------|
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 3/8" | N° 04 | 5.3 | 100 | 100 | -- | 96.6 | 3.4 | 3.4 | 0.2 | -- |
| N° 04 | N° 08 | 23.3 | 100 | 100 | -- | 97.2 | 2.8 | 2.8 | 0.7 | -- |
| N° 08 | N° 16 | 27.0 | 100 | 100 | -- | 90.0 | 10.0 | 10.0 | 2.7 | -- |
| N° 16 | N° 30 | 12.6 | 100 | 100 | -- | 90.0 | 10.0 | 10.0 | 1.3 | -- |
| N° 30 | N° 50 | 10.5 | 100 | 100 | -- | 87.2 | 12.8 | 12.8 | 1.3 | -- |
| N° 50 | N° 100 | 5.8 | 100 | 100 | -- | 85.0 | 15.0 | 15.0 | 0.9 | -- |
| < N° 100 | | 14.4 | | | | | | | | |
| ALES | | 98.9 | | 600.0 | | 546.0 | | | 7.00 | |

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| ERVACIONES: | Solución: Sulfato de Magnesio |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | | |
|--|---|--------------------|
| Responsable | Ing. Responsable | Supervisión |
| <p>Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p>  <p>Ing. Vito Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ÍNDICE DE DURABILIDAD

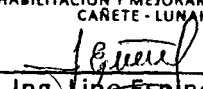
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO : A_CHA 001 |
| TRAMO : Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Rio Cafete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

AGREGADO FINO

| MUESTRA DE DISEÑO MAC-2-01 | UNIDAD | IDENTIFICACIÓN | | | | Promedio |
|---|--------|----------------|-------|-------|---|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Tamaño máximo (pasa malla N° 4) | mm | 4.76 | 4.76 | 4.76 | | |
| Hora de entrada a saturación | | 11:35 | 11:37 | 11:39 | | |
| Hora de salida de saturación (mas 10") | | 11:45 | 11:47 | 11:49 | | |
| Hora de entrada a decantación | | 11:47 | 11:49 | 11:51 | | |
| Hora de salida de decantación (mas 20") | | 12:07 | 12:09 | 12:11 | | |
| Altura máxima de material fino | mm | 4.90 | 4.90 | 5.00 | | |
| Altura máxima de la arena | mm | 3.70 | 3.70 | 3.80 | | |
| Índice de durabilidad | % | 76 | 76 | 76 | | 76 |

Observaciones:

| | | |
|---|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center"><u>Téc. César Aguilar Atoche</u> Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAFETE - LUNAHUANÁ</p> <p align="center"> <u>Ing. Lino Espinoza Santé</u> ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|---|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

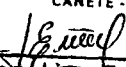
MTC 219 - 2000

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO | : A_CHA 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 04-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Rio Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

AGREGADO FINO

| MUESTRA : | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
|---|----------------|--------|--------|---|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ENSAYO N° | | | | | |
| (1) Peso muestra (gr) | 135.62 | 132.25 | 130.68 | | |
| (2) Volumen aforo (ml) | 500.00 | 500.00 | 500.00 | | |
| (3) Volumen alicuota (ml) | 50.00 | 50.00 | 50.00 | | |
| (4) Peso masa cristalizada (gr) | 0.014 | 0.012 | 0.013 | | |
| (5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1))$ | 0.10 | 0.09 | 0.10 | | 0.10% |

Observaciones :

| | | |
|--|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. César Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p align="center"> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|--|---------------------------|

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA :Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuana
 TRAMO :Cañete - Lunahuana
 MATERIAL :Arena Chancada Para Meza Asfáltica
 CANTERA :Río Cañete
 UBICACIÓN PLANTA DE ASFALTO KM 16+510 L/Der.

TECNICO : C.A.A
 ING° RESP. : L.E.S
 FECHA : 31-oct-14
 REG.No : RA-001

RESUMEN ARENA CHANCADA PARA MEZCLA ASFALTICA

| INFORME MENSUAL N° REGISTRO | FECHA | TAMANO MAXIMO | ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASAN TA | | | | | | | | | | | | | RIEDEL WEBER | LIMITE DE CONSIST Malla N°40 | LIMITE DE CONSIST Malla N°200 | EQUIVALE NTE ARENA | SALES SOLUB. TOTALES | PESOS ESPECIFICOS | | ABSORCIO N (%) | PESOS UNITARIOS | | ANG (%) | DURAB. (%) | TERRONE S ARCILLA (%) | IND.DURA B. (%) |
|---------------------------------|-----------|---------------|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|--------|----------------------|-----------------|-------|------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | | 3/8" | 1/4" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 | IP | | IP | (%) | BULK | | APARENT E | SUELTO | | COMPACTADO | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct. 001 | 04-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 98.9 | 93.6 | 70.3 | 59.5 | 43.3 | 30.7 | 24.8 | 20.2 | 17.0 | 14.4 | 10.6 | ---- | N.P. | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | |
| Oct. 002 | 09-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.6 | 95.9 | 65.1 | 60.6 | 44.8 | 32.7 | 27.2 | 23.6 | 17.7 | 14.9 | 10.1 | ---- | ---- | ---- | 78 | ---- | 2.726 | 2.774 | 0.64 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | |
| Oct. 003 | 10-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.9 | 94.6 | 68.2 | 59.3 | 44.2 | 32.6 | 24.9 | 21.3 | 16.9 | 14.1 | 9.6 | ---- | N.P. | 1.33 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | |
| Oct. 004 | 11-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.8 | 91.5 | 63.6 | 56.3 | 41.1 | 29.8 | 23.9 | 20.1 | 15.4 | 13.7 | 9.9 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 1568 | 1814 | 49.4 | ---- | ---- | ---- | |
| Oct. 005 | 13-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.5 | 92.9 | 60.7 | 55.7 | 42.3 | 30.1 | 25.0 | 20.6 | 15.4 | 13.9 | 9.5 | ---- | N.P. | 1.27 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | |
| Oct. 006 | 14-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.7 | 93.7 | 61.8 | 56.1 | 42.2 | 30.0 | 24.9 | 20.8 | 16.0 | 14.3 | 9.9 | ---- | ---- | ---- | 78 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 49.5 | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 007 | 15-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.4 | 94.1 | 62.3 | 56.6 | 43.1 | 31.6 | 26.2 | 21.1 | 16.4 | 15.2 | 9.7 | ---- | N.P. | 1.37 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 008 | 15-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.6 | 95.3 | 61.9 | 56.8 | 43.5 | 31.8 | 27.0 | 22.1 | 16.7 | 15.0 | 9.5 | ---- | ---- | ---- | 79 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 009 | 17-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.8 | 96.9 | 73.9 | 69.0 | 53.9 | 38.4 | 31.4 | 25.9 | 19.4 | 17.1 | 11.3 | ---- | N.P. | 1.26 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 010 | 18-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.4 | 94.1 | 62.3 | 55.7 | 43.1 | 31.2 | 24.8 | 21.2 | 16.3 | 14.5 | 9.7 | ---- | ---- | ---- | 81 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 48.9 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 011 | 19-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.6 | 93.4 | 60.8 | 55.3 | 41.1 | 28.7 | 23.4 | 19.4 | 14.7 | 12.8 | 9.6 | ---- | N.P. | 1.33 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 012 | 21-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 98.9 | 96.3 | 71.3 | 66.0 | 51.2 | 36.1 | 29.7 | 24.5 | 18.4 | 16.1 | 11.2 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 013 | 22-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.3 | 95.6 | 72.4 | 65.5 | 52.4 | 37.3 | 28.6 | 23.5 | 18.6 | 15.9 | 10.9 | ---- | N.P. | 1.39 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 014 | 23-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.2 | 92.7 | 64.0 | 56.2 | 42.8 | 30.9 | 24.7 | 20.6 | 16.2 | 13.9 | 9.5 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Oct. 015 | 24-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 99.1 | 91.9 | 65.3 | 55.8 | 43.1 | 31.4 | 25.3 | 21.6 | 16.3 | 14.3 | 9.4 | ---- | N.P. | 1.41 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| RESUMEN ESTADISTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANTIDAD | | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 8 | 4 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | |
| SUMA | | | 1500.0 | 1491.6 | 1412.4 | 983.8 | 884.4 | 672.0 | 483.3 | 391.9 | 326.3 | 251.5 | 220.1 | 150.4 | 0.0 | 11 | 316 | | | 2.726 | 2.774 | 0.637 | 1568 | 1814 | 147.8 | | | | |
| ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | 100.0 | 99.4 | 94.2 | 65.6 | 59.0 | 44.8 | 32.2 | 26.1 | 21.8 | 16.8 | 14.7 | 10.0 | N.P. | 1 | 79 | | | 2.726 | 2.774 | 0.637 | 1568 | 1814 | 49.3 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACION | | | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | | 0.04 | | | | | | | | | | | | | |
| DESVIACION STD | | | 0.00 | 0.32 | 1.59 | 4.47 | 4.42 | 4.13 | 2.83 | 2.25 | 1.82 | 1.28 | 1.09 | 0.65 | | | | | | | | | | | | | | | |
| VARIANZA | | | 0.00 | 0.10 | 2.31 | 21.55 | 20.27 | 18.18 | 8.59 | 5.41 | 3.56 | 1.76 | 1.26 | 0.43 | | | | | | | | | | | | | | | |
| LIMITES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPECIFICADOS | | | MAX | 100.0 | 99.9 | 96.9 | 73.9 | 69.0 | 53.9 | 38.4 | 31.4 | 25.9 | 19.4 | 17.1 | 11.3 | N.P. | 1 | 81 | | | 2.726 | 2.774 | 0.637 | 1568 | 1814 | 49.5 | | | |
| ACEPTABILIDAD | | | MIN | 100.0 | 98.9 | 91.5 | 60.7 | 55.3 | 41.1 | 28.7 | 23.4 | 19.4 | 14.7 | 12.8 | 9.4 | N.P. | 1 | 78 | | | 2.726 | 2.774 | 0.637 | 1568 | 1814 | 48.9 | | | |

Tec. Responsable
Téc. Cesar Aguilar Atoche
 Lab. de Suelos Concreto y Asfalto

Ing. Responsable
CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA
 CAÑETE - LUNAHUANA

Ing. Rino Espinoza Santé
 ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 23668

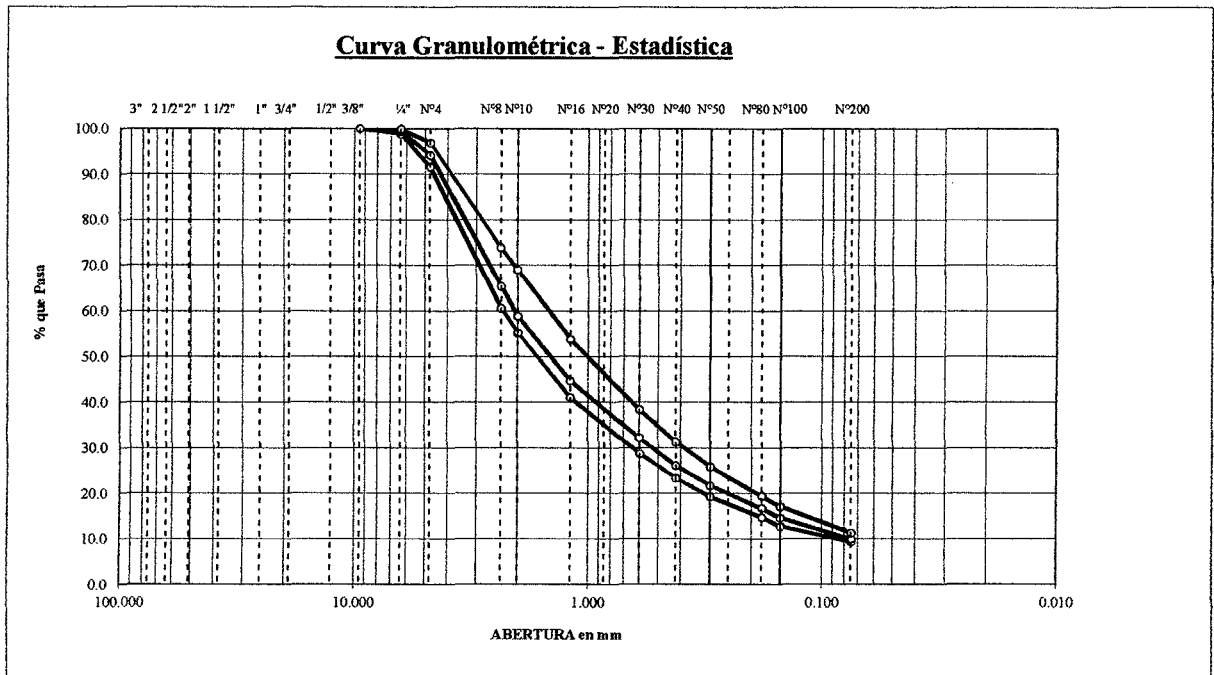
Supervisión

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|---|--|-------------------|------------|
| OBRA | Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | TECNICO | C.A.A |
| TRAMO | Cañete - Lunahuaná | ING° RESP. | L.E.S |
| MATERIAL | Arena Chancada Para Mezla Asfáltica | FECHA | 31/10/2014 |
| CANTERA | Río Cañete | REG. No | RA-001 |
| UBICACIÓN | PLANTA DE ASFALTO KM 16+510 L/Der. | | |

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA
ARENA CHANCADA DE 3/8" PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

| Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3/8" | 1/4" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 |
| | 9.525 | 6.350 | 4.750 | 2.360 | 2.000 | 1.190 | 0.600 | 0.420 | 0.300 | 0.180 | 0.150 | 0.075 |
| MIN - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | |
| MIN - ESTADISTICO | 100.0 | 98.9 | 91.5 | 60.7 | 55.3 | 41.1 | 28.7 | 23.4 | 19.4 | 14.7 | 12.8 | 9.4 |
| Xp (Media) | 100.0 | 99.4 | 94.2 | 65.6 | 59.0 | 44.8 | 32.2 | 26.1 | 21.8 | 16.8 | 14.7 | 10.0 |
| MAX - ESTADISTICO | 100.0 | 99.9 | 96.9 | 73.9 | 69.0 | 53.9 | 38.4 | 31.4 | 25.9 | 19.4 | 17.1 | 11.3 |
| MAX - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------|-------|
| MIN - ESPECIFICACION | |
| MIN - ESTADISTICO | 100.0 |
| Xp (Media) | 100.0 |
| MAX - ESTADISTICO | 100.0 |
| MAX - ESPECIFICACION | |



MIN ESTADISTICO MEDIA ESTADISTICA
 MAX ESTADISTICO

| | | |
|--|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center"> <u>Téc. Cesar Aguilar Atoche</u> Lab. de Suelos Concreto y Asfalto </p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center"> CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ </p> <p align="center"> <u>Ing. Lino Espinoza Santé</u> ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 </p> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---------------------------|

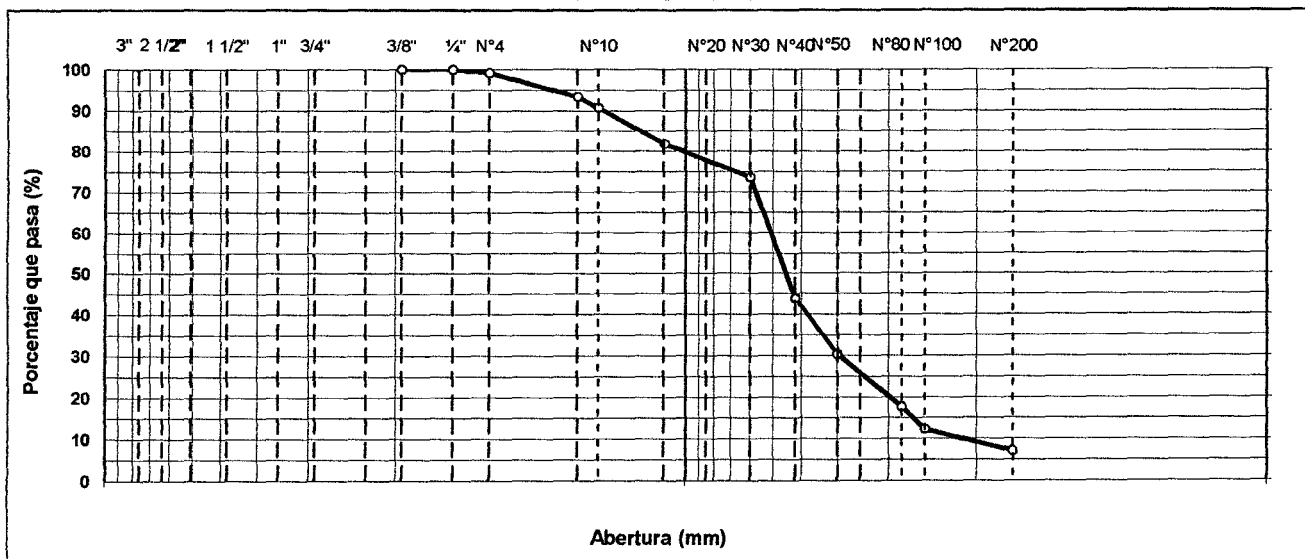
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : A_ZAR 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Arena Zarandeada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 04-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q° PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL = 977.5 gr |
| 6" | 152.400 | | | | | | PESO LAVADO = 908.1 gr |
| 5" | 127.000 | | | | | | PESO FINO = 970.0 gr |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | 100.0 | | |
| N°4 | 4.750 | 7.5 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | | |
| N°8 | 2.360 | 57.0 | 5.8 | 6.6 | 93.4 | | |
| N°10 | 2.000 | 27.1 | 2.8 | 9.4 | 90.6 | | |
| N°16 | 1.180 | 86.3 | 8.8 | 18.2 | 81.8 | | |
| N°30 | 0.600 | 79.9 | 8.2 | 26.4 | 73.6 | | |
| N°40 | 0.420 | 290.6 | 29.7 | 56.1 | 43.9 | | |
| N°50 | 0.300 | 132.6 | 13.6 | 69.7 | 30.3 | | OBSERVACIONES: |
| N°80 | 0.180 | 123.5 | 12.6 | 82.3 | 17.7 | | |
| N°100 | 0.150 | 52.5 | 5.4 | 87.7 | 12.3 | | |
| N°200 | 0.075 | 51.1 | 5.2 | 92.9 | 7.1 | | |
| < N°200 | FONDO | 69.4 | 7.1 | 100.0 | | | |
| FINO | | 977.5 | | | | | |
| TOTAL | | 977.5 | | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



| | | |
|---|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p>Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p><i>[Firma]</i> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|---|---------------------------|

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-------------|
| OBRA | : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO | : A_ZAR 001 |
| TRAMO | : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO | : |
| MATERIAL | : Arena Zarandeada Para Mezcla Asfáltica | INGº RESP. | : |
| CALICATA | : | FECHA | : 05-oct-14 |
| MUESTRA | : Tomada de Acopio | HECHO POR | : |
| PROFUND. | : | DEL KM | : |
| CANTERA | : Río Cañete | AL KM | : |
| UBICACIÓN | : km 16+510 L/Der. | CARRIL | : |

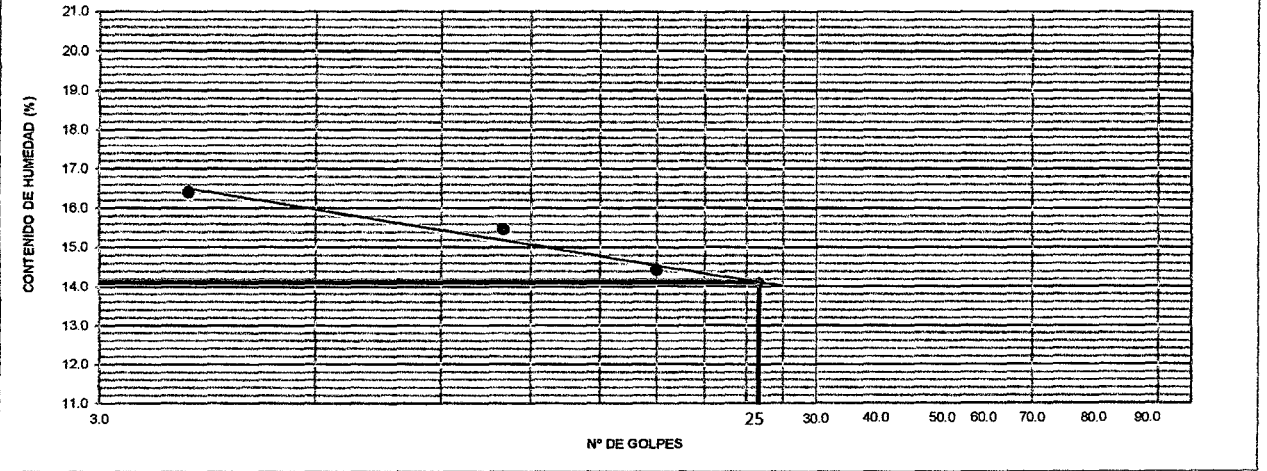
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA Nº 40)

| Nº TARRO | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 48.46 | 47.71 | 47.90 |
| TARRO + SUELO SECO | 47.82 | 46.46 | 46.91 |
| AGUA | 0.64 | 1.25 | 0.99 |
| PESO DEL TARRO | 43.92 | 38.38 | 40.06 |
| PESO DEL SUELO SECO | 3.90 | 8.08 | 6.85 |
| % DE HUMEDAD | 16.41 | 15.47 | 14.45 |
| Nº DE GOLPES | 4 | 11 | 18 |

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA Nº 40)

| | |
|----------------------|-------|
| Nº TARRO | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | |
| TARRO + SUELO SECO | N.P. |
| AGUA | |
| PESO DEL TARRO | |
| PESO DEL SUELO SECO | |
| % DE HUMEDAD | NP NP |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 14 |
| LÍMITE PLÁSTICO | N.P. |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | N.P. |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

| | | |
|---|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p>Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|--|---------------------------|

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | |
|--|--------------------------------|
| OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | Nº REGISTRO : A_ZAR 001 |
| TRAMO : Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : |
| MATERIAL : Arena Zarandeada Para Mezcla Asfáltica | INGº RESP. : |
| CALICATA : | FECHA : 05-oct-14 |
| MUESTRA : Tomada de Acopio | HECHO POR : |
| PROFUND. : | DEL KM : |
| CANTERA : Río Cañete | AL KM : |
| UBICACIÓN : km 16+510 L/Der. | CARRIL : |

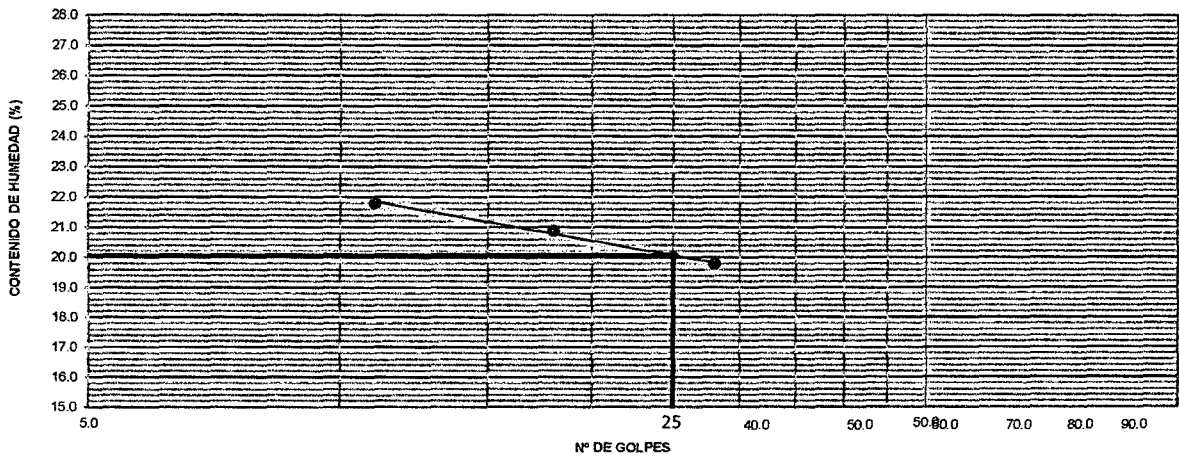
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA Nº 200)

| Nº TARRO | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 49.09 | 48.57 | 48.73 |
| TARRO + SUELO SECO | 48.00 | 46.75 | 46.79 |
| AGUA | 1.09 | 1.82 | 1.94 |
| PESO DEL TARRO | 43.00 | 38.03 | 36.99 |
| PESO DEL SUELO SECO | 5.00 | 8.72 | 9.80 |
| % DE HUMEDAD | 21.80 | 20.87 | 19.80 |
| Nº DE GOLPES | 11 | 18 | 28 |

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA Nº 200)

| Nº TARRO | 2 | 4 |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 22.40 | 20.72 |
| TARRO + SUELO SECO | 22.21 | 19.56 |
| AGUA | 0.19 | 1.16 |
| PESO DEL TARRO | 21.21 | 13.58 |
| PESO DEL SUELO SECO | 1.00 | 5.98 |
| % DE HUMEDAD | 19.00 | 19.40 |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|----|
| LÍMITE LÍQUIDO | 20 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 19 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 1 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

| | | |
|--|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p><u>Téc. Cesar Aguilar Atoche</u> Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p>CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ</p> <p><u>Ing. Lino Espinoza Santé</u> ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---------------------------|

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

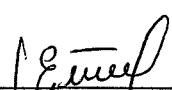
EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------|
| OBRA : | Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | N° REGISTRO : | A_ZAR 001 |
| TRAMO : | Cañete - Lunahuaná | TÉCNICO : | |
| MATERIAL : | Arena Zarandeada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. : | 0 |
| CALICATA : | | FECHA : | 04-oct-14 |
| MUESTRA : | Tomada de Acopio | HECHO POR : | |
| PROFUND. : | | DEL KM : | |
| CANTERA : | Río Cañete | AL KM : | |
| UBICACIÓN : | km 16+510 L/Der. | CARRIL : | |

| MUESTRA | IDENTIFICACIÓN | | | |
|--|----------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Hora de entrada a saturación | 10:35 | 10:37 | 10:39 | |
| Hora de salida de saturación (más 10') | 10:45 | 10:47 | 10:49 | |
| Hora de entrada a decantación | 10:47 | 10:49 | 10:51 | |
| Hora de salida de decantación (más 20') | 11:07 | 11:09 | 11:11 | |
| Altura máxima de material fino | cm | 5.50 | 5.40 | 5.50 |
| Altura máxima de la arena | cm | 4.30 | 4.20 | 4.30 |
| Equivalente de arena | % | 79 | 78 | 79 |
| Equivalente de arena promedio | % | | 78.7 | |
| Resultado equivalente de arena | % | | 79 | |

Observaciones:

| | | |
|---|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">_____ Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">  _____ Ing. Lino Espinoza Santé Especialista en Suelos y Pavimento</p> | <p>Supervisión</p> |
|---|---|---------------------------|

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-----------|
| OBRA | Rehabilitacion y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuaná | N° REGISTRO | A_ZAR 001 |
| TRAMO | Cafete - Lunahuaná | TÉCNICO | |
| MATERIAL | Arena Zarandeada Para Mezla Asfáltica | ING° RESP. | |
| CALICATA | | FECHA | 04-oct-14 |
| MUESTRA | Tomada de Acopio | HECHO POR | |
| PROFUND. | | DEL KM | |
| CANTERA | Rio Cafete | AL KM | |
| UBICACIÓN | km 16+510 L/Der. | CARRIL | |

ANGULARIDAD DE LA ARENA

MTC E 222

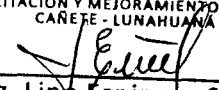
| N° | Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|----|------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| 1 | Peso Material + Molde (grs) | 9092 | 9119 | 9104 | |
| 2 | Peso Del Molde (grs) | 5798 | 5798 | 5798 | |
| 3 | Peso Neto Del Material (grs) | 3294 | 3321 | 3306 | |
| 4 | Volumen Del Molde (cc) | 2216 | 2216 | 2216 | |
| 5 | Peso Unitario (gr/cc) | 1.486 | 1.499 | 1.492 | 1.492 |

| N° | Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|----|--------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| A | Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) | 500.0 | 500.0 | 500.0 | |
| B | Peso Frasco + agua | 684.4 | 681.8 | 675.3 | |
| C | Peso Frasco + agua + A | 1184.4 | 1181.8 | 1175.3 | |
| D | Peso del Mat. + agua en el frasco | 1002.1 | 998.8 | 992.6 | |
| E | Vol de masa (C-D) | 182.3 | 183.0 | 182.7 | |
| | Pe Bruto del Agregado | 2.743 | 2.732 | 2.737 | 2.737 |

| N° | Ensayo | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|----|----------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| 1 | Peso Especifico Seco (Gsb) | 2.737 | 2.737 | 2.737 | |
| 2 | Volumen de Molde(V) | 2216 | 2216 | 2216 | |
| 3 | Peso de material en el molde (w) | 3294 | 3321 | 3306 | |
| 4 | Angularidad de agregado fino % | 45.7 | 45.2 | 45.5 | 45.5 |

ANGULARIDAD = $(V-(W/Gsb)/V)*100$ 45.5%

Observaciones :

| | | |
|--|--|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center"> CONSORCIO VIAL LUNAHUANÁ REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANÁ  Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668 </p> | <p>Supervisión</p> |
|--|--|---------------------------|

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

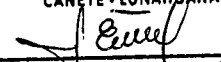
OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cafete - Lunahuana
 TRAMO : Cafete - Lunahuana
 MATERIAL : Arena Zarandeada Para Mezcla Asfáltica
 CANTERA : Río Cafete
 UBICACIÓN : PLANTA DE ASPALTO KM 16+510 LDer.

TECNICO : C.A.A
 ING° RESP. : L.E.S
 FECHA : 31-oct-14
 REG. No : RA-001

RESUMEN ARENA ZARANDEADA PARA MEZCLA ASFALTICA

| INFORME MENSUAL | N° REGISTRO | FECHA | TAMANO MAXIMO | RIEDEL WEBER | | | | | | | | | | | | LIMITE DE CONSIST Maifa N°40 | LIMITE DE CONSIST Maifa N°200 | EQUIVALENTE ARENA (%) | SALES SOLUB. TOTALES | PESOS ESPECIFICOS | | ABSORCION (%) | PESOS UNITARIOS | | ANG (%) | DURAB. (%) | TERRONES ARCILLA (%) | MATERIA ORGANICA (%) | IND. DURA B. (%) |
|-----------------|-------------|-----------|---------------|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|----------|---------------|-----------------|------------|---------|------------|----------------------|----------------------|------------------|
| | | | | 3/8" | 1/4" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°60 | N°80 | N°100 | N°200 | | | | | BULK | APARENTE | | SUELTO | COMPACTADO | | | | | |
| Oct. | 001 | 04-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.2 | 93.4 | 90.6 | 81.8 | 73.6 | 43.9 | 30.3 | 17.7 | 12.3 | 7.1 | ----- | ----- | 79 | ----- | ----- | ----- | 1641 | 1841 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 002 | 09-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.0 | 92.8 | 89.8 | 81.3 | 75.2 | 42.8 | 31.7 | 18.1 | 13.3 | 6.8 | ----- | N.P. | 0.87 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 003 | 10-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.3 | 93.4 | 90.7 | 81.8 | 73.7 | 43.9 | 30.3 | 17.7 | 12.4 | 7.1 | ----- | ----- | ----- | ----- | 2.684 | 2.749 | 0.874 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 004 | 11-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.0 | 92.8 | 89.7 | 79.6 | 73.4 | 42.6 | 29.1 | 16.6 | 12.0 | 6.9 | ----- | N.P. | 0.86 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 005 | 13-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 95.9 | 83.3 | 80.5 | 70.9 | 51.5 | 37.8 | 25.8 | 14.6 | 11.5 | 6.4 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 006 | 14-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 96.7 | 86.2 | 83.4 | 73.6 | 53.4 | 39.4 | 26.7 | 15.4 | 12.1 | 6.8 | ----- | N.P. | 0.85 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 007 | 15-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 98.2 | 88.8 | 86.3 | 76.3 | 54.7 | 39.9 | 27.0 | 15.1 | 11.9 | 6.7 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 008 | 16-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 97.7 | 87.1 | 84.3 | 74.3 | 53.4 | 39.3 | 27.0 | 16.2 | 12.8 | 7.7 | ----- | N.P. | 0.88 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 009 | 17-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 97.2 | 85.2 | 82.2 | 72.0 | 52.3 | 38.8 | 27.2 | 16.2 | 13.1 | 7.7 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 010 | 18-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.3 | 93.6 | 88.4 | 80.2 | 74.6 | 43.1 | 28.6 | 17.3 | 12.2 | 6.7 | ----- | N.P. | 0.86 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 011 | 19-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 99.3 | 93.1 | 90.7 | 81.1 | 59.6 | 44.2 | 30.2 | 17.2 | 13.3 | 6.8 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 012 | 21-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 98.4 | 90.9 | 88.2 | 77.9 | 56.1 | 42.3 | 30.3 | 19.5 | 14.9 | 8.6 | ----- | N.P. | 0.89 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 013 | 22-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 97.3 | 91.4 | 87.6 | 78.1 | 56.6 | 43.1 | 31.3 | 20.1 | 15.0 | 8.4 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 014 | 23-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 98.2 | 91.0 | 87.2 | 78.6 | 58.6 | 44.2 | 32.3 | 19.3 | 14.6 | 7.0 | ----- | N.P. | 0.83 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Oct. | 015 | 24-oct-14 | 3/8" | 100.0 | 100.0 | 97.9 | 92.2 | 87.4 | 79.3 | 59.7 | 45.6 | 33.5 | 20.6 | 15.3 | 7.5 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

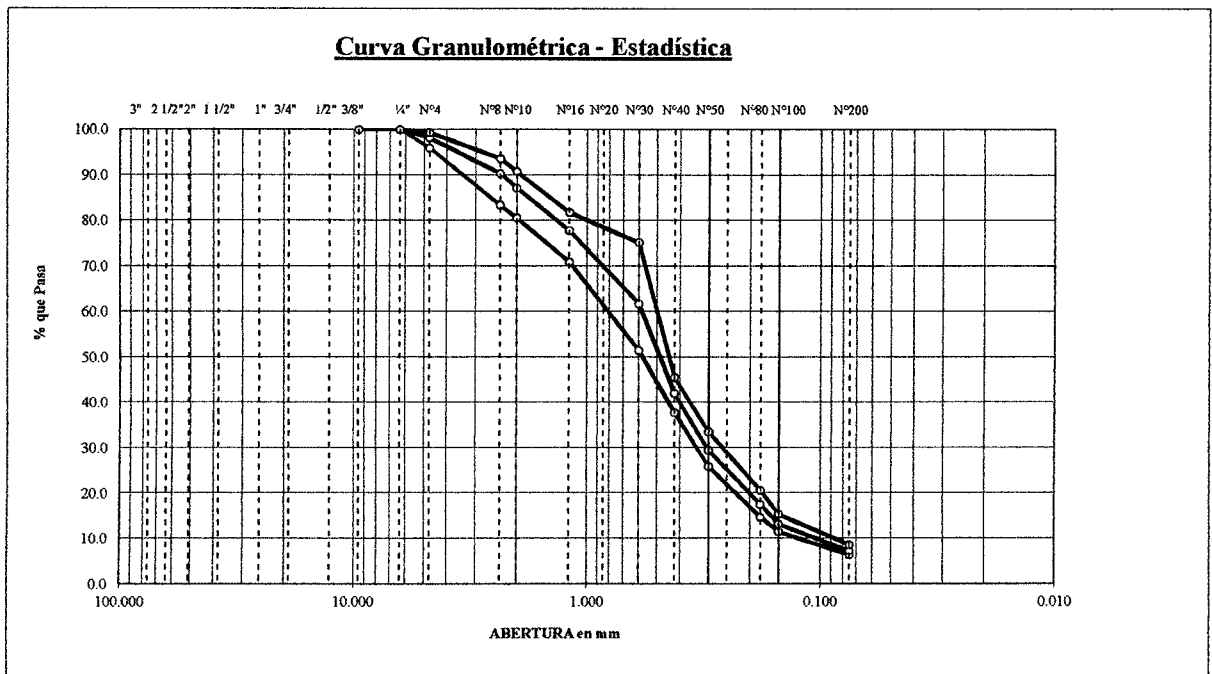
| RESUMEN ESTADISTICO | CANTIDAD | | RIEDEL WEBER | | | | | | | | | | | | LIMITE DE CONSIST Maifa N°40 | | LIMITE DE CONSIST Maifa N°200 | | EQUIVALENTE ARENA (%) | | SALES SOLUB. TOTALES | | PESOS ESPECIFICOS | | ABSORCION (%) | | PESOS UNITARIOS | | ANG (%) | | DURAB. (%) | | TERRONES ARCILLA (%) | | MATERIA ORGANICA (%) | | IND. DURA B. (%) | |
|--------------------------|----------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-----------------------|-------|----------------------|-------|-------------------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|---------|-------|------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|------------------|--|
| | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| SUMA | 1500.0 | 1500.0 | 1472.6 | 1355.3 | 1307.1 | 1166.8 | 926.4 | 630.9 | 441.5 | 261.7 | 196.8 | 108.2 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 2.684 | 2.749 | 0.874 | 1641 | 1841 | 134.7 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | | |
| ESPECIFICACION | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| PROMEDIO | 100.0 | 100.0 | 98.2 | 90.4 | 87.1 | 77.8 | 61.8 | 42.1 | 29.4 | 17.4 | 13.1 | 7.2 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 2.684 | 2.749 | 0.874 | 1641 | 1841 | 44.9 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | | |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| DESVIACION STD | 0.00 | 0.00 | 1.06 | 3.39 | 3.21 | 3.60 | 9.36 | 2.40 | 2.30 | 1.82 | 1.27 | 0.64 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| VARIANZA | 0.00 | 0.00 | 1.32 | 13.02 | 12.03 | 14.85 | 100.80 | 5.07 | 3.78 | 2.60 | 1.20 | 0.47 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| LIMITES MAX | 100.0 | 100.0 | 99.3 | 93.6 | 90.7 | 81.8 | 75.2 | 45.6 | 33.5 | 20.6 | 15.3 | 8.6 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 2.684 | 2.749 | 0.874 | 1641 | 1841 | 44.9 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | | |
| ESPECIFICADOS MIN | 100.0 | 100.0 | 95.9 | 83.3 | 80.5 | 70.9 | 51.5 | 37.8 | 25.8 | 14.6 | 11.5 | 6.4 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 2.684 | 2.749 | 0.874 | 1641 | 1841 | 44.8 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | | |
| ACEPTABILIDAD | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |

CONSORCIO VIAL LUNAHUANA
 REHABILITACION Y MEJORAMIENTO CARRETERA
 CAFETE - LUNAHUANA

 Ing. Lino Espinoza Santé
 ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 23668

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|---|--|------------|------------|
| OBRA | Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Cañete - Lunahuaná | TECNICO | CAA |
| TRAMO | Cañete - Lunahuaná | ING° RESP. | LES |
| MATERIAL | Arena Zarandeada Para Mezla Asfáltica | FECHA | 31/10/2014 |
| CANTERA | Río Cañete | REG. No | RA-001 |
| UBICACIÓN | PLANTA DE ASFALTO KM 16+510 L/Der. | | |

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA
ARENA ZARANDEADA DE 3/8" PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

| | Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3/8" | 1/4" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 |
| MIN - ESPECIFICACION | 9.525 | 6.350 | 4.750 | 2.360 | 2.000 | 1.190 | 0.600 | 0.420 | 0.300 | 0.180 | 0.150 | 0.075 |
| MIN - ESTADISTICO | 100.0 | 100.0 | 95.9 | 83.3 | 80.5 | 70.9 | 51.5 | 37.8 | 25.8 | 14.6 | 11.5 | 6.4 |
| Xp (Media) | 100.0 | 100.0 | 98.2 | 90.4 | 87.1 | 77.8 | 61.8 | 42.1 | 29.4 | 17.4 | 13.1 | 7.2 |
| MAX - ESTADISTICO | 100.0 | 100.0 | 99.3 | 93.6 | 90.7 | 81.8 | 75.2 | 45.6 | 33.5 | 20.6 | 15.3 | 8.6 |
| MAX - ESPECIFICACION | | | | | | | | | | | | |



MIN ESTADISTICO MEDIA ESTADISTICA
 MAX ESTADISTICO

| | | |
|--|---|---------------------------|
| <p>Tec. Responsable</p> <p align="center">Téc. Cesar Aguilar Atoche Lab. de Suelos Concreto y Asfalto</p> | <p>Ing. Responsable</p> <p align="center">CONSORCIO VIAL LUNAHUANA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA</p> <p align="center"><i>[Signature]</i> Ing. Lino Espinoza Santé ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 23668</p> | <p>Supervisión</p> |
|--|---|---------------------------|

ANEXO C: PLANOS