"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

(Creada por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO.

TESIS

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.
YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y GEOMECÁNICA APLICADA EN MINERÍA.

PRESENTADO POR:

Bach: CAPOTE GONZÁLEZ NORVEY.

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN: INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y GEOMECÁNICA APLICADA EN MINERÍA.

HUANCAVELICA - PERÚ.

2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creado por Ley N° 25265)
ESCUELA DE POSGRADO
(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el Jurado conformado por los docentes: ***MSc. GUZMAN IBAÑEZ Cesar Salvador, Mg. PAREJAS RODRIGUEZ Freddy y Msc. HUAMANCAJA ESPINOZA Rodrigo***

Asesor: Mg. Daniel Augusto TRIPODI CHAVES

De conformidad al Reglamento para Optar el Grado Académico de Maestro y Doctor, de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución Nº 207-2018-CU-UNH

El Candidato al ***GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y GEOMECÁNICA APLICADA EN MINERÍA.***

Don, ***Norvey CAPOTE GONZALEZ****, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado* ***"ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PETREOS DEL "OPEN PIT" MULALO, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA YUMBO – VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA"***

Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

Con el calificativo: *Aprobado* [X] *Por:* MAYORÍA

Desaprobado [ ]

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los siete días del mes de noviembre del año 2018.

.....
: MSc. GUZMAN IBAÑEZ Cesar Salvador
Presidente del Jurado.

.....
Mg. PAREJAS RODRIGUEZ Freddy
Secretario del Jurado

.....
Msc. HUAMANCAJA ESPINOZA Rodrigo
Vocal del Jurado

ASESOR.

Mg. Tripodi Chávez Daniel Augusto.

DEDICATORIA:

A mis queridos padres y familiares, por ser fuente y motivación en mi vida, por su apoyo constante e incondicional, por haber inculcado en mí, los principios y valores que me permiten ser miembro de bien de la sociedad.

Norvey.

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación consiste en el análisis geotécnico de los agregados pétreos extraídos de un macizo rocoso denominado “Open Pit” Mulaló; Para ello se realizan dos perforaciones de aproximadamente 30 m. de profundidad, con el método de rotación y lavado, extrayendo muestras cada 1,5 m. o cuando cambie el estrato, para determinar el perfil estratigráfico, adicionalmente se plantea la elaboración de dos apiques de 2 m. de sección por 2 m. de profundidad, en diferentes cotas y sitios de la superficie que permitan complementar el perfil estratigráfico y a la vez obtener una mayor cantidad de muestra de agregados para la realización de ensayos de laboratorio.

En el laboratorio se efectúan ensayos que permiten determinar los parámetros geotécnicos de los agregados y su comportamiento antes, durante y después de los procesos de voladura y trituración. Los agregados pétreos procesados que no cumplen plenamente con los requisitos especificados por las normas del Instituto Nacional de Vías, son ajustados modificando procesos o mediante la adición de otros agregados buscando mejorar características en las cuales los agregados primarios presentan falencias.

Específicamente se realizan ensayos para: Concreto Hidráulico, Mezcla Asfáltica en Caliente, Base Granular, Sub Base granular y Terraplén; para las actividades que lo requieren se realizan diseños según la normatividad correspondiente.

Paso siguiente, se realiza una comparación de las características obtenidas de los agregados extraídos del macizo rocoso Vs. La especificación correspondiente; finalizamos con un análisis de precios unitarios, que en conjunto determinan la aprobación o no del macizo rocoso como fuente de agregados para materiales de construcción del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

Palabras Clave: Viabilidad, Agregados, Mulaló.

ABSTRACT.

The present work of investigation consists in the geotechnical analysis of the stone aggregates extracted from a rock mass called "Open Pit" Mulaló; To do this, two perforations of approximately 30 m are made. of depth, with the method of rotation and washing, extracting samples every 1.5 m. or when the stratum changes, in order to determine the stratigraphic profile, additionally, the elaboration of two apses of 2 m is proposed. of section by 2 m. of depth, in different levels and surface sites that allow to complement the stratigraphic profile and at the same time obtain a greater quantity of sample of aggregates for the realization of laboratory tests.

In the laboratory, tests are carried out to determine the geotechnical parameters of the aggregates and their behavior before, during and after the blasting and crushing processes. The processed stone aggregates that do not fully comply with the requirements specified by the standards of the National Institute of Roads, are adjusted by modifying processes or by adding other aggregates seeking to improve characteristics in which the primary aggregates present flaws.

Specifically, tests are carried out for: Hydraulic Concrete, Hot Asphalt Mix, Granular Base, Granular Subbase and Embankment; for the activities that require it designs are made according to the corresponding regulations.

Next step, a comparison is made of the characteristics obtained from the aggregates extracted from the rock mass Vs. The corresponding specification; We conclude with an analysis of unit prices, which together determine the approval or not of the rock mass as a source of aggregates for construction materials of the Valle del Cauca and Cauca Valle Vial project.

Keywords: Viability, Aggregates, Mulaló

ÍNDICE.

Dedicatoria: ..... **IV**
Resumen. ..... **V**
Abstract. ..... **VI**
Índice. ..... **VII**
Introducción. ..... **XI**

CAPITULO I. **1**
EL PROBLEMA. **1**
1.1 Planteamiento del problema. **1**
1.2 Formulación del problema. **6**
1.3 Objetivos de la investigación. **9**
1.3.1 Objetivos generales. 9
1.3.2 Objetivos específicos. 9
1.4 Justificación. 10

CAPITULO II. **13**
MARCO TEÓRICO. **13**
2.1 Antecedentes de la investigación. **13**
2.2 Bases teóricas. **14**
2.2.1 Objeto. 14
2.2.2 Uso y Significado. 15
2.2.3 Reconocimiento del área del proyecto. 15
2.2.4 Plan de la exploración. 16
2.2.4.1 Muestreo. 17
2.2.4.2 Procedimientos de muestreo. 17
2.2.4.3 Clasificación de los materiales. 18
2.2.4.4 Interpretación de los resultados. 18
2.2.4.5 Determinación del perfil. 18
2.2.4.6 Dibujo del perfil. 19
2.2.4.7 Informe. 19
2.2.4.8 Registro de la perforación. 20
2.2.5 Descripción de materiales requeridos en obra. 21
2.2.5.1 Terraplenes. 21
2.2.5.1.1 Requisitos materiales de terraplén. 21
2.2.5.2 Pedraplenes. 22
2.2.5.2.1 Granulometría. 22

2.2.5.3 Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas según las Especificaciones Técnicas de Construcción, Instituto Nacional de Vías 2013 - Colombia. 23
2.2.5.3.1 Agregados pétreos. 23
2.2.5.4 Afirmado. 23
2.2.5.4.1 Agregados pétreos. 23
2.2.5.5 Sub-base granular. 24
2.2.5.5.1 Clases de sub-base granular. 25
2.2.5.6 Base granular. 26
2.2.5.6.1 Clases de base granular. 26
2.2.5.7 Disposiciones generales para la ejecución de tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos. 28
2.2.5.7.1 Agregados pétreos y llenante mineral. 28
2.2.5.7.2 Mezcla Asfáltica en caliente de gradación continua, concreto asfáltico. 29
2.2.5.8 Pavimento de concreto hidráulico. 33
2.2.5.8.1 Concreto. 33
2.2.5.8.2 Concreto estructural. 37
2.3 Formulación de hipótesis. 40
2.4 Definición de términos. 41
2.5 Identificación de variables. 43

CAPITULO III. 44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 44
3.1 Tipo de investigación. 44
3.1.1 Objetividad. 44
3.1.2 Agrado del tema. 45
3.1.3 Conocimientos previos sobre el tema. 45
3.1.4 Apoyo documental o bibliográfico. 45
3.2 Nivel de investigación. 45
3.3 Métodos de investigación. 46
3.4 Diseño de investigación. 47
3.5 Población, Muestra y Muestreo. 47
3.5.1 Población Objetivo. 48
3.5.2 Muestra. 48
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 49
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos. 50
3.7.1 Características de la metodología cuantitativa. 52
3.8 Descripción de la prueba de hipótesis. 52

CAPITULO IV.....54
REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS. 54
4.1 Representación e interpretación de datos.....54
4.2 Discusión de resultados. 58
4.3 Proceso de prueba de hipótesis. 59

CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES. 61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 62
WEB-GRAFÍA. 63
ANEXOS. 64
MATRIZ DE CONSISTENCIA……..

ANEXOS.

- **Anexo 1:** Cronograma de Actividades.
- **Anexo 2:** Relación de Normas de Ensayo INV - 2013.
- **Anexo 3:** Resultado ensayos de laboratorio.
- **Anexo 4:** Diseño Marshall.
- **Anexo 5:** Diseño de Concreto Hidráulico.
- **Anexo 6:**.Resolución 0001375 y 0001376, de mayo 26 de 2014.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Mapa de Localización “Open Pit” Mulaló. 3
Ilustración 2: Localización General del Proyecto. 5
Ilustración 3: Árbol de problemas del proyecto. 7
Ilustración 4: Ubicación Sondeos y apiques “Open Pit” Mulaló..... 11
Ilustración 5: Ubicación “Open Pit”. 11
Ilustración 6: Perfil Estratigráfico. 56

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Cuadro de avance de actividades del proyecto.....8
Tabla 2: Requerimiento Total de Agregados.....8
Tabla 3: Reservas actuales de agregados en diferentes frentes de obra. 8
Tabla 4: Requisitos de los materiales para terraplenes.....21
Tabla 5: Verificaciones periódicas de la calidad, material de Terraplén.....22
Tabla 6: Requisitos granulométricos. 22
Tabla 7: Verificaciones periódicas de calidad de los materiales. 22
Tabla 8: Requisitos de los agregados para afirmados.....23
Tabla 9: Franjas granulométricas del material de afirmado. 24
Tabla 10: Relaciones que debe cumplir el material de afirmado. 24
Tabla 11: Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado. 24
Tabla 12: Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular. 25
Tabla 13: Requisitos de los agregados para sub-bases granulares. 25
Tabla 14: Franjas granulométricas del material de sub-base granular. 26
Tabla 15: Verificaciones periódicas, calidad del material de base granular. 26
Tabla 16: Uso típico de las diferentes clases de base granular. 26
Tabla 17: Requisitos de los agregados para sub-bases granulares. 27
Tabla 18: Franjas granulométricas del material de base granular. 28
Tabla 19: Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular. 28
Tabla 20: Tipos mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. 29
Tabla 21: Denominación capas asfálticas en caliente de gradación continua. 29
Tabla 22: Requisitos de agregados para MAC, de gradación continua. 30
Tabla 23: Prop. Máx. Arena natural en agregado para MAC – GC. 31
Tabla 24: Proporción y requisitos del llenante mineral. 31
Tabla 25: Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor de la capa.....31
Tabla 26: Franjas granulométricas para MAC de gradación continua. 32
Tabla 27: Características de los materiales para MAC.....32
Tabla 28: Granulometría para agregado fino pavimentos d concreto hidráulico. 33
Tabla 29: Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico. 34
Tabla 30: Granulometría agregado grueso pavimentos de concreto hidráulico. 34
Tabla 31: Requisitos agregado grueso para pavimentos d concreto hidráulico. 35
Tabla 32: Característica de los materiales para concreto hidráulico. 36
Tabla 33: Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo. 36
Tabla 34: Requisitos del agregado fino para concreto estructural.....37
Tabla 35: Granulometría del agregado fino para concreto estructural. 37
Tabla 36: Requisitos del agregado grueso para concreto estructural. 39
Tabla 37: Bandas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural.....39
Tabla 38: Resumen de resultados. 57

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación corresponde al estudio y análisis geomecánico de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, cuya extensión es de 56 Hectáreas de superficie que se encuentran entre las cotas 1.043,0 msnm y 1.073,0 msnm. Ubicado en Colombia, Valle del Cauca, exactamente en el municipio de Yumbo, localidad ubicada a 15 kilómetros al norte de la ciudad capital de Cali. Esta investigación busca determinar la viabilidad técnica de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso, para la elaboración de materiales de construcción del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

En vista de la necesidad de agregados pétreos que tiene el proyecto en mención y considerando que el yacimiento denominado Cantera La Estancia, encargada del suministro de agregados pétreos, se encuentra próxima a culminar las reservas de explotación aprobadas por las autoridades minero ambientales, se tiene la necesidad de ubicación de un nuevo yacimiento que permita la extracción y procesamiento de agregados pétreos, que garantice el suministro de materia prima para el procesamiento de los diferentes materiales de construcción requeridos el proyecto.

Basados en el conocimiento que se tiene sobre el tema de investigación y la inspección visual realizada en la zona, se ha logrado determinar la existencia de un macizo rocoso como posible fuente de agregados para la producción de materiales de construcción; En el lugar básicamente se identifica la presencia de roca diabasa, la cual se encuentra en dos estados de meteorización, superficialmente una roca de color café amarillento, (Roca muerta) en avanzado estado de meteorización y sub yacente una roca fresca la cual se torna de un color gris verdoso de consistencia firme poco fragmentada. Debido a lo anterior, se enfocan esfuerzos para determinar la viabilidad técnica de los agregados extraídos de este macizo, para ser usados como materiales de construcción en el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

CAPITULO I.

EL PROBLEMA.

1.1 Planteamiento del problema.

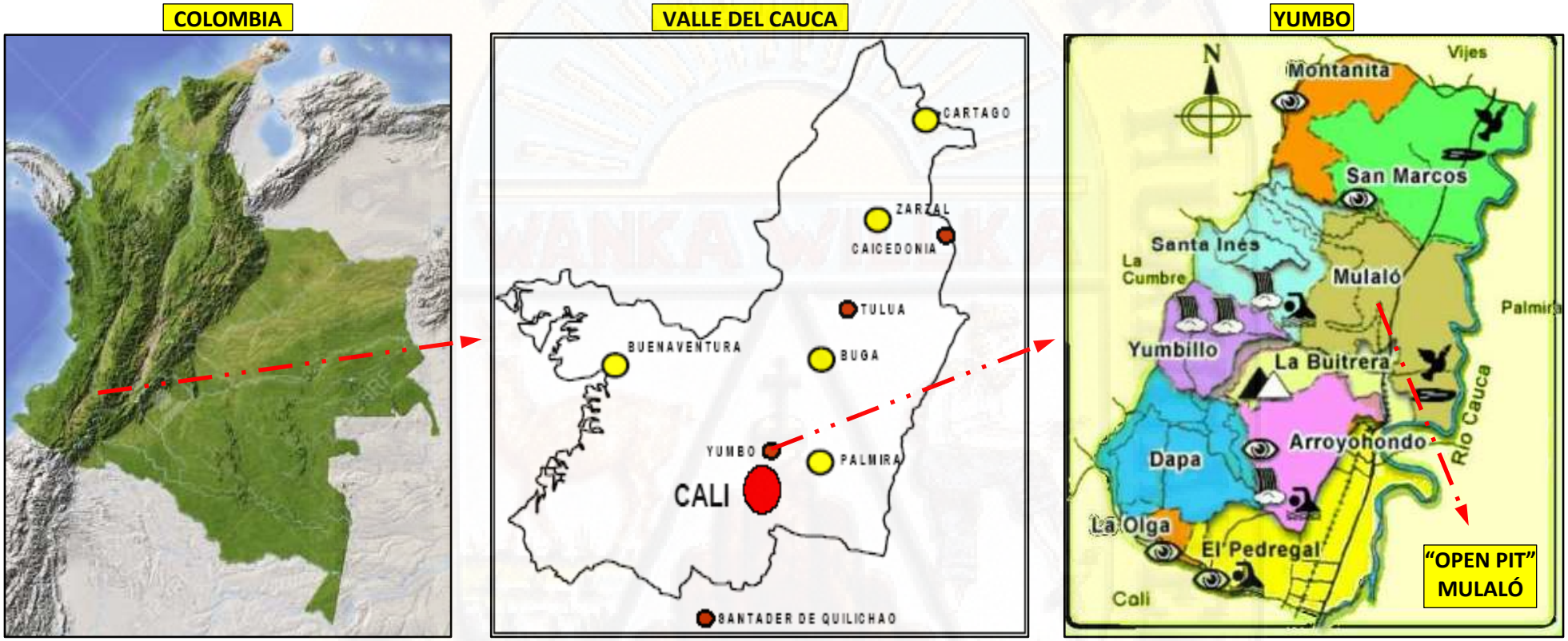
Debido a la escasez de agregados para realizar las actividades de construcción del proyecto denominado Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca, se requiere el análisis geotécnico y geomecánico de los agregados pétreos que constituyen una posible fuente de materiales, "Open Pit" (Cantera a cielo abierto), ubicado en el municipio de Yumbo Valle del Cauca, km 4+000 de la vía Yumbo - Mulaló, a 1.350,0 m. del costado izquierdo de la vía principal, para la obtención de agregados para la fabricación de materiales requeridos durante el desarrollo de actividades de construcción.

En busca de sitos adecuados de explotación para la adquisición de la materia prima necesaria en el proyecto, se encuentra el sitio denominado "**Open Pit" Mulaló**, el cual posee licencia ambiental para la explotación minera de agregado pétreos, adquirida por el propietario actual del predio, según contrato de concesión No 18449 de la cantera, bajo la resolución numero 0100 No 0710-0618 de 2.009 y ampliación con radicado CVC 054165 de septiembre de 2.014 ubicado en Bermejal corregimiento de Mulaló, Municipio de Yumbo, Valle del Cauca y Cauca.

Es necesario determinar las características mineralógicas de los agregados que posee el macizo rocoso, para analizar su viabilidad técnica, para ello se debe elaborar un plan de

exploración que permita determinar las reservas disponibles y su composición mineralógica, determinada a través de ensayos específicos de caracterización, posteriormente se realiza una comparación de los resultados obtenidos Vs. Las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías, para con ello determinar su posible aplicación como fuente viable de suministro de agregados pétreos para la elaboración de materiales de construcción del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

Ilustración 1: Mapa de Localización “Open Pit” Mulaló.



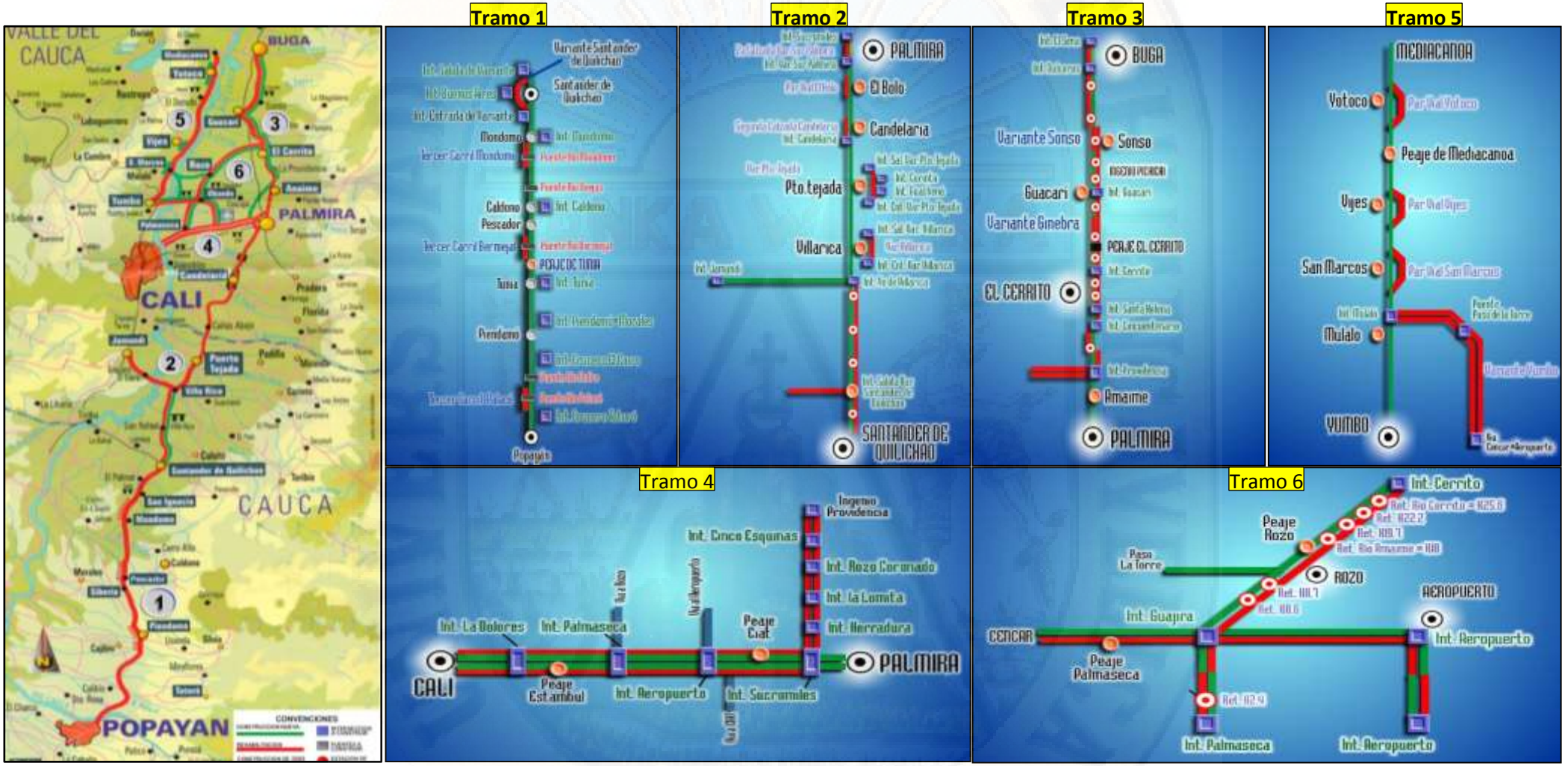
Como se puede observar en la Ilustración N°1, el macizo rocoso denominado “Open Pit” Mulaló, se encuentra ubicado en Colombia, al sur occidente del país, en el departamento del Valle del Cauca, en el municipio de Yumbo, corregimiento de Mulaló.

En su propósito de modernizar la red vial nacional y de agilizar la circulación por la Malla Vial de los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, La Agencia Nacional de Infraestructura se ha comprometido a canalizar fuera de las vías urbanas el tráfico de larga distancia que se moviliza hacia el puerto de Buenaventura y fortalecer la movilidad entre las ciudades de Cali y Popayán y en general, el tráfico entre el sur y el centro del país. La Agencia Nacional de Infraestructura busca dotar al país de una infraestructura vial que le permita afrontar el reto que impone la apertura hacia los mercados del Pacífico. La Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca hace parte de la Red Troncal Nacional pavimentada, que discurre entre los departamentos antes nombrados.

Las obras del contrato básico y adicionales, establecidas a la fecha en el contrato de concesión No. 005/99, que conforman el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca contemplan la construcción de 236,14 Km/Calzada de vías nuevas y la rehabilitación y mejoramiento de 321,02 Km/Calzada de vías existentes, lo mismo que el mantenimiento de 557,16 Km/ Calzada. Merecen ser resaltadas la construcción, rehabilitación y mejoramiento de 92 puentes vehiculares, construcción de 54 puentes peatonales, construcción de 32 intersecciones principales a nivel y 23 intersecciones a desnivel. El estado original del Contrato se sectorizó inicialmente en 6 tramos; y mediante Contrato Adicional No. 13 se incluyó al proyecto el Tramo Mediacanoa – Loboguerrero, para un total de siete (7) tramos, que se describen a continuación:

Tramo Nº. 1 Popayán – Santander de Quilichao y Vte Stander de Quilichao
Tramo Nº. 2 Santander de Quilichao – Palmira – Ye de Villarica - Jamundí
Tramo Nº. 3 Palmira – Buga
Tramo Nº. 4 Cali – Palmira y la Variante Norte de Palmira
Tramo Nº. 5 Cali – Mediacanoa y la Variante Yumbo
Tramo Nº. 6 Cencar – Aeropto, Cali – Palmira, Palmaseca – Cerrito - Rozo
Tramo Nº. 7 Mediacanoa – Loboguerrero

Ilustración 2: Localización General del Proyecto.



1.2 Formulación del problema.

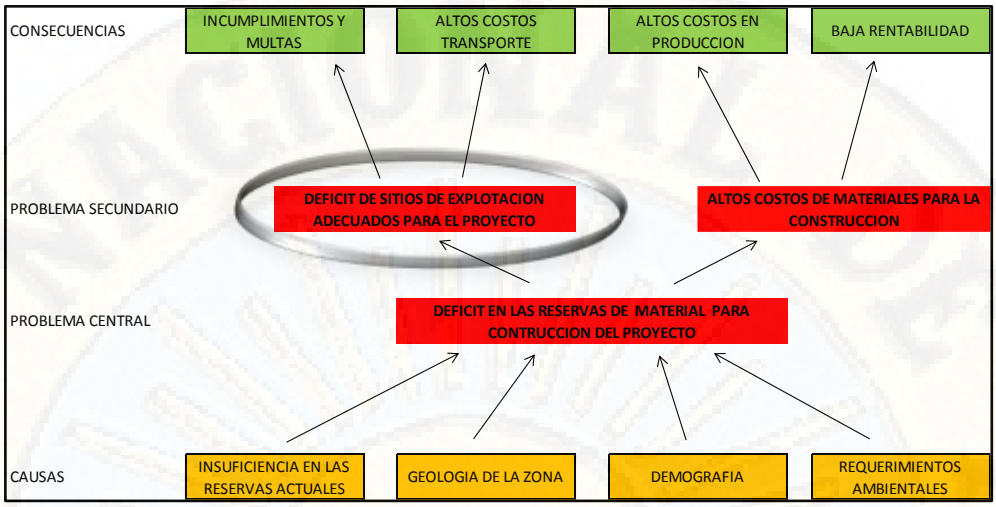
La insuficiencia de agregados pétreos disponibles para el proyecto denominado Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca, se debe principalmente a la cantidad de materiales demandados para su desarrollo, adicional a esto, la escasa existencia de posibles fuentes de agregados que cumplan con los requisitos mínimos de calidad exigidos, esto último, porque existen sitios con agregados de características adecuadas pero no están disponibles o porque en los sitios disponibles los parámetros geotécnicos de los agregados no cumplen con los requisitos mínimos de calidad exigidos y por último, porque si el sitio está disponible y las características de los agregados son adecuadas, los trámites para la obtención de las licencias minero – ambientales son interminables y pueden tardar varios años en generarse o incluso después de mucho tiempo llegar a ser negadas. Lo anterior genera un déficit en las reservas de agregados pétreos para el desarrollo del proyecto

Teniendo en cuenta que esta actividad debido a su complejidad y costo es crítica para el proyecto. ¿es conveniente que la explotación y procesamiento de agregados sea realizado por la misma organización para no incrementan los costos de adquisición de materiales granulares que directamente afectan la rentabilidad y la cadena de suministro? Lo anterior, para no originar incumplimiento de cronogramas de obra

De igual manera vale la pena preguntarse: ¿se requiere la adquisición de predios, apertura y puesta de operación de un nuevo "Open Pit", para explotación de agregados y producción de materiales granulares de tal manera que se garanticen reservas disponibles con características geotécnicas y geomecánicas satisfactorias?

Dando respuesta a la situación, se da origen al presente trabajo de investigación, el cual cosiste en analizar: ¿es posible la viabilidad técnica de las reservas de los agregados pétreos, existentes, realizando el análisis geotécnico y geomecánico de los agregados pétreos de una posible fuente de materiales, denominada "Open Pit" Mulaló. Para ser utilizados como materiales de construcción?

Ilustración 3: Árbol de problemas del proyecto.



Durante el desarrollo de las actividades tendientes a dar cumplimiento al contrato de concesión No. 005/99 Suscrito entre la Agencia Nacional de Infraestructura (Contratante) y la Unión Temporal del Valle del Cauca y Cauca (contratista), compuesta por las firmas CSS CONSTRUCTORES S.A con el 73,3 % Y PAVIMENTOS COLOMBIA S.A con el 26,7%, por medio del cual se otorga en concesión el diseño, construcción y mantenimiento del proyecto Malla Vial Del Valle del Cauca y Cauca, a desarrollarse por las constructoras de cada una de las firmas que componen el contratista, hasta el año 2.054 en el cual finaliza la concesión, de los cuales 5 años corresponden a la etapa de construcción y el resto a la etapa de mantenimiento, para el desarrollo de las actividades de construcción y mantenimiento se requiere la adquisición de agregados pétreos crudos destinados a la producción de distintos materiales de construcción de infraestructura vial, para el desarrollo de las actividades contratadas como son: Pedraplen; Terraplén; Sub base granular; Base granular; Mezcla asfáltica en caliente, Concreto hidráulico y Otros

Los materiales granulares son requeridos para la construcción de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento de concreto asfaltico o concreto hidráulico, adicionalmente se requiere el uso de concreto hidráulico en viaductos (puentes de largas longitudes), muros de contención, cunetas, bordillos, Muros “new Jersey” y obras de drenaje de la las vías del proyecto.

Tabla 1: Cuadro de avance de actividades del proyecto.

Etapa de Construcción.		Etapa de Mantenimiento.
Tramo 1	100,0%	2.018
Tramo 2	96,0%	2.023
Tramo 3	93,0%	2.028
Tramo 4	99,0%	2.033
Tramo 5	93,0%	2.038
Tramo 6	97,0%	2.043
Tramo 7	52,0%	2.048

Para su desarrollo y culminación, la Concesión Malla Vial del Valle del Cauca, requiere las cantidades de material estimadas tabla N°2.

Tabla 2: Requerimiento Total de Agregados.

Material.	Volumen Total (m3).	Volumen de agregados (m3).
Pedraplén.	268.062,50	268.062,50
Terraplén.	514.680,00	514.680,00
Sub-base	192.147,20	192.147,20
Base Granular.	144.110,40	144.110,40
Mezcla asfáltica.	4´723.682,40	6´613.155,36
Concreto Hidráulico.	24.390,00	31.707,00
Volumen Total Requerido.		**7´763,862.46**

El proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca tiene en su actualidad 5 frentes de trabajos alrededor de los 7 tramos, los cuales se relacionan a continuación junto con sus reservas actuales de materiales granulares obtenidos de diferentes fuentes de materiales: Aluviales, en el caso de los frentes de Villa Rica, Tienda Nueva y Sonso, y "Open Pit" en los casos de las fuentes La Estancia y Arauca.

Tabla 3: Reservas actuales de agregados en diferentes frentes de obra.

Frente de Trabajo.	Reserva.
Villarrica	300.000,0
Tienda Nueva	250.000,0
La Estancia	1´100.000,0
Sonso	700.000,0
Arauca	1´200.000,0
Reserva Total.	**3´550.000,0**

1.3 Objetivos de la investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se plantea un objetivo general y para su cumplimiento adicionalmente se plantean 3 objetivos específicos.

1.3.1 Objetivos generales.

- Delimitar espesores y características geotecnicas y geomecanicas de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, para determinar su viabilidad técnica y posible utilización como materiales de construcción, para el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar exploración geotécnica con muestreo representativo en campo para ejecutar ensayos de laboratorio que identifiquen características geotécnicas y geomecanicas de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, definiendo estratos, espesores y reservas para determinar su viabilidad y utilización como materiales de construcción.

- Realizar ensayos de laboratorio de los agregados pétreos extraídos de la exploración geotécnica del open "Pit Mulaló" según procedimiento estándar correspondiente a cada tipo de material, para verificar su cumplimiento y garantizar su uso como materiales de construcción en el proyecto.

- Realizar confrontación de resultados de ensayos de laboratorio obtenidos de las muestras de agregados del "Open Pit Mulaló" Vs. requerimientos de las especificaciones técnicas de construcción, según norma aplicable, y de requiere dosificar con agregados adicionales para garantizar el cumplimiento de los agregados combinados, como materiales de construcción del proyecto.

1.4 Justificación.

Para el desarrollo de las actividades propias del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca, se hace necesaria la disponibilidad de agregados pétreos, para lo cual se requiere extraerlos, procesarlos, adecuarlos para que posteriormente puedan ser utilizados en las diferentes actividades de construcción de infraestructura vial.

La demanda de materiales requeridos para el desarrollo del proyecto, sumado a la baja oferta los mismos en el mercado y adicional su elevado costo, hacen que su adquisición sea una labor dispendiosa y critica que requiere la adquisición de predios y maquinaria propia de las empresas constructoras, para que sean ellas mismas quienes se encarguen de la extracción, procesamiento, adecuación, fabricación, transporte y colocación de materiales con aceptables características de calidad.

Lo anterior denota la necesidad de una considerable cantidad de materiales con características que cumplan con lo requerido en las especificaciones técnicas de construcción emitidas por el Instituto Nacional de Vías 2013 – Colombia.

Para ello y en pro de mantener la reserva de materia prima para el proyecto, se hace necesaria la identificación, estudio y verificación de nuevas fuentes de agregados; considerando que el macizo rocoso denominado “Open Pit” Mulaló, cuenta con licencia ambiental vigente, la cual en Colombia requiere mucho tiempo para su emisión, y que adicionalmente en el macizo rocoso en mención se presume la existencia de reservas de aproximadamente 3´000.000 de m3. Se considera que este sitio merece que se encaminen esfuerzos para determinar su posible aplicación como fuente de suministro de agregados para la fabricación de materiales de construcción para infraestructura vial para los tramos 4, 5 y 6 y del proyecto.

Ilustración 4: Ubicación Sondeos y apiques “Open Pit” Mulaló.

Web: Google Earth.

Ilustración 5: Ubicación “Open Pit”.

Web: Google Earth

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes de la investigación.

La extracción de áridos y su procesamiento para utilización en obras de construcción es dispendioso, por lo cual se requiere la aplicación de métodos específicos que permitan obtener este tipo de materiales, que normalmente en la mayoría de los casos no se adecuan naturalmente y que requieren métodos mecánicos adicionales para ajustarse a requisitos particulares.

Este tipo de explotación se puede dividir en artesanal y mecanizada. La primera se realiza por medio de herramientas rudimentarias; desbarrancan el material de los taludes, lo apilan a borde del talud y luego lo cargan a las volquetas. Las canteras mecanizadas se dedican a la producción de triturados de diferentes granulometrías y de arena como subproducto. Aquí el arranque puede ser con bulldózer, Excavadora y/o explosivos. La explotación consiste en arrancar el material en terrazas, lo cargan en volquetas con cargadores y lo procesan en planta de trituración donde lo clasifican según el tamaño y lavan la arena resultante del proceso en tornillos, norias y tanques de sedimentación para su adecuación con especificaciones particulares.

2.2 Bases teóricas.

El muestreo e identificación de materiales del subsuelo implica técnicas simples y complejas acompañadas de procedimientos e interpretaciones diferentes, las cuales están influenciadas por condiciones geológicas y geográficas, por el propósito de la investigación y por los conocimientos experiencia y entrenamiento personal encargado.

A continuación se describen métodos para el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normalizados, mediante los cuales pueden determinarse las condiciones de distribución del suelo, de la roca y del agua freática.

Una investigación consistente en procedimientos adecuados de muestreo del suelo y de la roca, facilitará la correlación de los respectivos datos con propiedades mecánicas del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; igualmente facilitara correlación de los datos de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

2.2.1 Objeto.

El objetivo de la investigación consiste en la identificación y localización, tanto vertical como horizontalmente, de los tipos significativos de suelos y rocas y las condiciones de agua freática presentes en un área dada y el establecimiento de los parámetros geotécnicos de los materiales subyacentes a la superficie por muestreo, por pruebas en el terreno o por pruebas en el laboratorio, que nos permitan determinar si las condiciones actuales del material después de un proceso de trituración, clasificación y mezclado, permiten su utilización como materiales de construcción según las especificaciones requeridas en el proyecto.

Inicialmente antes de comenzar cualquier trabajo de exploración de campo, se realiza un estudio del sitio para comprobar si existen conexiones de servicios públicos bajo tierra, haciendo una encuesta o investigación preliminar con moradores de la zona aledaña al proyecto, solicitando información a las empresas prestadoras de servicios públicos de la zona y con inspección visual en campo. En caso de encontrar evidencias de materiales potencialmente peligrosos, o materiales contaminados o condiciones peligrosas que puedan surgir en el curso de la investigación, el trabajo debe interrumpirse hasta cuando las circunstancias hayan sido evaluadas y se reciban nuevas instrucciones antes de reiniciar el trabajo.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-101-13.

2.2.2 Uso y Significado.

Un estudio adecuado de suelos, rocas y agua freática, entre otros factores, proporciona la información pertinente para decidir sobre la localización y evaluación del material de préstamo y de fuentes locales de materiales de construcción. De la investigación de suelos y rocas subyacentes a la superficie deberá obtener muestras representativas y de calidad tal, que permitan determinar la clasificación del suelo, el tipo mineralógico de la roca, y las propiedades de ingeniería de la totalidad de las reservas, a través de ensayos de campo y ensayos de laboratorio que indique características de resistencia, durabilidad, plasticidad, humedad, absorción etc.

2.2.3 Reconocimiento del área del proyecto.

Antes de iniciar cualquier programa de campo, se debe recopilar, estudiar y evaluar, toda la documentación técnica disponible: mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas geológicos, fuentes de minerales generales o locales, mapas de suelos para ingeniería e informes que cubran el área del proyecto. Igualmente deben estudiarse, cuando los haya, informes de investigaciones de capas subyacentes a las superficiales correspondientes a proyectos cercanos o adyacentes a la zona de estudio.

Es necesario tener en cuenta que aun cuando los mapas e informes anteriores sean obsoletos y de valor limitado a la luz del conocimiento actual, una comparación de lo viejo con lo nuevo, revela a menudo información valiosa e inesperada.

Los mapas geológicos e informes de suelos de fecha reciente, pueden ayudar para establecer la amplitud de las características del suelo a profundidades entre 1,5 y 2,0 m (5 a 6 pies), para cada tipo de suelo mostrado en los mapas.

Cada tipo de suelo tiene un perfil que lo distingue debido al material de origen (roca madre), al relieve, a las condiciones climáticas y a la vegetación. Estas propiedades pueden ayudar a identificar los diferentes tipos de suelos, cada uno de los cuales pueden requerir análisis y tratamiento específico. A menudo se encuentran propiedades similares de ingeniería, donde existen características similares para el perfil del suelo. Los cambios en las propiedades del suelo en áreas adyacentes indican a menudo cambios en el material de origen o en el relieve.

En áreas donde los datos descriptivos sean incompletos debido a la escasez de mapas geológicos o de suelos deberán estudiarse los suelos y rocas en zonas de cortes abiertos, en la vecindad de la obra y anotar los diferentes perfiles de suelos y rocas.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-101-13.

Donde se desee un mapa preliminar que cubra el área del proyecto, éste puede prepararse con base en mapas elaborados con la ayuda de fotografías aéreas que muestren las condiciones del terreno. La distribución de los depósitos de suelos y rocas predominantes, que probablemente se encontrarán durante la investigación, podrán mostrarse empleando datos obtenidos de mapas geológicos y de reconocimiento del terreno. En áreas donde la información documentada es escasa se puede obtener algún conocimiento de las condiciones sub-superficiales entrevistando, entre otros, a los propietarios de la tierra, a quienes perforan pozos profundos y a los representantes de la industria local de construcción.

2.2.4 Plan de la exploración.

Los requisitos disponibles sobre el diseño y el comportamiento del proyecto deben ser revisados antes del desarrollo final del plan de exploración. Se debe planear una exploración preliminar para indicar las áreas con condiciones que requieran una investigación más detallada. Una completa investigación de suelos, rocas y aguas freáticas debe abarcar las siguientes actividades:

- Revisión de la información disponible, tanto regional como local, de la historia geológica y condiciones del suelo, rocas y aguas freáticas, que existan en el lugar propuesto y en su inmediata vecindad.

- Interpretación de fotografías aéreas y datos obtenidos con sensores remotos.

- Reconocimiento del terreno para identificación de condiciones geológicas, dibujo de exposiciones estratigráficas y afloramientos, y evaluación del comportamiento de estructuras existentes.

- Investigación en el terreno de materiales superficiales y sub-superficiales por estudios geofísicos, perforaciones o pozos exploratorios.

- Recolección de muestras alteradas representativas de suelos, rocas y materiales de construcción para pruebas de clasificación en el laboratorio. (complementadas con muestras inalteradas apropiadas para la determinación de aquellas propiedades de ingeniería pertinentes a la investigación).

- Identificación de la posición de la tabla freática, si existen depósitos aislados de agua subterránea o de las superficies piezométricas si hay agua artesiana subterránea. La variabilidad de estas posiciones durante períodos cortos y largos debe ser considerada.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-101-13.
COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-101-13.

- Identificación y evaluación de sitios de diferentes materiales, ya sean lechos de roca o suelos con adecuada capacidad de carga.

- Identificación en el terreno de sedimentos de suelo y roca en el terreno, con particular referencia al tipo y grado de descomposición (por ejemplo, saprolito, esquistos en descomposición), la profundidad a la cual se encuentran y los tipos y lugares de sus discontinuidades estructurales.

2.2.4.1 Muestreo.

Se obtienen muestras representativas de suelo o de roca, o de ambos, de cada material encontrado que sea de importancia para el diseño y la construcción. El tamaño y el tipo de las muestras dependen de los ensayos que se vayan a efectuar o del porcentaje de partículas gruesas en la muestra y de las limitaciones del equipo de ensayo por emplear.

Nota: El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a discreción de la Interventoría, pero se sugieren, para algunos propósitos, las siguientes cantidades, para la mayoría de los materiales.

- Clasificación visual: 50 a 500 g.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos finos: 500g a 2,5 kg.
- Ensayo de compactación y granulometría de suelos gruesos: 20 a 40 kg.
- Ensayo de propiedades de agregados: 50 a 200 kg.

Se identifica cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o apique y con la profundidad a la cual fue tomada. Se coloca una etiqueta impermeable dentro del recipiente o bolsa, se cierra ésta en forma segura, se protege del manejo rudo y se marca exteriormente con una identificación apropiada. Se deben obtener muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes sellados para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras pueda afectar la clasificación o los resultados de los ensayos para determinar las propiedades de ingeniería, se debe proteger para minimizar la pérdida de humedad.

2.2.4.2 Procedimientos de muestreo.

En este apartado describiremos la Investigación y Muestreo del Suelo mediante Barrenos INV E–101; Investigación y Muestreo de Suelos con Barreno de Vástago Hueco INV E–110, normas que se detallan en el **Anexo 1.**

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-105-13.

2.2.4.3 Clasificación de los materiales.

Las muestras para ensayos de suelos y de rocas se deberán enviar al laboratorio para los siguientes ensayos de identificación y clasificación.

2.2.4.4 Interpretación de los resultados.

Se Interpretan los resultados de una investigación, únicamente en términos de lo encontrado realmente y se deben realizar esfuerzos para recoger e incluir todos los datos de investigaciones anteriores, en la misma área. La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas, puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición de capas por debajo de las superficiales, con propiedades uniformes de suelo y roca. Las propiedades mecánicas de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación de terreno. Los conceptos de Mecánica de Suelos y de Rocas, y de geomorfología, deben combinarse con un conocimiento de la ingeniería estructural o del pavimento, para lograr una aplicación cabal de resultados de exploración de suelos y rocas.

2.2.4.5 Determinación del perfil.

Un perfil general de un área de suelo o roca, o ambos, está definido únicamente en el sitio del apique, hueco o sondeo, o en el corte abierto examinado. Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y abscisas de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión. Puede complementarse esta fase de la investigación mediante registros gráficos de suelo y de roca, observados en paredes de excavaciones o de áreas de cortes, o mediante registros gráficos de perforaciones de ensayo, o de ambos, e interpolando luego entre estos registros mediante el empleo de relaciones geológicas y de ingeniería con otros datos de suelos y rocas pertinentes al área. La separación en esta clase de investigaciones dependerá de la complejidad geológica del área, y de la importancia de la continuidad del suelo y de la roca con respecto al diseño. Las perforaciones, deberán ser de suficiente profundidad para revelar los datos de ingeniería requeridos que permitan un completo análisis.

Donde el drenaje pueda ser afectado por materiales permeables, acuíferos o materiales impermeables que lo puedan obstaculizar, las perforaciones deberán prolongarse suficientemente dentro de estos materiales para determinar las propiedades geológicas y de ingeniería, relevantes. En todas las zonas de préstamo, las perforaciones deberán ser suficientes en número y profundidad, para permitir las cantidades requeridas de material. Los registros de perforaciones para cada proyecto se efectuarán de manera sistemática y deberán incluir:

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-105-13.

- Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o apique, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.

- Columna estratigráfica de cada hueco, sondeo o apique, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.

- Las fotografías en colores de núcleos de roca, muestras de suelos, y estratos expuestos, pueden ser de gran utilidad para el Ingeniero.

- La identificación de los suelos deberá basarse en las Normas del Instituto Nacional de Vías, (**Ver anexo 2**) para la clasificación de los suelos.

- Las zonas acuíferas, drenaje subterráneo y profundidad del nivel freático hallado en cada perforación, apique o hueco.

- Los resultados de ensayos en sitio (in -situ), como los de penetración o los de veleta u otros ensayos in-situ para determinar propiedades de suelos o rocas.

- % de recuperación del núcleo extraído con brocas de diamante y, cuando sea necesaria, estimación de la Designación Cualitativa de la Roca (RQD).

2.2.4.6 Dibujo del perfil.

Los perfiles del subsuelo se deben dibujar únicamente con base en perforaciones de los sitios, deberá hacerse con extremo cuidado y con la ayuda de toda la información geológica disponible, anotando claramente, que tal interpolación o continuidad asumida de estratos, es meramente tentativa. No se deberán hacer extrapolaciones.

2.2.4.7 Informe.

El informe de investigación de capas por debajo de las superficiales deberá incluir:

- Localización del área investigada en términos pertinentes al proyecto. Esto puede incluir esquemas o fotografías aéreas en las cuales se localizan las perforaciones y zonas de muestreo, así como detalles topográficos para la determinación de los diferentes suelos y rocas, tales como, contornos, lechos de corrientes, depresiones, acantilados, etc.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-105-13.

- En cuando sea posible, inclúyase en el informe un mapa geológico del área investigada, copias de los registros de perforaciones y apiques de ensayo y resultados de los ensayos de laboratorio.

2.2.4.8 Registro de la perforación.

El registro de la perforación deberá incluir lo siguiente:

- Identificación del proyecto, número de la perforación, sitio, fechas de iniciación y terminación, y nombre del operador del equipo;
- Cota del nivel superficial de la perforación.
- Cota o profundidad del nivel de agua y variaciones de nivel, incluyendo las fechas y tiempos cuando fueron medidos.
- Cota o profundidad a la cual se perdió el retorno del fluido de la perforación.
- Tamaño, tipo y diseño de toma muestras empleado. Tamaño, tipo y conjunto de broca y rima empleado. Tamaño, tipo y longitud de todo el revestimiento empleado. Descripción de cualquier movimiento de este último.
- Longitud de penetración de cada toma muestras y longitud o porcentaje, o ambos, del núcleo recobrado.
- Descripción del material recobrado en cada recorrido, efectuado por el ingeniero a cargo, o en su defecto, por el inspector de perforación, o por el operador del equipo.
- Descripción de la estructura sub-superficial, incluyendo la inclinación de los estratos, juntas, cavidades, fisuras y cualquier otra observación efectuada por el ingeniero, que pueda aportar datos sobre la formación en estudio.
- Profundidad, espesor y naturaleza aparente del relleno de cada cavidad o veta blanda encontrada, incluyendo opiniones sobre la apariencia del interior del tubo cuando se pierde el núcleo.
- Cualquier cambio en el carácter del lodo de perforación.
- Información sobre mareas y corrientes cuando la perforación esté próxima a una masa de agua que va a ser afectada.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-105-13.
COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayos de materiales. Bogotá D.C. 2013. I.N.V-E-105-13.

- Anotaciones sobre el carácter de la perforación, esto es, si resultó blanda, lenta, fácil, suave, etc.

2.2.5 Descripción de materiales requeridos en obra.

A continuación se realiza una breve descripción de la finalidad de los materiales a producir durante la explotación de agregados del "Open Pit" Mulaló. De igual manera se exponen una serie de tablas resumen en las cuales se indican los ensayos requeridos y el valor especificado con lo cual se garantizar su cumplimiento con las especificaciones correspondientes del Instituto Nacional de Vías.

2.2.5.1 Terraplenes.

2.2.5.1.1 Requisitos materiales de terraplén.

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor. Deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los indicados en la tabla N° 4.

Tabla 4: Requisitos de los materiales para terraplenes.

CARACTERÍSTICA	NORMA E - INV	SUELOS SELECC	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
% que pasa el tamiz de 2 mm (No.10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
% que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) en masa, máx.	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1	1
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice d plasticidad, máx. (%)	E-126	10	15	-
CBR laboratorio, mínimo (%)	E-148	10	5	3
Expansión CBR, máximo (%)	E-148	0	2	2

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 220 – Tabla 220-1.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-220-2013. Bogotá D.C.

Tabla 5: Verificaciones periódicas de la calidad, material de Terraplén.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	Una (1) vez por semana
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio, con expansión	E-148	Una (1) vez por mes

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 220 – Tabla 220-2.

2.2.5.2 Pedraplenes.

2.2.5.2.1 Granulometría.

- El tamaño máximo no deberá ser superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada.
- El porcentaje en masa de partículas menores al tamiz de 25,0 mm (1”), será inferior al treinta por ciento (30 %).
- El porcentaje en masa de partículas que pasen el tamiz de 75 mm (No.200) será inferior al diez por ciento (10 %).

Tabla 6: Requisitos granulométricos.

TAMAÑO	% QUE PASA
D	90-100
D/4	45-60
D/16	25-45
D/64	15-35

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 221 – Tabla 221-1

Tabla 7: Verificaciones periódicas de calidad de los materiales.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-219	Una (1) vez por mes

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 221 – Tabla 221-2

2.2.5.3 Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas según las Especificaciones Técnicas de Construcción, Instituto Nacional de Vías 2013 - Colombia.

2.2.5.3.1 Agregados pétreos.

Los agregados para la construcción de afirmados, sub-bases y bases serán naturales clasificados, podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias, según se establece en el Artículo correspondiente a cada partida de trabajo. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias.

2.2.5.4 Afirmado.

2.2.5.4.1 Agregados pétreos.

Los agregados para la construcción del afirmado deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la tabla N° 8. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla N° 9 y deberán cumplir con las relaciones establecidas.

Tabla 8: Requisitos de los agregados para afirmados.

Ensayo	Norma INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
Sulfato de sodio		12
Sulfato de magnesio		18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	>15
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311.3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	15

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 311 – Tabla 311-1.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-311-2013. Bogotá D.C.

Tabla 9: Franjas granulométricas del material de afirmado.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9.5	4.75	2,0	0,425	0,075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80 - 100	60 - 85	40 - 65	30 - 50	13 - 30	9 - 18.
A-25	-	100	90 - 100	65 - 90	45 - 70	35 - 55	15 - 35	10 - 20.
Tolerancias produc. - fórmula trabajo (±)	0	7 %			6 %			3 %

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 311 – Tabla 311-2.

Tabla 10: Relaciones que debe cumplir el material de afirmado.

RELACIÓN	REQUISITO
% pasa tamiz No. 200 / % pasa tamiz No.10	0,20 a 0,45
% pasa tamiz No. 200 / % pasa tamiz No. 40	$2 \leq 3$
{(% pasa tamiz de 1")-(% pasa tamiz No. 10)}×{% pasa tamiz No. 4}	16 a 34
(% de contracción lineal)×(% pasa tamiz No. 40)	100 a 240

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 311 – Tabla 311-3.

Tabla 11: Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado.

ENSAYO	Norma de ensayo INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 311 – Tabla 311-4.

2.2.5.5 Sub-base granular.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de sub-base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina sub-base granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-311-2013. Bogotá D.C.

2.2.5.5.1 Clases de sub-base granular.

Se definen tres clases de sub-base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica a continuación, en función del nivel de tránsito.

Tabla 12: Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular.

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 320 – Tabla 320-1.

2.2.5.5.1.1 Agregados pétreos.

Los agregados para la construcción de la sub-base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la tabla N°13. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla N°14.

Tabla 13: Requisitos de los agregados para sub-bases granulares.

ENSAYO	Norma de Ensayo INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, (%)	E-220			
Sulfato de sodio		12	12	12
Sulfato de magnesio		18	18	18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a 4 días de inmersión.	E-148	30	30	40

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 320 – Tabla 320-2.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-320-2013. Bogotá D.C.

Tabla 14: Franjas granulométricas del material de sub-base granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075,
	2”	1 ½”	1”	½”	3/8”	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
A-38	100	70 - 95	60 - 90	45 - 75	40 - 70	25 - 55	15 - 40	6 - 25.	2 – 15
A-25	-	100	75 - 95	55 - 85	45 - 75	30 - 60	20 - 45	8 - 30.	2 – 15
Tolerancias (±) fórmula trabajo.	0	7 %				6 %			3 %

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 320 – Tabla 320-3.

Tabla 15: Verificaciones periódicas, calidad del material de base granular.

ENSAYO	Norma de ensayo INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo de compac. Mod.	E-142	Una (1) vez por semana

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 320 – Tabla 320-4.

2.2.5.6 Base granular.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

2.2.5.6.1 Clases de base granular.

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica a continuación en función del nivel de tránsito.

Tabla 16: Uso típico de las diferentes clases de base granular.

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 330 – Tabla 330-1.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-330-2013. Bogotá D.C.

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la taba N° 17. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla N° 18.

Tabla 17: Requisitos de los agregados para bases granulares.

Ensayo	Norma de Ensayo INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) 500 rev. (%)	E-218	40	40	35
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) 100 rev. (%)		8	8	7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224			
Valor en seco, mínimo (kN)		-	70	90
Relación húmedo/seco, mínimo (%)		-	75	75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220			
Sulfato de sodio		12	12	12
Sulfato de magnesio		18	18	18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125, 126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices alargamiento y aplanamiento, máx (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas (una cara) , mínimo (%)	E-227	50	50	50
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a 4 días de inmersión.	E-148	80	80	100

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 330 – Tabla 330-2.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-330-2013. Bogotá D.C.

Tabla 18: Franjas granulométricas del material de base granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	70 - 100	60 - 90	45 - 75	30 - 60	20 - 45	10 - 30.	5 - 15.
A-25	-	100	70 - 100	50 - 80	35 - 65	20 - 45	10 - 30.	5 - 15.
Tolerancias en producción fórmula de trabajo(±)	0	7 %			6 %			3 %

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 330 – Tabla 330-3.

Tabla 19: Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular.

ENSAYO	Norma de ensayo INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Valor de azul (si aplica)	E-235	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 330 – Tabla 330-4.

2.2.5.7 Disposiciones generales para la ejecución de tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos.

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto y lechadas asfálticas; bases, capas de mezcla asfáltica, bacheos asfálticos en frío y en caliente y reciclados con productos bituminosos, a los cuales se refiere el Capítulo 4 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías - Colombia.

2.2.5.7.1 Agregados pétreos y llenante mineral.

- Agregado grueso: Porción del agregado retenida en el tamiz (N°4)
- Agregado Fino: Proción del agregado entre los tamices (N°4 y N°200).
- Llenante mineral: Porción que pasa el tamiz de 0,75 mm (N°200).
- Llenante mineral de aporte: Fracción llenante que se incorpora por separado.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-400-2013. Bogotá D.C.

2.2.5.7.2 Mezcla Asfáltica en caliente de gradación continua, concreto asfáltico.

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

A continuación se relacionan tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría; se incluyen también las mezclas de alto módulo, cuyo módulo resiliente, medido por medio de la norma de ensayo INV E–749 a la temperatura y frecuencia definida para el proyecto, debe ser igual o superior a 10.000 MPa.

Tabla 20: Tipos mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO	DENOMINACIÓN
Por tipo de granulometría	
Mezclas densas.	MDC
Mezclas semidensas	MSC
Mezclas gruesas	MGC
Mezclas especiales	
Mezclas de alto módulo	MAM

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-1.

La tabla N° 21. Presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura.

Tabla 21: Denominación capas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO DE CAPA	DESCRIPCIÓN
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-2.

2.2.5.7.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos de calidad mencionados en la tabla N° 22.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-450-2013. Bogotá D.C.

Tabla 22: Requisitos de agregados para MAC, de gradación continua.

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste máquina de los Ángeles, máx.	E-218	25/35/5/7	25/35/35/5/7/7	25/35/35/5/7/7
Capa de: rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones				
Capa: rodadura/intermedia/base,100 rev.				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		25/30/30	20/25/25
Capa de: rodadura / intermedia / base				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos: rodadura/intermedia/base	E-224			110/90/75/75/75/75
Valor en seco, mínimo (kN)				
Relación húmedo/seco, mínima (%)				
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máx (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máx (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125, y E-126	NP.	NP.	NP.
Equivalente de arena, mín (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor azul de metileno máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	75/60/-/-/-/-	75/75/60/60/-/-	85/75/60/70/-/-
Una cara: rodadura / intermedia / base				
Dos caras: rodadura / intermedia / base				
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%) Capa de: rodadura / intermedia / base	E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%)	E-757	REPORTAR 4		
Agregado fino: adhesividad de ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774			

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-3.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-450-2013. Bogotá D.C.

Tabla 23: Prop. Máx. Arena natural en agregado para MAC – GC.

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	25	25	15
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	50		

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-4.

Tabla 24: Proporción y requisitos del llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-			
Capa de rodadura		-	25	50
Capa intermedia		-	25	50
Capa de base		-	-	25
Granulometría del llenante mineral de aporte:	E -215			
% que pasa tamiz 425		100		
% que pasa tamiz 150		>90		
% que pasa tamiz 75		>75		
Densidad bulk (g/cm3)	E-225	0.5 a 0.8		
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-		

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-5.

El tipo de mezcla asfáltica dependerá del tipo y espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la tabla N°25.

Tabla 25: Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor de la capa.

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30-40	MDC-10
	40-60	MDC-19, MSC-19
	>60	MDC-25,MDC-19, MSC-19
Intermedia	>50	MDC-25, MSC-25
Base	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60-130	MAM-25
Bacheos	50-75	MSC-25, MGC-25
	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25.

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-7.

Tabla 26: Franjas granulométricas para MAC de gradación continua.

TIPO DE MEZCLA.		TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
		37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
		1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA								
DENSA	MDC - 25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17
	MDC - 19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17
	MDC - 10					100	65-87	43-61	16-29	9-19
SEMIDENSA	MSC - 25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12
	MSC - 19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12
DENSA	MGC - 38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11
	MGC - 25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11
Alto Modulo.	MAM - 25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14
Tolerancia (±)	-	0	7 %				6 %			3 %

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-6.

Tabla 27: Características de los materiales para MAC.

CARACTERÍSTICA	Norma de Ensayo INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E-232	Cambio.
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-137	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento con agua hirviendo.	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Agregado fino: adhesividad (Riedel-Weber)	E-739	

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 450 – Tabla 450-10.

2.2.5.8 Pavimento de concreto hidráulico.

2.2.5.8.1 Concreto.

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

2.2.5.8.1.1 Agregado fino.

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4). Provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.[19]

El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino. El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la tabla N° 28. Además de ello, la gradación del agregado fino escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2,3 y 3,1. Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas (0,2) respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la fórmula de trabajo, se deberá ajustar el diseño.

Tabla 28: Granulometría para agregado fino pavimentos d concreto hidráulico.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (MM / U.S Standard)						
	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	0,15 mm
	3/8”	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	% PASA						
ÚNICA	100	95-100	80-100	80-85	25-60	oct-30	2-10

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-1.

El agregado fino deberá cumplir, los requisitos de calidad indicados a continuación:

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-500-2013. Bogotá D.C.

Tabla 29: Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.

Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
Sulfato de sodio		10
Sulfato de magnesio		15
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
Material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200), máximo (%).	E-114	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	M. Patrón
Características químicas (O)		
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-2.

2.2.5.8.1.2 Agregado grueso.

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (No.4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

Su gradación se deberá ajustar a alguna de las señaladas en la tabla N° 30. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de 25,0 mm (1"), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se deberá suministrar en las dos fracciones indicadas.

Tabla 30: Granulometría agregado grueso pavimentos de concreto hidráulico.

TIPO DE GRADACIÓN		**TAMIZ (MM / U.S Standard)**								
		63,0	50,0	37,5	25,0	19,1	12,5	9,5	4,75	2,360
		2/ ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No. 4	No. 8
AG 1	Fracción 1: 2.5" a 1"	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
	Fracción 2: 1.5" a N°4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG 2	Fracción 1: 2.5" a 1"	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
	Fracción 2: 1.5" a N°4	-	-	-	100	90-100	-	20-5	0-10	0-5
AG 3	1.5" a N°4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-3.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de "Fuller" o "Bolomey". El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio (1/3) del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la tabla N° 31.

Tabla 31: Requisitos agregado grueso para pavimentos d concreto hidráulico.

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo	E-218	
500 revoluciones		40
100 revoluciones		8
Degradación por abrasión equipo Micro-Deval, máx. (%)	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos.	E-224	
Valor en seco, mínimo (kN)		90
Relación húmedo/seco, mínima (%)		75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato, máximo (%)	E-220	
Sulfato de sodio.		10
Sulfato de magnesio.		15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	3
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).		0.5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mín (%)	E-227	60
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), máximo (%)	E-240	10

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-4.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-500-2013. Bogotá D.C.

Tabla 32: Característica de los materiales para concreto hidráulico.

CARACTERÍSTICA	Norma de Ensayo INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Módulo de finura	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Índice de plasticidad	E-125,E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables	E-211	1 por semana
Partículas livianas.	E-221	1 por semana
Material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200)	E-214	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	E-240	1 por semana

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-7.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la tabla N° 32, para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula.

Tabla 33: Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo.

	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
TOLERANCIA	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm
	3/8”	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	Puntos de % sobre la masa seca de los agregados						
	+- 4		+- 3				

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 500 – Tabla 500-8.

2.2.5.8.2 Concreto estructural.

2.2.5.8.2.1 Agregado fino.

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a juicio del Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30 %) del agregado fino.
El agregado fino deberá cumplir los siguientes requisitos:

Tabla 34: Requisitos del agregado fino para concreto estructural.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad		
Pérdidas ensayo de solidez en sulfatos, máx. (%)	E-220	
Sulfato de sodio		10
Sulfato de magnesio		15
Limpieza		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No Plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y deleznables, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz (No.200), % máximo	E-214	5
Contenido de materia orgánica		
Color más oscuro permisible	E-212	M. Patrón

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 630 – Tabla 630-1.

Y su gradación se deberá ajustar a la indicada en la tabla N° 35.

Tabla 35: Granulometría del agregado fino para concreto estructural.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (MM / U.S Standard)						
	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	0,15 mm
	3/8”	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	% PASA.						
ÚNICA	100	95-100	80-100	80-85	25-60	10-30	2-10

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 630 – Tabla 630-2.

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la tabla N° 35. Además, el módulo de finura deberá estar entre 2,3 y 3,1

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de dos décimas (0,2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Los porcentajes mínimos de material que pasan los tamices de 0,3 mm (No. 50) y de 0.15 mm (No. 100) indicados en la tabla N° 35. pueden reducirse a 5 y 0 respectivamente en los siguientes casos:

- El agregado fino va a ser usado en un concreto con aire incluido que tenga más de 237 kg/m^3 de cemento; se considera que un concreto con aire incluido es aquel se elabora con un cemento con inclusor de aire o que tiene un aditivo inclusor de aire, y que el contenido de aire incluido es 3,5 % como mínimo.

- El agregado fino va a ser usado en un concreto sin aire incluido que tenga más de 297 kg/m^3 de cemento.

Un agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulo de finura especificados en este numeral, puede ser aceptado si se demuestra, a juicio del Interventor que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, construidos con ese agregado.

El agregado grueso deberá cumplir los requisitos que se indican en la tabla N° 36. y su gradación se deberá ajustar a alguna de las indicadas en la tabla N° 37. La gradación por utilizar será la especificada en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, cuyo tamaño máximo dependerá de la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-630-2013. Bogotá D.C.

Tabla 36: Requisitos del agregado grueso para concreto estructural.

ENSAYO	NORMA INV	REQUISITO
Dureza		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	
En seco, 500 revoluciones, máximo (%)		40
En seco, 100 revoluciones, máximo (%		8
Durabilidad		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-218	
Sulfato de Sodio		12
Sulfato de magnesio		18
Limpieza		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	0,25
deleznables, máximo (%) E-211 0.25	E-221	1
Geometría de las Partículas		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 630 – Tabla 630-3.

Tabla 37: Bandas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63,0	50,0	37,5	25,0	19,1	12,5	9,5	4,75	2,36
	2.5”	2”	1.5”	1”	¾”	½”	3/8”	N° 4.	N° 8.
	% PASA.								
AG - 1	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
AG - 2	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0.5
AG - 3	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0.5
AG - 4	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
AG - 5	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
AG - 6	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0.5	-	-
AG - 7	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Especificaciones generales de construcción de carreteras INV. 2013 Art. 630 – Tabla 630-4.

Para la realización de los ensayos requeridos según las especificaciones del proyecto, se deben realizar las pruebas haciendo uso de las Normas técnica de construcción del Instituto Nacional de Vías, Versión 2.013; las cuales a continuación se nombran y se hace una breve descripción: (**Ver Anexo 2).**

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción Art-630-2013. Bogotá D.C.

2.3 Formulación de hipótesis.

Basados en el tema de investigación el cual busca determinar la viabilidad técnica de los agregados del "Open Pit" Mulaló para ser utilizados como materiales de construcción del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca se plantean las siguientes hipótesis del trabajo de investigación.

- Los conocimientos adquiridos, la experiencia y al apoyo logístico con el que se cuenta, hacen posible la realización de la exploración, muestreo y realización de ensayos de laboratorio confiables que permiten determinar idóneamente características geomecánicas de los materiales y la experiencia obtenida con la extracción de agregados pétreos extraídos de otras canteras aledañas posibilitan la utilización de los agregados pétreos extraídos del macizo rocoso "Open Pit Mulalo", como materiales de construcción.

- La geología regional de la zona indica unidades litológicas correspondientes a basaltos y diabasas, los cuales presentan altas resistencia a la compresión, tensión y sanidad, permitiendo presumir su viabilidad técnica de los agregados del macizo rocoso "Open Pit Mulalo" como materiales de construcción para el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

- Los tipos de material que se encuentran en el macizo corresponden a roca diabasa sana de color azul verdoso en el interior y roca de color café, en proceso de meteorización, en la superficie, materiales que convenientemente dosificados permiten su utilización como agregados de construcción.

2.4 Definición de términos.

Para las partículas retenidas en el tamiz de 75 mm (3”), se sugieren las siguientes definiciones:

- **Fragmentos** – Partículas de roca que no pasan una malla con abertura cuadrada de 300 mm (12”).

- **Guijarros** – Partículas de roca que pasan una malla con abertura cuadrada de 300 mm (12”) y quedan retenidas en un tamiz de 75 mm (3”).

- **Grava –** Partículas de roca que pasan un tamiz de 75 mm (3”) y quedan retenidas sobre un tamiz de 4.75 mm (No.4) con las siguientes subdivisiones:

    - **Gruesa** – Pasa tamiz de 75 mm (3”) y queda retenida sobre tamiz de 19 mm (3/4”)
    - **Fina** – Pasan tamiz 19 mm (3/4”) y queda retenida sobre tamiz de 4.75 mm (No.4).

- **Arena –** Partículas de roca que pasan un tamiz de 4.75 mm (No.4) y quedan retenidas sobre un tamiz de 75 μm (No.200) con las subdivisiones siguientes:

    - **Gruesa** – Pasa tamiz 4.75 mm (No.4) y queda retenida tamiz de 2.00 mm (No.10).
    - **Media** – Pasa tamiz 2.00 mm (No.10) y queda retenida tamiz de 425 μm (No.40).
    - **Fina** – Pasa tamiz 425 μm (No.40) y queda retenido sobre tamiz de 75 μm (No.200).

- **Arcilla –** Suelo que pasa tamiz de 75 μm (No.200); el cual puede mostrar la plasticidad (consistencia como de masilla) dentro de un cierto intervalo de humedad, pero que muestra considerable resistencia cuando se seca al aire. Para su clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o la porción fina de un suelo con un índice de plasticidad igual o mayor que 4, para el cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido en la carta de plasticidad cae por encima de la línea “A”.

- **Limo –** Suelo que pasa tamiz de 75 μm (No.200), ligeramente plástico o no plástico y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire. Para clasificación, un limo es un suelo de grano fino, o la porción fina de un suelo con índice plástico

menor que 4, para el cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido cae por debajo de la línea “A”, en la carta de plasticidad.

- **Arcilla orgánica –** Una arcilla con suficiente contenido orgánico como para influir en las propiedades del suelo. Por clasificación, una arcilla orgánica es un suelo que sería clasificado como arcilla, excepto que el valor de su límite líquido después de secada en el horno es menor que el 75 % de dicho valor antes de secarlo.

- **Limo orgánico –** Un limo con suficiente contenido orgánico como para influir en las propiedades del suelo. Por clasificación, un limo orgánico es un suelo que sería clasificado como limo, excepto que su valor de límite líquido después de secarse en el horno es menor que el 75 % de dicho valor antes de secarlo.

- **Turba –** Un suelo primordialmente de textura vegetal en estados variables de descomposición, usualmente con olor orgánico, color entre carmelita oscuro y negro, consistencia esponjosa, y contextura que varía desde fibrosa a amorfa. INV-E-102.

2.5 Identificación de variables.

Definiendo las variables como, aquellos elementos de los hechos que interesan al investigador y por ello, dentro del proceso de estudio de la realidad, se preocupa por plantearlas con claridad, por definirlas conceptualmente primero y después por plantear, para ellas, definiciones operacionales precisas e inequívocas (por lo menos, en un momento determinado); El término variable significa características, aspecto, propiedad o dimensión de un fenómeno que puede asumir distintos valores.

El desarrollo de la presente investigación trata de comprobar el cumplimiento de requisitos de calidad de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, según las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías, para ser utilizados como materiales de construcción en el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca; esto requiere básicamente la comparación de resultados obtenidos durante los ensayos Vs requisitos especificados según las especificaciones correspondientes; las variables identificadas para el desarrollo de la presente investigación, son de tipo cuantitativo, debido al nivel de precisión que cada una de ellas representa, la investigación básicamente consiste en determinar, a través de ensayos, las características geomecánicas de los agregados pétreos extraídos, realizando ensayos estandarizados según las normas de ensayos de materiales para carreteras del Instituto Nacional de Vías, los cuales arrojan resultados caracterizados como variables cuantitativas ya que son susceptibles de medirse en términos numéricos; continuando con la definición y teniendo en cuenta que los resultados obtenidos pueden asumir cualquier valor, estas variables además de ser de tipo cuantitativo también se denominan continuas; a diferencia aquellas variables que solo asumen valores enteros se denominan variables cuantitativas discontinuas.

En síntesis las variables identificadas para el desarrollo del presente trabajo de investigación se denominan variables cuantitativas continuas dependientes, ya que expresan las consecuencias del fenómeno, el cumplimiento o no de los requisitos de calidad según la especificación técnicas de construcción.

CAPITULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Tipo de investigación.

Durante el desarrollo de la tipificación de la investigación lo primero es ¿Qué investigar? Aunque esta interrogante parece fácil, no lo es. El primer problema será de entre varias alternativas establecer las prioridades al momento de enfrentarse con lo que de ahora en adelante se llamara: objeto de investigación, problema de investigación o tema de investigación. La viabilidad técnica de los agregados extraídos del "Open Pit" Mulaló, como materiales de construcción para el proyecto Malla vial del Valle del Cauca y Cauca, responde a muchas condiciones propias como se explica a continuación:

3.1.1 Objetividad.

El tema se desarrolla lo más objetivamente posible, tratando que lo subjetivo no intervenga a priori, para así no distorsionar la investigación y aunque es difícil desprenderse de esa subjetividad, se procura hacerlo de tal manera que los resultados que arrojen los ensayos sean lógicos acordes con la inspección visual y la experiencia del investigador pero en ningún momento se vean influenciados por estos factores.

3.1.2 Agrado del tema.

El éxito de la investigación se basa en el agrado del tema de la exploración geotécnica y el análisis geotécnico de agregados pétreos en el laboratorio, debido al conocimiento que se tiene, existe un predisposición a que todo va a salir según lo esperado, esto genera motivación durante el desarrollo de la investigación por el aporte que se hace a la organización y la puesta en práctica de conocimientos adquiridos durante el programa de maestría en cuanto a la exploración geotécnica.

3.1.3 Conocimientos previos sobre el tema.

Gracias a la experiencia que se tiene en el tema, el conocimiento de formaciones rocosas cercanas a la zona y la diversidad de información impresa, magnética y audio visual de la cual se dispone, permite potencializar la investigación, profundizar el tema y desarrollarlo con agrado.

3.1.4 Apoyo documental o bibliográfico.

Esta condición permitirá brindarle mayor soporte a la investigación. El material de apoyo significa que el tema ha sido estudiado por otros, tal vez con variables o finalidades distintas. Es necesario tener en cuenta el tipo de investigación o de estudio que se va a realizar, ya que cada uno de estos tiene una estrategia diferente para su tratamiento metodológico. El proyecto de investigación para determinar la viabilidad técnica del "Open Pit" Mulaló, corresponde a una investigación exploratoria en la cual se pretende determinar las características geotécnicas del macizo rocoso y compararlas con las especificaciones técnicas de construcción.

3.2 Nivel de investigación.

Los diferentes tipos de investigaciones hacen referencia al nivel de profundización de los estudios que implican y la elección de un tipo u otro de investigación depende esencialmente del estado de los conocimientos sobre el tema, el enfoque y los objetivos del estudio. A pesar que existen diferentes tipos de investigación, para el desarrollo del presente trabajo de investigación, el nivel corresponde a estudios exploratorios, para determinar las características geomecánicas de los agregados existentes a través de realización de ensayos estandarizados que arrojan resultados que al ser comparados con las especificaciones técnicas de construcción permiten determinar su cumplimiento o no, con lo requerido y por ende su viabilidad como materiales de construcción.

3.3 Métodos de investigación.

La Metodología de la investigación, hace referencia al conjunto de procedimientos basados en principios lógicos, utilizados para alcanzar una gama de objetivos. El término método se utiliza para el procedimiento que se emplea para alcanzar los objetivos de un proyecto y la metodología es el estudio del método.

El método de investigación es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

Para el desarrollo del proyecto de investigación viabilidad técnica de los agregados del "Open Pit" Mulaló, como materiales de construcción, mediante el método científico (camino hacia el conocimiento), se aplica un conjunto de pasos fijados de antemano por una disciplina con el fin de alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos, llevando una secuencia estándar que formula y responde una pregunta y que permite ir del punto "a" al punto "z" con la confianza de obtener un conocimiento valido. Los pilares fundamentales del método son la reproducibilidad, es decir la capacidad de repetir un determinado resultado de los ensayos realizados en cualquier lugar y realizados por cualquier persona. La falsabilidad, esto implica que toda preposición científica puede ser diseñada con experimentos que en caso de dar resultados distintos a los predichos negarían las hipótesis puesta a prueba.

El método científico de investigación implica métodos definitorios, métodos clasificatorios, métodos estadísticos, métodos hipotético-deductivos, procedimientos de medición, etcétera. Según esto, referirse al método científico es referirse a este conjunto de tácticas empleadas para constituir el conocimiento, sujetas al devenir histórico, y que pueden ser otras en el futuro. Para el desarrollo del método se tienen en cuenta considerar la observación como pilar fundamental, definiéndola como: aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad, puede ser ocasional o causalmente.
Durante la fase exploratoria de la investigación se tomaran datos primarios, siendo estos, aquellos que se obtienen directamente de la realidad, recolectándolos con nuestros propios instrumentos. Adicionalmente y como complemento se obtienen datos secundarios, entre los que se encuentran registros escritos que proceden también de un contacto con la práctica, pero que ya han sido elegidos y procesados por otros investigadores.

Para el desarrollo del trabajo de investigación es muy útil la investigación in situ ya que se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes.

3.4 Diseño de investigación.

En la literatura sobre investigación es posible encontrar diferentes clasificaciones de los tipos de diseño pero por ahora nos enfocaremos en a la clasificación de experimentales y cuasi-experimentales.

Nuestro objetivo de investigación consiste en evaluar las características geotécnicas y geomecánicas de los materiales disponibles en "Open Pit" Mulaló y para ello se debe realizar un estudio minucioso y análisis de las características requeridas de los agregados pétreos y a su vez determinar los diferentes estratos que contiene el macizo rocoso.

El diseño de investigación se elige en función del problema a investigar, el contexto de la investigación, los objetivos del estudio, las hipótesis formuladas y disponibilidad de recursos.

Basados en los agregados pétreos extraídos en el sector para materiales de construcción y el componente económico de la exploración, nuestro método de investigación consiste en análisis geotécnico de muestras de agregados extraído del macizo rocoso "Open Pit" Mulaló, mediante dos perforaciones de 30 m. de profundidad, realizadas en la zona media baja y zona baja del macizo rocoso, acompañados de la excavación de 2 apiques de 2,0 metros de sección por 2,0 metros de profundidad para determinar sus características geomecánicas , profundidades, espesores y cotas del nivel freático.

3.5 Población, Muestra y Muestreo.

Entendiendo la población como el conjunto de todos los elementos que cumplen ciertas propiedades y entre los cuales se desea estudiar un determinado fenómeno; para el desarrollo del presente trabajo de investigación, la población corresponde a la totalidad de las canteras existentes en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, entre las cuales se encuentra el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló; del cual se extrae muestras representativas para determinan las constantes físicas y mecánicas que permiten caracterizar y determinar la viabilidad técnica de los agregados para ser utilizados como materiales de construcción.

El tipo de población corresponde a una población finita, lo que quiere decir, que se puede determinar la cantidad total del conjunto; de la población, se escoge el Open "Pit Mulaló" en el cual se realizara la perforación de 2 sondeos de 30 m. Aprox. de profundidad extrayendo muestras de agregados cada 1.5 m; en base a lo anterior cada uno de los sondeos aportara un máximo de 20 muestras a las cuales se realizara los ensayos; esta actividad es necesaria para la elaboración del perfil estratigráfico y el cálculo de las reservas de agregados. Igualmente se realiza la excavación de 2 apiques de 2 m. de sección, los cuales nos aporta un máximo de 2 muestras. En base a lo anterior

posiblemente se obtendrán 48 sub-muestras que homogenizadas en el laboratorio permitirán alcanzar la cantidad mínima de material requerido para la realización de los ensayos.

3.5.1 Población Objetivo.

Para el presente trabajo de investigación la población objetivo, corresponde a las canteras ubicadas en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca en la zona de influencia del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca

3.5.2 Muestra.

Entendiendo por muestreo la totalidad de datos del universo que interesa considerar, y que es necesario que esté bien definido para que saber en todo momento que elementos lo componen, la muestra del presente trabajo de investigación corresponde a la totalidad del volumen de materiales existentes en "Open Pit" Mulaló, en el cual se efectúa la realización de 2 sondeos de 30 m. de profundidad y 2 apiques de 2 m de sección, ubicados en sitios estratégicos que garanticen la obtención de muestras representativas. Una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de la población. Los métodos para seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta.

Básicamente se categorizar las muestras en dos grandes ramas: las probabilísticas y las no probabilísticas. Las primeras son el subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser escogidos; por consiguiente, las muestras no probabilísticas son cuando la elección de los elementos no depende la probabilidad, sino con causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra.

Inicialmente para la ubicación de los sondeos y de los apiques se efectúa una inspección visual del macizo garantizando que el proceso de toma de muestras sea representativo, es decir, que cada una de las muestras que se extraigan del sondeo o del apique represente los agregados pétreos del macizo rocoso. Para el presente trabajo de investigación el muestreo a utilizar corresponde a un muestreo mixto en el cual se combinan dos tipos de muestreo:

Muestreo estratificado: Una muestra es estratificada cuando los elementos de la muestra son proporcionales a su presencia en la población. La presencia de un elemento en un estrato excluye su presencia en otro. Para este tipo de muestreo, se divide a la población en varios grupos o estratos con el fin de dar representatividad a los distintos factores que integran el universo de estudio; por otro lado tenemos el

Muestreo intencionado: También recibe el nombre de sesgado. El investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga. Para la aplicación de un muestreo representativo con las características que se mencionaron en el párrafo anterior, se emplea el siguiente procedimiento:

Se ubican los sondeos, uno al lado sur y otro al lado norte del macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, en una cota media que permita obtener las muestras de material que requieran ser estudiadas, adicional a esto se ubican 2 apiques en los lados medios Sur – Oriente, Nor – Oriente, Sur – Occidente y Nor – Occidente. La totalidad de las muestras extraídas son descritas, empacadas, identificadas, embaladas y transportadas hacia el laboratorio en espera de la realización de ensayos.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas para desarrollar los sistemas de información.
Todos estos instrumentos se aplicarán en un momento en particular con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación para conducirnos a la verificación del problema planteado.

Cada tipo de investigación determinara las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados; la recolección de datos del trabajo de investigación de la viabilidad técnica de los agregados pétreos del "Open Pit" Mulaló, tiene su apoyo en la técnica de la observación; aunque se utilicen métodos diferentes, el marco metodológico de recogida de datos se centra en la técnica de la observación.

Esta etapa de la investigación comprende un conjunto de operaciones, tales como:
Elaborar registros de toma de datos, tomar las muestras según el orden establecido, describir visualmente y con pruebas de campo las muestras extraídas, efectuar la colecta de datos de campo, realización de ensayos de laboratorio.

Durante la realización de ensayos se deben realizar mediciones con equipos estandarizados, que permitan obtener los resultados planeados, dichos equipos deben cumplir con un mínimo de requisitos para garantizar la confiabilidad de resultados.

Medir es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, mediante clasificación y/o cuantificación. Todo instrumento de medición debe reunir los requisitos de validez y confiabilidad. La validez se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente la variable. Se pueden aportar tres tipos de evidencia para la validez: de contenido, de criterio y de constructo (un constructo es una variable medida en un contexto de esquema teórico o de una teoría).

Entre los factores que afectan negativamente la validez están la improvisación, el uso de instrumentos no validados en el contexto de la investigación, la falta de empatía y los problemas en la aplicación del instrumento. Aunque no hay medición perfecta, el error de medición debe reducirse a límites tolerables.

La validez de contenido se obtiene comparando el universo de contenidos posibles con los incorporados al instrumento de medida; la de criterio se obtiene contrastando los resultados de aplicar el instrumento con los de un criterio externo; y la de constructo se determina a partir del análisis de factores. La validez total se da cuando existe validez de los tres tipos.

La confiabilidad se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados. Se calcula mediante el coeficiente de confiabilidad, el que varía entre 0 (confiabilidad nula) y 1 (confiabilidad total). Para calcular la confiabilidad se usan diferentes métodos (medida de estabilidad, método de formas alternas, etc.). Puede ocurrir que un instrumento sea confiable pero no válido (o sea, consistente en las mediciones que proporciona pero no mide la variables que realmente se quiere medir). En la investigación social se dispone de diferentes instrumentos de medición, escalas de actitudes, diversos tipos de cuestionarios, análisis de contenido, pruebas estandarizadas, entre otros.

Las respuestas recogidas en el instrumento de medición se codifican para facilitar el procesamiento de datos. Los instrumentos que se construirán llevaran a la obtención de los datos de la realidad, entre ellos están: perfil estratigráfico de campo, tablas resumen de datos de laboratorio, perfil estratigráfico de laboratorio, tablas de comparación de especificaciones y resultados, etc.

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Esta es una de las últimas etapas del proceso de investigación, es el momento en el cual los cuadros elaborados se deben analizar e interpretar para sacar conclusiones aplicando el sentido crítico objetivo-subjetivo, que se impartirá a los datos obtenidos y recogidos en los cuadros. Esos números son abstractos y es el conocimiento y la experiencia que permiten darles sentido.

Con la totalidad de muestras recolectadas y organizadas, se inicia una de las etapas más interesantes del proyecto de investigación, como lo es darle sentido, forma o explicación a los resultados obtenidos. Este paso consiste en la culminación de la labor completa de recolección de información, con los datos procesados, analizados e interpretados, donde se ha podido llegar a la determinación de la validez de las posiciones, donde se ha llegado a establecer la eficacia de todo el proceso planificado, donde se han verificado las hipótesis según el diseño seleccionado, donde las variables han sido operacionalizadas

Analizar los resultados consiste en seleccionar las pruebas estadísticas y las tablas de resultados a analizar, elaborar el problema de análisis y por ultimo realizar el análisis propiamente dicho. El análisis se efectúa a partir de la matriz de datos del archivo permanente, seleccionando las tablas de resultados, elaborando y ejecutando el programa de análisis adecuado al problema investigado. En nuestro caso consiste en la comparación de los resultados obtenidos en los ensayos Vs. Requisitos de calidad especificados, según las especificaciones técnicas de construcción del INVIAS.

El objetivo del Análisis de Información es obtener ideas relevantes, de las distintas fuentes de información, lo cual nos permite expresar el contenido sin ambigüedades, con el propósito de almacenar y recuperar la información contenida.

El Análisis de Información forma parte del proceso de adquisición y apropiación de los conocimientos latentes acumulados en distintas fuentes de información. El análisis busca identificar la información útil', es decir, aquella que interesa al usuario, a partir de una gran cantidad de datos.

El producto del Análisis debe ser transmitido en un lenguaje sencillo, directo, sin ambigüedades y con un orden lógico que resista cualquier crítica o duda, especificando claramente lo que se sabe, lo que no se sabe y las opciones respecto de lo que podría suceder en el futuro. Claro que todo esto depende de que no surjan variables externas que cambien el escenario.
Un Análisis de Información, para que sea certero, debe desarrollarse bajo la conjugación de las Investigaciones Cualitativas y Cuantitativas. Pues cada una por sí sola no brinda una confiabilidad absoluta, pues tiene ventajas y desventajas; pero unidas pueden llegar a ofrecer resultados verdaderamente fiables para la toma de decisiones.

La Investigación Cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Esto ya lo hace darle una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos que se muestran en el informe final, están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos.

Además de lo antes expuesto, vale decir que la Investigación Cuantitativa estudia la asociación o relación entre las variables que han sido cuantificadas, lo que ayuda aún más en la interpretación de los resultados.

3.7.1 Características de la metodología cuantitativa.

La Metodología Cuantitativa es aquella que permite examinar los datos de manera numérica. Para que exista Metodología Cuantitativa se requiere que entre los elementos del problema de investigación exista una relación cuya Naturaleza sea lineal. Es decir, que haya claridad entre los elementos del problema de investigación que conforman el problema, que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente donde se inicia el problema, en cual dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos.

Entre sus características más relevantes, tenemos:

- La objetividad es la única forma de alcanzar el conocimiento, por ello, utiliza la medición exhaustiva y controlada, intentando buscar la certeza del mismo.

- El objeto de estudio es el elemento singular Empírico. Sostiene que al existir relación de independencia entre el sujeto y el objeto, ya que el investigador tiene una perspectiva desde afuera.

3.8 Descripción de la prueba de hipótesis.

Los agregados pétreos utilizados como materiales de construcción, en el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca, básicamente se requieren para conformar estructuras de pavimento cubiertas con concreto asfaltico o concreto hidráulico y para la construcción de obras estructurales varias (puentes, muros de contención cunetas, bordillos. Obras de alcantarillas y algunas edificaciones).

Para determinar los parámetros geotécnicos de los agregados pétreos extraídos se plantean diferentes ensayos; inicialmente para la aprobación de una posible fuente de agregados pétreos se requieren los ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles y pérdida por solidez en sulfatos; es conveniente cumplir con los requisitos más exigentes para garantizar el cumplimiento de los demás materiales, en nuestro caso sería el 20% en el ensayo de la máquina de los ángeles y 10% para el ensayo de perdida por solidez, valores requeridos para los materiales de concreto hidráulico y concreto asfaltico. Los parámetros restantes de calidad exigidos a los materiales son susceptibles de ajustar durante los procesos de trituración, producción o por medio de la adición de agregados externos.

Como se aprecia superficialmente en algunos flancos de los taludes del macizo rocoso en estudio, su composición en su gran mayoría es roca diabasa que se encuentra en diferentes estados de meteorización, a la vez tenemos en cuenta que para el desarrollo del proyecto se requieren diferentes tipos de materiales con diferentes niveles de calidad, desde los de menos calidad como núcleo del terraplén, hasta los de más calidad como son los materiales utilizados para la producción de mezcla densa en caliente y concreto hidráulico.

Los estudios preliminares indican que la roca diabasa sanas presenta excelentes características de dureza, resistencia a la compresión, resistencia a los sulfatos y resistencia al rayado, esto puede indicar que los resultados que se obtengan de los ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles y resistencia a los sulfatos pueden satisfactorios, adicionalmente se tiene conocimiento que la exfoliación de la roca diabasa tiende a ser cubica más que laminar o en agujas, después del proceso de trituración del material, este tiende a desprender material limoso o areniscas limosas, lo cual es beneficioso ya que esto es indirectamente proporcional a la plasticidad.

La absorción de la roca por estas sana tiende a ser mínima, disminuyendo el consumo de agua, cemento hidráulico y cemento asfaltico, reflejándose en una disminución de costos de producción e incremento de la calidad de los materiales obtenidos.

CAPITULO IV.

REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

4.1 Representación e interpretación de datos

Del proceso de investigación se obtienen datos referentes a los diferentes estratos de materiales que contiene el macizo rocoso denominado "Open Pit Mulalo", los cuales se determinan por medio de los sondeos y por los apiques de confirmación que se realizan durante la etapa de explotación y muestreo; la representación gráfica para facilitar la interpretación de los datos consiste en la gráfica de los sondeos con el trazo de líneas tendientes a determinar los diferentes estratos, a los cuales se aplica una descripción visual y la clasificación de materiales según el SUCS. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) que arrojan los datos de laboratorio, con esto se busca poder llegar a tener una idea de las características y comportamientos de los materiales existentes, solamente con una correcta interpretación de los perfiles estratigráficos, basada en la experiencia y el conocimiento, (Ver ilustración N°6, perfil estratigráfico).

Continuando con la interpretación de los datos, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio después de la realización de los ensayos requeridos, estandarizados por las normas técnicas de construcción, estos resultados permiten hacer una comparación entre los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y los valores mínimos o máximos exigidos para cada material y característica, según las especificaciones técnicas de construcción de INV.

En una tabla resumen, para facilitar su lectura, interpretación y comparación acompañada de colores y textos se ubica la información de tal manera que al ser visualizada inmediatamente permite establecer la aplicación o el cumplimiento de los requisitos de cada uno de los ensayos para cada uno de los materiales; con el debido conocimiento y la correspondiente experiencia se puede llegar a determinar la aplicabilidad más efectiva de los agregados en los diferentes tipos de materiales de construcción que se requieren para el desarrollo del proyecto, disminuyendo costos de explotación y de producción (ver tabla N° 38 Tabla de resultados).

Ilustración 6: Perfil Estratigráfico.

Tesis de grado, viabilidad técnica de los agregados pétreos extraídos del "Open Pit" Mulaló.

Cota 1073	Prof. (m)	Sondeo N° 1	Descripción	Sondeo N° 2	Prof. (m)	Cota 1057
	0.0	SPT		SPT	0.0	
	1.0				1.0	
m1		+50		+50		m1
	2.0				2.0	
m2	3.0	+50	Grava café amarillenta en proceso de meteorización	+50	3.0	m2
	4.0				4.0	
m3		+50		+50		m3
	5.0				5.0	
m4	6.0	+50		+50	6.0	m4
	7.0				7.0	
m5		+50		+50		m5
	8.0				8.0	
m6	9.0	+50		+50	9.0	m6
	10.0		Roca diabasa de color café grisácea.		10.0	
m7		+50		+50		m7
	11.0				11.0	
m8	12.0	+50		+50	12.0	m8
	13.0				13.0	
m9		+50		+50		m9
	14.0				14.0	
m10	15.0	+50		+50	15.0	m10
	16.0				16.0	
m11		+50		+50		m11
	17.0				17.0	
m12	18.0	+50		+50	18.0	m12
	19.0				19.0	
m13		+50		+50		m13
	20.0		Roca diabasa de color gris		20.0	
m14	21.0	+50		+50	21.0	m14
	22.0				22.0	
m15		+50		+50		m15
	23.0				23.0	
m16	24.0	+50		+50	24.0	m16
	25.0				25.0	
m17		+50		+50		m17
	26.0				26.0	
m18	27.0	+50		+50	27.0	m18
	28.0					

Cota 1043	Prof. (m)	Apique N°1	Descripción	Apique N°2	Prof. (m)	Cota 1054
	0.0				0.0	
	1.0		Grava café amarillenta en proceso de meteorización		1.0	
	2.0				2.0	

Tabla 38: Resumen de resultados.

		PEDRAPLÉN			TERRAPLÉN			AFIRMADO			SBG			BG			MAC			CCTO PAVIMENTO			CCTO ESTRUCTURAL		
ENSAYO	NORMA	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl	Espec	Resul	Cumpl
Granulometría	E-213	**Según Especificación.**																							
Dureza																									
Desgaste máquina de los Ángeles En seco, 500 revoluciones (%)	E-218	≤ 50	26.9	OK	N/A			≤ 50	26.9	OK	≤ 50	26.9	OK	≤ 35	25.9	OK	≤ 25	25.9	OK	≤ 40	25.9	OK	≤ 40	25.9	OK
Desgaste máquina de los Ángeles En seco, 100 revoluciones (%)		N/A			N/A			N/A			N/A			≤ 7	6.8	OK	≤ 5	4.8	OK	≤ 8	6.8	OK	≤ 8	6.8	OK
Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones (%)												28			28			28			28			28	
Relación húmedo/seco, 500 revoluciones																									
Desgaste en el equipo Micro-Deval (%)	E-238										≤ 30	7	OK	≤ 25	6.1	OK	≤ 20	6.1	OK	≤ 30	6.1	OK	≤ 30	6.1	OK
Evaluación de resistencia 10% de Finos Valor en seco. (KN)											N/A			≥ 90	191	OK	≥ 110	191	OK	≥ 90	191	OK	≥ 90	191	OK
Evaluación de resistencia 10% de Finos Relación húmedo/seco (%)														≥ 75	76.62	OK	≥ 75	76.62	OK	≥ 75	76.62	OK	≥ 75	76.62	OK
Durabilidad																									
Pérdidas en el ensayo de solidez en Sulfato de sodio (%)	E-220	N/A			N/A			≤ 12	9.5	OK	≤ 12	9.5	OK	≤ 12	9.3	OK	≤ 12	9.3	OK	≤ 10	9.3	OK	≤ 10	9.3	OK
Pérdidas en el ensayo de solidez en Sulfato de magnesio (%)								N/A			N/A			N/A			≤ 18	N/A		≤ 15	N/A		≤ 15	N/A	
Limpieza																									
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237				N/A			N/A			N/A			N/A			≤ 0.5	0.22	OK	N/A			N/A		
Límite líquido (%)	E-125				≤ 30	32.9	OK	≤ 40	32	OK	≤ 25	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK
Índice de plasticidad (%)	E-126	N/A			≤ 10	11.9	OK	4 - 9	9	OK	≤ 6	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK	NP	NP	OK
Equivalente de arena (%)	E-133				N/A			N/A			≥ 25	28	OK	≥ 30	62	OK	≥ 50	62	OK	≥ 60	62	OK	≥ 60	62	OK
Valor de azul de metileno (1)	E-235										N/A			≤ 10	NR	OK	≤ 10	≤ 10	NR	≤ 5	NR	OK	≤ 5	NR	OK
Geometría de las partículas																									
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240													N/A			10	1.6	OK	10	1.6	OK	10	1.6	OK
Índices de alargamiento (%)	E-230													≤ 35	27.0	OK	≤ 35	31.3	OK	≤ 25	22.5	OK	≤ 25	22.5	OK
Índices de aplanamiento (%)		N/A			N/A			N/A			N/A			≤ 35	29.1	OK	≤ 35	28.1	OK	≤ 25	23.5	OK	≤ 25	23.5	OK
Porcentaje de caras fracturadas (una cara)	E-227													≥ 100	96.9	OK	≥ 80	82.5	OK	≥ 60	82.5	OK	≥ 60	82.5	OK
Porcentaje de caras fracturadas (dos caras)														≥ 70	96.9	OK	≥ 70	82.5	OK	≥ 60	82.5	OK	≥ 60	82.5	OK
Angularidad de la fracción fina (%)	E-239													≥ 35	62.5	OK	≥ 45	62.5	OK	N/A			N/A		
Adhesividad (O)																									
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%)	E-757	N/A			N/A			N/A			N/A			N/A			Reportar	Bn	OK	N/A			N/A		
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774																4	6	OK						
Resistencia del material																									
CBR (%) Nota : Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, sometida a cuatro días de inmersión. Método D.	E-148				10	46.3	OK	≥15	35.7	OK	40	70.2	OK	> 95	101.2	OK	N/A			N/A			N/A		
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148				2.0	1.2	OK	N/A			N/A			N/A											
Tamaño máximo, mm	E-123				75	75	OK	37.5	50	OK	50	50.8	OK	38	38.1	OK	25	19.1	OK	37.5	25.4	OK	37.5	25.4	OK
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123				80	N/A		30-50	32	OK	15 a 40	36.3	OK	25 - 40	25.5	OK	29 a 45	30.6	OK	40	35.6	OK	40	35.6	OK
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123				25	5.3	OK	9 - 18	7.9	OK	2 a 15	12.9	OK	5 a 15	12.7	OK	4 a 8	5.5	OK	5	4	OK	5	4	OK
Relación % Pasa N°200 / N°10		N / A.						0.2 - 0.45	0.25	OK															
Relación % Pasa N°200 / N°40					N/A			≤ 2/3	0.56	OK	N/A			N/A			N/A			N/A			N/A		
% Pasa 1" - % Pasa N° 10 * % Pasa N° 4.								16 a 34	33	OK															
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121				0	0	OK	N/A			0	1	OK	1	1	OK	0	1	OK	1	1	OK	1	1	OK
Color más oscuro permisible	E-212				0	0	OK				0	1	OK	1	1	OK	0	1	OK	1	1	OK	1	1	OK
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211				N/A						2	0.08	OK	2	0.11	OK	n/a	0.11	OK	3	0.11	OK	0.3	0.11	OK
Partículas livianas, máximo (%)	E-221										N/A			N/A			N/A			0.5	0.1	OK	1	0.1	OK
Absorción (O)																									
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	N/A			N/A			N/A			N/A			N/A			N/A			4	2.2	OK	4	2.2	OK

4.2 Discusión de resultados.

Después de realizar los procesos de exploración, elaboración de sondeos y apiques y la realización de ensayos de laboratorio el proceso de investigación arroja resultados que comparados con las especificaciones técnicas de construcción permiten un análisis técnico y concienzudo de la utilización del Open Pit Mulalo como fuente de agregados para la producción de materiales para el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca, según se describe a continuación.

Los resultados del ensayo de dureza como el Desgaste en la Maquina de los Ángeles en seco y en inmersión a 500 y 100 revoluciones, el Desgaste en el equipo microdeval y la evaluación de resistencia por medio del 10% de finos en húmedo y en seco, arrojan resultados satisfactorios para todos los materiales sobrepasando en un amplio margen la especificación respectiva;

Los ensayos de durabilidad como lo es la resistencia en el ensayo de solidez en sulfato de sodio cumple con lo requerido logrando estar 2.5 unidades porcentuales por debajo de lo especificado en las condiciones más críticas, margen que es suficiente para garantizar la calidad y buen comportamiento de los agregados ante este requerimiento;

Los ensayos de limpieza como Impurezas en agregado grueso, el limite líquido, el Índice de plasticidad, el equivalente de arena y el valor de azul de metileno cumplen, a excepción del límite liquido en el material de terraplén y afirmado el cual se realiza sobre el material meteorizado y sobrepasa levemente la especificación por lo que se debe realizar la adición de agregados sanos de menor plasticidad como limos de baja compresibilidad en baja proporción para cumplir con lo requerido;

Los ensayos de geometría de las partículas como son partículas aplanadas relación 5 a 1, índice de alargamiento, índice de aplanamiento, porcentaje de caras fracturadas y angulosidad de la fracción fina, debido al proceso de trituración por medio de impactor de martillo y las características de exfoliación que tienen los agregados de origen diabático cumple ampliamente el los requisitos para cada uno de los materiales que lo requieren;

Los ensayos de adhesividad como el cubrimiento de los agregados con materiales asfalticos en presencia de agua hirviendo y adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber) cumplen con lo requerido para el material crudo utilizado en la producción de Mezcla Asfáltica en Caliente, que es el único que lo requiere;

Los ensayos de resistencia y condiciones de gradación a materiales combinados cumple con los requisitos gracias a la existencia de un gran abanico de calidad de agregados que inician el agregados en elevado estado de meteorización hasta agregados sanos de muy altas resistencias.

4.3 Proceso de prueba de hipótesis.

Los conocimientos adquiridos durante los estudios de maestría en ingeniería geotécnica y geomecánica adicional a la experiencia previa y conocimiento de los agregados de la zona en la cual se encuentra ubicado el macizo rocoso denominado “Open Pit Mulalo” permiten que con la ayuda del apoyo logístico personal y equipo con capacidad técnica adecuada, se pueda llevar a cabo la exploración, perforación de sondeos y apiques, para determinar el perfil estratigráfico del macizo rocoso.

El conocimiento y experiencia en la realización de ensayos de laboratorio con personal idóneo para la actividad permiten la obtención de resultados confiables que determinan las características ingenieriles de los agregados ´pétreos extraídos del macizo rocoso y permiten su comparación con las especificaciones técnicas de construcción del INV. logrando donde es posible, la optimización de los procesos con materiales de calidad requerida, sin sobrepasar los requerimientos que a su vez incrementen los costos de producción.

La determinación del macizo rocoso denominado Open “Pit Mulalo” gracias a la experiencia y al conocimiento que se tiene de materiales de la zona por resultados de extracción de agregados pétreos en canteras aledañas permiten una acertada orientación del sitio en el cual se pretende realizar la extracción de agregados que serán utilizados como materia prima para el procesamiento de materiales del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

CONCLUSIONES.

La exploración geotécnica, la toma de muestras y la realización de ensayos de laboratorio, permitió determinar el perfil estratigráfico, evidenciando la existencia superficial, de roca meteorizada, de color café amarillenta, con una matriz limo arcillosa, (6.0 m de espesor Aprox); continuando con una zona de transición compuesta por agregados combinados de color café grisáceo (diabasicos), hasta la profundidad de 14,0 a 15,0 m, a partir de los cuales, la roca diabasa de color gris consolida su presencia hacia los estratos inferiores.

La exploración geotécnica delimitó perfectamente los estratos y espesores de materiales existentes y con la ayuda de los ensayos de laboratorio delimitarlos sus características geomecanicas; permitiendo concluir que los agregados convenientemente dosificados cumplieron en su totalidad como materiales de construcción en el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

La zona en estudio correspondió a 320 m. * 320 m. * 28 m. de longitud, ancho y profundidad respectivamente y arrojó un volumen de = 2´867.200 m^3 de agregados pétreos viables técnicamente, para ser utilizados como materiales de construcción. Es de anotar que dado el alcance de la investigación y las cantidades de agregados planeados, solo se tienen en cuenta las reservas verídicamente exploradas.

Los resultados de los ensayos de Dureza, Durabilidad, Limpieza, Geometría de las partículas, Adhesividad (Riedell-weber, Striping) y absorción cumplieron con los requisitos de calidad exigidos por las especificaciones técnicas de construcción de INV. y pueden ser utilizados como agregados pétreos para la producción de materiales de construcción para el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.

RECOMENDACIONES.

Considerando aspectos técnicos de calidad y costo de producción, el material de terraplén se debe obtener a partir de la extracción de roca diabasa en elevado estado de meteorización de color café, posterior a su paso por clasificadora para eliminar sobre tamaños. Si se llegare a requerir se sugiere la adición de 10% de agregado fino limoso de origen para minimizar el valor del límite líquido y el índice de plasticidad.

Considerando aspectos técnicos de calidad y costo de producción, el material de sub base granular se obtiene de la dosificación de 70% de roca diabasa de color café en mediano estado de meteorización y la adición de arena aluvial grano fino, procedente de la cantera

La Chivera, la cual disminuye la plasticidad del material e incrementa el equivalente de arena, parámetros requeridos para su cumplimiento con las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías.

Considerando aspectos técnicos de calidad y costo de producción, el material de base granular se debe obtener a partir de la dosificación de agregado triturado mixto procedente de roca diabasa en bajo estado de meteorización de color café grisácea, con tamaño máximo de 1.5", agregado triturado mixto procedente de roca diabasa en mediano estado de meteorización de color café, con tamaño máximo de 1.5" y de arena de origen externo. En proporciones 55%, 30% y 15% respectivamente, con esto se busca ajustar la gradación, incrementar el resultado del ensayo de equivalente de arena, disminuir plasticidad y minimizar el costo directo de producción del material.

Considerando aspectos técnicos de calidad y costo de producción, el material granular crudo para la producción de MAC se debe dosificar de la siguiente manera: Roca diabasa sana triturada de color gris tamaño máximo ¾", Roca diabasa sana triturada de color gris tamaño máximo 3/8" y arena aluvial procedente de la cantera La Chivera; en proporción 35%, 55% y 10% respectivamente, con esta combinación de materiales se busca ajustar la gradación, incrementa el equivalente de arena y reducir el costo de producción.

Considerando aspectos técnicos de calidad y costo de producción, el concreto hidráulico básicamente se compone de Triturado ¾" en proporción de 60% más la adición de arena aluvial procedente de la cantera la chivera en proporción de 40%. Presentando unas pequeñas variaciones según la resistencia especificada (350 kg/cm^2, 280 kg/cm^2, 210 kg/cm^2, 175 kg/cm^2 y 140 kg/cm^2). con esta combinación de materiales se busca ajustar la gradación, incrementa el equivalente de arena y reducir el costo de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BOWLES, JOSEPH E, Manual de Laboratorio en la Ingeniería Civil, Bogotá, Colombia Mc. Graw Hill 1980 – 81.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0001375 (26, mayo, 2014). Por la cual se actualizan las normas de ensayos de materiales para carreteras. Bogotá D.C. 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0001376 (26, mayo, 2014). Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras. Bogotá D.C. 2007.

GALLARDO DE PARADA, Yolanda y MORENO GARZÓN, Adonay. Serie Aprender a Investigar, Módulo 3 Recolección de Información. 3ª Ed. Bogotá: arfoeditores Ltda. 1999.

GALLARDO DE PARADA, Yolanda y MORENO GARZÓN, Adonay. Serie Aprender a Investigar, Módulo 4 Análisis de la Información. 3ª Ed. Bogotá: arfoeditores Ltda. 1999.

JUÁREZ BADILLO, E. Y RICO RODRÍGUEZ, A, Mecánica de Suelos. Tomos 1 y 2. Ed. Limusa (México), 1973

JUÁREZ BADILLO, E. Y RICO RODRÍGUEZ, A. *Mecánica de Suelos*. 3ra. Ed., México, Ed. Limusa, 2001.

TAMAYO Y TAMAYO, Mario. Serie Aprender a Investigar, Modulo 2 La investigación. 3ª Ed. Bogotá: arfoeditores Ltda. 1999.

TAMAYO Y TAMAYO, Mario. Modulo 5 El proyecto de investigación. Serie Aprender a Investigar, 3ª Ed. Bogotá: arfoeditores Ltda. 1999.

TERZAGHI, K. y PECK, R. B. mecánica de los suelos en la ingeniería práctica, 2 ed. El Ateneo s.a, 1960.

T. WILLIAM LAMBE, ROBERT V. WHITMAN. (1972) Mecánica de suelos: características de las partículas de un suelo. 2 ed. México: Limusa; Noriega editores.

WEB-GRAFÍA.

- ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Mec%E1nica%20de%20Suelos%20I/Mecanica%20de%20Suelos%20I%20ESLAGE%20(4_5_6_7).pdf – Febrero 2017.

- https://es.scribd.com/doc/180050550/Metodos-de-Exploracion-de-Suelos-pdf - Enero de 2017.

- http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_7._geotecnia.pdf, Enero de 2017.

- https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todos_de_prospecci%C3%B3n_de_suelos – Enero de 2017.

- http://civionica.net/images/notascimentaciones053.pdf - Febrero de 2017.

- http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/03726780408424c086b997fcd1a290cf/Guia+de+muestreo.pdf?MOD=AJPERES – Marzo de 2017.

- https://fannsn.files.wordpress.com/2013/09/metodos-de-exploracion.pdf - Marzo de 2017.

- http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3273/Capitulo1.pdf - Abril de 2017.

ANEXOS.

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA

ANEXO 1:
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

ANEXO 2

RELACIÓN DE NORMAS PARA REALIZACIÓN DE ENSAYO DE LABORATORIO 2013

Tabla de Contenido

1. **INV–E–101–13, investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería;** 4
2. **INV–E–102–13, descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual);** 4
3. **INV–E–103–13, conservación y transporte de muestras de suelos;** 4
4. **INV–E–104–13, toma de muestras inalteradas de suelo en superficie;** 4
5. **INV–E–108–13, perforaciones con brocas de diamante para investigaciones en el sitio;** 5
6. **INV–E–112–13, exploración y muestreo de suelos mediante barrenas;** 5
7. **INV–E–122–13, determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado;** 5
8. **INV–E–111–13, ensayo normal de penetración (spt) y muestreo de suelos con tubo partido**; 5
9. **INV–E–113–13, conservación y transporte de núcleos de roca;** 6
10. **INV–E–123–13, determinación de los tamaños de las partículas de los suelos;** 6
11. **INV–E–125–13, determinación del límite líquido de los suelos;** 6
12. **INV–E–126–13, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos;** 6
13. **INV–E–127–13, determinación de los factores de contracción de los suelos;** 6
14. **INV–E–129–13; determinación de los factores de contracción de los suelos por el método de la parafina;** 7
15. **INV–E–131–13, ph de los suelos;** 7
16. **INV–E–133–13, equivalente de arena de suelos y agregados finos;** 7
17. **INV–E–136–13, determinación de las masas unitarias máxima y mínima para el cálculo de la densidad relativa;** 7
18. **INV–E–142–13, relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación);** 8
19. **INV–E–148–13, cbr de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada;** 8
20. **INV–E–150–13, determinación de la humedad de suelos empleando un probador con carburo de calcio;** 8
21. **INV–E–152–13, compresión inconfinada en muestras de suelos;** 8
22. **INV–E–181–13; sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería;** . 9
23. **INV–E–202–13, reducción de muestras de agregados por cuarteo;** 9
24. **INV–E–211–13, determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables en los agregados;** 9
25. **INV–E–212–13, presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas para la preparación de morteros o concretos;** 9
26. **INV–E–213–13, análisis granulométrico de los agregados grueso y fino;** 10
27. **INV–E–214–13, determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (no. 200) en los agregados pétreos mediante lavado;** 10
28. **INV–E–215–13, análisis granulométrico del llenante mineral utilizado en la elaboración de mezclas asfálticas,** 10
29. **INV–E–218–13, resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles;** 10
30. **INV–E–219–13, resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾") por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles;** 10
31. **INV–E–220–13, solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio;** 11
32. **INV–E–221–13, cantidad de partículas livianas en un agregado pétreo;** 11
33. **INV–E–222–13, densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino;** 11
34. **INV–E–223–13, densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso;** 11
35. **INV–E–224–13, determinación del valor del 10% de finos;** 12
36. **INV–E–225–13, densidad bulk del llenante mineral en kerosene;** 12

37. INV–E–227–13, porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso; 12
38. INV–E–229–13, VACÍOS DEL LLENANTE SECO COMPACTADO; 12
39. INV–E–230–13, índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras; 13
40. INV–E–232–13, determinación del coeficiente de pulimento acelerado (cpa) de las partículas de agregado grueso; 13
41. INV–E–233–13, determinación del contenido de azufre en los agregados pétreos; 13
42. INV–E–234–13, determinación de la reactividad potencial álcali–sílice de agregados (método químico); 13
43. INV–E–235–13, valor de azul de metileno en agregados finos; 14
44. INV–E–237–13, determinación de la limpieza superficial de las partículas de agregado grueso; 14
45. INV–E–238–13, determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato micro-deval; 14
46. INV–E–240–13, proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos; 14
47. INV–E–245–13, determinación de la resistencia del agregado fino a la degradación por abrasión, utilizando el aparato micro-deval; 14
48. INV–E–740–13, ensayo de adherencia en bandeja; 15
49. INV–E–739–13, estimación del grado de cubrimiento de las partículas de agregado grueso en mezclas asfálticas; 15
50. INV–E–774–13, adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel–weber); 15
51. INV–E–775–13, determinación de la adhesión entre el ligante y el agregado por el método de ensayo de choque de la placa Vialit; 15

Para la realización de los ensayos requeridos según las especificaciones del proyecto, se deben realizar las pruebas haciendo uso de las Normas técnica de construcción INV 2013, las cuales a continuación se nombran y se hace una breve descripción:

1. **INV–E–101–13, investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería;**

Esta norma proporciona métodos para el muestreo y la investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normalizados, mediante los cuales se pueden determinar las condiciones de distribución del suelo, de la roca y del agua freática.

2. **INV–E–102–13, descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual);**

Esta norma describe un procedimiento para identificar suelos con base en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). La identificación se hace mediante un examen visual y ensayos manuales, condición que se debe indicar claramente al elaborar el respectivo informe.

3. **INV–E–103–13, conservación y transporte de muestras de suelos;**

Esta norma establece métodos para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo.

4. **INV–E–104–13, toma de muestras inalteradas de suelo en superficie;**

Esta norma describe la forma de obtener muestras de suelos cohesivos que conserven su estructura y su humedad naturales, cuando se pueden tomar en superficie o a una profundidad a la cual se pueda llegar abriendo una calicata o una pequeña galería.

5. **INV–E–108–13, perforaciones con brocas de diamante para investigaciones en el sitio;**

Esta norma se refiere al equipo y al procedimiento empleados para realizar perforaciones con brocas de diamante, con el fin de obtener núcleos de roca y de algunos suelos que no pueden ser muestreados mediante los métodos usuales por ser demasiado duros.

6. **INV–E–112–13, exploración y muestreo de suelos mediante barrenas;**

Esta norma incluye los equipos y los procedimientos para el uso de barrenas en exploración geotécnica de poca profundidad. Esta norma no aplica a la exploración y el muestreo de suelos mediante barrenas con vástago hueco.

7. **INV–E–122–13, determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado;**

Esta norma se refiere a la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad), por masa, de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado. Por simplicidad, de aquí en adelante, la palabra "material" se refiere a suelo, roca o mezclas de suelo-agregado, la que sea aplicable.

8. **INV–E–111–13, ensayo normal de penetración (spt) y muestreo de suelos con tubo partido**;

Este método describe el procedimiento conocido como Ensayo Normal de Penetración (Standard Penetration Test – SPT), el cual consiste en conducir un muestreador de tubo partido dentro del suelo para obtener muestras alteradas representativas con fines de identificación, y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador. En la norma INVE–109 se describe otro método para hincar un tomamuestras de tubo partido y obtener muestras representativas de suelo, pero la energía del martillo no está normalizada.

9. INV–E–113–13, conservación y transporte de núcleos de roca;

Los procedimientos descritos en esta norma incluyen la conservación, el transporte, el almacenamiento, el registro, la recuperación y la disposición posterior de núcleos de roca obtenidos con fines de ensayo y estudio geológico. Estos procedimientos se aplican a rocas blandas y duras, y excluyen hielo y suelos congelados permanentemente.

10. INV–E–123–13, determinación de los tamaños de las partículas de los suelos;

Esta norma se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo. La distribución de las partículas mayores de 75 µm (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores de 75 µm se determina por un proceso de sedimentación empleando un hidrómetro (nota 1 y nota 2).

11. INV–E–125–13, determinación del límite líquido de los suelos;

Esta norma se refiere a la determinación del límite líquido de los suelos. Se presentan dos métodos para preparar las muestras de prueba: Por vía húmeda y por vía seca. El método por utilizar deberá ser especificado por el cliente. Si no se especifica ninguno, se empleará la preparación por vía húmeda. La norma presenta dos métodos para determinar el límite líquido: el Método A, que consiste en un ensayo de varios puntos y el Método B, consistente en un ensayo de un solo punto.

12. INV–E–126–13, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos;

Esta norma de ensayo se refiere a la determinación del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos.

13. INV–E–127–13, determinación de los factores de contracción de los suelos;

Esta norma de ensayo tiene como propósito la obtención de datos por medio de los cuales se pueden calcular las siguientes constantes de los suelos: a) límite de contracción, b) relación de contracción, c) cambio volumétrico, d) contracción lineal.

14. INV–E–129–13; determinación de los factores de contracción de los suelos por el método de la parafina;

Este método de ensayo cubre el procedimiento para determinar el límite de contracción de los suelos. Los datos obtenidos mediante este método de ensayo se pueden emplear, también, para calcular la relación de contracción, la contracción volumétrica y la contracción lineal.

15. INV–E–131–13, ph de los suelos;

Esta norma de ensayo cubre la determinación del pH de los suelos, para usos diferentes de los relacionados con la corrosión. Mediante esta norma se determina el grado de acidez o alcalinidad de muestras de suelo suspendidas en agua y en una solución 0.01 M de cloruro de calcio.

16. INV–E–133–13, equivalente de arena de suelos y agregados finos;

Este ensayo tiene por objeto determinar, bajo condiciones normalizadas, las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o finos plásticos presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm. El término "equivalente de arena" expresa el concepto de que la mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de arena y partículas gruesas deseables, y de polvo y finos arcillosos o plásticos indeseables.

17. INV–E–136–13, determinación de las masas unitarias máxima y mínima para el cálculo de la densidad relativa;

Este método tiene por objeto indicar el procedimiento que se deberá seguir para determinar la masa unitaria mínima y la masa unitaria máxima de una arena seca, no cementada, que pase en su totalidad por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y que no contenga más de un 10 % del material que pase por el tamiz 75 μm (No. 200).

18. **INV–E–142–13, relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación);**

Los siguientes métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4 o 6") de diámetro, con un martillo de 44.48 N (10 lbf) que cae libremente desde una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 kN–m/m3 (56 000 lbf–pie/pie3).

19. **INV–E–148–13, cbr de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada;**

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de subrasante, subbase y base, denominado CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (¾").

20. **INV–E–150–13, determinación de la humedad de suelos empleando un probador con carburo de calcio;**

Este método de ensayo se emplea para determinar la humedad de suelos empleando un probador en el cual el agua disponible en una muestra de suelo de masa especificada reacciona químicamente con un volumen determinado de carburo de calcio, produciendo un gas cuya presión es medida por el manómetro del probador.

21. **INV–E–152–13, compresión inconfinada en muestras de suelos;**

Esta norma describe el ensayo para determinar la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación. El ensayo se puede realizar sobre muestras inalteradas, remoldeadas o compactadas.

22. **INV–E–181–13; sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería;**

Esta norma describe el método denominado "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" (SUCS), mediante el cual se clasifican los suelos con base en la determinación en el laboratorio de la distribución de los tamaños de sus partículas, de su límite líquido y de su índice de plasticidad.

23. **INV–E–202–13, reducción de muestras de agregados por cuarteo;**

Esta norma describe tres procedimientos para reducir muestras voluminosas de agregados a un tamaño apropiado para los diferentes ensayos que se necesiten realizar, empleando técnicas con las cuales se intentan minimizar las variaciones en las características medidas entre las muestras seleccionadas de la misma muestra de gran volumen.

24. **INV–E–211–13, determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables en los agregados;**

Este método se refiere a la determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas deleznables (friables) en los agregados.

25. **INV–E–212–13, presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas para la preparación de morteros o concretos;**

Esta norma describe dos procedimientos para determinar, de manera aproximada, la presencia de impurezas orgánicas nocivas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos de cemento hidráulico. Uno de los procedimientos emplea una solución de color de referencia y el otro usa vidrios de colores de referencia.

26. INV–E–213–13, análisis granulométrico de los agregados grueso y fino;

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado.

27. INV–E–214–13, determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (no. 200) en los agregados pétreos mediante lavado;

Esta norma describe el procedimiento para determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en un agregado. Durante el ensayo, se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 µm (No.200), tales como limo, arcilla, polvo de los agregados y materiales solubles en el agua.

28. INV–E–215–13, análisis granulométrico del llenante mineral utilizado en la elaboración de mezclas asfálticas,

Este ensayo tiene por objeto efectuar el análisis granulométrico por tamizado del llenante mineral utilizado en las mezclas asfálticas para pavimentación

29. INV–E–218–13, resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles;

Este método se refiere al procedimiento a seguir para medir la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaño menor a 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles.

30. INV–E–219–13, resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾") por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles;

Esta norma presenta el método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾"), mediante la máquina de Los Ángeles.

31. **INV–E–220–13, solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio;**

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

32. **INV–E–221–13, cantidad de partículas livianas en un agregado pétreo;**

Esta norma presenta un procedimiento para determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos, mediante su separación por suspensión en un líquido de gravedad específica elevada.

33. **INV–E–222–13, densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino;**

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

34. **INV–E–223–13, densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso;**

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m3 (lb/pie3), se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente. Además, la densidad relativa (gravedad específica), que es una cantidad adimensional, se expresa

como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente (gravedad específica aparente). La densidad seca al horno (SH) y la densidad relativa seca al horno (SH) se deben determinar luego del secado del agregado. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de sumergir el agregado en agua durante un período especificado.

35. INV–E–224–13, determinación del valor del 10% de finos;

Este norma cubre un procedimiento para evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso al aplastamiento cuando es sometido a un esfuerzo de compresión, determinando la carga necesaria para que el agregado produzca 10% de finos, constituidos por el material que pasa el tamiz 2.36 mm (No. 8).

36. INV–E–225–13, densidad bulk del llenante mineral en kerosene;

Esta norma describe un procedimiento para determinar la densidad bulk de un llenante mineral. La densidad bulk determinada en estas condiciones es una medida relativa del grado de finura del llenante ensayado.

37. INV–E–227–13, porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso;

Esta norma describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en masa o por conteo, de partículas de un agregado grueso que tienen un número especificado de caras fracturadas.

38. INV–E–229–13, VACÍOS DEL LLENANTE SECO COMPACTADO;

Esta norma describe el procedimiento a seguir para determinar el volumen de vacíos de un llenante mineral cuando se compacta en seco bajo condiciones específicas.

39. **INV–E–230–13, índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras;**

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

40. **INV–E–232–13, determinación del coeficiente de pulimento acelerado (cpa) de las partículas de agregado grueso;**

Esta norma describe el procedimiento de laboratorio para determinar la susceptibilidad de los agregados pétreos al pulimento, mediante la máquina de pulimento acelerado, valorando esta susceptibilidad por medio del Coeficiente de Pulimento Acelerado (CPA), determinado con ayuda del péndulo de fricción.

41. **INV–E–233–13, determinación del contenido de azufre en los agregados pétreos;**

Este método de ensayo brinda un procedimiento para la determinación cuantitativa del azufre presente en los agregados para concretos.

42. **INV–E–234–13, determinación de la reactividad potencial álcali–sílice de agregados (método químico);**

Esta norma tiene por objeto determinar la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento portland utilizados en la fabricación de concreto hidráulico, y se basa en la cantidad de solución de hidróxido de sodio 1N que reacciona con el agregado finamente molido pasante del tamiz de 300 μm (No. 50) y retenido en el tamiz de 150 μm (No. 100), durante 24 horas a una temperatura de 80° C.

43. INV–E–235–13, valor de azul de metileno en agregados finos;

Esta norma indica el procedimiento para determinar el valor de azul de metileno de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) de la mezcla total de agregados.

44. INV–E–237–13, determinación de la limpieza superficial de las partículas de agregado grueso;

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la limpieza superficial de los agregados, tanto de origen natural como artificial, con tamaños superiores a 4.75 mm, utilizados en la construcción de carreteras.

45. INV–E–238–13, determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato micro-deval;

Esta norma describe un procedimiento para medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso utilizando el aparato Micro–Deval.

46. INV–E–240–13, proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos;

Esta norma se refiere a la determinación del porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas, en un agregado grueso. La norma presenta dos métodos de ensayo. El Método A presenta el procedimiento original desarrollado antes de Superpave, el cual está concebido para aplicaciones diferentes de Superpave. El Método B es una comparación entre las dimensiones máximas y mínima de las partículas y está planeado para ser empleado con las especificaciones de Superpave.

47. INV–E–245–13, determinación de la resistencia del agregado fino a la degradación por abrasión, utilizando el aparato micro-deval;

Esta norma describe un procedimiento para medir la resistencia a la degradación por abrasión de una muestra de agregado fino utilizando el aparato Micro–Deval.

48. INV–E–740–13, ensayo de adherencia en bandeja;

Esta norma presenta un procedimiento para determinar las características de adherencia entre un ligante bituminoso y una muestra representativa del agregado grueso que se va a utilizar en la construcción de un tratamiento superficial.

49. INV–E–739–13, estimación del grado de cubrimiento de las partículas de agregado grueso en mezclas asfálticas;

Este ensayo se refiere a la determinación del grado de cubrimiento de las partículas de agregado en una mezcla bituminosa, sobre la base del porcentaje de partículas de agregado grueso clasificadas como completamente cubiertas por el ligante.

50. INV–E–774–13, adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel–weber);

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la adhesividad de los ligantes asfálticos a una arena natural o de trituración, cuando la mezcla agregado–ligante se somete a la acción de soluciones de carbonato de sodio de concentración molar creciente.

51. INV–E–775–13, determinación de la adhesión entre el ligante y el agregado por el método de ensayo de choque de la placa Vialit;

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para valorar la adhesividad y la resistencia al desprendimiento existentes entre los agregados y los ligantes asfálticos, mediante el ensayo de choque de la placa Vialit. El procedimiento se aplica a los materiales empleados en tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, en los cuales se utilizan como ligantes los cementos asfálticos blandos o las emulsiones asfálticas.

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

ANEXO 3

RESULTADOS GENERALES DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIALES DE:

- **CONCRETO HIDRÁULICO.**
- **MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.**
- **BASE GRANULAR.**
- **SUB BASE GRANULAR.**
- **MATERIAL DE TERRAPLÉN.**
- **MATERIAL DE PEDRAPLEN.**
- **MATERIAL DE PIEDRA FILTRO.**

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:
Material: Grava triturada, limosa de color gris.	Muestra Nº: 1
Procedencia: Open Pit Mulaló triturado.	Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**
Doc. aplicable(s): INV. - E - 224.	Fecha: Marzo 03 de 2017.

PROCEDIMIENTO EN SECO.

ENSAYO		1	2			
Molde Nº		1	2			
Peso Molde + muestra	gr.	3028.0	3029.0			
Peso Molde	gr.	0.0	0.0			
Peso seco de muestra inicial	gr.	3028.0	3029.0			
Peso seco de muestra final	gr.	2676.0	2672.0			
Finos producidos.	gr.	352.0	357.0			
Finos producidos.	%	11.6	11.8			
Carga aplicada.	Kn.	217.7	210.6			
Carga necesaria para 10% de	Kn.	**195.1**	**186.8**		**190.9**	

PROCEDIMIENTO DESPUÉS DE INMERSIÓN.

ENSAYO		1	2			
Molde Nº		1	2			
Peso Molde + muestra	gr.	3030.0	3035.0			
Peso Molde	gr.	0.0	0.0			
Peso seco de muestra inicial	gr.	3030.0	3035.0			
Peso seco de muestra final	gr.	2679.0	2681.0			
Finos producidos.	gr.	351.0	354.0			
Finos producidos.	%	11.6	11.7			
Carga aplicada.	Kn.	156.6	170.0			
Carga necesaria para 10% de	Kn.	**140.7**	**151.9**		**146.3**	

4.0 Observaciones:

Relación húmedo / seco **76.6%**

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS.	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Frente:	Yumbo.
Material:	Grava limosa triturada de color gris.	Fecha:	Marzo 01 de 2017
Procedencia: Combinación planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera		Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 211, Art. 630.2.2.2 Tabla 630.3.	Consecutivo Nº:	**200 - 01 CH.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		1	2	3	4	5
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso inicial.	Peso final.	3 = (1 - 2) / 1 x 100 %	%	5 = 3 x 4
1 1/2"	3/4"	2365.8	2365.9	0.0	12.3	-0.1
3/4"	3/8"	1546.7	1546.7	0.0	21.6	0.0
3/8"	Nº 4.	1012.6	1012.1	0.0	18.7	0.9
Nº 4.	Nº 16.	519.8	519.0	0.2	20.9	3.2
TOTALES		**5444.9**	**5443.7**	**0.2**	**73.5**	**4.1**

% TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES: Total Columna 5 / Total Columna 4 = **0.06** **%**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo.** **0.25 %** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1	Peso Inicial de Muestra en grs.
2	Peso Final de Muestra en grs.
3	Terrones de arcilla y partículas deleznables %.
4	Retenido de la Gradación Original en %
5	Promedio Ponderado Partículas Deleznables.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-76	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN APROXIMADA DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	FRENTE:	HOJA 1 DE 1
CONTROLADO POR: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.	FIRMA: Vo.Bo.:	DOC. APLICABLES: INV. - E - 212. Art. 630.2.2.1 a.

FECHA	PROCEDENCIA MATERIAL	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	ELABORÓ FIRMA/NOMBRE	ING. AC/CC FIRMA/NOMBRE	ING. RESIDENTE FIRMA/NOMBRE	CLIENTE FIRMA/NOMBRE
feb-19-2017.	Material crudo, extraído del macizo rocoso, triturado, en planta la estancia.	**Grava limosa de color gris.**									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			
feb-19-2017.	Arena, arenera la chivera.	**Arena limosa, de color café.**									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			
feb-19-2017.	Combinación planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera	**Grava limo arenosa de color gris.**									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			

OBSERVACIONES:

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-56	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO Y FINO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	FECHA: Febrero 25 de 2017.		CONSECUTIVO Nº: **199 - 01 - CH.**	
AGREGADO GRUESO	DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 222.			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Grava triturada, bien gradada, limosa color gris.	PROCEDENCIA: Open Pit Mulaló, triturado.			
MUESTRA Nº	1	2	PROMEDIO.	PROMEDIO.
A.- PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, EN GRAMOS	2873	2659		
B.- PESO EN EL AIRE MUESTRA SATURADA, SUPERFICIE SECA AL AIRE, GRAMOS.	2941	2714		
C.- PESO MUESTRA SATURADA SUMERGIDA EN AGUA, GRAMOS.	1911	1765		
PESO ESPECIFICO APARENTE = A / (B - C)	2.789	2.802	**2.796**	
PESO ESPECIFICO APARENTE SATURADA CON SUPERFICIE SECA = B / (B - C)	2.855	2.860	**2.858**	
PESO ESPECIFICO NOMINAL = A / (A - C)	2.986	2.974	**2.980**	
ABSORCIÓN = (B - A) / A x 100 , %	2.4	2.1	**2.2**	

AGREGADO FINO	DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 222.			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Arena aluvial, limosa, de color café grisáceo.	PROCEDENCIA: Open Pit Mulaló, triturado.			
MUESTRA Nº	1	2	PROMEDIO	
FRASCO Nº:	1	1		
A.- PESO AL AIRE DE LA MUESTRA DESECADA, EN GRAMOS	492.6	492.6		
B.- PESO DEL PICNÓMETRO AFORADO LLENO DE AGUA, EN GRAMOS	1337.9	1335.6		
C.- PESO TOTAL DEL PICNÓMETRO AFORADO+MUESTRA+AGUA, EN GRAMOS	1660.5	1660.5		
S.- PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA, EN GRAMOS	500	500		
PESO ESPECIFICO APARENTE = A / (B + S - C)	2.777	2.813	**2.795**	
PESO ESPECIFICO APARENTE SATURADA CON SUPERFICIE SECA = S / (B + S - C)	2.818	2.856	**2.837**	
PESO ESPECIFICO NOMINAL = A / (B + A - C)	2.898	2.937	**2.918**	
ABSORCIÓN = (S - A) / A x 100 , %	1.5	1.5	**1.5**	

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote González.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

REV. N° 0 30-09-1999 CSS-FDF-58	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Fecha:	Marzo 04 de 2017.
Material:	Grava triturada, bien gradada, limosa de color gris.	Consecutivo Nº:	**199 - 03.**
Procedencia:Open Pit Mulaló, triturado.		Muestra Nº:	1
Doc. Aplicable(s):	INV. - E - 133 Art. 630.2.2.2.1 e.		

ENSAYO Nº	1.- LECTURA DE ARCILLA	2.- LECTURA DE ARENA	3.- EQUIVALENTE ARENA % 3 = 2 / 1 X 100
	5.1	3.1	60.8
	4.8	3.0	62.5
	4.8	2.9	60.4
		PROMEDIO.	**62**

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No.1 31/07/2003 CSS-FDF-57	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO DE SOLIDEZ	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.			Fecha:	Marzo 05 de 2017.
Descripción del material: Grava triturada, limosa de color gris.			Consecutivo Nº:	**200 - 01 CH.**
Procedencia: Open Pit Mulaló triturado.			Muestra Nº:	1
Solución utilizada: Sulfato de sodio.	Densidad solución: 1.165	gr/cc	Nº de ciclos:	5
Documento Aplicable:	INV. - E - 220, Art. 630.2.2.1 d.			

TAMAÑO DEL TAMIZ		1.- GRADACIÓN MUESTRA ORIGINAL %	PESO FRACCIONES (gr.)		4.- PÉRDIDA %	5.- PÉRDIDA
PASA	RETIENE		2.- ANTES DEL ENSAYO	3.- DESPUÉS DEL ENSAYO	4=(2-3)/2x100	CORREGIDA % 5=(1 x 4) / 100
2 1/2"	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2"	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	1"	20.8	1003.1	939.3	5.6	1.17
1"	3/4"		497.9	477.1		
3/4"	1/2"	43.6	708.3	677.8	4.8	2.07
1/2"	3/8"		345.2	325.6		
3/8"	N° 4.	35.6	312.8	308	1.7	0.59
TOTALES		**100.0**	**2867.3**	**2727.4**	**12.1**	**3.8**

ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN GRUESA = SUMA TOTAL COLUMNA 5 : 3.8 %.

ESPECIFICACIÓN:		**CUMPLE (SI/NO)**
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO:	**18 %**	
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO:	**12 %**	**SI.**

3/8"	Nº 4	37.5	100.3	93.8	6.5	2.43
Nº 4	Nº 8	15.1	100.0	94.5	5.5	0.83
Nº 8	Nº 16	16.4	101.8	97.2	4.5	0.74
Nº 16	Nº 30	16.1	100.0	95.1	4.9	0.79
Nº 30	Nº 50	14.9	100.0	95.2	4.8	0.72
TOTALES		**100.0**	**502.1**	**475.8**	**26.2**	**5.5**

ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN FINA = SUMA TOTAL COLUMNA 5: 5.5 %.

ESPECIFICACIÓN:		**CUMPLE (SI/NO)**
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO:	**15 %**	
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO:	**10 %**	**SI**

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-55	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ABRASIÓN DE AGREGADOS EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Fecha:	Febrero 26 de 2017.
Descripción del material: Grava triturada, bien gradada, limosa de color gris.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 CH.**
Procedencia: Open Pit Mulaló, triturado.	Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s): INV. - E - 219. Art. 630.2.2.2. d.		

1.- Prueba	1	2	3		
2.- Gradación usada (A, B, C, D, E, F, G)	A	A	A		
3.- Nº Esferas	12	12	12		
4.- Nº de Revoluciones	100	500	500		
5.- Peso Muestra Seca antes del ensayo gr.	5000	5000	5002		
6.- Peso Muestra Seca después del ensayo gr.	4658	3707	3602		
7.- Pérdida (5 - 6) gr.	342	1293	1400		
8.- % Desgaste (7 / 5) x 100	6.8	25.9	28.0		
9.- Especificación : % menor de:	8	40	60		

Observaciones:

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES PARA EL ENSAYO

TAMAÑO		PESO Y GRANULOMETRÍAS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (GRS)						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500+ - 50		
2 1/2"	2"					2500+ - 50		
2"	1 1/2"					5000+ - 50	5000+ - 50	
1 1/2"	1"	1250 + - 25					5000+ - 25	5000+ - 25
1"	3/4"	1250 + - 25						5000+ - 25
3/4"	1/2"	1250 + - 10	2500 + -10					
1/2"	3/8"	1250 + - 10	2500 + -10					
3/8"	1/4"			2500 + -10				
1/4"	Nº 4			2500 + -10				
Nº 4	Nº 8				5000 + - 10			
TOTALES grs.		5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	100000+ -100	100000+ -75	100000+ -50
Nº DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
Nº REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

ELABORÓ	ING. CC	ING RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-55	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.				Fecha:	Marzo 05 de 2017.	
Descripción del material: Grava triturada, limosa de color gris.				Consecutivo Nº:	**200 - 01.**	
Procedencia: Open Pit Mulaló, triturado.				Muestra Nº:	1	
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 238.					
1.- Prueba	1					
2.- Tabla N°.	1					
3.- Masa de Esferas gr.	5000 ± 5					
4.- Nº de Revoluciones	12000±100					
5.- Peso Muestra Seca antes del ensayo gr.	1500					
6.- Peso Muestra Seca después del ensayo gr.	1409					
7.- Pérdida (5 - 6) gr.	91					
8.- % Desgaste (7 / 5) x 100	6.1					
9.- Especificación : % menor de:	30					

Observaciones:

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES PARA EL ENSAYO

TAMAÑO		PESO Y GRANULOMETRÍAS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (GRS)			
PASA	RETIENE	Masa.	Tamaño menor de 19,1	Tamaño menor de 16,0	Tamaño menor de 12,5
19.1	16	Tabla 1.	375		
16	12.5		375		
12.5	9.5		750		
12.5	9.5	Tabla 2.		750	
9.5	6.3			375	
6.3	4.75			375	
9.5	6.3	Tabla 3.			750
6.3	4.75				750
MASA TOTAL. grs.			5000 ± 5	5000 ± 5	5000 ± 5
TIEMPO DE ROTACIÓN.			120 ± 1	105 ± 1	95 ± 1
Nº REVOLUCIONES			12000 ± 100	10500 ± 100	9500 ± 100

ELABORÓ	ING. CC	ING RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

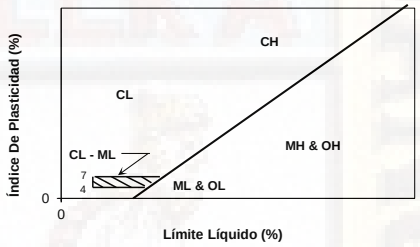
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-53	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** LÍMITES DE CONSISTENCIA (L.L. - L.P. - I.P.) Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Abscisa:	
Material: Open Pit Mulaló, triturado.		Profundidad (m):	2.0
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 125 , 126. Art. 630.2.2.1.c.	Muestra Nº:	1
Fecha:	Febrero 20 de 2017.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 CH.**

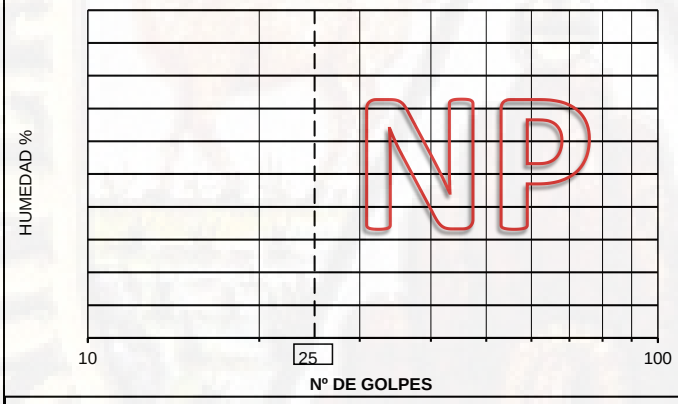
DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO					HUMEDAD NATURAL	
Número de Golpes, N	-	-	-	-	-	-
Recipiente Nº (lata)	-	-	-	-	-	-
Peso suelo humeda+lata	-	-	-	-	-	-
Peso suelo seco+lata	-	-	-	-	-	-
Peso lata	-	-	-	-	-	-
Peso suelo seco	-	-	-	-	-	-
Peso de agua	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad, %	-	-	-	-	-	-

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO			
Recipiente Nº (lata)	-	-	-
Peso suelo humeda+lata	-	-	-
Peso suelo seco+lata	-	-	-
Peso lata	-	-	-
Peso suelo seco	-	-	-
Peso de agua	-	-	-
Contenido de Humedad, %	-	-	-

Carta de Plasticidad de Casagrande



LÍMITE LÍQUIDO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Peso Seco Inicial en gramos:		-
Peso Después de lavado en gr.:		-
TAMIZ	Peso Reten.	%PASA
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

RESULTADOS:				**ESPECIFICACIÓN**		**CUMPLE (SI / NO)**
Límite Líquido:	-	Índice Plasticidad:	**NP.**	L.L. Máximo:	**N/A.**	**SI CUMPLE**
Límite Plástico:	-	Humedad Natural:	**N/A.**	I.P. Máximo:	**N/A.**	
Clasificación:				%Pasa N°200 Máximo:	**N/A.**	
USC:	**GP - GM.**	AASHTO:	**A - 1 - a.**			

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:
Material: Cemento.	Muestra Nº: 1
Procedencia: ARGOS, Planta Valle.	Consecutivo Nº: **199 - 01 C.**
Doc. aplicable(s): INV. - E - 217.	Fecha: Febrero 21 de 2017.

MASA UNITARIA SUELTA

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	13516.0	13450.0	13483.0		
Peso Molde	gr.	8815.0	8815.0	8815.0		
Peso muestra	gr.	4701.0	4635.0	4668.0		
Peso muestra	lb.	10.3	10.2	10.3		
Volumen muestra	pie^3.	0.143	0.143	0.143		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	72.32	71.31	71.82		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.159**	**1.143**	**1.151**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.			**71.82**		
Promedio M.U.S.	g/cm^3.			**1.151**		

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO						
Molde Nº		-	-	-		
Peso Molde + muestra	gr.	-	-	-		
Peso Molde	gr.	-	-	-		
Peso muestra	gr.	-	-	-		
Peso muestra	lb.	-	-	-		
Volumen muestra	pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**-**	**-**	**-**		
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.			**-**		
Promedio M.U.C.	g/cm^3.			**-**		

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Abscisa:	
Material:	Arena Aluvial, limosa, color café grisácea.	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Arenera la chivera.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 A.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 217.	Fecha:	Febrero 26 de2017.

MASA UNITARIA SUELTA

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	14241.5	14261.8	14227.1		
Peso Molde	gr.	8627.0	8627.0	8627.0		
Peso muestra	gr.	5614.5	5634.8	5600.1		
Peso muestra	lb.	12.4	12.4	12.3		
Volumen muestra	pie^3.	0.147	0.147	0.147		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	84.13	84.43	83.91		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.348**	**1.353**	**1.345**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.			**84.16**		
Promedio M.U.S.	g/cm^3.			**1.349**		

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO		-	-	-		
Molde Nº		-	-	-		
Peso Molde + muestra	gr.	-	-	-		
Peso Molde	gr.	-	-	-		
Peso muestra	gr.	-	-	-		
Peso muestra	lb.	-	-	-		
Volumen muestra	pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**-**	**-**	**-**		
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.			**-**		
Promedio M.U.C.	g/cm^3.			**-**		

4.0 Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:
Material: Grava triturada limosa color grisáceo.	Muestra Nº: 1
Procedencia: Open Pit Mulaló, triturado.	Consecutivo Nº: **199 - 01 T.**
Doc. aplicable(s): INV. - E - 217.	Fecha: Febrero 26 de2017.

MASA UNITARIA SUELTA

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	14275.0	14324.0	14342.0		
Peso Molde	gr.	8627.0	8627.0	8627.0		
Peso muestra	gr.	5648.0	5697.0	5715.0		
Peso muestra	lb.	12.4	12.5	12.6		
Volumen muestra	pie^3.	0.147	0.147	0.147		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	84.63	85.36	85.63		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.356**	**1.368**	**1.372**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.	**85.21**				
Promedio M.U.S.	g/cm^3.	**1.365**				

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO						
Molde Nº		-	-	-		
Peso Molde + muestra	gr.	-	-	-		
Peso Molde	gr.	-	-	-		
Peso muestra	gr.	-	-	-		
Peso muestra	lb.	-	-	-		
Volumen muestra	pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	-	-	-		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**-**	**-**	**-**		
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.	**-**				
Promedio M.U.C.	g/cm^3.	**-**				

4.0 Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

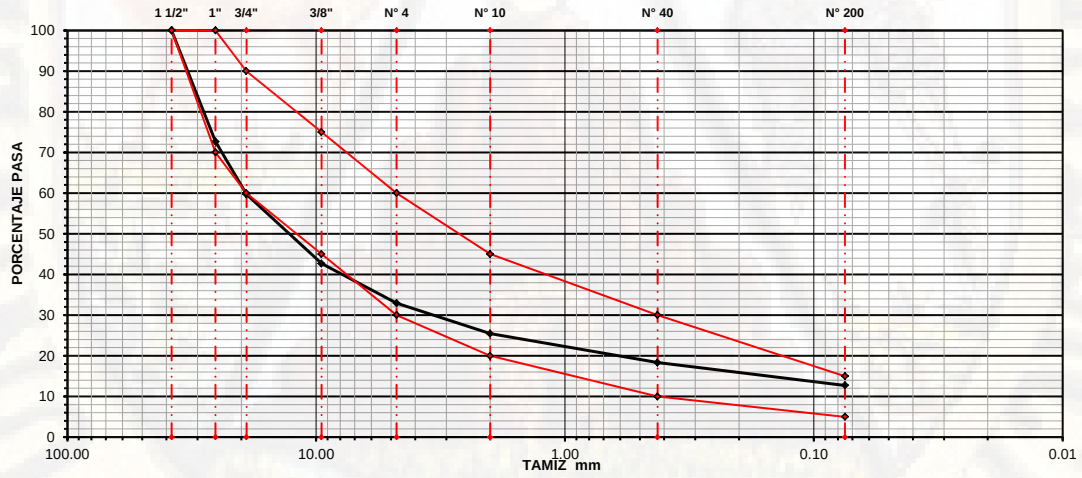
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE BASE GRANULAR.

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente:	Fecha: Febrero 28 de 2017.	
Material: Material crudo extraído del macizo rocoso.		Abscisa: Sondeo 1 y 2, y afloramiento en talud del macizo rocoso.	
Clasificación: USC: **A - 1 - a.** AASHTO: **G - M.**		Sector: Open Pit Mulalo.	
L.L.: **0.0 %.** L.P.: **0.0 %.** I.P.: **NP.**		Procedencia: Sondeo 1 y 2, y afloramiento en talud del macizo rocoso.	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 330.2.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **199 - 01 BG.**
Peso Inicial de la Muestra Seca: **26587.0** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **23203** grs.		

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	7268.0	27.3	27.3	72.7
3/4"	19.1	3451.0	13.0	40.3	59.7
3/8"	9.53	4521.0	17.0	57.3	42.7
N° 4	4.75	2594.0	9.8	67.1	32.9
N° 10	2.00	1985.0	7.5	74.5	25.5
N° 40	0.425	1897.0	7.1	81.7	18.3
N° 200	0.075	1487.0	5.6	87.3	12.7
PASA N° 200	-	3384.0	12.7	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **67.1**
			%Arena= **20.2**
			% Finos= **12.7**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

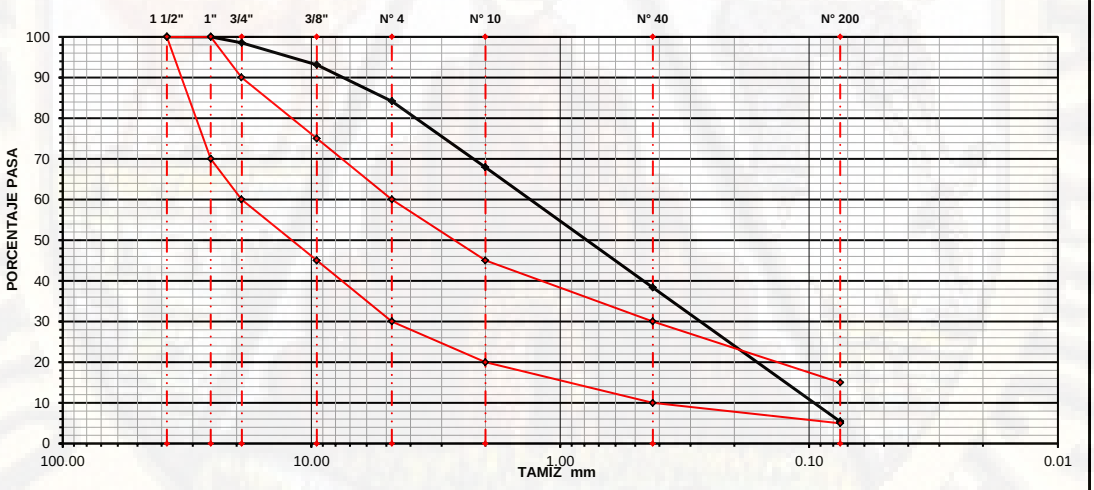
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper		Frente:	Yumbo.	Fecha:	Febrero 28 de 2017.
Material: Arena limosa, grano medio de color café.			Abscisa: Arenera la chivera.		
Clasificación:	USC: **A - 1 - a.**	AASHTO: **G - M.**	Sector: Yumbo Mulalo.		
L.L.: **0.0 %.**	L.P.: **0.0 %.**	I.P.: **NP.**	Procedencia: Arenera la chivera.		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 330.2.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**199 - 01 BG.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**6572.0** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**6216** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	97.0	1.5	1.5	98.5
3/8"	9.53	354.0	5.4	6.9	93.1
N° 4	4.75	589.0	9.0	15.8	84.2
N° 10	2.00	1068.0	16.3	32.1	67.9
N° 40	0.425	1944.0	29.6	61.7	38.3
N° 200	0.075	2164.0	32.9	94.6	5.4
PASA N° 200	-	356.0	5.4	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **15.8**
			%Arena= **78.8**
			% Finos= **5.4**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

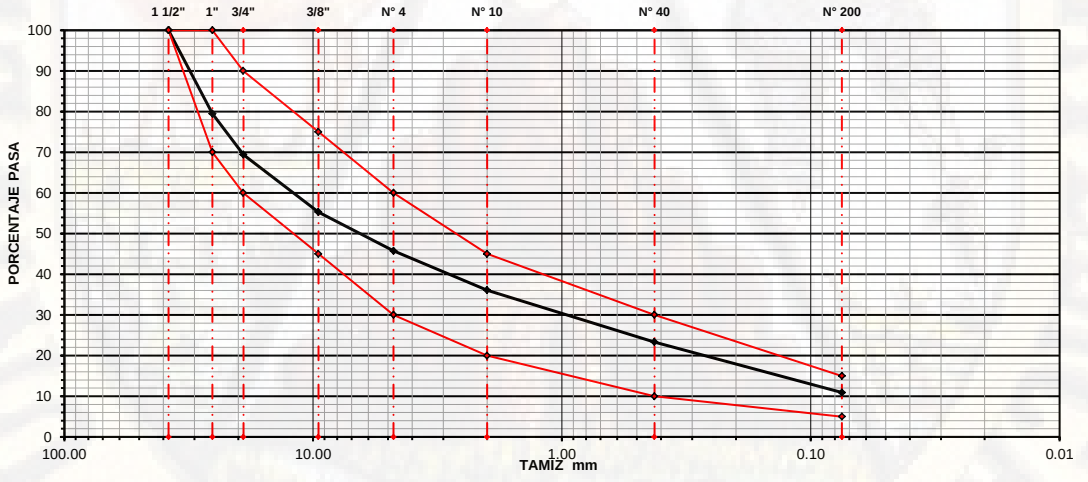
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente:	Yumbo.	Fecha:	Febrero 28 de 2017.
Material:	Especificación material de base granular tipo 1	Abscisa:	Combinación de materiales en planta la Estancia.		
Clasificación:	USC: **A - 1 - a.** AASHTO: **G - M.**	Sector:	Combinación de materiales en planta la Estancia.		
L.L.: **0.0 %.**	L.P.: **0.0 %.** I.P.: **NP.**	Procedencia:	Crudo Open Pit Mulalo + Arena, Arenera la Chivera.		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 330.2.	Muestra Nº:	1	Consecutivo Nº:	**199 - 01 BG.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1		0.0	0.0	100.0
1"	25.4		20.5	20.5	79.5
3/4"	19.1		10.1	30.6	69.4
3/8"	9.53		14.1	44.7	55.3
N° 4	4.75		9.6	54.3	45.7
N° 10	2.00		9.7	63.9	36.1
N° 40	0.425		12.7	76.7	23.3
N° 200	0.075		12.4	89.1	10.9
PASA N° 200	-		10.9	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=		
Combinación material crudo triturado en planta la Estancia y Arena la Chivera, en proporción 75% y 25% respectivamente.			%Grava=	**54.3**
			%Arena=	**34.8**
			% Finos=	**10.9**

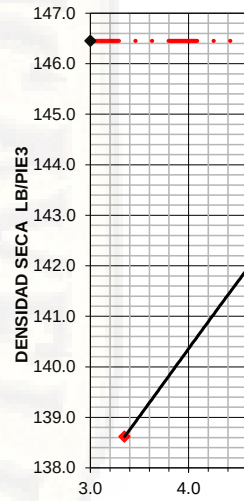
ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-54

Proyecto:	Tesis, Viabilida
Material:	Crudo Open Pit Mulalo
Clasificación:	USC:
L.L.:	**0.0 %.**
Doc. aplicable(s):	

ENSAYO DE COMPA	
Nº de golpes por capa	
Molde Nº	
Peso Molde + muestra compacta	
Peso Molde	
Peso muestra compactada	
Peso muestra compactada	
Volumen muestra compactada	
Densidad Húmeda	
Humedad	
Densidad Seca	

HUMEDAD DE COMP	
Recipiente Nº (lata)	
Peso lata + Suelo Húmedo	
Peso lata + Suelo Seco	
Peso lata	
Humedad	



OBSERVACIONES:
Densidad Kg/C

ELABORÓ:
Firma:
Nombre: Norvey Capote.

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-51	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO C.B.R. DE LABORATORIO MÉTODO I Y II	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.				Abscisa:		
Material: Crudo Open Pit Mulalo triturado + Arena la Chivera.				Profundidad (m):	2.0	
Clasificación:	USC:	**G - ML.**	AASHTO:	**A - 1 - a.**	Muestra Nº:	2
L.L.:	**0.0 %.**	L.P.:	**0.0 %.**	**IP.: 0.0 %.**	Consecutivo Nº:	**199 - 01 BG - 1.**
Fecha:	Marzo 02 de 2017.	Doc. aplicable: INV - E - 148. Art. 330.2 Tabla 300.1			Método:	I

1.0 ENSAYO DE COMPACTACIÓN						
Nº de golpes por capa		56	56	56	-	-
Molde Nº		1	2	3	-	-
Peso Molde + muestra compactada	gr.	13306	12403	13200	-	-
Peso Molde	gr.	7512	6827	7815	-	-
Peso muestra compactada	gr.	5794	5576	5385	-	-
Peso muestra compactada	lb.	12.7	12.3	11.8	-	-
Volumen muestra compactada	pie3.	0.0814	0.0827	0.0842	-	-
Densidad Húmeda	lb/opie3.	156.6	148.3	140.7	-	-
Humedad	%.	7.4	7.3	7.1	-	-
Densidad Seca	lb/opie3.	145.8	138.2	131.4	-	-

2.0 HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
Recipiente Nº (lata)		18	47	49	-	-
Peso lata + Suelo Húmedo	gr.	849.7	934.8	915.7	-	-
Peso lata + Suelo Seco	gr.	796.2	876.9	860.0	-	-
Peso lata	gr.	71.5	88.9	77.5	-	-
Humedad	%.	7.4	7.3	7.1	-	-

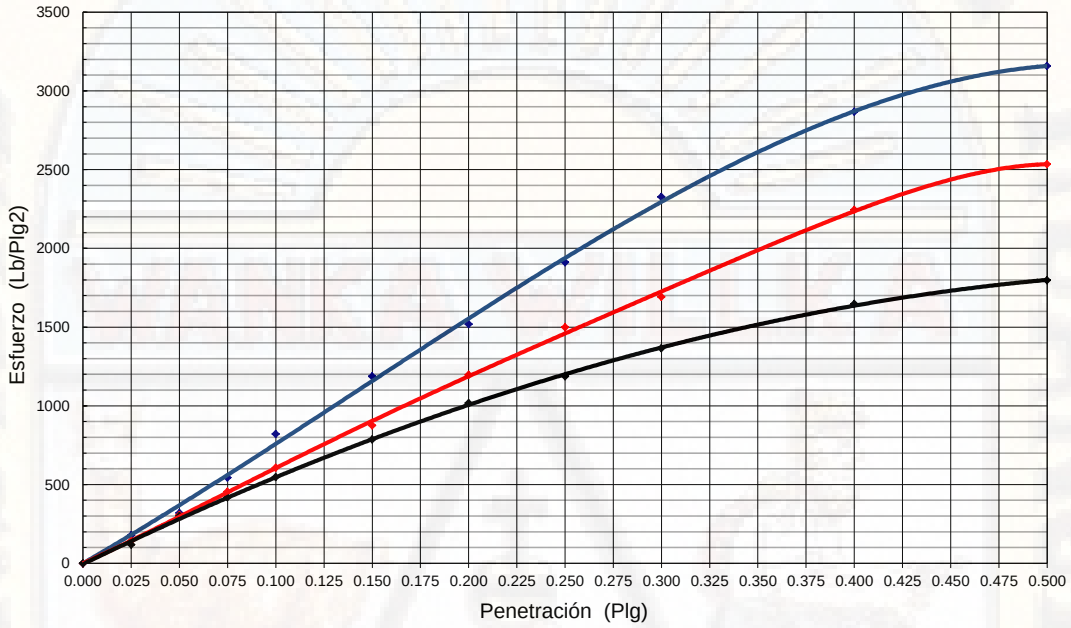
3.0 PRUEBA DE EXPANSIÓN						
Lectura Inicial en el dial (Li)	plg.	100	100	100	-	-
Lectura 2do día en el dial	plg.	102	101	101	-	-
Lectura 3er día en el dial	plg.	102	103	101	-	-
Lectura 4to día en el dial (Lf)	plg.	102	103	101	-	-
Expansión total= Lf-Li	plg.	2.0	3.0	1.0	-	-
Expansión = E. Total plg/5"x100	%.	0.04	0.06	0.02	-	-

4.0 OBSERVACIONES:

ELABORÓ:		ING. CC:
Firma:		Firma:
Nombre:	Norvey Capote G.	Nombre:
ING. RESIDENTE:		CLIENTE:
Firma:		Firma:
Nombre:		Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-49	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** RELACIÓN ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO DE C.B.R.	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Abscisa:
Descripción del material: Crudo Open Pit Mulalo triturado + Arena la Chivera.		Profundidad (m): 2.0
Clasificación:	USC: **G - ML** AASHTO: **A - 1 - a.**	Muestra Nº: 2
Fecha: Mar - 02 - 2017	Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 330.2 Tabla 300.1	Consecutivo Nº: **199 - 01 BG - 1.**



Molde Nº		1		1		1					
Nº golpes/capa		56		25		12					
Días Inmersión		4		4		4					
Penetración		Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo
mm	plg	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2
0.000	0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0				
0.630	0.025	115	176.8	90	142.9	72	118.5				
1.270	0.050	220	319.1	210	305.5	205	298.7				
1.900	0.075	385	542.7	320	454.6	293	418.0				
2.540	0.100	590	820.5	432	606.4	388	546.8				
3.170	0.150	860	1186.4	630	874.7	565	786.6				
3.810	0.200	1105	1518.4	868	1197.2	735	1017.0				
5.080	0.250	1395	1911.4	1090	1498.1	860	1186.4				
7.620	0.300	1701	2326.1	1232	1690.5	992	1365.3				
10.160	0.400	2100	2866.9	1640	2243.5	1200	1647.2				
12.700	0.500	2315	3158.2	1854	2533.5	1310	1796.3				
C.B.R. Corregido 0.1"		**82.1**		**60.6**		**54.7**					
C.B.R. Corregido 0.2"		**101.2**		**79.8**		**67.8**					

1.- Método del Ensayo:

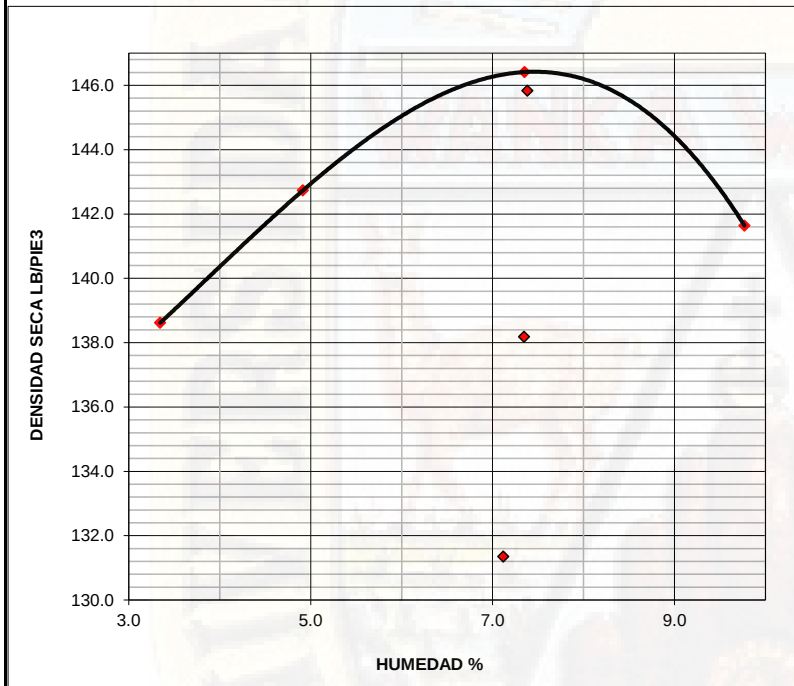
2.- Factor del anillo de carga para C.B.R. : Y=0.0182 * L + 0.2811.

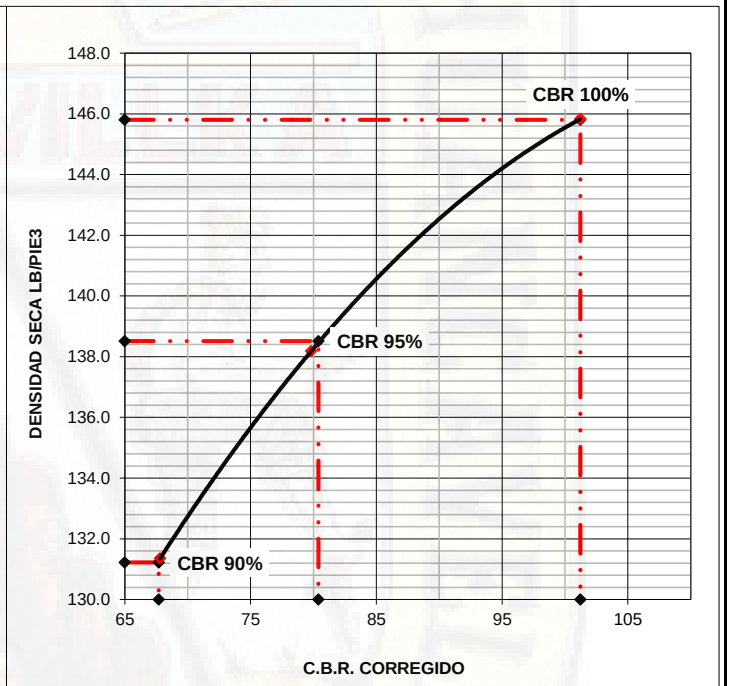
3.- Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre	Nombre

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-50	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** GRÁFICA ENSAYO C.B.R. MÉTODO I	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	Fecha: Marzo 02 de 2017.
Material: Crudo Open Pit Mulalo triturado + Arena la Chivera.	Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 330.2 Tabla 300.1	Consecutivo Nº: **199 - 01 BG - 1.**
Clasificación: USC: **G - ML.** AASHTO: **A - 2 - 6.**	Muestra Nº: 2	Profundidad (m): 0.2





1.- L.L. % 2.- L.P. % 3.- I.P. % 4.- Densidad Seca Máxima 146.5 Lb/Pie3 5.- Humedad Óptima 7.5 %

6.- Observaciones:

Densi. 100% **CBR. 101.2 %.** **ESPECIFICACIÓN CBR > 80%.**

Densi. 95% **CBR. 80.4 %.**

Densi. 90% **CBR. 67.7 %.**

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-68	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Frente:	
Material: Combinación, Crudo Open Pit Mulalo + Arena, Arenera la Chivera.	Fecha:	Marzo 07 de 2017.
Procedencia: Planta la estancia Crudo Open Pit Mulalo + Arena, Arenera la Chivera.	Muestra Nº:	2
Doc. aplicable(s): INV. - E - 227, Art. 300.2. Tabla 300.1.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 BG-1.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		1	2	3	4	5
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	gramos	gramos	3 = 2 / 1 x 100 %	%	5 = 3 x 4
1 1/2"	1"	492.0	492.0	100.0	7.6	760.0
1"	3/4"	740.0	702.0	94.9	13.9	1318.6
3/4"	1/2"	1467.0	1381.0	94.1	13.5	1270.9
1/2"	3/8"	1042.0	1042.0	100.0	13.2	1320.0
TOTALES		**3741.0**	**3617.0**	**389.0**	**48.2**	**4669.5**

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS Total Columna 5 / Total Columna 4 = **96.9** **%**

ESPECIFICACIÓN: **Mínimo:** **60** **%** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1 Peso Muestra en grs.
2 Peso Material con Caras Fracturadas en grs.
3 Caras Fracturadas de cada Fracción en %
4 Retenido de la Gradación Original en %
5 Promedio Ponderado Caras Fracturadas

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Rev. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-69	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Frente:
Material: Combinación, Crudo Open Pit Mulaló + Arena, Arenera la Chivera.	Fecha: Marzo 07 de 2017.
Procedencia: Planta la estancia Crudo Open Pit Mulaló + Arena, Arenera la Chivera.	Muestra Nº: 2
Doc. aplicable(s): INV. - E - 230. Art 300.2. Tabla 300.1.	Consecutivo Nº: **199 - 01 BG-1.**

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8
PASA	RETIENE	Total Frac. en gramos	Partíc.Largas en gramos	Partíc.Planas en gramos	(2/1) x 100	(3/1) x 100	% gradación original	Pond.Total Partíc.Alarg. (4 x 6)	Pond.Total Partíc.Aplan. (5 x 6)
1 1/2"	1"	492.0	138.5	123.5	28.2	25.1	7.6	213.9	190.8
1"	3/4"	740.0	188.7	254.0	25.5	34.3	13.9	354.5	477.1
3/4"	1/2"	1467.0	386.9	394.0	26.4	26.9	13.5	356.0	362.6
1/2"	3/8"	1042.0	243.9	235.0	23.4	22.6	13.2	309.0	297.7
3/8"	1/4"	310.0	107.0	117.0	34.5	37.7	8.8	303.7	332.1
TOTAL		**4051.0**	**1065.0**	**1123.5**	**137.9**	**146.6**	**57.0**	**1537.15**	**1660.28**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo:** **35** **%** CUMPLE (SI/NO)

íNDICE DE ALARGAMIENTO % = Total Columna 7 / Total Columna 6 = **27.0%** **%** **SI.**

íNDICE DE APLANAMIENTO % = Total Columna 8 / Total Columna 6 = **29.1%** **%** **SI.**

1 Peso Total de la Fracción en gramos.
2 Peso de las Partículas que No Pasan (Partículas Alargadas) en gramos.
3 Peso de las Partículas que Pasan (Partículas Planas) en gramos.
4 Índice de Alargamiento de cada Fracción en %.
5 Índice de Aplanamiento de cada Fracción en %.
6 Retenido en la Gradación Original en %
7 Promedio Ponderado del Índice de Alargamiento de La Fracción en %.
8 Promedio Ponderado del Índice de Aplanamiento de La Fracción en %.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey capote G	Nombre:	Nombre:	Nombre:

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR.

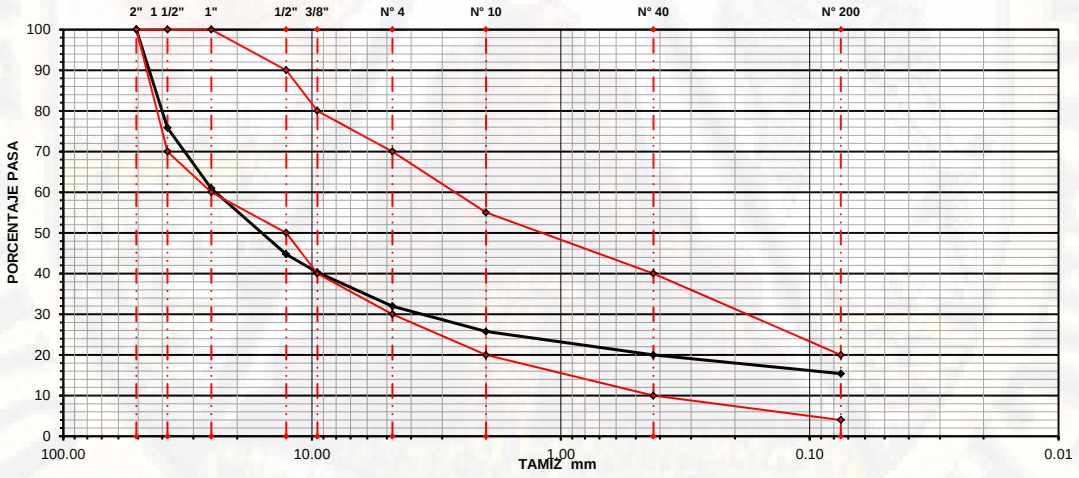
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit M	Frente:	Yumbo.	Fecha:	Febrero 22 de 2017.
Material:	Grava café grisácea, Open Pit Mulaló.	Abscisa:	Sondeos 1 y 2 y apiques 1,2,3 y 4		
Clasificación:	USC: **G - ML.** AASHTO: **A - 1 - a**	Sector:			
L.L.: **-**	L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia:	Material combinado Open Pit Mulaló.		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 320.2.	Muestra Nº:	1	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**28649** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**4409** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
2"	50.8	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	6923.0	24.2	24.2	75.8
1"	25.4	4268.0	14.9	39.1	60.9
1/2"	12.7	4644.0	16.2	55.3	44.7
3/8"	9.53	1268.0	4.4	59.7	40.3
N° 4	4.75	2387.0	8.3	68.0	32.0
N° 10	2.00	1785.0	6.2	74.3	25.7
N° 40	0.425	1649.0	5.8	80.0	20.0
N° 200	0.075	1316.0	4.6	84.6	15.4
PASA N° 200	-	4409.0	15.4	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **68.0**
			%Arena= **16.6**
			% Finos= **15.4**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

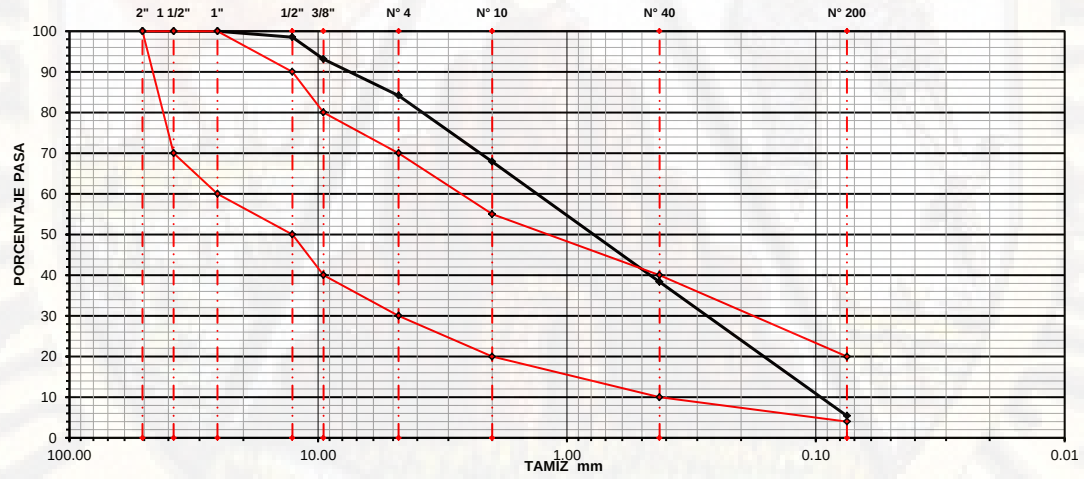
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mu	Frente: Yumbo.	Fecha: Febrero 22 de 2017.	
Material: Grava café grisácea, Open Pit Mulalo.	Abscisa: Sondeos 1 y 2 y apiques 1,2,3 y 4		
Clasificación: USC: **G - ML.** AASHTO: **A - 1 - a**	Sector:		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia: Material combinado Open Pit Mulalo.		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 320.2.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**6572** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**356** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
2"	50.8	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	97.0	1.5	1.5	98.5
3/8"	9.53	354.0	5.4	6.9	93.1
N° 4	4.75	589.0	9.0	15.8	84.2
N° 10	2.00	1068.0	16.3	32.1	67.9
N° 40	0.425	1944.0	29.6	61.7	38.3
N° 200	0.075	2164.0	32.9	94.6	5.4
PASA N° 200	-	356.0	5.4	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **15.8**
			%Arena= **78.8**
			% Finos= **5.4**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:

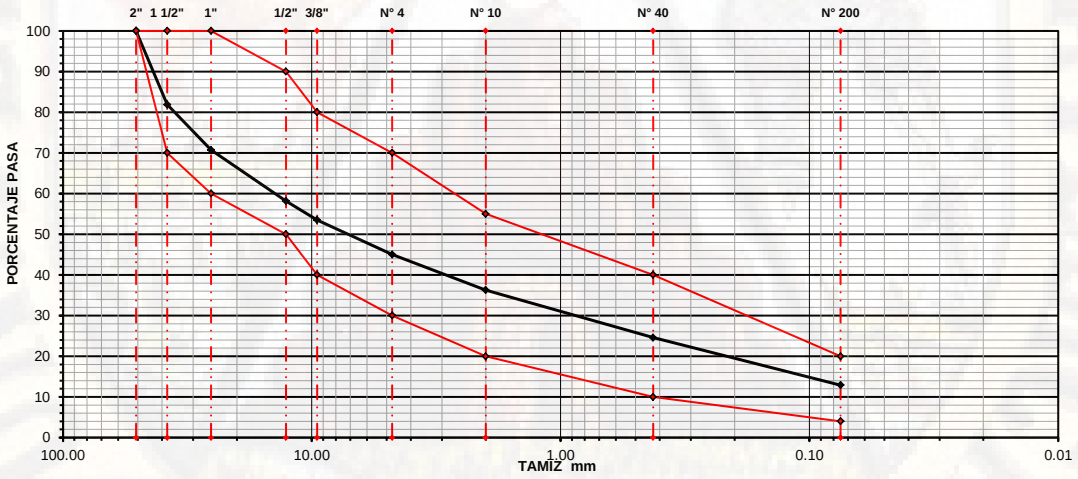
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit M	Frente:	Yumbo.	Fecha:	Febrero 22 de 2017.
Material:	Grava café grisácea, Open Pit Mulalo.		Sondeos 1 y 2 y apiques 1,2,3 y 4		
Clasificación:	USC: **G - ML.** AASHTO: **A - 1 - a**		Sector:		
L.L.: **-**	L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia: Material combinado Open Pit Mulalo.		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 320.2.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
2"	50.8		0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1		18.1	18.1	81.9
1"	25.4		11.2	29.3	70.7
1/2"	12.7		12.5	41.8	58.2
3/8"	9.53		4.7	46.5	53.5
N° 4	4.75		8.5	55.0	45.0
N° 10	2.00		8.7	63.7	36.3
N° 40	0.425		11.7	75.4	24.6
N° 200	0.075		11.7	87.1	12.9
PASA N° 200	-		12.9	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **55.0**
			%Arena= **32.1**
			% Finos= **12.9**

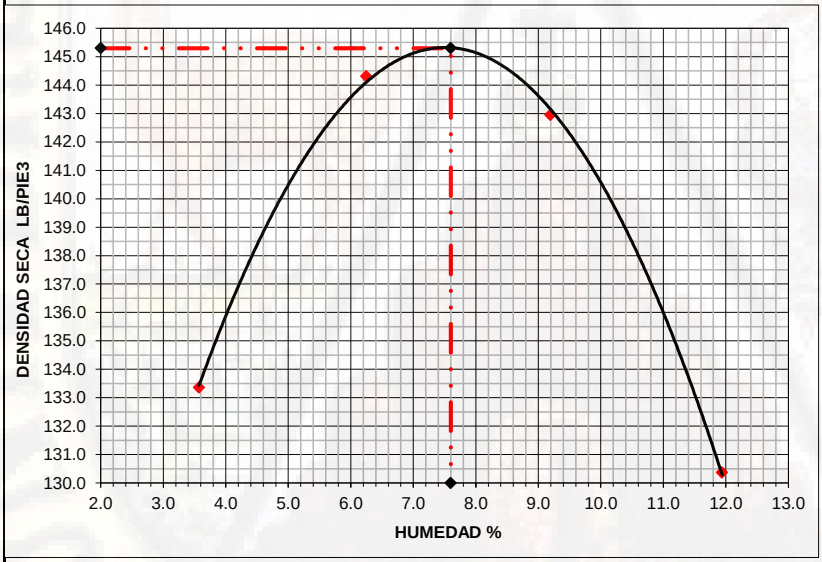
ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-54	**CSS CONSTRUCTORES S.A** ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.					Abscisa:	
Material:	Grava café grisacea, limo arcillosa.					Profundidad (m):	0.2
Clasificación:	USC:	**A - 1 - a.**	AASHTO:	**G - ML**		Muestra Nº:	1
L.L.:	**0.0 %.**	L.P.:	**0.0 %.**	**IP: 0.0 %.**		Consecutivo Nº:	**200 - 01 SBG.**
Doc. aplicable(s):		INV - E - 142				Fecha:	Mar-02-2017

ENSAYO DE COMPACTACIÓN		1	2	3	4	
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	
Molde Nº		1	1	1	1	
Peso Molde + muestra compactada	gr.	10271	10789	10883	10537	
Peso Molde	gr.	5568	5568	5568	5568	
Peso muestra compactada	gr.	4703	5221	5315	4969	
Peso muestra compactada	lb.	10.359	11.500	11.707	10.945	
Volumen muestra compactada	pie3.	0.075	0.075	0.075	0.075	
Densidad Húmeda	lb/pie3.	138.1	153.3	156.1	145.9	
Humedad	%.	3.6	6.3	9.2	11.9	
Densidad Seca	lb/pie3.	133.4	144.3	142.9	130.4	

HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
Recipiente Nº (lata)		1	2	3	4	
Peso lata + Suelo Húmedo	gr.	339.0	370.0	434.0	428.0	
Peso lata + Suelo Seco	gr.	329.0	351.0	402.0	388.0	
Peso lata	gr.	49.0	47.0	54.0	53.0	
Humedad	%.	3.6	6.3	9.2	11.9	



Humedad Óptima:	
7.6	%
Densidad Seca Máxima:	
145.3	Lb/Pie3

OBSERVACIONES:

Densidad Kg/Cm³: **2.329**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-51	**CSS CONSTRUCTORES S.A** ENSAYO C.B.R. DE LABORATORIO MÉTODO I Y II	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.			Abscisa:		
Material:	Grava café grisacea, limo arcillosa.			Profundidad (m):	0.2	
Clasificación:	USC:	**G - ML.**	AASHTO:	**A - 1 - a.**	Muestra Nº:	1
L.L.:	**0.0 %.**	L.P.:	**0.0 %.**	**IP.: 0.0 %.**	Consecutivo Nº:	**200 - 01 SBG.**
Fecha:	Mar-02-2017	Doc. aplicable: INV - E - 148. Art. 320.2 Tabla 300.1			Método:	I

1.0 ENSAYO DE COMPACTACIÓN						
Nº de golpes por capa		56	56	56	-	-
Molde Nº		1	2	3	-	-
Peso Molde + muestra compactada	gr.	13306	12371	13116	-	-
Peso Molde	gr.	7512	6827	7815	-	-
Peso muestra compactada	gr.	5794	5544	5301	-	-
Peso muestra compactada	lb.	12.7	12.2	11.7	-	-
Volumen muestra compactada	pie3.	0.0814	0.0827	0.0842	-	-
Densidad Húmeda	lb/opie3.	156.6	147.5	138.5	-	-
Humedad	%.	7.5	7.2	7.3	-	-
Densidad Seca	lb/opie3.	145.7	137.6	129.1	-	-

2.0 HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
Recipiente Nº (lata)		18	47	49	-	-
Peso lata + Suelo Húmedo	gr.	630.5	498.7	621.8	-	-
Peso lata + Suelo Seco	gr.	593.1	471.6	586.4	-	-
Peso lata	gr.	94.2	93.6	98.7	-	-
Humedad	%.	7.5	7.2	7.3	-	-

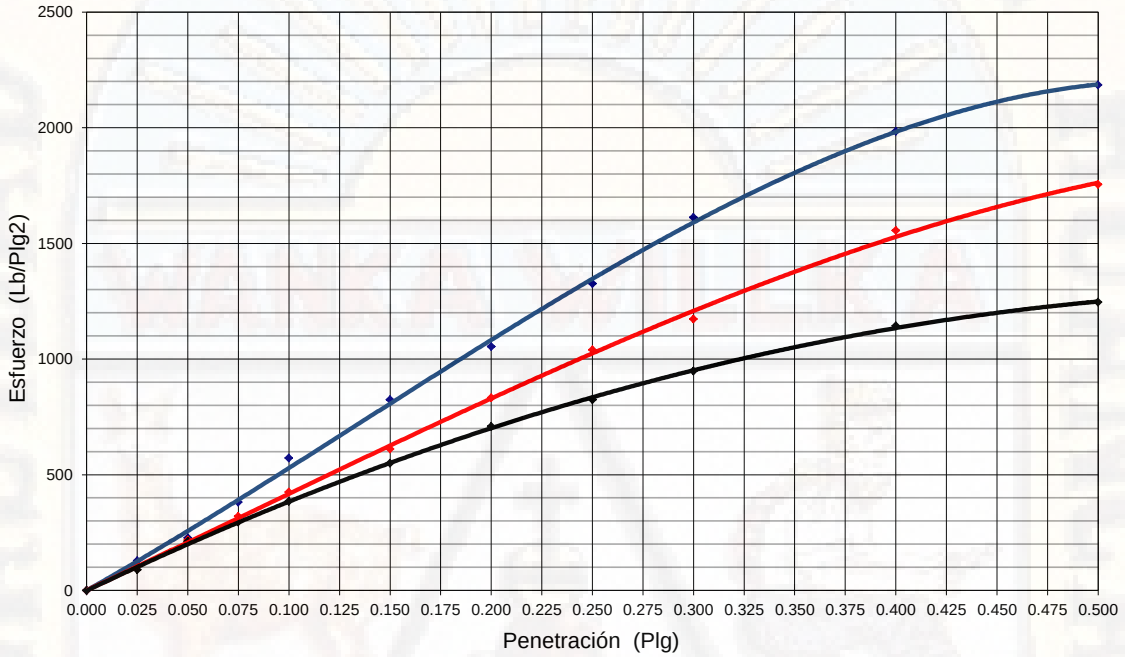
3.0 PRUEBA DE EXPANSIÓN						
Lectura Inicial en el dial (Li)	plg.	100	100	100	-	-
Lectura 2do día en el dial	plg.	102	101	101	-	-
Lectura 3er día en el dial	plg.	102	103	101	-	-
Lectura 4to día en el dial (Lf)	plg.	102	103	101	-	-
Expansión total= Lf-Li	plg.	2.0	3.0	1.0	-	-
Expansión = E. Total plg/5"x100	%.	0.04	0.06	0.02	-	-

4.0 OBSERVACIONES:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-49	**CSS CONSTRUCTORES S.A** RELACIÓN ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO DE C.B.R.	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.				Abscisa:	
Descripción del material:	Grava café grisacea, limo arcillosa.			Profundidad (m):	0.2
Clasificación:	USC: **G - ML**	AASHTO: **A - 1 - a.**		Muestra Nº:	
Fecha: Mar-02 de 2017	Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 320.2 Tabla 300.1			Consecutivo Nº: **200 - 01 SBG.**	



Molde Nº		1		1		1					
Nº golpes/capa		56		25		12					
Días Inmersión		4		4		4					
Penetración		Lect. dial Carga	Esfuerzo Lb/Plg2	Lect. dial Carga	Esfuerzo Lb/Plg2	Lect. dial Carga	Esfuerzo Lb/Plg2	Lect. dial Carga	Esfuerzo Lb/Plg2	Lect. dial Carga	Esfuerzo Lb/Plg2
mm	plg										
0.000	0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0				
0.630	0.025	79	128.0	62	105.0	50	88.7				
1.270	0.050	152	226.9	145	217.4	141	212.0				
1.900	0.075	266	381.4	221	320.4	202	294.7				
2.540	0.100	407	572.5	298	424.8	268	384.1				
3.170	0.150	593	824.6	435	610.4	390	549.5				
3.810	0.200	762	1053.6	599	832.7	507	708.0				
5.080	0.250	963	1326.0	752	1040.0	593	824.6				
7.620	0.300	1174	1611.9	850	1172.9	684	947.9				
10.160	0.400	1449	1984.6	1132	1555.0	828	1143.0				
12.700	0.500	1597	2185.2	1279	1754.2	904	1246.0				
C.B.R. Corregido 0.1"		**57.2**		**42.5**		**38.4**					
C.B.R. Corregido 0.2"		**70.2**		**55.5**		**47.2**					

1.- Método del Ensayo: |

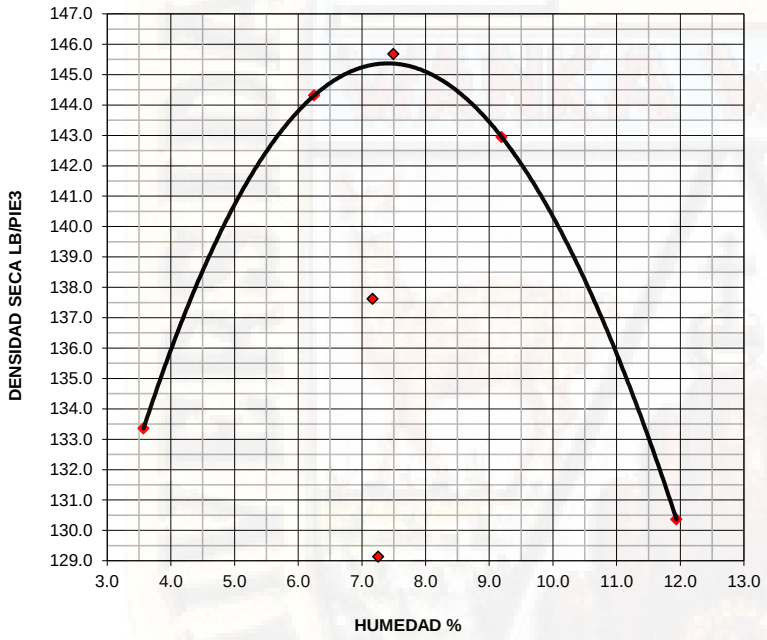
2.- Factor del anillo de carga para C.B.R. : Y=0.0182 * L + 0.2811.

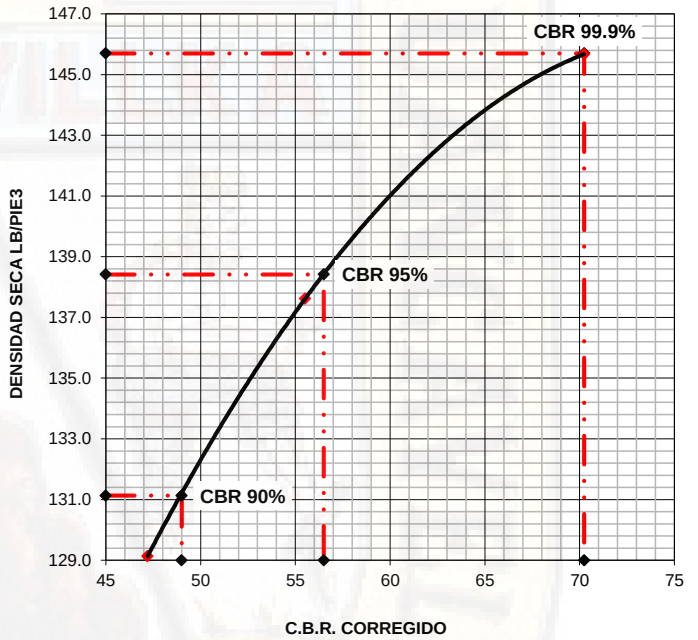
3.- Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre Enesto Riascos.	Nombre

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-50	**CSS CONSTRUCTORES S.A** GRÁFICA ENSAYO C.B.R. MÉTODO I	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.		Abscisa:	Fecha:	Marzo 06 de 2017
Material:	Grava café grisacea, limo arcillosa.		Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 320.2 Tabla 300.1	Consecutivo Nº:	**200 - 01 SBG.**
Clasificación:	USC: **G - ML.**	AASHTO: **A - 1 - a.**	Muestra Nº: 1	Profundidad (m):	0.2





1.- L.L. % 2.- L.P. % 3.- I.P. % 4.- Densidad Seca Máxima 145.9 Lb/Pie3 5.- Humedad Óptima 7.6 %

6.- Observaciones:

Densi. 100% CBR. 70.2 %. **ESPECIFICACION CBR > 30%.**

Densi. 95% CBR. 56.5 %.

Densi. 90% CBR. 49.0 %.

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No.1 31/07/2003 CSS-FDF-57	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO DE SOLIDEZ	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Fecha:	Marzo 08 de 2017.
Descripción del material:	Grava café grisacea limo arcillosa.	Consecutivo Nº:	**200 - 01 SBG.**
Procedencia:		Muestra Nº:	1
Solución utilizada:	Sulfato de sodio.	Densidad solución: 1.168 gr/cc	Nº de ciclos: 5
Documento Aplicable:	INV. - E - 220, Art. 300.2. Tabla 300.1.		

TAMAÑO DEL TAMIZ		1.- GRADACIÓN MUESTRA ORIGINAL %	PESO FRACCIONES (gr.)		4.- PÉRDIDA %	5.- PÉRDIDA CORREGIDA %
			2.- ANTES	3.- DESPUÉS	4=(2-3)/2x100	5=(1 x 4) / 100
PASA	RETIENE		DEL ENSAYO	DEL ENSAYO		
2 1/2"	2"	39.2	3209.0	2859.0	11.1	4.4
2"	1 1/2"		1543.0	1364.0		
1 1/2"	1"	27.2	1004.0	906.0	8.9	2.4
1"	3/4"		501.0	465.0		
3/4"	1/2"	20.3	305.0	276.0	9.6	1.9
1/2"	3/8"		302.0	273.0		
3/8"	Nº 4	13.3	153.0	144.0	5.9	0.8
TOTALES		**100.0**	**7017.0**	**6287.0**	**35.5**	**9.5**

ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN GRUESA = SUMA TOTAL COLUMNA 5 : 9.5 %.

ESPECIFICACIÓN:		**CUMPLE (SI/NO)**
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO:	**18 %**	
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO:	**12 %**	**SI.**

3/8"	Nº 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
Nº 4	Nº 8	16.7	152.0	129.0	15.1	2.53
Nº 8	Nº 16	16.7	151.0	132.0	12.6	2.10
Nº 16	Nº 30	16.7	150.0	135.0	10.0	1.67
Nº 30	Nº 50	16.7	151.0	141.0	6.6	1.11
Nº 50	Nº 100	33.2	100.0	99.0	1.0	0.33
Nº 100	FONDO					
TOTALES		**100.0**	**704.0**	**636.0**	**45.3**	**7.7**

ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN FINA = SUMA TOTAL COLUMNA 5: 7.7 %.

ESPECIFICACIÓN:		**CUMPLE (SI/NO)**
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO:	**18 %**	
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO:	**12 %**	**SI**

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.		Nombre:	Nombre:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
WANKA WILLKA
PERU

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-55	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ABRASIÓN DE AGREGADOS EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.				Fecha: Febrero 24 de 2016.		
Descripción del material: SUB BASE GRANULAR.				Consecutivo Nº **199 - 01 SBG.**		
Procedencia: Crudo Open Pit Mulaló, triturado en la planta la Estancia.				Muestra Nº: 1		
Doc. aplicable(s): INV. - E - 219. Art. 300.2 Tablea 300.1.						
1.- Prueba	1					
2.- Gradación usada (A, B, C, D, E, F, G)	A					
3.- Nº Esferas	12					
4.- Nº de Revoluciones	500					
5.- Peso Muestra Seca antes del ensayo gr.	5006					
6.- Peso Muestra Seca después del ensayo gr.	3658					
7.- Pérdida (5 - 6) gr.	1348					
8.- % Desgaste (7 / 5) x 100	26.9					
9.- Especificación : % menor de:	50					

Observaciones:

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES PARA EL ENSAYO

TAMAÑO		PESO Y GRANULOMETRÍAS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (GRS)						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500+ - 50		
2 1/2"	2"					2500+ - 50		
2"	1 1/2"					5000+ - 50	5000+ - 50	
1 1/2"	1"	1250 + - 25					5000+ - 25	5000+ - 25
1"	3/4"	1250 + - 25						5000+ - 25
3/4"	1/2"	1250 + - 10	2500 + -10					
1/2"	3/8"	1250 + - 10	2500 + -10					
3/8"	1/4"			2500 + -10				
1/4"	Nº 4			2500 + -10				
Nº 4	Nº 8				5000 + - 10			
TOTALES grs.		5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	100000+ -100	100000+ -75	100000+ -50
Nº DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
Nº REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

ELABORÓ	ING. CC	ING RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-76	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN APROXIMADA DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	FRENTE:			HOJA 1 DE 1
CONTROLADO POR: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.	FIRMA:	Vo.Bo.:	DOC. APLICABLES: INV. - E - 212. Art. 220. Tabla 220.1.	

FECHA	PROCEDENCIA MATERIAL	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	ELABORÓ FIRMA/NOMBRE	ING. AC/CC FIRMA/NOMBRE	ING. RESIDENTE FIRMA/NOMBRE	CLIENTE FIRMA/NOMBRE
jun-03-2013.	Agregados extraidos Open Pit Mulaló.	**Grava café grisacea limo arcillosa.**									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			

OBSERVACIONES:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-55	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Fecha:	Febrero 25 de 2017.
Descripción del material:	Grava limo arcillosa de color gris.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**
Procedencia:	Cantera la Estancia.	Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 238.		

1.- Prueba	1				
2.- Tabla N°.	1				
3.- Masa de Esferas gr.	5000 ± 5				
4.- Nº de Revoluciones	12000±100				
5.- Peso Muestra Seca antes del ensayo gr.	1500				
6.- Peso Muestra Seca después del ensayo gr.	1395.6				
7.- Pérdida (5 - 6) gr.	104.4				
8.- % Desgaste (7 / 5) x 100	7.0				
9.- Especificación : % menor de:	30				

Observaciones:

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES PARA EL ENSAYO

TAMAÑO		PESO Y GRANULOMETRÍAS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (GRS)			
PASA	RETIENE	Masa.	Tamaño menor de 19,1	Tamaño menor de 16,0	Tamaño menor de 12,5
19.1	16	Tabla 1.	375		
16	12.5		375		
12.5	9.5		750		
12.5	9.5	Tabla 2.		750	
9.5	6.3			375	
6.3	4.75			375	
9.5	6.3	Tabla 3.			750
6.3	4.75				750
MASA TOTAL. grs.			5000 ± 5	5000 ± 5	5000 ± 5
TIEMPO DE ROTACION.			120 ± 1	105 ± 1	95 ± 1
Nº REVOLUCIONES			12000 ± 100	10500 ± 100	9500 ± 100

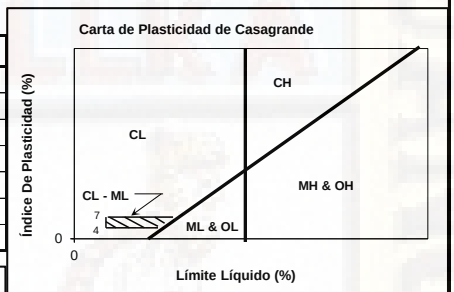
ELABORÓ	ING. CC	ING RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

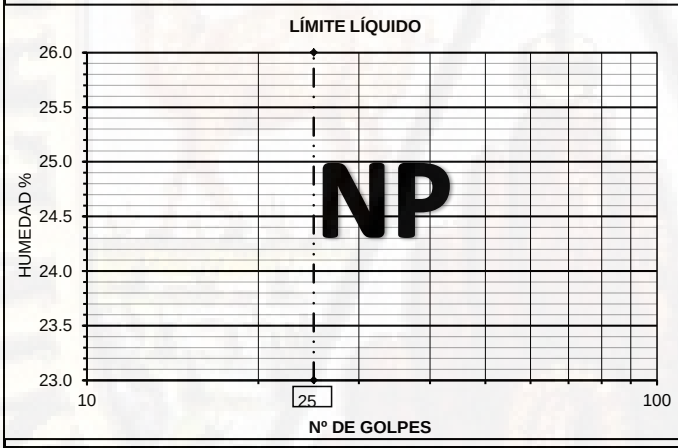
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-53	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** LÍMITES DE CONSISTENCIA (L.L. - L.P. - I.P.) Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Abscisa:	
Material:	Grava limo arcillosa de color café grisacea.	Profundidad (m):	2
Doc. aplicable(s):	INV - E - 125 , 126. Art. 220. Tabla 220.1.	Muestra Nº:	1
Fecha:	Febrero 18 de 2017.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG-1**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO					HUMEDAD NATURAL	
Número de Golpes, N	-	-	-	-	-	-
Recipiente Nº (lata)	-	-	-	-	-	-
Peso suelo humeda+lata	-	-	-	-	-	-
Peso suelo seco+lata	-	-	-	-	-	-
Peso lata	-	-	-	-	-	-
Peso suelo seco	-	-	-	-	-	-
Peso de agua	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad, %	-	-	-	-	-	-

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO			
Recipiente Nº (lata)	-	-	-
Peso suelo humeda+lata	-	-	-
Peso suelo seco+lata	-	-	-
Peso lata	-	-	-
Peso suelo seco	-	-	-
Peso de agua	-	-	-
Contenido de Humedad, %	-	-	-





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Peso Seco Inicial en gramos:		-
Peso Después de lavado en gr.:		-
TAMIZ	Peso Reten.	%PASA
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

RESULTADOS:				ESPECIFICACIÓN		CUMPLE (SI / NO)
Límite Líquido:	-	Índice Plasticidad	-	L.L. Máximo:	**40.0%**	**SI CUMPLE**
Límite Plástico:	-	Humedad Natural:	**N/A.**	I.P. Máximo:	**6.0%**	
Clasificación:				%Pasa N°200 Máximo:	**20.0 %.**	
USC:	**G - ML.**	AASHTO:	**A - 2 - 4.**			

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. N° 0 30-09-1999 CSS-FDF-58	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Fecha:	Febrero 20 de 2017.
Material:	Grava limo arcillosa de color café grisacea.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**
Procedencia:	Sondeos y apiques Open Pit Mulaló, Triturado en cantera la estancia.	Muestra Nº:	1
Doc. Aplicable(s):	INV - E - 133 Art. 300.2. Tabla 300.1.		

ENSAYO Nº	1.- LECTURA DE ARCILLA	2.- LECTURA DE ARENA	3.- EQUIVALENTE ARENA % 3 = 2 / 1 X 100
	6.2	1.7	27.4
	5.8	1.6	27.6
	5.9	1.6	27.1
		PROMEDIO.	**28**

Observaciones:

ESPECIFICACIÓN > 25 %.

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS.	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Frente:	
Material:	Grava limo arcillosa café amarillenta.	Fecha:	Febrero 27 de 2017.
Procedencia:	Agregados Open Pit Mulaló	Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 211, Art. 630.2.2.2 Tabla 630.3.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 SBG.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		1	2	3	4	5
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso inicial.	Peso final.	3 = (1 - 2) / 1 x 100 %	%	5 = 3 x 4
1 1/2"	3/4"	2165.5	2165.5	0.0	11.1	0.0
3/4"	3/8"	1356.4	1356.4	0.0	24.8	0.0
3/8"	Nº 4.	984.6	983.2	0.1	20.9	3.0
Nº 4.	Nº 16.	406.5	405.8	0.2	17.5	3.0
TOTALES		**4913.0**	**4910.9**	**0.3**	**74.3**	**6.0**

% TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES: Total Columna 5 / Total Columna 4 = **0.08** **%**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo.** **0.25 %** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1	Peso Inicial de Muestra en grs.
2	Peso Final de Muestra en grs.
3	Terrones de arcilla y partículas deleznables %.
4	Retenido de la Gradación Original en %
5	Promedio Ponderado Partículas Deleznables.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló.	Abscisa:	La Estancia.
Material:	Grava limo arcillosa café amarillenta.	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Agregados pétreos Open Pit Mulaló	Consecutivo Nº:	**200 - 01 SBG.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 224.	Fecha:	Marzo 03 de 2017.

PROCEDIMIENTO EN SECO.

ENSAYO		1	2	3		
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	3006.0	2998.0	2989.0		
Peso Molde	gr.	0.0	0.0	0.0		
Peso seco de muestra inicial	gr.	3006.0	2998.0	2989.0		
Peso seco de muestra final	gr.	2749.0	2734.0	2739.0		
Finos producidos.	gr.	257.0	264.0	250.0		
Finos producidos.	%	8.5	8.8	8.4		
Carga aplicada.	Kn.	220.0	210.0	230.0		
Carga necesaria para 10% de	Kn.	**245.4**	**229.6**	**260.4**	**245.1**	

PROCEDIMIENTO DESPUÉS DE INMERSIÓN.

ENSAYO		1	2	3		
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	3000.0	2976.0	3005.0		
Peso Molde	gr.	0.0	0.0	0.0		
Peso seco de muestra inicial	gr.	3000.0	2976.0	3005.0		
Peso seco de muestra final	gr.	2745.0	2736.0	2742.0		
Finos producidos.	gr.	255.0	240.0	263.0		
Finos producidos.	%	8.5	8.1	8.8		
Carga aplicada.	Kn.	165.0	170.0	160.0		
Carga necesaria para 10% de	Kn.	**184.8**	**197.3**	**175.7**	**185.9**	

4.0 Observaciones:

Relación húmedo / seco **75.8%**

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE TERRAPLÉN

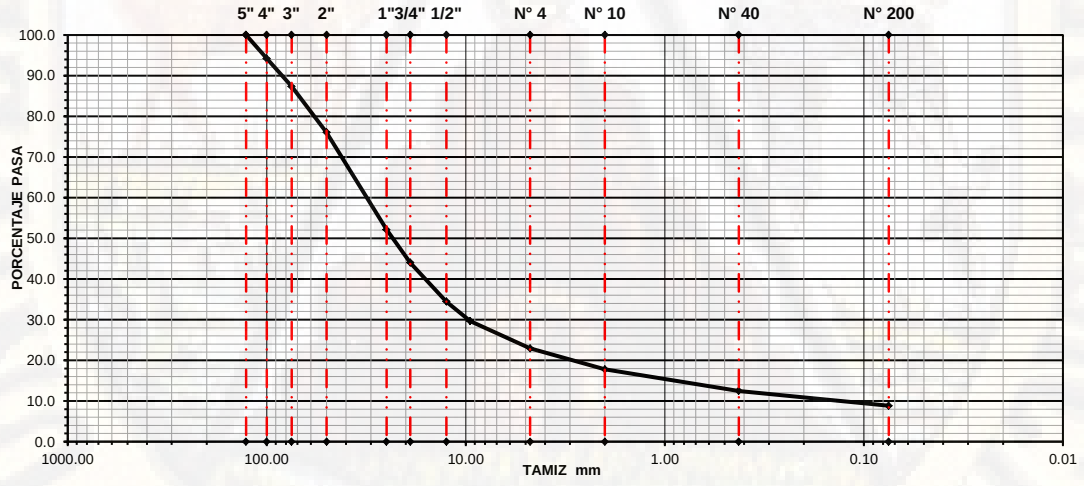
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.	Frente:	Fecha: Febrero 19 de 2017
Material: Grava angulosa, GC, de color café, TM 6" meteorizada.	Abscisa: Apique N° 1.	
Clasificación: USC: **GC.** AASHTO: **A - 2 - 4.**	Sector: Costado sur del macizo rocoso.	
L.L.: **35.3 %.** L.P.: **21.0 %.** I.P.: **14.3 %.**	Procedencia:	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 200 Tabla 220.1	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **197 - A1.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**35164** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**32063** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
5"	127.0	0.0	0.0	0.0	100.0
4"	100.0	2040.0	5.8	5.8	94.2
3"	75.0	2414.0	6.9	12.7	87.3
2"	50.0	3974.0	11.3	24.0	76.0
1"	25.0	8404.0	23.9	47.9	52.1
3/4"	19.0	2865.0	8.1	56.0	44.0
1/2"	12.5	3364.0	9.6	65.6	34.4
3/8"	9.5	1677.0	4.8	70.4	29.6
N° 4	4.75	2365.0	6.7	77.1	22.9
N° 10	2.00	1811.0	5.2	82.2	17.8
N° 40	0.425	1865.0	5.3	87.5	12.5
N° 200	0.075	1284.0	3.7	91.2	8.8
PASA N° 200	-	3101.0	8.8	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones: Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **77.1**
El material presenta bolos de TM 10" retenido en el tamiz de 5" igual al 25.6 %.	%Arena= **14.1**
	% Finos= **8.8**

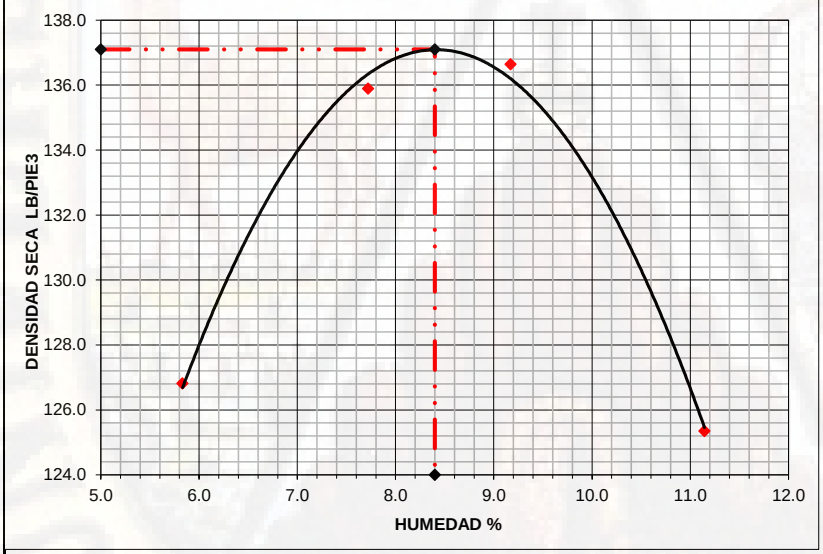
ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-54	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.				Abscisa:	Muestra A1, 2, 3 y 4	
Material: Grava angulosa, GC, de color café, TM 6" meteorizada.					Profundidad (m):	1.0	
Clasificación:	USC:	**GC.**	AASHTO:	**A - 2 - 4.**	Muestra Nº:	1	
L.L.:	L.P.:			**IP.**	Consecutivo Nº:	**197 - 01.**	
Doc. aplicable(s):	INV - E - 142				Fecha:	Febrero 23 de 2017.	

ENSAYO DE COMPACTACIÓN		1	2	3	4	
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	
Molde Nº		1	1	1	1	
Peso Molde + muestra compactada	gr.	7717	8137	8233	7893	
Peso Molde	gr.	3086	3086	3086	3086	
Peso muestra compactada	gr.	4631	5051	5147	4807	
Peso muestra compactada	lb.	10.2	11.1	11.3	10.6	
Volumen muestra compactada	pie3.	0.076	0.076	0.076	0.076	
Densidad Húmeda	lb/pie3.	134.2	146.4	149.2	139.3	
Humedad	%.	5.8	7.7	9.2	11.1	
Densidad Seca	lb/pie3.	126.8	135.9	136.6	125.3	

HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
Recipiente Nº (lata)		1	2	3	4	
Peso lata + Suelo Húmedo	gr.	471.9	519.6	419.5	595.8	
Peso lata + Suelo Seco	gr.	449.4	486.8	388.9	541.6	
Peso lata	gr.	63.6	62.0	55.3	55.3	
Humedad	%.	5.8	7.7	9.2	11.1	



Humedad Óptima:
8.4 %

Densidad Seca Máxima:
137.1 Lb/Pie3

OBSERVACIONES:

Densidad Kg/Cm³: **2.197**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-51	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ENSAYO C.B.R. DE LABORATORIO MÉTODO I Y II	

Proyecto:	Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.			Abscisa: Apiques 1, 2, 3 y 4.	
Material: Grava angulosa, GC, de color café, TM 6" meteorizada.				Profundidad (m):	2
Clasificación:	USC:	**GC.**	AASHTO:	**A - 2 - 4.**	Muestra Nº: 1
L.L.:	L.P.:			**IP.: 0.0 %.**	Consecutivo Nº: **197 - 01.**
Fecha: Febrero 23 de 2017.	Doc. aplicable:	INV - E - 148. Art. 220. Tabla 220.1.			Método: I

1.0 ENSAYO DE COMPACTACIÓN						
Nº de golpes por capa		56	56	56	-	-
Molde Nº		1	2	3	-	-
Peso Molde + muestra compactada	gr.	9928	9696	9541	-	-
Peso Molde	gr.	4399	4455	4556	-	-
Peso muestra compactada	gr.	5529	5241	4985	-	-
Peso muestra compactada	lb.	12.2	11.5	11.0	-	-
Volumen muestra compactada	pie3.	0.082	0.082	0.082	-	-
Densidad Húmeda	lb/opie3.	148.3	140.6	133.7	-	-
Humedad	%.	8.4	8.2	8.8	-	-
Densidad Seca	lb/opie3.	**136.8**	**129.9**	**123.0**	-	-

2.0 HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
Recipiente Nº (lata)		1	2	3	-	-
Peso lata + Suelo Húmedo	gr.	742.9	675.9	629.3	-	-
Peso lata + Suelo Seco	gr.	690.5	630.4	584.3	-	-
Peso lata	gr.	67.8	78.2	71.4	-	-
Humedad	%.	**8.4**	**8.2**	**8.8**	-	-

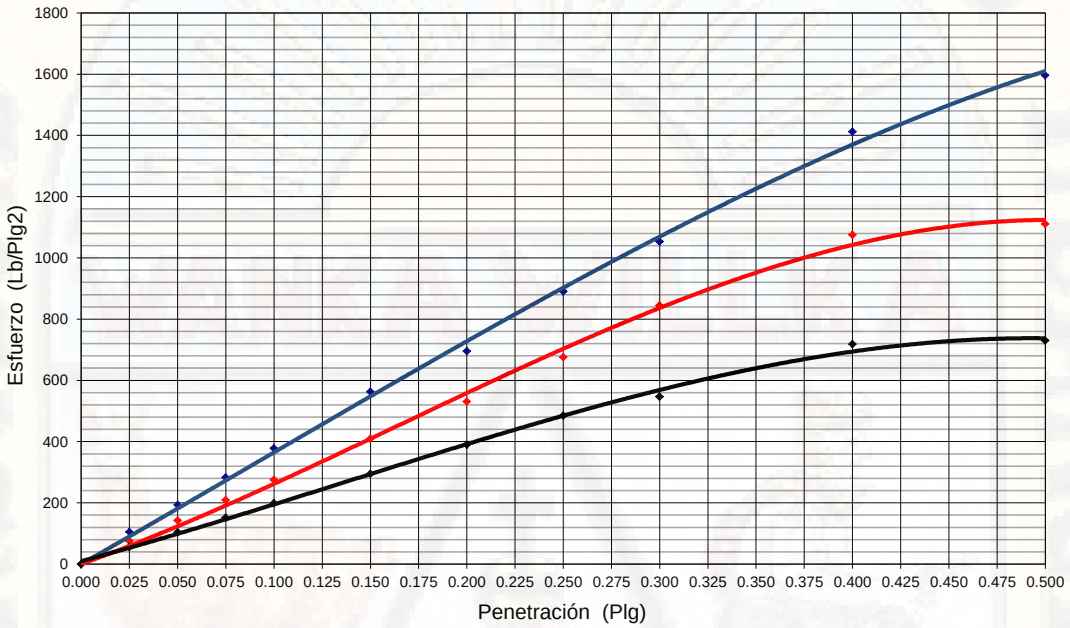
3.0 PRUEBA DE EXPANSIÓN						
Lectura Inicial en el dial (Li)	plg.	0	0	0	-	-
Lectura 2do día en el dial	plg.	37	40	45	-	-
Lectura 3er día en el dial	plg.	42	46	49	-	-
Lectura 4to día en el dial (Lf)	plg.	49	55	59	-	-
Expansión total= Lf-Li	plg.	49	55	59	-	-
Expansión = E. Total plg/5"x100	%.	**1.0**	**1.1**	**1.2**	-	-

4.0 OBSERVACIONES:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-49	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** RELACIÓN ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO DE C.B.R.	

Proyecto: Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.			Abscisa: Planta la Estancia.
Descripción del material: Grava angulosa, GC, de color café, TM 6" meteorizada.			Profundidad (m): 2.0
Clasificación:	USC: **GC.** AASHTO: **A - 2 - 4.**		Muestra Nº: 1
Fecha: Feb - 23 - 2017	Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 220. Tabla 220.1.		Consecutivo Nº: **197 - 01.**



Molde Nº		1		1		1					
Nº golpes/capa		56		25		12					
Días Inmersión		4		4		4					
Penetración		Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo	Lect. dial	Esfuerzo
mm	plg	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2	Carga	Lb/Plg2
0.000	0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0				
0.630	0.025	62	105.0	58	75.4	41	55.8				
1.270	0.050	160	193.1	116	142.4	83	104.3				
1.900	0.075	238	283.2	174	209.3	124	151.6				
2.540	0.100	320	377.8	231	275.1	165	198.9				
3.170	0.150	480	562.5	347	409.0	248	294.7				
3.810	0.200	595	695.2	452	530.2	330	389.3				
5.080	0.250	764	890.3	578	675.6	413	485.1				
7.620	0.300	905	1053.0	724	844.1	466	546.3				
10.160	0.400	1216	1411.9	924	1074.9	615	718.3				
12.700	0.500	1375	1595.4	955	1110.7	625	729.8				
C.B.R. Corregido 0.1"		37.8		27.5		19.9					
C.B.R. Corregido 0.2"		46.3		35.3		26.0					

1.- Método del Ensayo: I

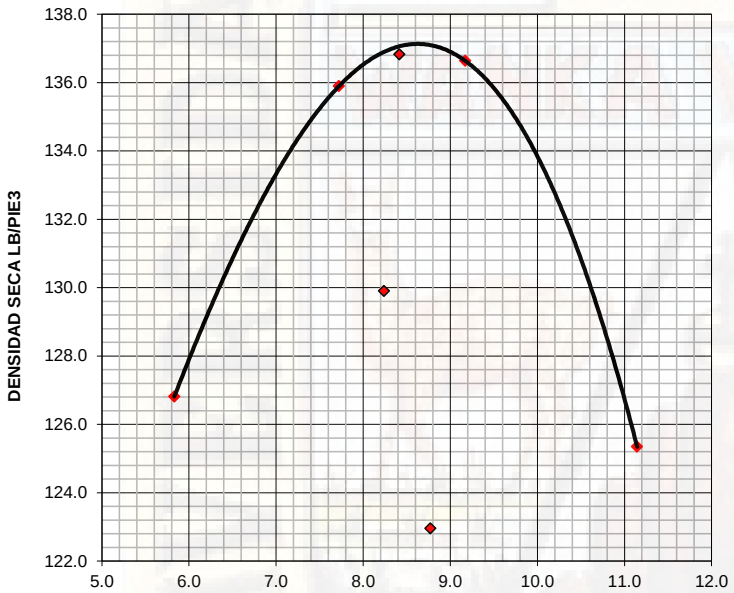
2.- Factor del anillo de carga para C.B.R. : Y=0.0155 * L + 0.1138.

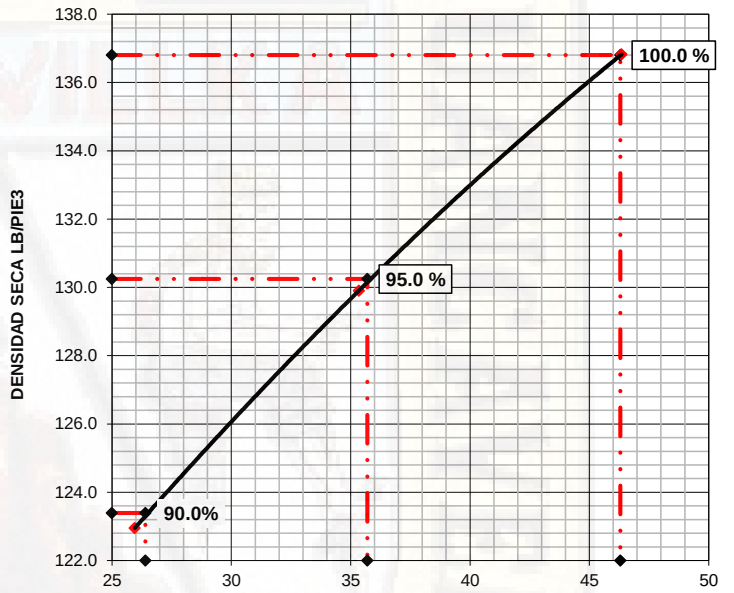
3.- Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G.	Nombre :	Nombre	Nombre

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-50	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** GRÁFICA ENSAYO C.B.R. MÉTODO I	

Proyecto:	Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.		Abscisa: Apique: 1, 2, 3 y 4.	Fecha: Febrero - 23 - 2017.	
Material:	Grava angulosa, GC, de color café, TM 6" meteorizada.		Documento aplicable: INV - E - 148. Art. 220. Tabla 220.1.	Consecutivo Nº:	**197 - 01.**
Clasificación:	USC: **GC.**	AASHTO: **A - 2 - 4.**	Muestra Nº: 1	Profundidad (m):	2.0





1.- L.L. % 2.- L.P. % 3.- I.P. % 4.- Densidad Seca Máxima 137.1 Lb/Pie3 5.- Humedad Óptima 8.4 %

6.- Observaciones: Art. 220 . Tabla 220.1.

Densi. 100 **CBR. 46.3 %.**

Densi. 95 % **CBR. 35.7 %.**

Densi. 90 % **CBR. 26.4 %.**

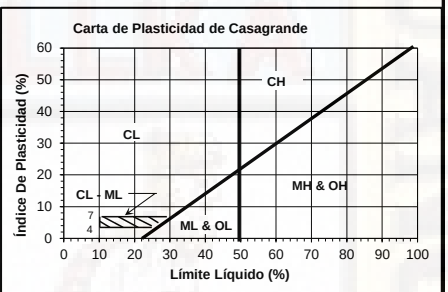
ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

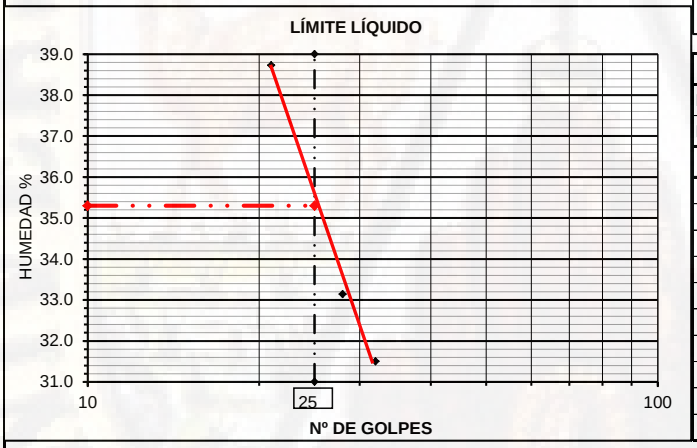
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-53	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** LÍMITES DE CONSISTENCIA (L.L. - L.P. - I.P.) Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS	

Proyecto:	Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.	Abscisa: Apique N° 1.	
Material: Grava angulosa, arcillosa, de color café, TM 6" en mediano estado de meteorización.		Profundidad (m):	2.0
Doc. aplicable(s):	INV - E - 125 , 126. Art. 220. Tabla 220.1.	Muestra Nº:	1
Fecha:	Febrero 18 de 2017.	Consecutivo Nº:	**197 - A1.**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO					HUMEDAD NATURAL	
Número de Golpes, N	32	28	21	-	-	-
Recipiente Nº (lata)	15	10	8	-	-	-
Peso suelo humeda+lata	34.75	32.42	33.59	-	-	-
Peso suelo seco+lata	30.79	28.94	27.99	-	-	-
Peso lata	18.22	18.44	13.53	-	-	-
Peso suelo seco	12.57	10.50	14.46	-	-	-
Peso de agua	4.0	3.5	5.6	-	-	-
Contenido de Humedad, %	31.5	33.1	38.7	-	-	-

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO			
Recipiente Nº (lata)	11	9	-
Peso suelo humeda+lata	27.69	28.45	-
Peso suelo seco+lata	25.84	26.65	-
Peso lata	17.41	18.18	-
Peso suelo seco	8.4	8.5	-
Peso de agua	1.85	1.8	-
Contenido de Humedad, %	21.9	21.3	-





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Peso Seco Inicial en gramos:		-
Peso Después de lavado en gr.:		-
TAMIZ	Peso Reten.	%PASA
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

RESULTADOS:				ESPECIFICACIÓN		CUMPLE (SI / NO)
Límite Líquido:	**35.3 %.**	Índice Plasticidad	**14.3 %.**	L.L. Máximo:	**30.0 %.**	
Límite Plástico:	**21.0 %.**	Humedad Natural:		I.P. Máximo:	**15.0 %.**	
Clasificación:				%Pasa N°200 Máximo:	**25.0 %.**	
USC:	**GC.**	AASHTO:	**A - 2 - 4.**			

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote G.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-76	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN APROXIMADA DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS	

PROYECTO: Viabilidad Técnica Open Pit Mulaló.	FRENTE:	HOJA 1 DE 1
CONTROLADO POR: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.	FIRMA: Vo.Bo.:	DOC. APLICABLES: INV. - E - 212. Art. 220. Tabla 220.1.

FECHA	PROCEDENCIA MATERIAL	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	FRASCO Nº / MUESTRA Nº	CUMPLE SI / NO	ELABORÓ FIRMA/NOMBRE	ING. AC/CC FIRMA/NOMBRE	ING. RESIDENTE FIRMA/NOMBRE	CLIENTE FIRMA/NOMBRE
feb-19-2017.	Apique N° 1.	Grava angulosa, arcillosa, de color café, TM 6" en mediano estado de meteorización.									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			
feb-19-2017.	Apique N° 2.	Grava angulosa, arcillosa, de color café, TM 6" en mediano estado de meteorización.									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			
feb-19-2017.	Apique N° 3.	Grava angulosa, arcillosa, de color café, TM 6" en mediano estado de meteorización.									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			
feb-19-2017.	Apique N° 4.	Grava angulosa, arcillosa, de color café, TM 6" en mediano estado de meteorización.									
		1	SI.	2	SI.	3	SI.	Norvey Capote.			

OBSERVACIONES:

RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO MATERIAL PARA PIEDRA FILTRO.

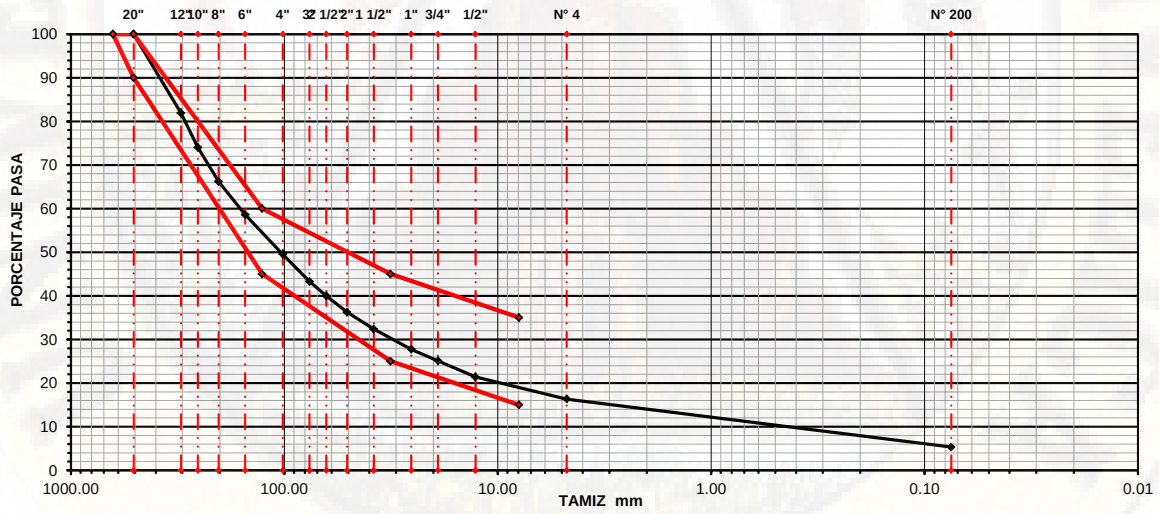
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente:	Fecha:	Marzo 28 de 2017.
Material: Grava limpia de color gris.		Abscisa:	
Clasificación: USC: **A - 2 - 4** AASHTO: **GP - GM.**		Sector:	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **-**		Procedencia: crudo open pit mulalo triturado	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 221.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 P.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**42632** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**2265** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
20"	508.0	0.0	0.0	0.0	100.0
12"	304.8	7713	18.1	18.1	81.9
10"	254.0	3357	7.9	26.0	74.0
8"	203.2	3336	7.8	33.8	66.2
6"	152.4	3228	7.6	41.4	58.6
4"	101.6	3887	9.1	50.5	49.5
3"	76.2	2659	6.2	56.7	43.3
21/2"	63.5	1410	3.3	60.0	40.0
2"	50.8	1587	3.7	63.7	36.3
1½"	38.1	1659	3.9	67.6	32.4
1"	25.4	1962	4.6	72.2	27.8
3/4"	19.05	1133	2.7	74.9	25.1
1/2"	12.7	1574	3.7	78.6	21.4
N° 4	4.75	2159	5.1	83.7	16.3
N° 200	0.075	4703	11.0	94.7	5.3
PASA N° 200	-	2265.0	5.3	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones: Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava=	**83.7**
Tamaño máximo 2/3 espesor de capa; Peso 1"<30 % y Peso Nº 200 < 10%	%Arena=	**11.0**
	% Finos=	**5.3**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE CONCRETO HIDRÁULICO.

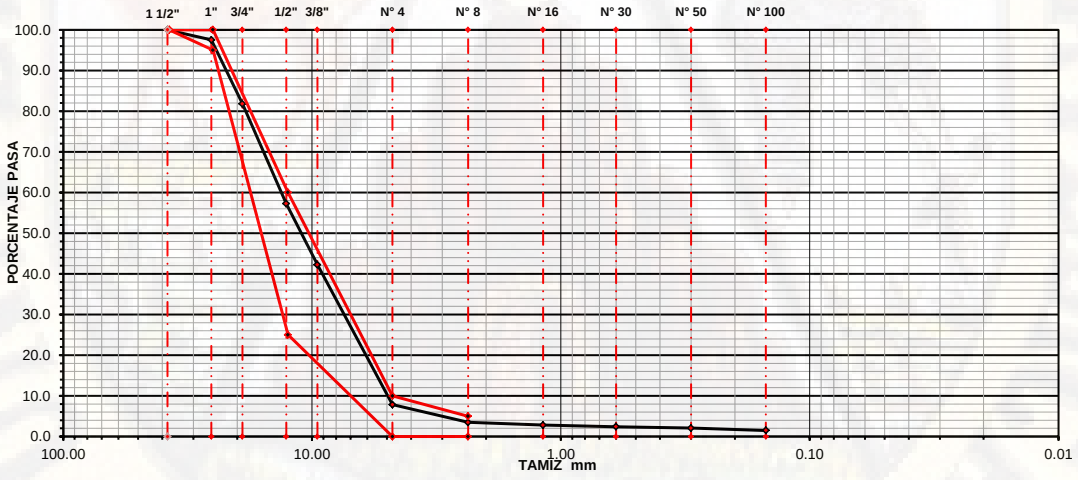
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente: Yumbo.	Fecha: Febrero 23 de 2017.	
Material: Material crudo, extraido del macizo rocoso, triturado, en planta la es	Abscisa:		
Clasificación: USC: **GP.** AASHTO: **A - 1 - a**	Sector:		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia: Crudo, extraido del macizo, triturado, en La Estancia.		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **199 - 01 CH.**	

Peso Inicial de la Muestra Seca: **5026** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **201.3** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	125.6	2.5	2.5	97.5
3/4"	19.1	789.2	15.7	18.2	81.8
1/2"	12.7	1234.0	24.6	42.8	57.2
3/8"	9.5	754.3	15.0	57.8	42.2
N° 4	4.75	1728.2	34.4	92.1	7.9
N° 8	2.36	219.0	4.4	96.5	3.5
N° 16	1.18	35.0	0.7	97.2	2.8
N° 30	0.600	19.0	0.4	97.6	2.4
N° 50	0.300	17.0	0.3	97.9	2.1
N° 100	0.150	29.0	0.6	98.5	1.5
PASA N° 100	-	75.7	1.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones: Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava=	**92.1**
MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.	%Arena=	**6.3**
	% Finos=	**1.5**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

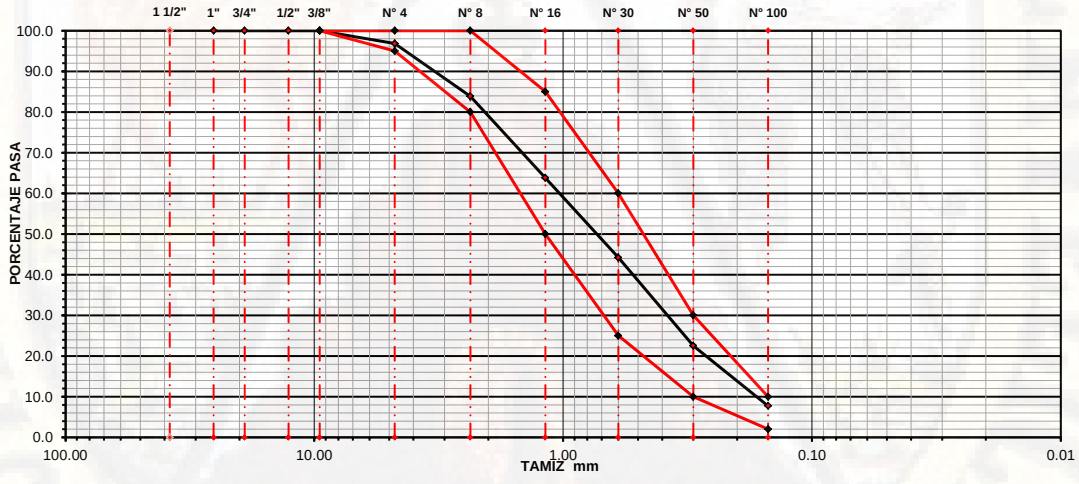
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente: Yumbo.	Fecha: Febrero 23 de 2017.	
Material: Arena Aluvial, mal gradada, limosa, de color café.	Abscisa:		
Clasificación: USC: **SP - SM.** AASHTO: **A - 1 - b.**	Sector:		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia: Arenera la Chivera.		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.3.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **199 - 01 CH.**	

Peso Inicial de la Muestra Seca: **3563** grs.		Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **275.8** grs.	

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	112.5	3.2	3.2	96.8
N° 8	2.36	462.3	13.0	16.1	83.9
N° 16	1.18	714.8	20.1	36.2	63.8
N° 30	0.600	698.2	19.6	55.8	44.2
N° 50	0.300	772.5	21.7	77.5	22.5
N° 100	0.150	526.8	14.8	92.3	7.7
PASA N° 100	-	275.8	7.7	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones: Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava=	**3.2**
MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.	%Arena=	**89.1**
	% Finos=	**7.7**
2.8 MF.		

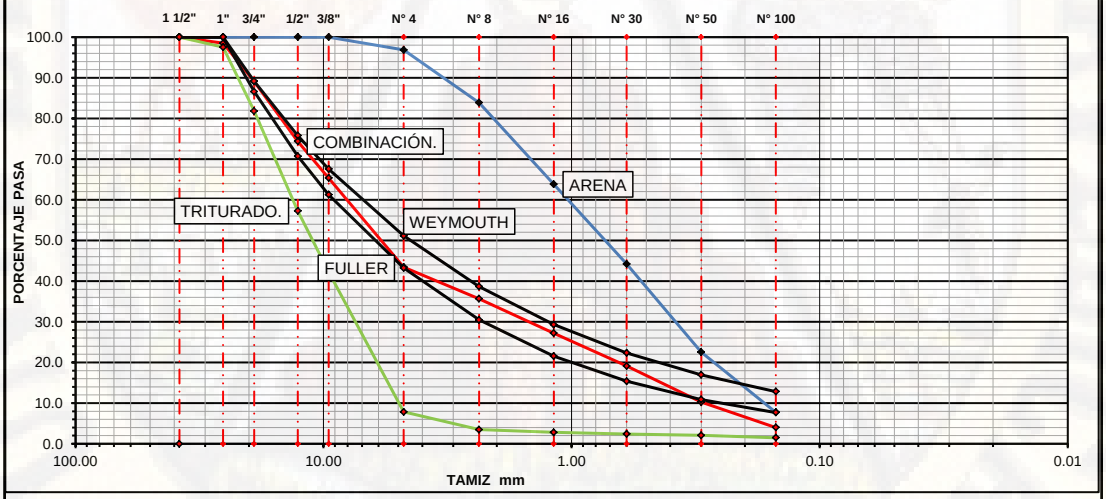
ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente: Yumbo.	Fecha: Febrero 23 de 2017.	
Material: Grava triturada, bien gradada, limosa color café grisácea.	Abscisa:		
Clasificación: USC: **GP - GM.** AASHTO: **A - 1 - b.**	Sector:		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia: Crudo open pit mulalo triturado + Arena la Chivera		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5, 500.3.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **199 - 01 CH.**	
Peso Inicial de la Muestra Seca: grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **0.0** grs.		

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1		0.0	0.0	100.0
1"	25.4		1.5	1.5	98.5
3/4"	19.1		9.4	10.9	89.1
1/2"	12.7		14.7	25.7	74.3
3/8"	9.5		9.0	34.7	65.3
N° 4	4.75		21.9	56.6	43.4
N° 8	2.36		7.8	64.4	35.6
N° 16	1.18		8.4	72.8	27.2
N° 30	0.600		8.1	80.9	19.1
N° 50	0.300		8.9	89.7	10.3
N° 100	0.150		6.3	96.0	4.0
PASA N° 100	-		4.0	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **56.6**
PROPORCIÓN DE MATERIALES.	**TRITURADO:**	**60.0 %.**	%Arena= **39.4**
	ARENA:	**40.0 %.**	% Finos= **4.0**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE VACÍOS EN AGREGADOS FINOS NO COMPACTADOS (INFLUENCIADOS POR FORMA DE PARTÍCULAS, TEXTURA DE LA SUPERFICIE Y GRADACION)	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.		Abscisa:	
Material:	Grava triturada, limosa color gris.	Muestra Nº:	1
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit mulalo triturado + Arena la Ch		Consecutivo Nº:	**199 - 01 CH.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 239 método A.	Fecha:	Marzo 05 de 2017.

Temperatura del agua ºC.	**29.3**	Densidad del agua gr / cm³.	**0.9958**
Volumen del molde ml.	**98.4**	Gravaedad especifica agreg. fino gr/cm³.	**2.835**

Fracción de tamaño individual			Masa, g
2.36 mm (No.8)	a	1.18 mm (No.16)	44
1.18 mm (No.16)	a	600 µm (No.30)	57
600 µm (No.30)	a	300 µm (No.50)	72
300 µm (No.50)	a	150 µm (No.100)	17
			190

% DE VACIOS DEL AGREGADO FINO SIN COMPACTAR.				
ENSAYO		1	2	3
Molde Nº		1	1	1
Peso Molde + vidrio.	gr.	325.3	325.3	325.3
Peso Molde + agua + vidrio.	gr.	423.3	423.3	423.3
Peso de agua.	gr.	98.0	98.0	98.0
Volumen de muestra.	cm³.	98.4	98.4	98.4
Peso molde + muestra.	gr.	431.5	429.3	429.1
Peso muestra.	gr.	106.2	104.0	103.8
% de vacios del agregado fino sin compactar.		61.9	62.7	62.8
Promedio % de vacios del agregado fino sin compactar.		**62.5**		

4.0 Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-68	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mula		Frente:	
Material: Grava triturada, limosa de color grisaceo.		Fecha:	Febrero 27 de 2017.
Procedencia: Open Pit Mulalo, triturado.		Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 227, Art. 500. Tabla 500,6.	Consecutivo Nº:	**199 - 01 CH.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		1	2	3	4	5
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	gramos	gramos	3 = 2 / 1 x 100 %	%	5 = 3 x 4
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1285.0	1260.6	98.1	14.7	1442.1
1/2"	3/8"	1257.0	1223.1	97.3	12.2	1187.1
TOTALES		**2542.0**	**2483.6**	**195.4**	**26.9**	**2629.1**

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS Total Columna 5 / Total Columna 4 = **97.7** **%**

ESPECIFICACIÓN: **Mínimo:** **60** **%** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1	Peso Muestra en grs.
2	Peso Material con Caras Fracturadas en grs.
3	Caras Fracturadas de cada Fracción en %
4	Retenido de la Gradación Original en %
5	Promedio Ponderado Caras Fracturadas

Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Rev. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-69	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	Frente: Yumbo.
Material: Material crudo, extraído del macizo rocoso, triturado, en planta la estancia.	Fecha: Febrero 27 de 2017.
Procedencia: Open Pit Mulalo, triturado.	Muestra Nº: 1
Doc. aplicable(s): INV. - E - 230. Art 630. Tabla 630,3.	Consecutivo Nº: **199 - 01 CH.**

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8
PASA	RETIENE	Total Frac. en gramos	Partíc.Largas en gramos	Partíc.Planas en gramos	(2/1) x 100	(3/1) x 100	% gradación original	Pond.Total Partíc.Alarg. (2 x 6)	Pond.Total Partíc.Aplan. (3 x 6)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1285.0	187.6	258.6	14.6	20.1	9.4	137.2	189.2
1/2"	3/8"	1257.0	219.8	245.9	17.5	19.6	14.7	257.0	287.6
3/8"	1/4"	306.0	103.2	92.7	33.7	30.3	12.2	411.5	369.6
TOTAL		**2848.0**	**510.6**	**597.2**	**65.8**	**70.0**	**36.3**	**805.73**	**846.33**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo:** **25** **%** CUMPLE (SI/NO)

íNDICE DE ALARGAMIENTO % = Total Columna 7 / Total Columna 6 = **22.2** **%** **SI.**

íNDICE DE APLANAMIENTO % = Total Columna 8 / Total Columna 6 = **23.3** **%** **SI.**

1 Peso Total de la Fracción en gramos.
2 Peso de las Partículas que No Pasan (Partículas Alargadas) en gramos.
3 Peso de las Partículas que Pasan (Partículas Planas) en gramos.
4 Índice de Alargamiento de cada Fracción en %.
5 Índice de Aplanamiento de cada Fracción en %.
6 Retenido en la Gradación Original en %
7 Promedio Ponderado del Índice de Alargamiento de La Fracción en %.
8 Promedio Ponderado del Índice de Aplanamiento de La Fracción en %.

Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey capote G	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Rev. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-69	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** MÉTODO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, ALARGADAS O PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS GRUESOS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit M	Frente: Yumbo.	Fecha: Febrero 27 de 2017.
Material: Material crudo, extraído del macizo rocoso, triturado, en planta la estancia.		Muestra Nº: 1
Procedencia: Open Pit Mulalo, triturado.		Relación de dimensiones: **5 : 1**
Doc. aplicable(s): INV. - E - 240. Art 500. Tabla 500,6.		Consecutivo Nº: **199 - 01 CH.**

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PASA	RETIENE	Peso Total partículas Fracción.	Peso Partículas Planas.	Peso Partículas Alargadas.	Peso. Planas y Alargadas.	% Partículas Planas.	% Partículas Alargadas.	% Partículas Plan y alarg.	% gradación original.	Pond.Total Partíc. Planas.	Pond.Total Partíc. Alargadas.	Pond.Total Partíc. Plan y Alarg
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1285.0	13.0	14.0	0.0	1.0	1.1	0.0	9.4	9.5	10.2	0.0
1/2"	3/8"	1257.0	5.0	6.0	10.4	0.4	0.5	0.8	14.7	5.8	7.0	12.2
3/8"	Nº4"	306.0	2.0	6.0	6.7	0.7	2.0	2.2	12.2	8.0	23.9	26.7
TOTAL		**2848.0**	**20.0**	**26.0**	**17.1**	**2.1**	**3.5**	**3.0**	**36.3**	**23.3**	**41.2**	**38.9**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo: 10 %** CUMPLE (SI/NO)

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS PLANAS: Total Columna 9 / Total Columna 8 = **0.6%**

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS LARGAS: Total Columna 10 / Total Columna 8 = **1.1%**

PORCENTAJE PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS: Total Columna 11 / Total Columna 8 = **1.1%** **SI.**

1 Numero Total de partículas en la Fracción.
2 Numero Total de partículas planas en la Fracción.
3 Numero Total de partículas alargadas en la Fracción.
4 Numero Total de partículas planas y alargadas en la Fracción.
5 Porcentaje de partículas planas en la fracción..
6 Porcentaje de partículas alargadas en la fracción..
7 Porcentaje de partículas planas y alargadas en la fracción.
8 Porcentaje retenido en la gradación original del material.
9 Porcentaje ponderado total de partículas planas en la fracción.
10 Porcentaje ponderado total de partículas alargadas en la fracción.
11 Porcentaje ponderado total de partículas planas y alargadas en la fracción.

Observaciones:

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey capote G	Nombre:	Nombre:	Nombre:

ANEXO 4
DISEÑO DE CONCRETO HIDRÁULICO

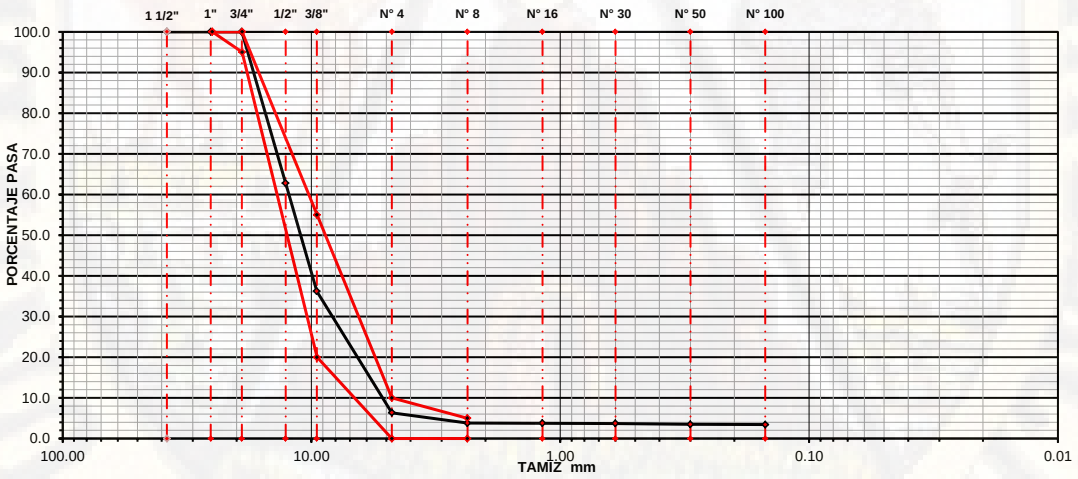
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open		Frente:	Fecha: Marzo 15 de 2017.
Material: Grava mal gradada, triturada, limosa de color gris.			Abscisa:
Clasificación:	USC: **GP.**	AASHTO: **A - 1 - a**	Sector:
L.L.: **-**	L.P.: **-**	I.P.: **NP.**	Procedencia: Material crudo, extraido del macizo rocoso, triturado, en p
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5.		Muestra Nº: 1 — Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: **2315** grs. | Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **79.0** grs.

TAMIZ Nº		PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	862.0	37.2	37.2	62.8
3/8"	9.5	615.0	26.6	63.8	36.2
N° 4	4.75	691.0	29.8	93.7	6.3
N° 8	2.36	59.0	2.5	96.2	3.8
N° 16	1.18	1.0	0.0	96.2	3.8
N° 30	0.600	1.0	0.0	96.3	3.7
N° 50	0.300	5.0	0.2	96.5	3.5
N° 100	0.150	2.0	0.1	96.6	3.4
PASA N° 100	-	79.0	3.4	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **93.7**
MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.			%Arena= **2.9**
			% Finos= **3.4**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 1
31-07-2003
CSS - DF-69

CSS CONSTRUCTORES S.A.

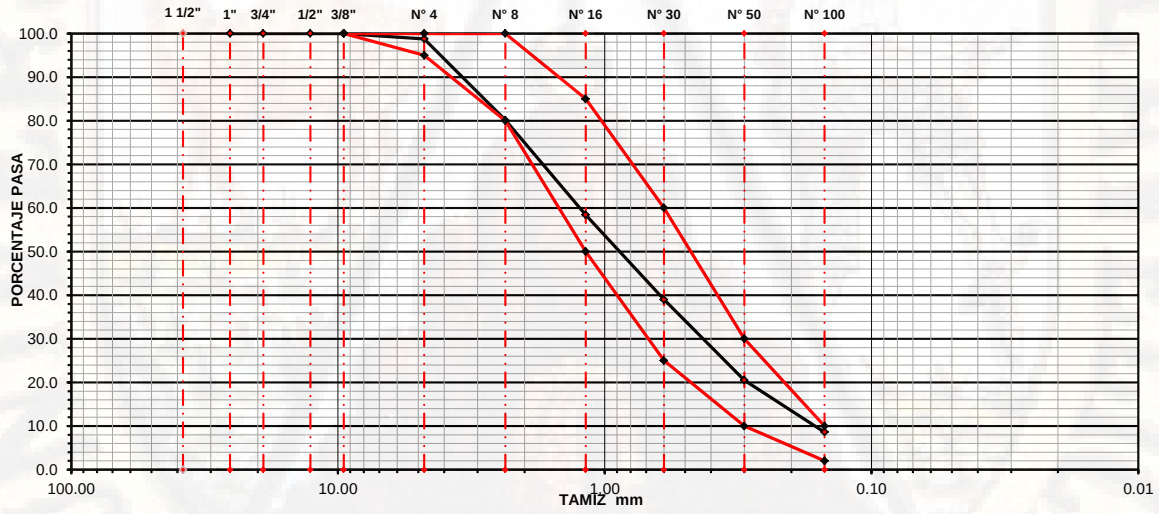
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente:	Fecha:	Marzo 15 de 2017.
Material: Arena Aluvial, mal gradada, limosa, de color café.		Abscisa:	
Clasificación: USC: **SP - SM.** AASHTO: **A - 1 - b.**		Sector:	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia:	Arena, arenera la chivera.
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.3.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: **4345** grs. | Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **374.0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	53.0	1.2	1.2	98.8
N° 8	2.36	809.0	18.6	19.8	80.2
N° 16	1.18	945.0	21.7	41.6	58.4
N° 30	0.600	843.0	19.4	61.0	39.0
N° 50	0.300	804.0	18.5	79.5	20.5
N° 100	0.150	517.0	11.9	91.4	8.6
PASA N° 100	-	374.0	8.6	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones: Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=

MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

%Grava=	**1.2**
%Arena=	**90.2**
% Finos=	**8.6**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

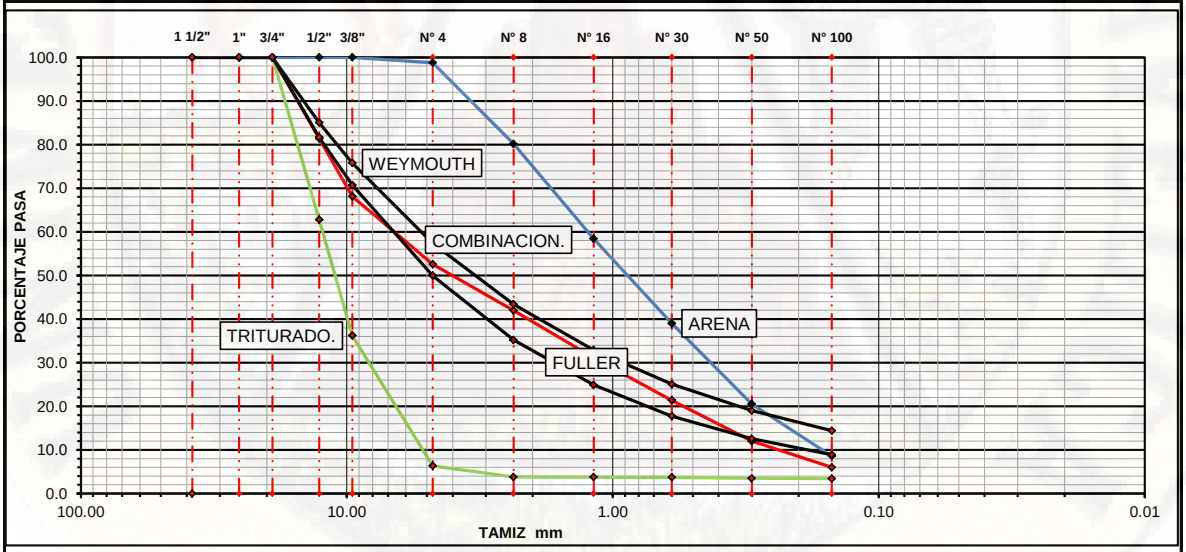
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open	Frente:	Fecha:	Marzo 15 de 2017.
Material: Grava triturada, bien gradada, limosa color café grisácea.		Abscisa:	
Clasificación: USC: **GW - GM.** AASHTO: **A - 1 - b.**		Sector:	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit mulalo tritu	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5, 500.3.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **0.0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1		0.0	0.0	100.0
1"	25.4		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7		18.6	18.6	81.4
3/8"	9.5		13.3	31.9	68.1
N° 4	4.75		15.5	47.4	52.6
N° 8	2.36		10.6	58.0	42.0
N° 16	1.18		10.9	68.9	31.1
N° 30	0.600		9.7	78.6	21.4
N° 50	0.300		9.4	88.0	12.0
N° 100	0.150		6.0	94.0	6.0
PASA N° 100	-		6.0	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **47.4**
PROPORCION DE MATERIALES.	**TRITURADO:**	**50.0 %.**	%Arena= **46.6**
	ARENA:	**50.0 %.**	% Finos= **6.0**
MODULO DE FINURA:	**4.7 MF.**		

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.

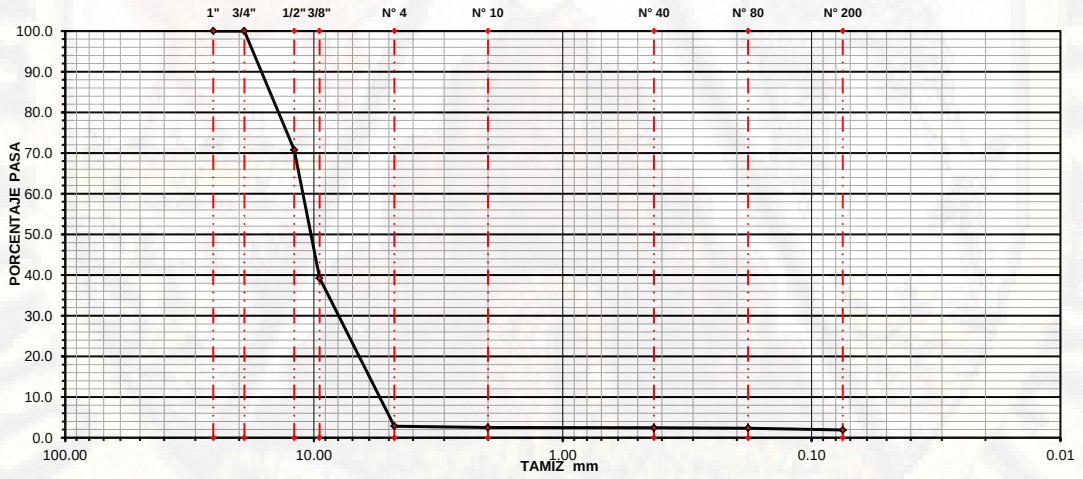
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente: Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.	
Material: TRITURADO COLOR GRIS.		Abscisa:	
Clasificación: USC: **A - 1 - a** AASHTO: **G - ML**		Sector:	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló trit	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: **1728** grs. | Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **1695** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	504.9	29.2	29.2	70.8
3/8"	9.5	545.1	31.5	60.8	39.2
N° 4	4.75	628.7	36.4	97.1	2.9
N° 10	2.00	6.0	0.3	97.5	2.5
N° 40	0.43	0.9	0.1	97.5	2.5
N° 80	0.180	1.7	0.1	97.6	2.4
N° 200	0.075	7.8	0.5	98.1	1.9
Pasa 200.	-	32.9	1.9	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **97.1**
			%Arena= **0.9**
			% Finos= **1.9**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

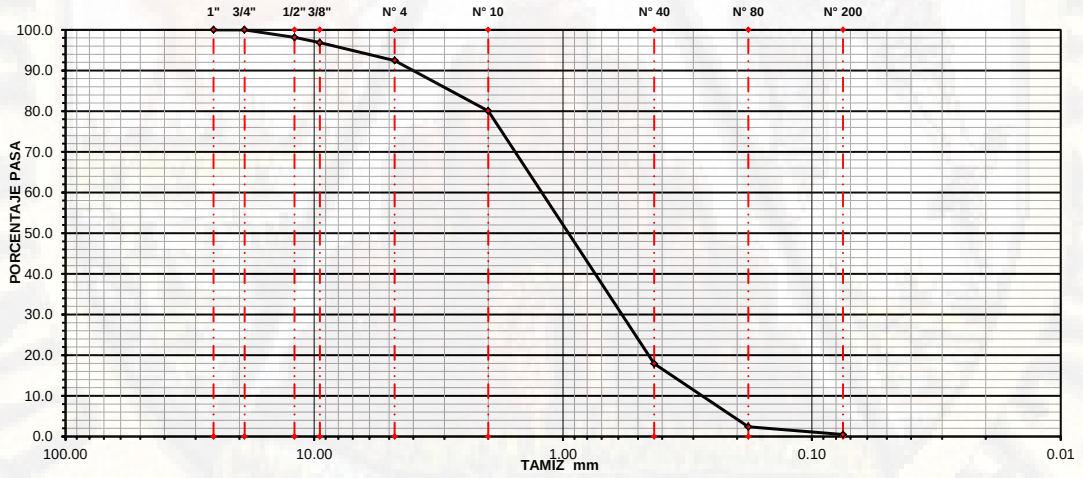
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente: Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.	
Material: ARENA CAFÉ GRANO MEDIO.	Abscisa: 0		
Clasificación: USC: **A - 1 - b** AASHTO: **S - ML**	Sector: **17-00**		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia:		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: **2141** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **2131** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	39.8	1.9	1.9	98.1
3/8"	9.5	27.9	1.3	3.2	96.8
N° 4	4.75	94.1	4.4	7.6	92.4
N° 10	2.00	264.8	12.4	19.9	80.1
N° 40	0.43	1331.0	62.2	82.1	17.9
N° 80	0.180	332.3	15.5	97.6	2.4
N° 200	0.075	40.9	1.9	99.5	0.5
Pasa 200.	-	10.2	0.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **7.6**
			%Arena= **92.0**
			% Finos= **0.5**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

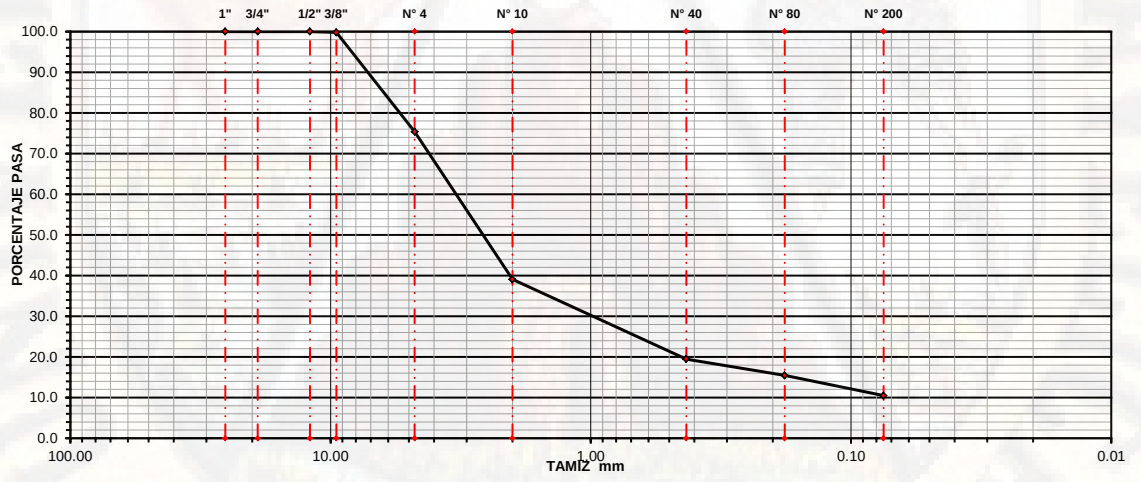
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente: Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.	
Material: POLVILLO 3/8"	Abscisa: 0		
Clasificación: USC: **A - 1 - a** AASHTO: **S - ML**	Sector: **17-00**		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia:		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: **1942** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **1739** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	3.9	0.2	0.2	99.8
N° 4	4.75	474.6	24.4	24.6	75.4
N° 10	2.00	705.0	36.3	60.9	39.1
N° 40	0.43	380.8	19.6	80.6	19.4
N° 80	0.180	77.7	4.0	84.6	15.4
N° 200	0.075	96.5	5.0	89.5	10.5
Pasa 200.	-	203.5	10.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **24.6**
			%Arena= **64.9**
			% Finos= **10.5**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

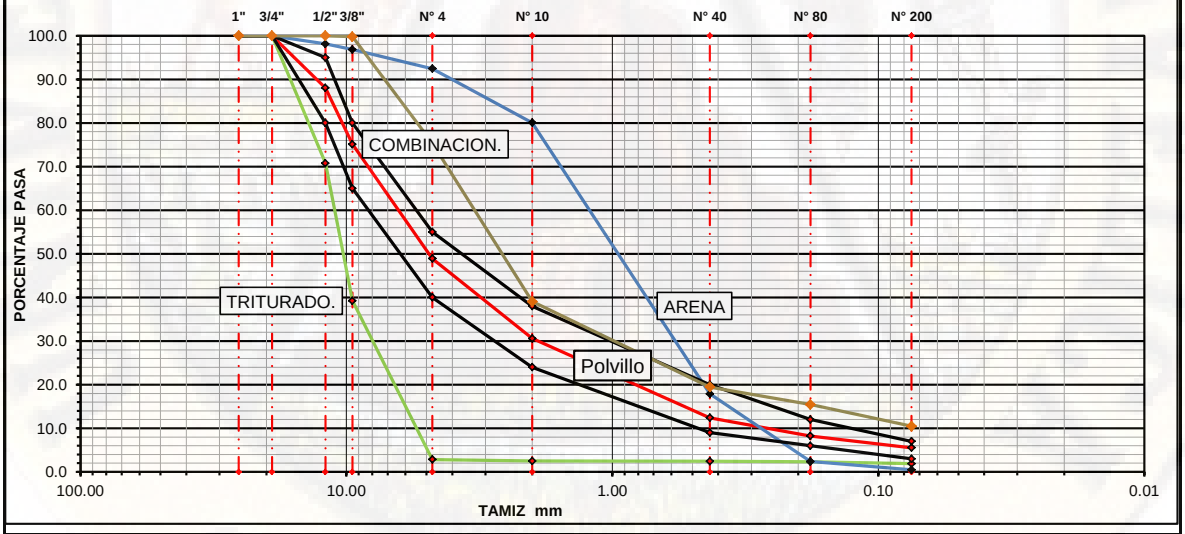
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente: Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.	
Material: MATERIAL COMBINADO PARA MDC - 2.	Abscisa: 0		
Clasificación: USC: **A - 1 - a** AASHTO: **S - ML**	Sector: **17-00**		
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**	Procedencia: Cantera la Estancia + Cantera Rosario.		
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2.**	

Peso Inicial de la Muestra Seca: grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0		12.0	12.0	88.0
3/8"	9.5		12.9	24.9	75.1
N° 4	4.75		26.2	51.1	48.9
N° 10	2.00		18.3	69.4	30.6
N° 40	0.43		18.2	87.6	12.4
N° 80	0.180		4.2	91.7	8.3
N° 200	0.075		2.7	94.5	5.5
Pasa 200.	-		5.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **51.1**
PROPORCION DE MATERIALES.	**TRITURADO OPEN PIT Mulaló**	**40.0 %.**	%Arena= **43.4**
	ARENA ROSARIO:	**15.0 %.**	% Finos= **5.5**
	POLVILLO 3/8"	**45.0 %.**	

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.

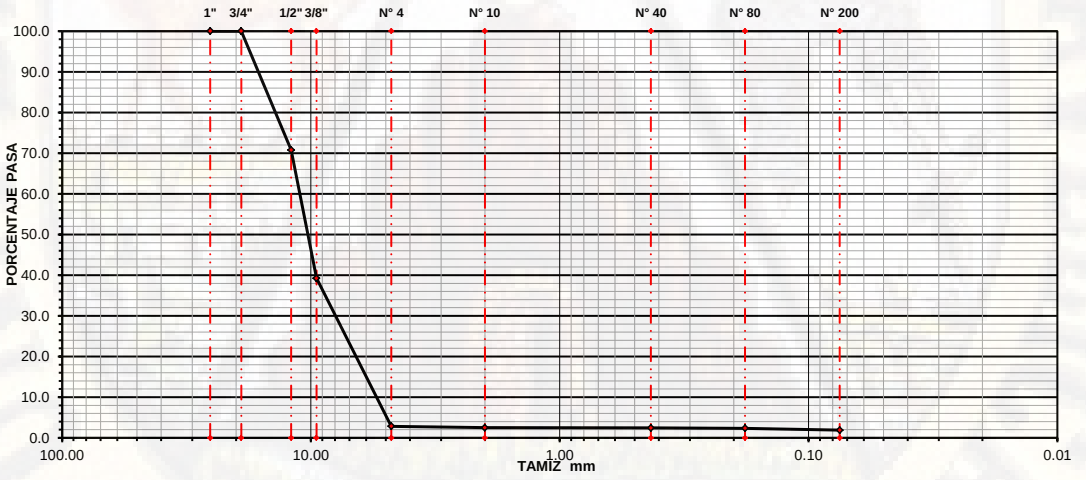
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper		Frente:	Yumbo.	Fecha:	Marzo 06 de 2017.
Material: TRITURADO COLOR GRIS.			Abscisa:		
Clasificación:	USC: **A - 1 - a**	AASHTO: **G - ML**	Sector:		
L.L.: **-**	L.P.: **-**	I.P.: **NP.**	Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló tritu		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**1728** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**1695** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	504.9	29.2	29.2	70.8
3/8"	9.5	545.1	31.5	60.8	39.2
N° 4	4.75	628.7	36.4	97.1	2.9
N° 10	2.00	6.0	0.3	97.5	2.5
N° 40	0.43	0.9	0.1	97.5	2.5
N° 80	0.180	1.7	0.1	97.6	2.4
N° 200	0.075	7.8	0.5	98.1	1.9
Pasa 200.	-	32.9	1.9	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **97.1**
			%Arena= **0.9**
			% Finos= **1.9**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

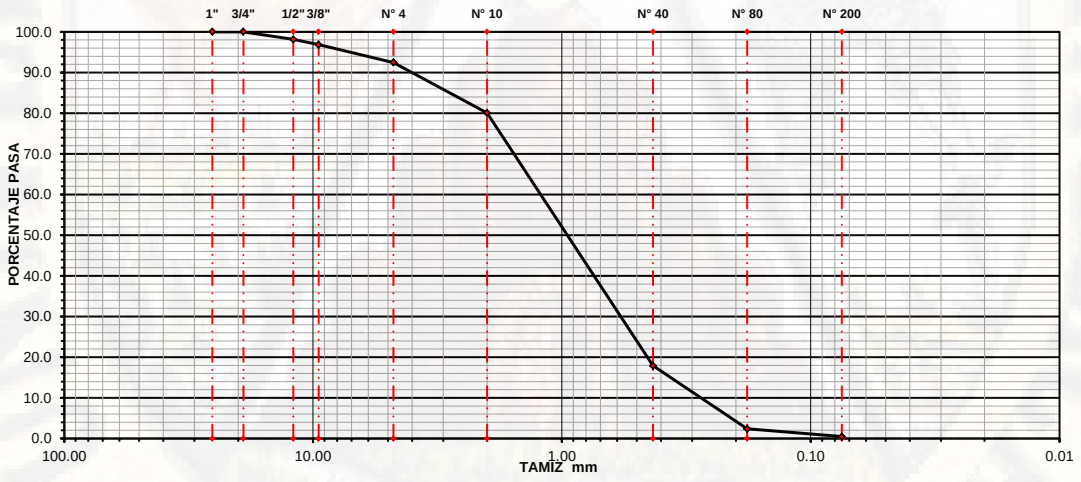
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper		Frente:	Yumbo.	Fecha:	Marzo 06 de 2017.
Material: ARENA CAFÉ GRANO MEDIO.			Abscisa: 0		
Clasificación:	USC: **A - 1 - b**	AASHTO: **S - ML**	Sector: **17-00**		
L.L.: **-**	L.P.: **-**	I.P.: **NP.**	Procedencia:		
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**2141** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**2131** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	39.8	1.9	1.9	98.1
3/8"	9.5	27.9	1.3	3.2	96.8
N° 4	4.75	94.1	4.4	7.6	92.4
N° 10	2.00	264.8	12.4	19.9	80.1
N° 40	0.43	1331.0	62.2	82.1	17.9
N° 80	0.180	332.3	15.5	97.6	2.4
N° 200	0.075	40.9	1.9	99.5	0.5
Pasa 200.	-	10.2	0.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **7.6**
			%Arena= **92.0**
			% Finos= **0.5**

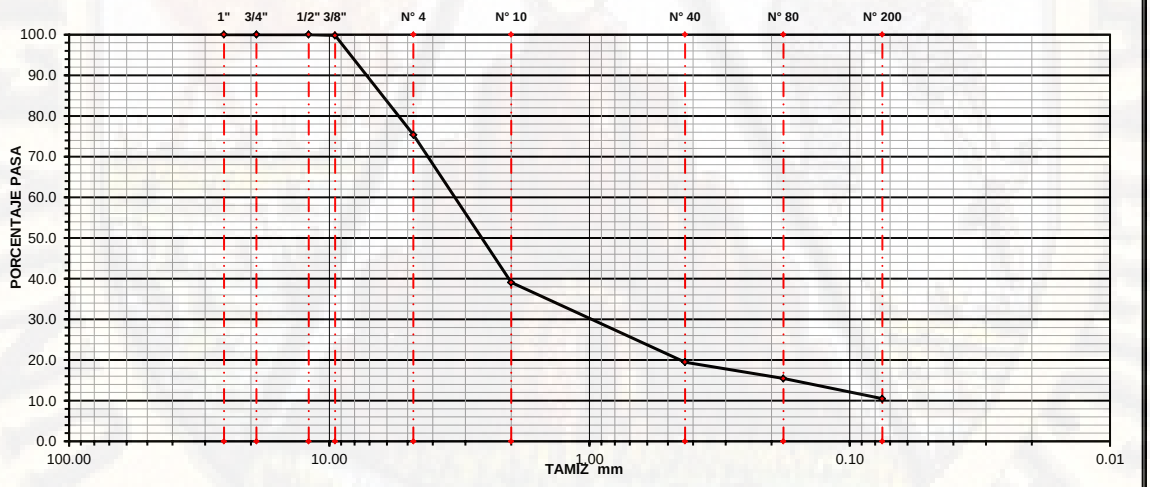
ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente:	Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.
Material: POLVILLO 3/8"		Abscisa: 0	
Clasificación: USC: **A - 1 - a** AASHTO: **S - ML**		Sector: **17-00**	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia:	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2.**
Peso Inicial de la Muestra Seca: **1942** grs.		Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**1739** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	3.9	0.2	0.2	99.8
N° 4	4.75	474.6	24.4	24.6	75.4
N° 10	2.00	705.0	36.3	60.9	39.1
N° 40	0.43	380.8	19.6	80.6	19.4
N° 80	0.180	77.7	4.0	84.6	15.4
N° 200	0.075	96.5	5.0	89.5	10.5
Pasa 200.	-	203.5	10.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **24.6**
			%Arena= **64.9**
			% Finos= **10.5**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

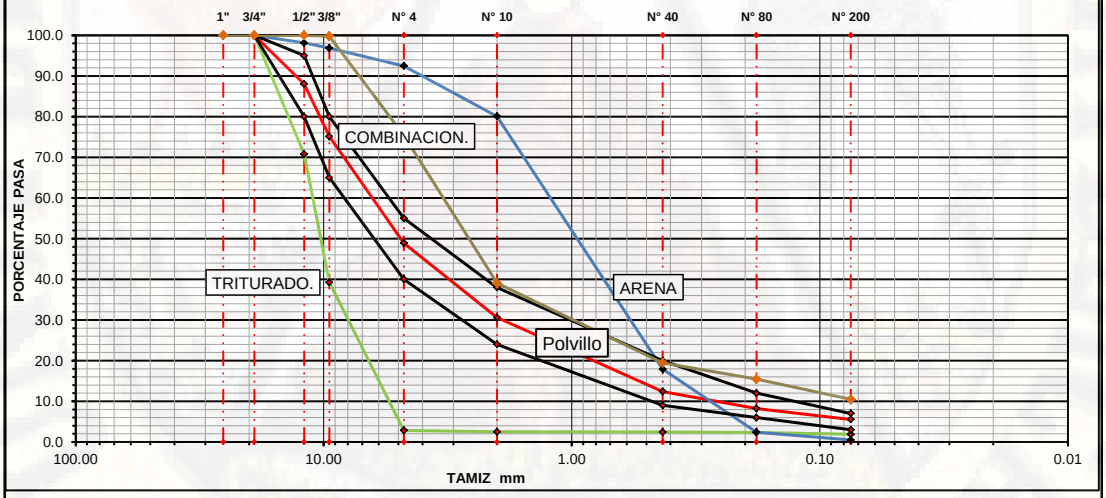
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente: Yumbo.	Fecha: Marzo 06 de 2017.	
Material: MATERIAL COMBINADO PARA MDC - 2.		Abscisa: 0	
Clasificación: USC: **A - 1 - a** AASHTO: **S - ML**		Sector: **17-00**	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia: Cantera la Estancia + Cantera Rosario.	
Doc. aplicable(s): INV - E - 123, INV. - E - 213. Articulo 450.2.1.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	25.4		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.0		12.0	12.0	88.0
3/8"	9.5		12.9	24.9	75.1
N° 4	4.75		26.2	51.1	48.9
N° 10	2.00		18.3	69.4	30.6
N° 40	0.43		18.2	87.6	12.4
N° 80	0.180		4.2	91.7	8.3
N° 200	0.075		2.7	94.5	5.5
Pasa 200.	-		5.5	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **51.1**
PROPORCION DE MATERIALES.	**TRITURADO OPEN PIT Mulaló**	**40.0 %.**	%Arena= **43.4**
	ARENA ROSARIO:	**15.0 %.**	% Finos= **5.5**
	POLVILLO 3/8"	**45.0 %.**	

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	Planta La Estancia.
Material:	Arena Aluvial, limosa, color café grisácea.	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Cantera el Chirringo.	Consecutivo Nº:	**154 - 01 A.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 217.	Fecha:	Junio 19 de 2013.

MASA UNITARIA SUELTA.

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	8513.0	8536.0	8551.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	2946.0	2969.0	2984.0		
Peso muestra	lb.	6.5	6.5	6.6		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	85.83	86.50	86.94		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.376**	**1.386**	**1.393**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.	**86.42**				
Promedio M.U.S.	g/cm^3.	**1.385**				

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO		-	-	-		
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	8879.0	8861.0	8883.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	3312.0	3294.0	3316.0		
Peso muestra	lb.	7.3	7.3	7.3		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	96.49	95.97	96.61		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**1.546**	**1.538**	**1.548**		
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.	**96.36**				
Promedio M.U.C.	g/cm^3.	**1.544**				

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre: Luis Gabriel Moncayo
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre: Ernesto Riascos.	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	Planta La Estancia.
Material:	Triturado 3/4".	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Cantera La Estancia.	Consecutivo Nº:	**154 - 01 T.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 217.	Fecha:	Junio 19 de 2013.

MASA UNITARIA SUELTA.

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	8641.0	8697.0	8672.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	3074.0	3130.0	3105.0		
Peso muestra	lb.	6.8	6.9	6.8		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	89.56	91.19	90.46		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.435**	**1.461**	**1.450**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.	**90.41**				
Promedio M.U.S.	g/cm^3.	**1.449**				

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	9118.0	9099.0	9139.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	3551.0	3532.0	3572.0		
Peso muestra	lb.	7.8	7.8	7.9		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	103.46	102.90	104.07		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**1.658**	**1.649**	**1.668**		
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.	**103.48**				
Promedio M.U.C.	g/cm^3.	**1.658**				

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:		ING. CC:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Norvey Capote González.	Nombre:	Luis Gabriel Moncayo
ING. RESIDENTE:		CLIENTE:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Ernesto Riascos.	Nombre:	

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	
Material:	Grava limo arenosa color café grisacea.	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la C	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 217.	Fecha:	Marzo 02 de 2017.

MASA UNITARIA SUELTA.

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	9035.0	9056.0	9072.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	3468.0	3489.0	3505.0		
Peso muestra	lb.	7.6	7.7	7.7		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	101.04	101.65	102.12		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.619**	**1.629**	**1.637**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.	**101.60**				
Promedio M.U.S.	g/cm^3.	**1.628**				

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO						
Molde Nº		9562.0	9485.0	9497.0		
Peso Molde + muestra	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso Molde	gr.	3995.0	3918.0	3930.0		
Peso muestra	gr.	8.8	8.6	8.7		
Peso muestra	lb.	0.076	0.076	0.076		
Volumen muestra	pie^3.	116.39	114.15	114.50		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	**1.865**	**1.829**	**1.835**		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**115.01**				
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.	**1.843**				
Promedio M.U.C.	g/cm^3.	**-**				

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE MASAS UNITARIAS EN EL LABORATORIO	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	Planta La Estancia.
Material:	Polvillo Triturado 3/8".	Muestra Nº:	1
Procedencia:	Cantera La Estancia.	Consecutivo Nº:	**154 - 01 P.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 217.	Fecha:	Junio 19 de 2013.

MASA UNITARIA SUELTA.

ENSAYO						
Molde Nº		1	2	3		
Peso Molde + muestra	gr.	8973.0	8924.0	8952.0		
Peso Molde	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso muestra	gr.	3406.0	3357.0	3385.0		
Peso muestra	lb.	7.5	7.4	7.5		
Volumen muestra	pie^3.	0.076	0.076	0.076		
Masa Unitaria Suelto	lb/pie^3.	99.23	97.81	98.62		
Masa Unitaria Suelto	g/cm^3.	**1.590**	**1.567**	**1.580**		
Promedio M.U.S.	lb/pie^3.	**98.55**				
Promedio M.U.S.	g/cm^3.	**1.579**				

MASA UNITARIA COMPACTA

Método Utilizado						
ENSAYO						
Molde Nº		9332.0	9326.0	9351.0		
Peso Molde + muestra	gr.	5567.0	5567.0	5567.0		
Peso Molde	gr.	3765.0	3759.0	3784.0		
Peso muestra	gr.	8.3	8.3	8.3		
Peso muestra	lb.	0.076	0.076	0.076		
Volumen muestra	pie^3.	109.69	109.52	110.25		
Masa Unitaria Compacta	lb/pie^3.	**1.758**	**1.755**	**1.767**		
Masa Unitaria Compacta	g/cm^3.	**109.82**				
Promedio M.U.C.	lb/pie^3.	**1.760**				
Promedio M.U.C.	g/cm^3.	**-**				

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:		ING. CC:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Norvey Capote González.	Nombre:	Luis Gabriel Moncayo
ING. RESIDENTE:		CLIENTE:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Ernesto Riascos.	Nombre:	

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LA LIMPIEZA SUPERFICIAL DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO GRUESO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Frente:	
Material: Grava bien gradada, limosa, triturada de color gris.		Fecha:	Marzo 01 de 2017.
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera		Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 237, Art. 400. Tabla 400.1.	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

ENSAYO Nº.	**1**	**2**	**3**
1) - PESO HÚMEDO INICIAL gr.	5263.0	5897.0	5147.0
2) - PESO SECO INICIAL gr.	5201.0	5822.0	5052.0
3) - PESO SECO FINAL gr.	5192.0	5809.0	5041.0
4) - PESO MUESTRA HÚMEDA gr.	5263.0	5897.0	5147.0
5) - PESO MUESTRA SECA gr.	5201.0	5822.0	5052.0
6) - PESO RECIPIENTE.	132.0	76.0	84.0
7) - % DE HUMEDAD.	1.2	1.3	1.9
8) - IMPUREZAS gr.	**9.0**	**13.0**	**11.0**
9) - COEFICIENTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL.	**0.18**	**0.23**	**0.22**

COEFICIENTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL PROMEDIO. **0.2**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo.** **0.5%** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1	Peso Húmedo inicial de Muestra en grs.
2	Peso seco inicial de muestra en grs.
3	Peso seco final de muestra en grs.
4	Peso inicial de la muestra para humedad en gr.
5	Peso final de la muestra para humedad en gr.
6	Peso del recipiente en gr.
7	% de humedad de la muestra.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-105	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE VACÍOS EN AGREGADOS FINOS NO COMPACTADOS (INFLUENCIADOS POR FORMA DE PARTÍCULAS, TEXTURA DE LA SUPERFICIE Y GRADACIÓN)	

Proyecto: Tesis, ' Tesi, Viabilidad técnica Open Pit Mulaló.		Abscisa:	
Material:	Mezcla Densa en Caliente Tipo Dos.	Muestra Nº:	1
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Ch		Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 239 metodo A.	Fecha:	Marzo 01 de 2017.

Temperatura del agua ºC.	**29.3**	Densidad del agua gr / cm³.	**0.9958**
Volumen del molde ml.	**98.4**	Gravaedad especifica agreg. fino gr/cm³.	**2.835**

Fracción de tamaño individual			Masa, g
2.36 mm (No.8)	a	1.18 mm (No.16)	44
1.18 mm (No.16)	a	600 µm (No.30)	57
600 µm (No.30)	a	300 µm (No.50)	72
300 µm (No.50)	a	150 µm (No.100)	17
			190

% DE VACIOS DEL AGREGADO FINO SIN COMPACTAR.				
ENSAYO		1	2	3
Molde Nº		1	1	1
Peso Molde + vidrio.	gr.	325.3	325.3	325.3
Peso Molde + agua + vidrio.	gr.	423.3	423.3	423.3
Peso de agua.	gr.	98.0	98.0	98.0
Volumen de muestra.	cm³.	98.4	98.4	98.4
Peso molde + muestra.	gr.	431.5	429.3	429.1
Peso muestra.	gr.	106.2	104.0	103.8
% de vacios del agregado fino sin compactar.		61.9	62.7	62.8
Promedio % de vacios del agregado fino sin compactar.		**62.5**		

4.0 Observaciones:

ELABORÓ:	ING. CC:
Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote González.	Nombre:
ING. RESIDENTE:	CLIENTE:
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:

REV. No. 0 31-07-2003 CSS-FDF-	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL AGUA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE TRACCIÓN INDIRECTA	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Abscisa:	
Material:	Mezcla Densa en Caliente Tipo Dos.	Muestra Nº:	1
Procedencia:	ombinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chi	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2**
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 725.	Fecha:	Marzo 08 de 2017.

MASA UNITARIA SUELTA

ENSAYO	5	6	7	8	9	10
Diámetro, (pul) D	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
Espesor, (pul) t	2.58	2.54	2.53	2.53	2.52	2.52
Masa seca al aire A	1267.0	1256.0	1273.0	1265.0	1256	1259
Masa SSS B	1268.0	1257.0	1276.0	1267.0	1258.0	1262
Masa en el agua C	762.0	755.0	771.0	763.0	759.0	759
Volumen (B - C) E	506	502	505	504	499	503
G.E Bulk (A/E) F	2.504	2.502	2.521	2.510	2.517	2.503
G.E Máxima G	2.638	2.638	2.638	2.638	2.638	2.638
% Vacios aire (1-F/G)*100	5.1	5.2	4.4	4.9	4.6	5.1
Vol. vacíos con aire, HE/100 I	25.7	25.9	22.4	24.5	22.9	25.7
Carga, (lbf) P		2232.8		2195.0		2100.5

Saturación mediante vacío a 20 (pul Hg)

ENSAYO.	5	7	9
Masa SSS B'	1282.0	1286.0	1269
Masa en el agua C'	775.0	779.0	769
Volumen (B' - C') E'	507.0	507.0	500.0
Volumen absoluto del agua (B' - A) J'	15.0	13.0	13.0
% saturación (100 J' / I)	58.3	57.9	56.8
% hinchamiento (100 (E' - E) / E)	0.2	0.4	0.2

Acondicionamiento de : 24 h en agua a (60ºC)

Espesor, (pul) t''	2.61	2.53	2.53
Masa SSS B''	1288	1293	1276
Masa en agua C''	771	775	763
Volumen (B'' - C'') E''	517.0	518.0	513.0
Volumen absoluto de agua (B'' - A) J''	21.0	20.0	20.0
% saturación (100 J'' / I)	81.7	89.1	87.4
% hinchamiento (100 (E'' - E) / E)	2.2	2.6	2.8
Carga, (lbf) P	1854.9	2176.1	1960.7
Resistencia seca, (2P / (ptD)) Rts	139.61	137.46	132.16
Resistencia seca, (2P / (ptD)) Rts Prom.	**136.41**		
Resistencia húmeda. (2P / (ptD)) Rth	112.60	136.20	122.78
Resistencia húmeda. (2P / (ptD)) Rth Prom	**123.86**		
RRT, (Rt h / Rts) x 100	**90.8**		
Daño por humedad (visual)	No.	No.	No.
Fractura / Trituración del agregado	No.	No.	No.

ELABORÓ:		ING. CC:	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Norvey Capote González.	Nombre:	
ING. RESIDENTE:		CLIENTE:	
Firma:		Firma:	
Nombre:		Nombre:	

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-68	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Frente:	
Material:	Mezcla Densa en Caliente Tipo - 2.	Fecha:	Marzo 02 de 2017
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera		Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 227, Art. 500. Tabla 500,6.	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2**

TAMAÑO DEL AGREGADO		1	2	3	4	5
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	gramos	gramos	3 = 2 / 1 x 100 %	%	5 = 3 x 4
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1194.0	938.5	78.6	14.7	1155.4
1/2"	3/8"	1276.0	972.3	76.2	12.2	929.6
TOTALES		**2470.0**	**1910.8**	**154.8**	**26.9**	**2085.1**

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS Total Columna 5 / Total Columna 4 = **77.5** **%**

ESPECIFICACIÓN: **Mínimo:** **60** **%** CUMPLE (SI/NO): **SI.**

1	Peso Muestra en grs.
2	Peso Material con Caras Fracturadas en grs.
3	Caras Fracturadas de cada Fracción en %
4	Retenido de la Gradación Original en %
5	Promedio Ponderado Caras Fracturadas

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Rev. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-69	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.		Frente:	
Material:	Mezcla Densa en Caliente Tipo - 2.	Fecha:	Marzo 02 de 2017
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera		Muestra Nº:	1
Doc. aplicable(s):	INV. - E - 230. Art 630. Tabla 630,3.	Consecutivo Nº:	**200 - 01 MDC-2.**

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8
PASA	RETIENE	Total Frac. en gramos	Partíc.Largas en gramos	Partíc.Planas en gramos	(2/1) x 100	(3/1) x 100	% gradación original	Pond.Total Partíc.Alarg. (2 x 6)	Pond.Total Partíc.Aplan. (3 x 6)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1194.0	236.5	198.5	19.8	16.6	6.9	136.7	114.7
1/2"	3/8"	1276.0	341.2	306.5	26.7	24.0	10.5	280.8	252.2
3/8"	1/4"	313.0	126.8	115.7	40.5	37.0	13.7	555.0	506.4
TOTAL		**2783.0**	**704.5**	**620.7**	**87.1**	**77.6**	**31.1**	**972.44**	**873.34**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo:** **25** **%** CUMPLE (SI/NO)

íNDICE DE ALARGAMIENTO % = Total Columna 7 / Total Columna 6 = **31.3** **%** **SI.**

íNDICE DE APLANAMIENTO % = Total Columna 8 / Total Columna 6 = **28.1** **%** **SI.**

1 Peso Total de la Fracción en gramos.
2 Peso de las Partículas que No Pasan (Partículas Alargadas) en gramos.
3 Peso de las Partículas que Pasan (Partículas Planas) en gramos.
4 Índice de Alargamiento de cada Fracción en %.
5 Índice de Aplanamiento de cada Fracción en %.
6 Retenido en la Gradación Original en %
7 Promedio Ponderado del Índice de Alargamiento de La Fracción en %.
8 Promedio Ponderado del Índice de Aplanamiento de La Fracción en %.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey capote G	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Rev. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-69	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** MÉTODO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, ALARGADAS O PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS GRUESOS	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Frente:	Fecha: Marzo 02 de 2017
Material: Mezcla Densa en Caliente Tipo - 2.		Muestra Nº: 1
Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera		Relación de dimensiones: **5 : 1**
Doc. aplicable(s): INV. - E - 240. Art 500. Tabla 500,6.		Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2.**

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PASA	RETIENE	Peso Total particulas Fraccion.	Peso Partículas Planas.	Peso Partículas Alargadas.	Peso. Planas y Alargadas.	% Partículas Planas.	% Partículas Alargadas.	% Partículas Plan y alarg.	% gradación original.	Pond.Total Partíc. Planas.	Pond.Total Partíc. Alargadas.	Pond.Total Partíc. Plan y Alarg
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	1194.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0
1/2"	3/8"	1276.0	18.0	12.0	13.7	1.4	0.9	1.1	10.5	14.8	9.9	11.3
3/8"	Nº4"	313.0	9.0	6.0	8.5	2.9	1.9	2.7	13.7	39.4	26.3	37.2
TOTAL		**2783.0**	**27.0**	**18.0**	**22.2**	**4.3**	**2.9**	**3.8**	**31.1**	**54.2**	**36.1**	**48.5**

ESPECIFICACIÓN: **Máximo: 10 %** CUMPLE (SI/NO)

PRCENTAJE DE PARTICULAS PLANAS: Total Columna 9 / Total Columna 8 = **1.7%**

PRCENTAJE DE PARTICULAS LARGAS: Total Columna 10 / Total Columna 8 = **1.2%**

PRCENTAJE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS: Total Columna 11 / Total Columna 8 = **1.6%** **SI.**

1 Numero Total de partículas en la Fracción.
2 Numero Total de partículas planas en la Fracción.
3 Numero Total de partículas alargadas en la Fracción.
4 Numero Total de partículas planas y alargadas en la Fracción.
5 Porcentaje de partículas planas en la fracción..
6 Porcentaje de partículas alargadas en la fracción..
7 Porcentaje de partículas planas y alargadas en la fracción.
8 Porcentaje retenido en la gradación original del material.
9 Porcentaje ponderado total de partículas planas en la fracción.
10 Porcentaje ponderado total de partículas alargadas en la fracción.
11 Porcentaje ponderado total de partículas planas y alargadas en la fracción.

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey capote G	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. Nº 0 30-09-1999 CSS-FDF-75	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO RICE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	

Proyecto:	Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló.	Fecha: Marzo 09 de 2017.
Material:	Grava limosa bien gradada de color café grisácea.	Consecutivo Nº: **200 - 01 MDC-2**
Doc. Aplicable(s):	INV - E- 735.	

ENSAYO Nº	1	2	3	4		
% ASFALTO	4.5	5	5.5	6		
FRASCO Nº	1	1	1	1		
A, EN GRAMOS	2000	1238	1242	1241		
D, EN GRAMOS	7373.7	7422	7422	7374		
E, EN GRAMOS	8630	8189	8187	8137		
Gmm	2.689	2.628	2.604	2.596		

A= PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE.

D = PESO DEL FRASCO + AGUA A 25ºC.

E = PESO DEL FRASCO + MATERIAL + AGUA A 25ºC

Gmm = PESO ESPECÍFICO MÁXIMO TEÓRICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA SIN VACÍOS, SEGÚN MÉTODO RICE.

$$Gmm = A / (A + D - E)$$

OBSERVACIONES:

Combinación planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera

ELABORÓ	ING. DE CALIDAD	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-56	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO Y FINO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulaló..	FECHA: Marzo 06 de 2017.		CONSECUTIVO Nº: **200 - 01 - MDC-2.**	
AGREGADO GRUESO	DOC. APLICABLE(S): INV - E - 222.			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: TRITURADO COLOR GRIS.	PROCEDENCIA: Combinación planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera			
MUESTRA Nº	1	2	PROMEDIO.	PROMEDIO.
A.- PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, EN GRAMOS	383.8	374.4	237.9	
B.- PESO EN EL AIRE MUESTRA SATURADA, SUPERFICIE SECA AL AIRE, GRAMOS.	388.8	379.2	240.4	
C.- PESO MUESTRA SATURADA SUMERGIDA EN AGUA, GRAMOS.	253.5	247.1	156	
PESO ESPECIFICO APARENTE = A / (B - C)	2.837	2.834	2.819	**2.830**
PESO ESPECIFICO APARENTE SATURADA CON SUPERFICIE SECA =B / (B - C)	2.874	2.871	2.848	**2.864**
PESO ESPECIFICO NOMINAL = A / (A - C)	2.946	2.941	2.905	**2.930**
ABSORCIÓN = (B - A) / A x 100 , %	1.3	1.3	1.1	**1.2**

AGREGADO FINO	DOC. APLICABLE(S): INV - E - 222.			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: ARENA GRANO MEDIO COLOR CAFÉ GRISÁCEA.	PROCEDENCIA: Combinación planta la estancia crudo open pit Mulaló triturado + Arena la Chivera			
MUESTRA Nº	1	2	PROMEDIO	
FRASCO Nº:	1	2		
A.- PESO AL AIRE DE LA MUESTRA DESECADA, EN GRAMOS	414.7	484		
B.- PESO DEL PICNÓMETRO AFORADO LLENO DE AGUA, EN GRAMOS	684.394	679		
C.- PESO TOTAL DEL PICNÓMETRO AFORADO+MUESTRA+AGUA, EN GRAMOS	961.4	1002.2		
S.- PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA, EN GRAMOS	428.4	500		
PESO ESPECIFICO APARENTE = A / (B + S - C)	2.739	2.738	**2.738**	
PESO ESPECIFICO APARENTE SATURADA CON SUPERFICIE SECA = S / (B + S - C)	2.830	2.828	**2.829**	
PESO ESPECIFICO NOMINAL = A / (B + A - C)	3.012	3.010	**3.011**	
ABSORCIÓN = (S - A) / A x 100 , %	3.3	3.3	**3.3**	

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote González.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

ANEXO 5
DISEÑO MARSHALL
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-60	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS DE CONCRETO ASFÁLTICO POR EL MÉTODO MARSHALL	

Proyecto: Tesis Open Pit Mulaló	Frente: YUMBO.	Doc. aplicable(s): INV-E- 748	Fecha: Marzo 21 de 2017.
Descripción del material: MDC - 2.			Consecutivo Nº: 200 - 1MDC - 2
Peso especifico Agregados (Gagr): **2.799** grs/cm^3	Peso especifico Asfalto (Gasf): **1.020** grs/cm^3		Temp. ºC de Compactación: 135

Probeta Nº	% de Asfalto	Espesor Probeta Plg.	PESO EN GRAMOS			PESOS ESPECÍFICOS			Asfalto absorbido %	VOLUMEN - % TOTAL			% Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	PESO UNITARIO Lb/pie^3	ESTABILIDAD en Kilogramos			FLUJO 1/100"
			Seca en Aire	S.S.S. en Aire	Peso en el Agua	Densidad "Bulk"	G. Efectiva. Agregado.	Máximo Teórico		Agregados	Vacíos con Aire	Asfalto				Medida	Factor K.	Corregida	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	Pb.					**Gmb.**	**Gse.**	**Gmm.**	**Pba.**		**Va.**		**VAM.**	**Pbe.**					
Febrero 25 de 2013.																			
1	4.0	2½	1229.8	1231.4	718.2	2.396	2.837	2.648	0.48	82.2	9.5	8.3	17.8	3.54	149.5	1210.0	1.000	1210.0	7.00
2	4.0	2½	1231.6	1233.7	718.4	2.390	2.837	2.648	0.48	82.0	9.7	8.3	18.0	3.54	149.1	1300.0	1.000	1300.0	6.00
4	4.0	2½	1227.4	1229.8	720.2	2.409	2.837	2.648	0.48	82.6	9.0	8.3	17.4	3.54	150.3	1350.0	1.000	1350.0	8.00
PROM	**4.0**	**2½**	**1229.6**	**1231.6**	**718.9**	**2.398**	**2.837**	**2.648**	**0.48**	**82.3**	**9.4**	**8.3**	**17.7**	**3.5**	**149.7**	**1286.7**	**1.0**	**1286.7**	**7.0**
Febrero 25 de 2013.																			
5	4.5	2½	1226.9	1228.6	728.4	2.453	2.840	2.629	0.53	83.7	6.7	9.6	16.3	4.00	153.1	1424.0	1.000	1424.0	11.00
6	4.5	2½	1224.7	1226.7	725.9	2.445	2.840	2.629	0.53	83.4	7.0	9.6	16.6	4.00	152.6	1400.0	1.000	1468.0	10.00
7	4.5	2½	1232.5	1235.4	728.8	2.433	2.840	2.629	0.53	83.0	7.5	9.5	17.0	4.00	151.8	1389.0	1.000	1526.0	11.00
PROM	**4.5**	**2½**	**1228.0**	**1230.2**	**727.7**	**2.444**	**2.840**	**2.629**	**0.53**	**83.4**	**7.0**	**9.6**	**16.6**	**4.0**	**152.5**	**1404.3**	**1.0**	**1472.7**	**10.7**
Febrero 25 de 2013.																			
9	5.0	2½	1230.4	1232.7	736.9	2.482	2.823	2.594	0.31	84.2	4.3	11.4	15.8	4.70	154.9	1559.0	1.000	1559.0	13.00
11	5.0	2½	1232.8	1233.9	734.8	2.470	2.823	2.594	0.31	83.8	4.8	11.4	16.2	4.70	154.1	1590.0	1.000	1590.0	14.00
12	5.0	2½	1224.9	1226.2	735.1	2.494	2.823	2.594	0.31	84.7	3.8	11.5	15.3	4.70	155.6	1600.0	1.000	1600.0	13.00
PROM	**5.0**	**2½**	**1229.4**	**1230.9**	**735.6**	**2.482**	**2.823**	**2.594**	**0.31**	**84.2**	**4.3**	**11.4**	**15.8**	**4.7**	**154.9**	**1583.0**	**1.0**	**1583.0**	**13.3**

Observaciones:

ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G	Nombre	Nombre	Nombre

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-60	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS DE CONCRETO ASFÁLTICO POR EL MÉTODO MARSHALL	

Proyecto: Tesis Open Pit Mulaló	5.1 YUMBO.	Doc. aplicable(s): INV-E- 748	Fecha: Marzo 21 de 2017.
Descripción del material: MDC - 2			Consecutivo Nº: 150 - 2MDC - 2
Peso especifico Agregados (Gagr): **2.799** grs/cm^3	Peso especifico Asfalto (Gasf): **1.020** grs/cm^3		Temp. ºC de Compactación: 135

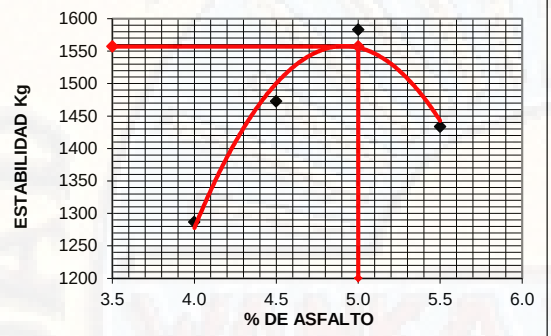
Probeta Nº	% de Asfalto	Espesor Probeta Plg.	PESO EN GRAMOS			PESOS ESPECÍFICOS			Asfalto absorbido %	VOLUMEN - % TOTAL			% Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	PESO UNITARIO Lb/pie^3	ESTABILIDAD en Kilogramos			FLUJO 1/100"
			Seca en Aire	S.S.S. en Aire	Peso en el Agua	Densidad "Bulk"	G. Efectiva. Agregado.	Máx. Med ó RICE		Agregados	Vacíos con Aire	Asfalto efectivo				Medida	Factor K.	Corregida	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
Fórmulas						**Gmb.**	**Gse.**	**Gmm.**	**Pba.**		**Va.**		**VAM.**	**Pbe.**	g * 62,4			q * r	
Febrero 25 de 2013.																			
13	5.5	2½	1229.3	1232.6	735.6	2.473	2.810	2.563	0.15	83.5	3.5	13.0	16.5	5.36	154.3	1465.0	1.000	1465.0	15.00
15	5.5	2½	1225.6	1227.8	734.2	2.483	2.810	2.563	0.15	83.8	3.1	13.0	16.2	5.36	154.9	1435.0	1.000	1435.0	16.00
16	5.5	2½	1232.8	1235.4	730.8	2.443	2.810	2.563	0.15	82.5	4.7	12.8	17.5	5.36	152.5	1400.0	1.000	1400.0	16.00
PROM	**5.5**	**2½**	**1229.2**	**1231.9**	**733.5**	**2.467**	**2.810**	**2.563**	**0.15**	**83.3**	**3.8**	**13.0**	**16.7**	**5.4**	**153.9**	**1433.3**	**1.0**	**1433.3**	**15.7**

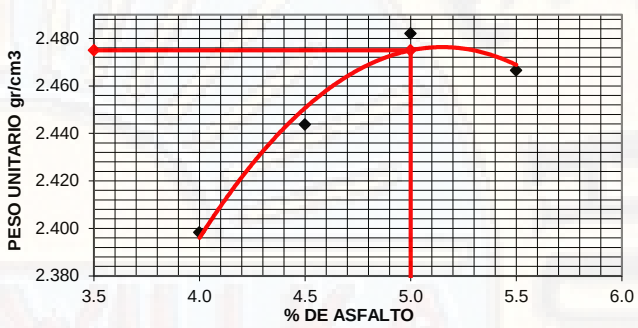
Observaciones:

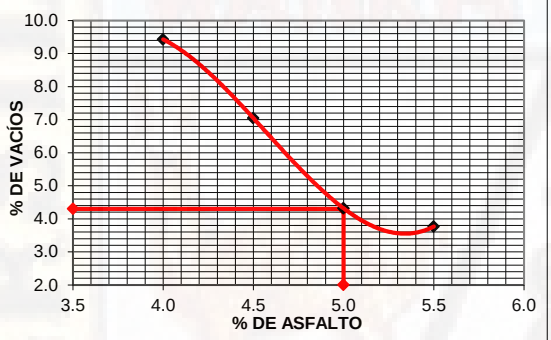
ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G	Nombre	Nombre	Nombre

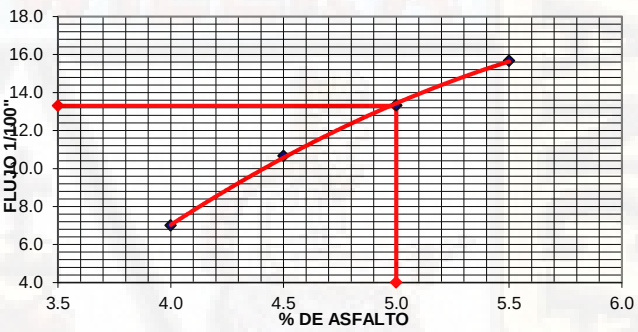
REV. No. 1 31-11-1999 CSS-FDF-74	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** GRÁFICAS MARSHALL	

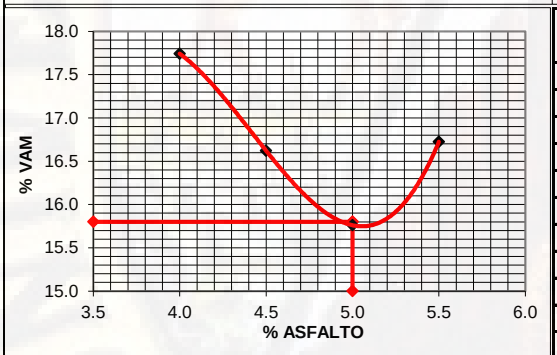
PROYECTO: Tesis Open Pit Mulaló	DOC. APLICABLES: I.N.V -E- 732,733,736 Y 748	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MDC-2	FECHA: Marzo 21 de 2017	CONSECUTIVO Nº: 200 - 2 MDC - 2











ENSAYO	% DE ASFALTO	
	NORMA	ENSAYO
ESTABILIDAD MÁXIMA	E–748	5.0
PESO UNITARIO MÁXIMO	E–748	5.1
% DE VACÍOS (4 - 6)	E-799	4.9
FLUJO 1/100"	E-748	4.8
PROMEDIO	-	5.0
% OPTIMO DE ASFALTO	-	5.1
RESULTADOS PARA % ÓPTIMO DE ASFALTO		
FLUJO 1/100"	E-748	13.3
% DE VACÍOS (4 - 6)	E-799	4.3
% DE VACÍOS AGREGA. MINERALES	E-799	16
ESTABILIDAD MÁXIMA KG	E–748	1550

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE:
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: NORVEY CAPOTE	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

ANEXO 4

DISEÑO DE CONCRETO HIDRÁULICO.

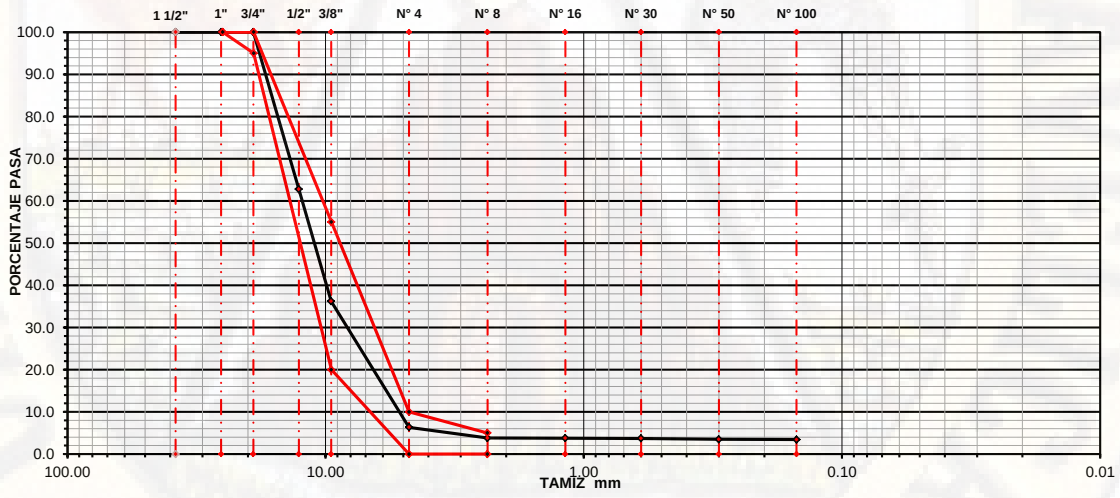
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper		Frente:	Fecha: Marzo 15 de 2017.
Material: Grava mal gradada, triturada, limosa de color gris.			Abscisa:
Clasificación:	USC: **GP.**	AASHTO: **A - 1 - a**	Sector:
L.L.: **-**	L.P.: **-**	I.P.: **NP.**	Procedencia: Material crudo, extraido del macizo rocoso, triturado, en p
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5.		Muestra Nº: 1 / Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**2315** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**79.0** grs.

TAMIZ Nº		PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	862.0	37.2	37.2	62.8
3/8"	9.5	615.0	26.6	63.8	36.2
N° 4	4.75	691.0	29.8	93.7	6.3
N° 8	2.36	59.0	2.5	96.2	3.8
N° 16	1.18	1.0	0.0	96.2	3.8
N° 30	0.600	1.0	0.0	96.3	3.7
N° 50	0.300	5.0	0.2	96.5	3.5
N° 100	0.150	2.0	0.1	96.6	3.4
PASA N° 100	-	79.0	3.4	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10= Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **93.7**
MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.		%Arena= **2.9**
		% Finos= **3.4**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

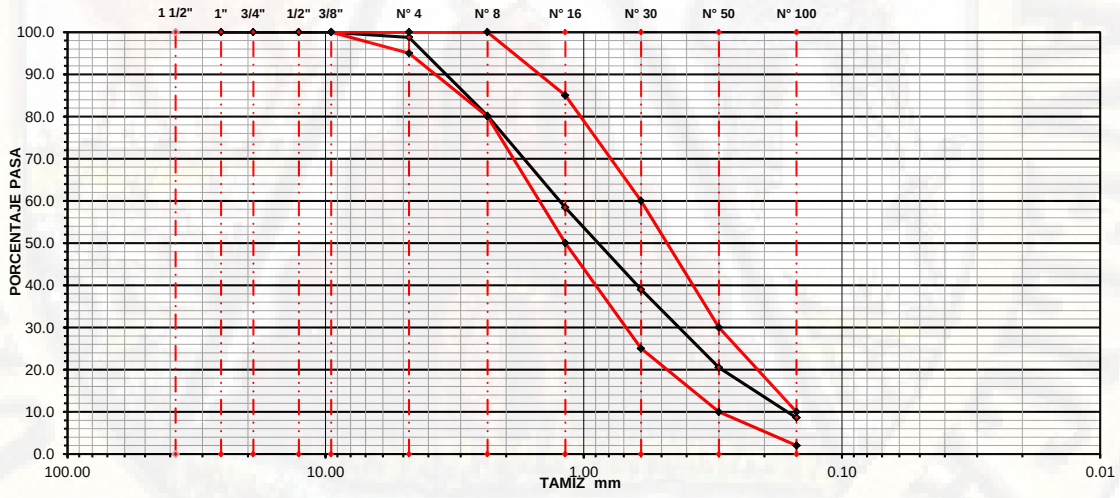
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Oper	Frente:	Fecha:	Marzo 15 de 2017.
Material: Arena Aluvial, mal gradada, limosa, de color café.		Abscisa:	
Clasificación: USC: **SP - SM.** AASHTO: **A - 1 - b.**		Sector:	
L.L.: **-** L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia:	Arena, arenera la chivera.
Doc. aplicable(s): INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.3.		Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca:	**4345** grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado:	**374.0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	53.0	1.2	1.2	98.8
N° 8	2.36	809.0	18.6	19.8	80.2
N° 16	1.18	945.0	21.7	41.6	58.4
N° 30	0.600	843.0	19.4	61.0	39.0
N° 50	0.300	804.0	18.5	79.5	20.5
N° 100	0.150	517.0	11.9	91.4	8.6
PASA N° 100	-	374.0	8.6	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **1.2**
MATERIAL PARA SER UTILIZADO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.			%Arena= **90.2**
			% Finos= **8.6**

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

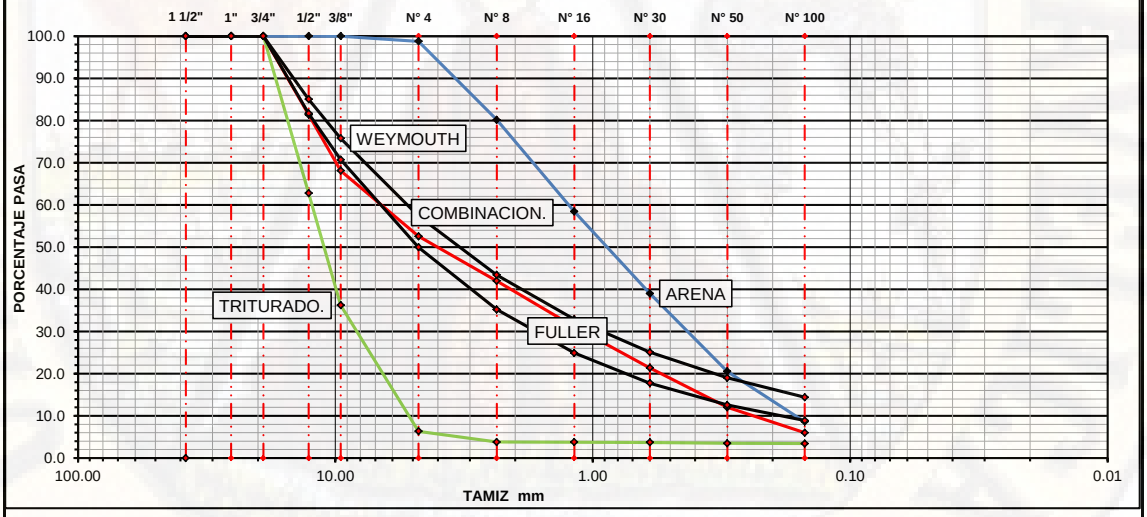
REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-59	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MATERIALES	

Proyecto: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open		Frente:	Fecha: Marzo 15 de 2017.
Material: Grava triturada, bien gradada, limosa color café grisácea.			Abscisa:
Clasificación:	USC: **GW - GM.** AASHTO: **A - 1 - b.**		Sector:
L.L.: **-**	L.P.: **-** I.P.: **NP.**		Procedencia: Combinacion planta la estancia crudo open pit mulalo tritu
Doc. aplicable(s):	INV - E - 123. Articulo 500. tabla 500.5, 500.3.	Muestra Nº: 1	Consecutivo Nº: **200 - 01 CH.**

Peso Inicial de la Muestra Seca: grs.	Peso de la Muestra Seca Después de Lavado: **0.0** grs.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO mm	PESO RETENIDO grs.	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1 1/2"	38.1		0.0	0.0	100.0
1"	25.4		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7		18.6	18.6	81.4
3/8"	9.5		13.3	31.9	68.1
N° 4	4.75		15.5	47.4	52.6
N° 8	2.36		10.6	58.0	42.0
N° 16	1.18		10.9	68.9	31.1
N° 30	0.600		9.7	78.6	21.4
N° 50	0.300		9.4	88.0	12.0
N° 100	0.150		6.0	94.0	6.0
PASA N° 100	-		6.0	100.0	0.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Observaciones:	Cu=D60/D10=	Cc=D30^2/(D60xD10)=	%Grava= **47.4**
PROPORCION DE MATERIALES.	**TRITURADO:**	**50.0 %.**	%Arena= **46.6**
	ARENA:	**50.0 %.**	% Finos= **6.0**
MODULO DE FINURA:	**4.7 MF.**		

ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE:	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Norvey Capote.	Nombre:	Nombre:	Nombre:

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 350 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas, columnas reforzadas colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **3/4".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1/2".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **4,7.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**50.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**50.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **190 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **385.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.41**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.41**

Agua Kg./Cm³ = **190.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **463.4 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **149.5 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 190.0 dm3 - 149.5 dm3

Volumen Total de Agregados = **660.5 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((50% / 2,784 Kg./dm³)+(((50% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.830 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 660,5 dm3 * 2,830 Kg./dm3.

peso total de agregados = **1869.1 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 1869.1 Kg./dm3 * 50.0 % = **934.5 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 1869.1 Kg./dm3 * 50.0 % = **934.5 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	190.0	463.4	934.5	934.5	2522.5
Material dm / m3.	190.0	149.5	330.3	330.3	1000.0
Proporciones en peso.	0.41	1.0	2.02	2.02	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	190	463.4	934.5	934.5	2522.5
Material Vol. Suelto dm3/m3.	190	401.9	532.2	641.0	1765.1
Proporciones en Volumen.	0.47	1.0	1.3	1.6	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 12 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.

Volumen por cilindro. =	0.0053 m3.
Volumen total para 12 cilindros. =	0.0636 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.0689 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.0723 m3.**

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.41	13.7	-	-	-	-
Cemento.	1.0	33.5	-	-	-	-
Agregado Fino.	2.02	67.6	70.2	2.57	2.50	0.07
Agreg Grueso.	2.02	67.6	68.6	1.01	0.81	0.20

Aporte total de agua. **0.27 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	13.7 Kg	0.27 Kg	13.5 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-05-2011.	may-12-2011.	7	12	350	257.1	SI.	
2				may-12-2011.	7			268.3	SI.	
								Promedio. 262.7	SI.	
3				jun-02-2011.	28			374.5	SI.	
4				jun-02-2011.	28			368.9	SI.	
								Promedio. 371.7	SI.	
5				jun-19-2011.	45			0.0		
6				jun-19-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-05-2011.	may-12-2011.	7	10	350	262.7	SI.	
8				may-12-2011.	7			268.3	SI.	
								Promedio. 265.5	SI.	
9				jun-02-2011.	28			385.6	SI.	
10				jun-02-2011.	28			380.1	SI.	
								Promedio. 382.9	SI.	
11				jun-19-2011.	45			0.0		
12				jun-19-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote G.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 280 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas reforzadas y losas, colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **3/4".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1/2".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **4,7.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**50.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**50.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **180 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **308.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.45**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.45**

Agua Kg./Cm³ = **180.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **400.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **129.0 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 180.0 dm3 - 129.0 dm3

Volumen Total de Agregados = **691.0 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((50% / 2,784 Kg./dm³)+(((50% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.830 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 691.0 dm3 * 2,830 Kg./dm3.

peso total de agregados = **1955.3 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 1955.3 Kg./dm3 * 50.0 % = **977.6 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 1955.3 Kg./dm3 * 50.0 % = **977.6 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	180.0	400.0	977.6	977.6	2535.3
Material dm / m3.	180.0	129.0	345.5	345.5	1000.0
Proporciones en peso.	0.45	1.0	2.44	2.44	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	180	400.0	977.6	977.6	2535.3
Material Vol. Suelto dm3/m3.	180	346.9	556.7	670.5	1754.2
Proporciones en Volumen.	0.52	1.0	1.60	1.93	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 12 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.

Volumen por cilindro. =	0.0053 m3.
Volumen total para 12 cilindros. =	0.0636 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.0689 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.0723 m3.**

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.45	13.0	-	-	-	-
Cemento.	1.0	28.9	-	-	-	-
Agregado Fino.	2.44	70.7	73.4	2.69	2.62	0.07
Agreg Grueso.	2.44	70.7	71.8	1.06	0.85	0.21

Aporte total de agua. **0.28 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	13.0 Kg	0.28 Kg	12.7 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-06-2011.	may-13-2011.	7	9	280	212.4	SI.	
2				may-13-2011.	7			223.6	SI.	
								Promedio. 218.0	SI.	
3				jun-03-2011.	28			301.8	SI.	
4				jun-03-2011.	28			296.2	SI.	
								Promedio. 299.0	SI.	
5				jun-20-2011.	45			0.0		
6				jun-20-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-06-2011.	may-13-2011.	7	10	280	**223.6**	SI.	
8				may-13-2011.	7			229.2	SI.	
								Promedio. 226.4	SI.	
9				jun-03-2011.	28			307.4	SI.	
10				jun-03-2011.	28			313.0	SI.	
								Promedio. 310.2	SI.	
11				jun-20-2011.	45			0.0		
12				jun-20-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote G.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 280 Kg./Cm2. (MR. 42 Kg./Cm2.) (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas reforzadas y losas, colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **1 1/2".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **5,1.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**60.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**40.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **180 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **308.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.45**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.45**

Agua Kg./Cm³ = **180.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **400.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **129.0 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 180.0 dm3 - 129.0 dm3

Volumen Total de Agregados = **691.0 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((40% / 2,784 Kg./dm³)+(((60% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.839 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 691 dm3 * 2,839 Kg./dm3.

peso total de agregados = **1961.7 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 1961.7 Kg./dm3 * 40.0 % = **784.7 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 1961.7 Kg./dm3 * 60.0 % = **1177.0 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	180.0	400.0	784.7	1177.0	2541.7
Material dm / m3.	180.0	129.0	276.4	414.6	1000.0
Proporciones en peso.	0.45	1.0	1.96	2.94	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	180	400.0	784.7	1177.0	2541.7
Material Vol. Suelto dm3/m3.	180	346.9	446.9	807.3	1781.1
Proporciones en Volumen.	0.52	1.0	1.29	2.33	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de las vigas a 14 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 4 vigas rectangulares.

Volumen de mezcla a realizar.

Volumen por prisma =	0.0240 m3.
Volumen total para 4 prismas =	0.0960 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.1013 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.1064 m3.**

PROPORCIONES INICIALES PARA MEZCLA DE PRUEBA.

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.45	19.1	-	-	-	-
Cemento.	1.0	42.5	-	-	-	-
Agregado Fino.	1.96	83.5	86.6	3.17	3.09	0.08
Agreg Grueso.	2.94	125.2	127.1	1.88	1.50	0.38

Aporte total de agua. **0.46 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	19.1 Kg	0.46 Kg	18.7 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. E – 415 – 07, INVE – 402	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MR.).		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA MR.	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-07-2011.	may-21-2011.	14	10	42	36.2	SI.	
2				may-21-2011.	14			35.7	SI.	
								Promedio. 36.0	SI.	
3				jun-04-2011.	28			43.6	SI.	
4				jun-04-2011.	28			42.9	SI.	
								Promedio. 43.3	SI.	
5				jun-21-2011.	45					
6				jun-21-2011.	45					
								Promedio.		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-07-2011.	may-21-2011.	14	11	42	34.8	SI.	
8				may-21-2011.	14			35.7	SI.	
								Promedio. 35.3	SI.	
9				jun-04-2011.	28			43.5	SI.	
10				jun-04-2011.	28			43.8	SI.	
								Promedio. 43.7	SI.	
11				jun-21-2011.	45					
12				jun-21-2011.	45					
								Promedio.		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: Norvey Capote G.	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 210 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas, columnas reforzadas colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **3/4".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1/2".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **4,7.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**50.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**50.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **170 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **231.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.56**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.56**

Agua Kg./Cm³ = **170.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **303.6 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **97.9 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 170.0 dm3 - 97.9 dm3

Volumen Total de Agregados = **732.1 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((50% / 2,784 Kg./dm³)+(((50% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.830 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 732.1 dm3 * 2,830 Kg./dm3.

peso total de agregados = **2071.6 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 2071.6 Kg./dm3 * 50.0 % = **1035.8 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 2071.6 Kg./dm3 * 50.0 % = **1035.8 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	170.0	303.6	1035.8	1035.8	2545.1
Material dm / m3.	170.0	97.9	366.0	366.0	1000.0
Proporciones en peso.	0.56	1.0	3.41	3.41	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	170	303.6	1035.8	1035.8	2545.1
Material Vol. Suelto dm3/m3.	170	263.3	589.9	710.4	1733.6
Proporciones en Volumen.	0.65	1.0	2.24	2.70	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 12 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.

Volumen por cilindro. =	0.0053 m3.
Volumen total para 12 cilindros. =	0.0636 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.0689 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.0723 m3.**

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.56	12.3	-	-	-	-
Cemento.	1.0	22.0	-	-	-	-
Agregado Fino.	3.41	74.9	77.8	2.85	2.77	0.07
Agreg Grueso.	3.41	74.9	76.1	1.12	0.90	0.22

Aporte total de agua. **0.30 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	12.3 Kg	0.30 Kg	12.0 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-08-2011.	may-15-2011.	7	11	210	**145.3**		
2				may-15-2011.	7			156.5	SI.	
								Promedio. 150.9	SI.	
3				jun-05-2011.	28			218.0	SI.	
4				jun-05-2011.	28			229.2	SI.	
								Promedio. 223.6	SI.	
5				jun-22-2011.	45			0.0		
6				jun-22-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-08-2011.	may-15-2011.	7	8	210	**156.5**	SI.	
8				may-15-2011.	7			162.1	SI.	
								Promedio. 159.3	SI.	
9				jun-05-2011.	28			240.3	SI.	
10				jun-05-2011.	28			240.3	SI.	
								Promedio. 240.3	SI.	
11				jun-22-2011.	45			0.0		
12				jun-22-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 210 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas, columnas reforzadas colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **1 1/2".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **5,1.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**60.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**40.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **170 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **231.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.56**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.56**

Agua Kg./Cm³ = **170.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **303.6 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **97.9 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 170.0 dm3 - 97.9 dm3

Volumen Total de Agregados = **732.1 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((40% / 2,784 Kg./dm³)+(((60% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.839 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 732.1 dm3 * 2,839 Kg./dm3.

peso total de agregados = **2078.4 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 2078.4 Kg./dm3 * 40.0 % = **831.4 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 2078.4 Kg./dm3 * 60.0 % = **1247.0 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	170.0	303.6	831.4	1247.0	2552.0
Material dm / m3.	170.0	97.9	292.8	439.2	1000.0
Proporciones en peso.	0.56	1.0	2.74	4.11	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	170	303.6	831.4	1247.0	2552.0
Material Vol. Suelto dm3/m3.	170	263.3	473.4	855.3	1762.0
Proporciones en Volumen.	0.65	1.0	1.80	3.25	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 4 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.
Volumen por cilindro. = 0.0053 m3.
Volumen total para 4 cilindros. = 0.0212 m3.

Volumen para realizar el ensayo de asentamiento = 0.0053 m3.
0.0265 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %
TOTAL **0.0278 m3.**

PROPORCIONES INICIALES PARA MEZCLA DE PRUEBA.

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.56	4.7	-	-	-	-
Cemento.	1.0	8.4	-	-	-	-
Agregado Fino.	2.74	23.1	24.0	0.88	0.86	0.02
Agreg Grueso.	4.11	34.7	35.2	0.52	0.42	0.10

€

Aporte total de agua. **0.13 Kg**

€

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	4.7 Kg	0.13 Kg	4.6 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **130-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-09-2011.	may-16-2011.	7	11	210	**145.3**		
2				may-16-2011.	7			145.3		
								Promedio. 145.3		
3				jun-06-2011.	28			212.4	SI.	
4				jun-06-2011.	28			218.0	SI.	
								Promedio. 215.2	SI.	
5				jun-23-2011.	45			0.0		
6				jun-23-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-09-2011.	may-16-2011.	7	8	210	**156.5**	SI.	
8				may-16-2011.	7			150.9	SI.	
								Promedio. 153.7	SI.	
9				jun-06-2011.	28			223.6	SI.	
10				jun-06-2011.	28			218.0	SI.	
								Promedio. 220.8	SI.	
11				jun-23-2011.	45			0.0		
12				jun-23-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 175 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas, columnas reforzadas colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **3/4".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1/2".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **4,7.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**50.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**50.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **160 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **192.5 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.6**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.6**

Agua Kg./Cm³ = **160.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **266.7 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **86.0 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 160.0 dm3 - 86.0 dm3

Volumen Total de Agregados = **754.0 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((50% / 2,784 Kg./dm³)+(((50% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.830 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 754.0 dm3 * 2,830 Kg./dm3.

peso total de agregados = **2133.6 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 2133.6 Kg./dm3 * 50.0 % = **1066.8 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 2133.6 Kg./dm3 * 50.0 % = **1066.8 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	160.0	266.7	1066.8	1066.8	2560.2
Material dm / m3.	160.0	86.0	377.0	377.0	1000.0
Proporciones en peso.	0.60	1.0	4.00	4.00	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	160	266.7	1066.8	1066.8	2560.2
Material Vol. Suelto dm3/m3.	160	231.3	607.5	731.7	1730.5
Proporciones en Volumen.	0.69	1.0	2.63	3.16	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 12 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.

Volumen por cilindro. =	0.0053 m3.
Volumen total para 12 cilindros. =	0.0636 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.0689 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.0723 m3.**

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.60	11.6	-	-	-	-
Cemento.	1.0	19.3	-	-	-	-
Agregado Fino.	4.00	77.2	80.1	2.93	2.86	0.08
Agreg Grueso.	4.00	77.2	78.3	1.16	0.93	0.23

Aporte total de agua. **0.31 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	11.6 Kg	0.31 Kg	11.3 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.4% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-10-2011.	may-17-2011.	7	12	175	128.5	SI.	
2				may-17-2011.	7			134.1	SI.	
								Promedio. 131.3	SI.	
3				jun-07-2011.	28			195.6	SI.	
4				jun-07-2011.	28			190.0	SI.	
								Promedio. 192.8	SI.	
5				jun-24-2011.	45			0.0		
6				jun-24-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-10-2011.	may-17-2011.	7	12	175	123.0	SI.	
8				may-17-2011.	7			134.1	SI.	
								Promedio. 128.5	SI.	
9				jun-07-2011.	28			195.6	SI.	
10				jun-07-2011.	28			201.2	SI.	
								Promedio. 198.4	SI.	
11				jun-24-2011.	45			0.0		
12				jun-24-2011.	45			0.0		
								Promedio. 0.0		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

DISEÑO DE CCTO HIDRÁULICO 140 Kg./Cm2. (CEMENTO ARTE) CON ADITIVO EUCON R - 400.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO DESEADO

Para la selección del asentamiento deseado debemos tener en cuenta que las estructuras que se construirán serán en su gran mayoría muros, zapatas, columnas reforzadas colocando el concreto con ayuda de vibración por lo cual consideramos que un asentamiento de **10 ± 2** cms es el adecuado para este tipo de estructuras, teniendo en cuenta la durabilidad, manejabilidad y economía del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo del agregado el tamiz que permite que por el pase el 100 % del material.
en nuestra caso el tamaño máximo del agregado es de **3/4".**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Entiendase por tamaño máximo nominal del agregado el tamaño del tamiz en el cual se presenta un porcentaje. retenido acumulado mayor o igual al 15 %.
En nuestra caso el tamaño máximo nominal del agregado es de **1/2".**

DENSIDAD APARENTE DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Densidad Aparente del Agregado Grueso;	**2.877 Kg/dm3.**
Densidad Aparente del Agregado Fino:	**2.784 Kg/dm3.**

MODULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS

Entiendase por modulo de finura la centésima parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices que conservan la relación uno a dos comenzando por el tamiz Nº 100.
en nuestro caso el modulo de finura es: **4,7.**

PORCENTAJE DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA

Triturado, (Procedente del Rio palo, sector de guachene, Villa Rica Cauca).	**50.0%**
Arena, (Procedente de la cantera el chirringo, Jamundi Valle).	**50.0%**

PESO ESPECIFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

Peso Especifico del Cemento.	**3.100 Kg/dm3.**
Masa Unitaria Suelta del Cemento.	**1.153 Kg/dm3.**

AGUA DE MEZCLA

Entiéndase como la cantidad de agua necesaria en la mezcla para conseguir la manejabilidad y la resistencia deseada, en nuestro caso se utilizara el aditivo retardante reductor de agua R - 400, el cual tiene la capacidad de reducir agua hasta en un 15% del agua total, por tal razón y basados en la experiencia, se utilizaran **155 Kg/m3** de agua total en la mezcla.

RESISTENCIA DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCTO HIDRÁULICO

La resistencia promedio requerida $f'_{cr\ en}$ Mpa que se utilizara para la dosificación de la mezcla, será la obtenida con la ecuación Nº 1 **REQUISITOS DE CÓDIGO NSR 98. PARA DISEÑOS DE CCTO HIDRÁULICO. CAPITULO C.5.3.2.** f_{cr} = **154.0 Kg/Cm2.**

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, POR DURABILIDAD.

En razón a que la mezcla de concreto hidráulico será utilizada en clima suave lluvioso o seco, la relación A/C que se utilizara es la indicada por el método de resistencia ajustada por asentamiento. **0.62**

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Para determinar el contenido de la mezcla de concreto hidráulico partiremos de la relación agua cemento determinada en los pasos anteriores y de la cantidad de agua por metro cúbico adicionada a la mezcla.

R = A/C = **0.62**

Agua Kg./Cm³ = **155.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = (agua Kg./m3) / (A/C).

Cemento Kg./Cm³ = **250.0 Kg/m3.**

Cemento Kg./m3 = Peso de Cemento / Peso Especifico del Cemento.

Cemento Kg./m3 = **80.6 dm3/m3.**

VOLUMEN TOTAL DE MEZCLA

Volumen de mezcla total. **1000 dm3.**

VOLUMEN TOTAL DE AGREGADOS

Volumen Total de Agregados = Volumen Total de Mezcla - Volumen de Agua - Volumen de Cemento.

Volumen Total de Agregados = 1000 dm3 - 155.0 dm3 - 80.6 dm3

Volumen Total de Agregados = **764.4 dm3.**

DENSIDAD PROMEDIO DE LOS AGREGADOS

Densidad Promedio de los Agregados = 100 / (% Fino/ Densidad Aparente)+(% Grueso/ Densidad Aparente)

100 / ((50% / 2,784 Kg./dm³)+(((50% / 2,877 Kg./dm³)).

Densidad Promedio de los Agregados : **2.830 Kg/dm3.**

PESO TOTAL DE AGREGADOS

Peso Total de Agregados = Volumen Total de Agregados * Densidad Promedio de los Agregados.

Peso Total de Agregados = 764.4 dm3 * 2,830 Kg./dm3.

peso total de agregados = **2162.9 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO FINO

Peso de Agregado Fino. = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Fino.

Peso de Agregado Fino = 2162.9 Kg./dm3 * 50.0 % = **1081.5 Kg/dm3.**

PESO DE AGREGADO GRUESO

Peso de Agregado Grueso = Peso de Agregados Totales * % de Agregado Grueso.

Peso de Agregado Grueso. = 2162.9 Kg./dm3 * 50.0 % = **1081.5 Kg/dm3.**

PROPORCIONES GRAVIMETRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	155.0	250.0	1081.5	1081.5	2567.9
Material dm / m3.	155.0	80.6	382.2	382.2	1000.0
Proporciones en peso.	0.62	1.0	4.33	4.33	-

MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S) DE LOS MATERIALES

MATERIAL	M . U . S Kg./dm3
Agregado Grueso.	1.458
Agregado Fino.	1.756
Cemento.	1.153

PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE AGREGADOS SECOS

MATERIALES	AGUA.	CEMENTO.	A. FINO.	A. GRUESO.	TOTAL.
Material Kg. / m3.	155	250.0	1081.5	1081.5	2567.9
Material Vol. Suelto dm3/m3.	155	216.8	615.9	741.7	1729.4
Proporciones en Volumen.	0.71	1.0	2.8	3.4	-

CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES.

MATERIALES	% HUMEDAD.	% ABSORCIÓN.
Agregado Grueso.	1.5	1.2
Agregado Fino.	3.8	3.7

PROPORCIONES PARA MEZCLA DE PRUEBA EN PESO DE AGREGADO HÚMEDO

Para la comprobación de las proporciones que se obtienen del diseño de mezcla de concreto hidráulico se. realizara una mezcla de prueba para determinar el asentamiento obtenido y posteriormente la resistencia de los cilindros a 7 y 28 días de edad.

Para la mezcla de prueba se realizara un ensayo de asentamiento y la toma de 12 cilindros.

Volumen de mezcla a realizar.
Diámetro de cilindros. = 15 cm.
Altura de cilindro. = 30 cm.

Volumen por cilindro. =	0.0053 m3.
Volumen total para 12 cilindros. =	0.0636 m3.
Volumen para realizar el ensayo de asentamiento =	0.0053 m3.
	0.0689 m3.
Desperdicio de mezcla del 5,0 %	
TOTAL	**0.0723 m3.**

MATERIAL.	PROPORCIÓN	P. SECO.	P. HÚMEDO.	AGUA AGRE.	ABSORCIÓN.	AGUA LIBRE.
		Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3	Kg./m3
Agua.	0.62	11.2	-	-	-	-
Cemento.	1.0	18.1	-	-	-	-
Agregado Fino.	4.33	78.2	81.2	2.97	2.89	0.08
Agreg Grueso.	4.33	78.2	79.4	1.17	0.94	0.23

Aporte total de agua. **0.31 Kg**

Agua adicional = Agua total Kg. - Agua aportada.

AGUA =	11.2 Kg	0.31 Kg	10.9 Kg
	TOTAL	**APORTE**	**ADICIONAL**

Nota.

El aditivo retardante reductor de agua R-400, se aplicara a la mezcla en proporción de 0.04% en peso, con respecto al peso del cemento, y su adición se hará en la ultima porción de agua de mezcla del concreto.

REV. Nº 0 24-12-1999 CSS-FDF-03	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** CONTROL DE CILINDROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	

PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados pétreos Open Pit Mulalo.	FRENTE:	CONSECUTIVO Nº: **199-01 TCH.**
DOC. APLICABLE(S): INV. - E - 401, 402 , 410. Art. 630.5.2.5.c.	ACTUALIZACIÓN: Marzo 16 de 2017.	HOJA 01 DE 1

CILINDRO	LOCALIZACIÓN		FECHA		EDAD	ASENTA-	RESISTENCIA		CUMPLE	
	ESTRUCTURA	ABSCISA(S)	FUNDIDA	ROTURA	DÍAS	MIENTO CM.	REQUERIDA KG/CM2	OBTENIDA KG/CM2	SI	NO
1	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-11-2011.	may-18-2011.	7	12	140	111.8	SI.	
2				may-18-2011.	7			106.2	SI.	
								Promedio. **109.0**	SI.	
3				jun-08-2011.	28			145.3	SI.	
4				jun-08-2011.	28			150.9	SI.	
								Promedio. **148.1**	SI.	
5				jun-25-2011.	45			0.0		
6				jun-25-2011.	45			0.0		
								Promedio. **0.0**		
7	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRAULICO.	PLANTA QUINTERO (VILLA RICA).	may-11-2011.	may-18-2011.	7	11	140	111.8	SI.	
8				may-18-2011.	7			111.8	SI.	
								Promedio. **111.8**	SI.	
9				jun-08-2011.	28			156.5	SI.	
10				jun-08-2011.	28			156.5	SI.	
								Promedio. **156.5**	SI.	
11				jun-25-2011.	45			0.0		
12				jun-25-2011.	45			0.0		
								Promedio. **0.0**		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.
YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

ANEXO 5

DISEÑO MARSHALL

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-60	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS DE CONCRETO ASFÁLTICO POR EL MÉTODO MARSHALL	

Proyecto: Tesis Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló	Frente: YUMBO.	Doc. aplicable(s): INV-E- 748	Fecha: Marzo 21 de 2017.
Descripción del material: MDC - 2.			Consecutivo Nº: 200 - 1MDC - 2
Peso especifico Agregados (Gagr): **2.799** grs/cm^3	Peso especifico Asfalto (Gasf): **1.020** grs/cm^3		Temp. ºC de Compactación: 135

Probeta Nº	% de Asfalto	Espesor Probeta Plg.	PESO EN GRAMOS			PESOS ESPECÍFICOS			Asfalto absorbido %	VOLUMEN - % TOTAL			% Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	PESO UNITARIO Lb/pie^3	ESTABILIDAD en Kilogramos			FLUJO 1/100"
			Seca en Aire	S.S.S. en Aire	Peso en el Agua	Densidad "Bulk"	G. Efectiva. Agregado.	Máximo Teórico		Agregados	Vacíos con Aire	Asfalto				Medida	Factor K.	Corregida	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	Pb.					**Gmb.**	**Gse.**	**Gmm.**	**Pba.**		**Va.**		**VAM.**	**Pbe.**					
Febrero 25 de 2013.																			
1	4.0	2½	1229.8	1231.4	718.2	2.396	2.837	2.648	0.48	82.2	9.5	8.3	17.8	3.54	149.5	1210.0	1.000	1210.0	7.00
2	4.0	2½	1231.6	1233.7	718.4	2.390	2.837	2.648	0.48	82.0	9.7	8.3	18.0	3.54	149.1	1300.0	1.000	1300.0	6.00
4	4.0	2½	1227.4	1229.8	720.2	2.409	2.837	2.648	0.48	82.6	9.0	8.3	17.4	3.54	150.3	1350.0	1.000	1350.0	8.00
PROM	**4.0**	**2½**	**1229.6**	**1231.6**	**718.9**	**2.398**	**2.837**	**2.648**	**0.48**	**82.3**	**9.4**	**8.3**	**17.7**	**3.5**	**149.7**	**1286.7**	**1.0**	**1286.7**	**7.0**
Febrero 25 de 2013.																			
5	4.5	2½	1226.9	1228.6	728.4	2.453	2.840	2.629	0.53	83.7	6.7	9.6	16.3	4.00	153.1	1424.0	1.000	1424.0	11.00
6	4.5	2½	1224.7	1226.7	725.9	2.445	2.840	2.629	0.53	83.4	7.0	9.6	16.6	4.00	152.6	1400.0	1.000	1468.0	10.00
7	4.5	2½	1232.5	1235.4	728.8	2.433	2.840	2.629	0.53	83.0	7.5	9.5	17.0	4.00	151.8	1389.0	1.000	1526.0	11.00
PROM	**4.5**	**2½**	**1228.0**	**1230.2**	**727.7**	**2.444**	**2.840**	**2.629**	**0.53**	**83.4**	**7.0**	**9.6**	**16.6**	**4.0**	**152.5**	**1404.3**	**1.0**	**1472.7**	**10.7**
Febrero 25 de 2013.																			
9	5.0	2½	1230.4	1232.7	736.9	2.482	2.823	2.594	0.31	84.2	4.3	11.4	15.8	4.70	154.9	1559.0	1.000	1559.0	13.00
11	5.0	2½	1232.8	1233.9	734.8	2.470	2.823	2.594	0.31	83.8	4.8	11.4	16.2	4.70	154.1	1590.0	1.000	1590.0	14.00
12	5.0	2½	1224.9	1226.2	735.1	2.494	2.823	2.594	0.31	84.7	3.8	11.5	15.3	4.70	155.6	1600.0	1.000	1600.0	13.00
PROM	**5.0**	**2½**	**1229.4**	**1230.9**	**735.6**	**2.482**	**2.823**	**2.594**	**0.31**	**84.2**	**4.3**	**11.4**	**15.8**	**4.7**	**154.9**	**1583.0**	**1.0**	**1583.0**	**13.3**

Observaciones:

ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G	Nombre	Nombre	Nombre

REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-60	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** ANÁLISIS DE CONCRETO ASFÁLTICO POR EL MÉTODO MARSHALL	

Proyecto: Tesis Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló	5.1 YUMBO.	Doc. aplicable(s): INV-E- 748	Fecha: Marzo 21 de 2017.
Descripción del material: MDC - 2			Consecutivo Nº: 150 - 2MDC - 2
Peso especifico Agregados (Gagr): **2.799** grs/cm^3	Peso especifico Asfalto (Gasf): **1.020** grs/cm^3		Temp. ºC de Compactación: 135

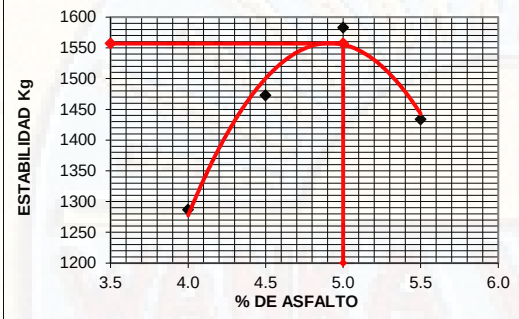
Probeta Nº	% de Asfalto	Espesor Probeta Plg.	PESO EN GRAMOS			PESOS ESPECÍFICOS			Asfalto absorbido %	VOLUMEN - % TOTAL			% Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	PESO UNITARIO Lb/pie^3	ESTABILIDAD en Kilogramos			FLUJO 1/100"
			Seca en Aire	S.S.S. en Aire	Peso en el Agua	Densidad "Bulk"	G. Efectiva. Agregado.	Máx. Med ó RICE		Agrega dos	Vacíos con Aire	Asfalto efectivo				Medida	Factor K.	Corregida	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
Fórmulas						**Gmb.**	**Gse.**	**Gmm.**	**Pba.**		**Va.**		**VAM.**	**Pbe.**	g * 62,4			q * r	
Febrero 25 de 2013.																			
13	5.5	2½	1229.3	1232.6	735.6	2.473	2.810	2.563	0.15	83.5	3.5	13.0	16.5	5.36	154.3	1465.0	1.000	1465.0	15.00
15	5.5	2½	1225.6	1227.8	734.2	2.483	2.810	2.563	0.15	83.8	3.1	13.0	16.2	5.36	154.9	1435.0	1.000	1435.0	16.00
16	5.5	2½	1232.8	1235.4	730.8	2.443	2.810	2.563	0.15	82.5	4.7	12.8	17.5	5.36	152.5	1400.0	1.000	1400.0	16.00
PROM	**5.5**	**2½**	**1229.2**	**1231.9**	**733.5**	**2.467**	**2.810**	**2.563**	**0.15**	**83.3**	**3.8**	**13.0**	**16.7**	**5.4**	**153.9**	**1433.3**	**1.0**	**1433.3**	**15.7**

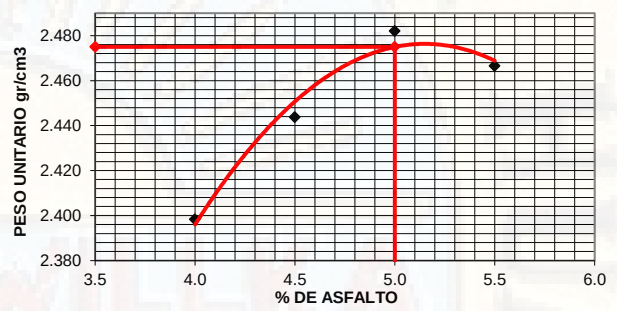
Observaciones:

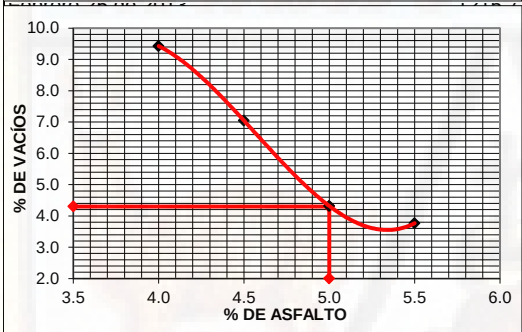
ELABORÓ	ING. AC/CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma	Firma	Firma	Firma
Nombre Norvey Capote G	Nombre	Nombre	Nombre

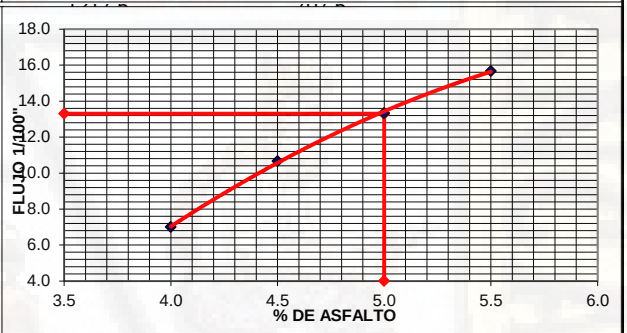
REV. No. 1 31-11-1999 CSS-FDF-74	**CSS CONSTRUCTORES S.A.** GRÁFICAS MARSHALL	

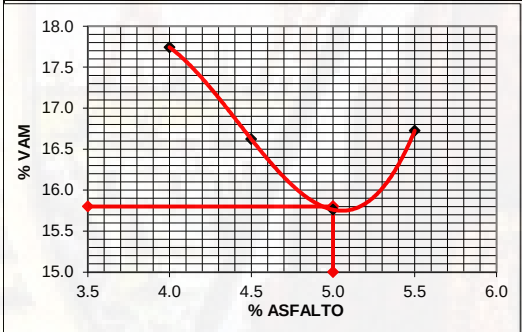
PROYECTO: Tesis, Viabilidad técnica de agregados Open Pit Mulaló		DOC. APLICABLES: I.N.V -E- 732,733,736 Y 748	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MDC-2		FECHA: Marzo 21 de 2017	CONSECUTIVO Nº: 200 - 2 MDC - 2











ENSAYO	% DE ASFALTO	
	NORMA	ENSAYO
ESTABILIDAD MÁXIMA	E–748	5.0
PESO UNITARIO MÁXIMO	E–748	5.1
% DE VACÍOS (4 - 6)	E-799	4.9
FLUJO 1/100"	E-748	4.8
PROMEDIO	-	5.0
% OPTIMO DE ASFALTO	-	5.1
RESULTADOS PARA % ÓPTIMO DE ASFALTO		
FLUJO 1/100"	E-748	13.3
% DE VACÍOS (4 - 6)	E-799	4.3
% DE VACÍOS AGREGA. MINERALES	E-799	16
ESTABILIDAD MÁXIMA KG	E–748	1550

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE:
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
NOMBRE: NORVEY CAPOTE	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

ANEXO 6

RESOLUCIÓN 00013075 - ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMAS DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS.

Y

RESOLUCIÓN 00013076 - ACTUALIZACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARA CARRETERAS.

PROSPERIDAD PARA TODOS

ENTIDAD ISO 9001:2008 NTC GP 1000:2009 CERTIFICADA

RESOLUCIÓN NÚMERO 0001375 **DE 2014**

26 MAY 2014

Por la cual se actualizan las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras.

LA MINISTRA DE TRANSPORTE

En ejercicio de las facultades legales, especialmente las que le confieren el artículo 6º., numeral 6.3 del Decreto 087 de 2011 y el Artículo 13, parágrafo 3 de la Ley 105 de 1993, y

C O N S I D E R A N D O:

Que le corresponde al Ministerio de Transporte fijar las normas técnicas que deban regir cada modo de transporte, de acuerdo con la Entidad Ejecutora correspondiente.

Que, de conformidad con el Artículo 2º. del Decreto 2618 de 2013, corresponde al Instituto Nacional de Vías, entre otras funciones, adelantar los estudios técnicos necesarios para la ejecución de los planes, programas y proyectos del Área Técnica y formular propuestas en materia de normas, regulaciones y promover la modernización de la infraestructura a cargo del Instituto a efectos de favorecer la seguridad de los usuarios; así como proponer la adopción de los manuales, normas y especificaciones técnicas para la construcción, conservación y seguridad de la red de la infraestructura a cargo de la entidad y velar por su permanente actualización y aplicación.

Que, así mismo, es función del Instituto Nacional de Vías propiciar el desarrollo tecnológico de la infraestructura, en especial el mejoramiento de los criterios técnicos de diseño y de las normas y especificaciones de construcción y de ingeniería de materiales que deban emplearse en la ejecución de los proyectos y obras a cargo del Instituto.

Que en los últimos años se ha producido un avance en las técnicas y tecnologías para la evaluación de los diversos materiales para la construcción de carreteras.

Que se hace necesario actualizar las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras publicadas en el año 2007.

Que el Instituto Nacional de Vías, adelantó mediante contrato de Consultoría esta actualización la cual fue recibida a satisfacción por esa Entidad.

En mérito de lo expuesto,

RESOLUCIÓN NÚMERO 0001375 **DEL** **26 MAY 2014** **HOJA No. 2**

"Por la cual se actualizan las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras".

R E S U E L V E:

ARTICULO PRIMERO: Adoptar como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, las **"NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS",** elaboradas en el año 2012, por el Instituto Nacional de Vías "INVIAS".

PARAGRAFO UNICO: La aplicación de otras Normas de Ensayo que se requieran, dadas las características del proyecto, podrán establecerse previa aprobación de la Dirección Técnica del Instituto Nacional de Vías.

ARTICULO SEGUNDO: La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación y deroga a partir de la citada fecha, todas las disposiciones que le sean contrarias, en especial la Resolución No. 003290 del 15 de agosto de 2007.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE,

Dada en Bogotá D. C., a **26 MAY 2014**

CECILIA ALVAREZ CORREA GLEN
Ministra de Transporte

Proyectó, elaboró: Dr. Alfonso Montejo Fonseca

Revisó: Dr. Wilson Antonio Jaime Barbosa, Subdirector de Estudios e Innovación

Vo. Bo. Dra. Nohora Alejandra Muñoz Barrios, Jefe Oficina Asesora Jurídica

Vo. Bo. Dr. Juan Carlos Restrepo Mejía, Director Técnico

Vo. Bo. Dr. Leonidas Narváez Morales, Director General "INVIAS"

PROSPERIDAD PARA TODOS

ENTIDAD ISO 9001:2008 NTC GP 1000:2009 CERTIFICADA

RESOLUCIÓN NÚMERO 0001376 **DE 2014**

26 MAY 2014

Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras.

LA MINISTRA DE TRANSPORTE

En ejercicio de las facultades legales, especialmente las que le confieren el artículo 6º., numeral 6.3 del Decreto 087 de 2011 y el Artículo 13, parágrafo 3 de la Ley 105 de 1993, y

C O N S I D E R A N D O:

Que le corresponde al Ministerio de Transporte fijar las normas técnicas que deban regir cada modo de transporte, de acuerdo con la Entidad Ejecutora correspondiente.

Que, de conformidad con el Artículo 2º. del Decreto 2618 de 2013, corresponde al Instituto Nacional de Vías, entre otras funciones, adelantar los estudios técnicos necesarios para la ejecución de los planes, programas y proyectos del Área Técnica y formular propuestas en materia de normas, regulaciones y promover la modernización de la infraestructura a cargo del Instituto a efectos de favorecer la seguridad de los usuarios; así como proponer la adopción de los manuales, normas y especificaciones técnicas para la construcción, conservación y seguridad de la red de la infraestructura a cargo de la entidad y velar por su permanente actualización y aplicación.

Que, asi mismo, es función del Instituto Nacional de Vias propiciar el desarrollo tecnológico de la infraestructura, en especial el mejoramiento de los criterios técnicos de diseño y de las normas y especificaciones de construcción y de ingeniería de materiales que deban emplearse en la ejecución de los proyectos y obras a cargo del Instituto.

Que en los últimos años se ha producido un avance en las técnicas y tecnologías para la evaluación de los materiales que se utilizan en la construcción de carreteras.

Que también en los últimos años se han generado mejoramientos en los diversos equipos de construcción así como en las metodologías para el control de calidad de las obras viales los cuales se deben plasmar en la actualización de las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras.

Que en el pasado reciente se ha incrementado el tránsito vehicular y la tipología de los vehículos, respeto de sus pesos por eje y dimensiones

RESOLUCIÓN NÚMERO 0001376 **DEL** **DE** 26 MAY 2014 **HOJA No. 2**

"Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras".

vehiculares, aspectos que hacen necesario especificar materiales de mejores características que garanticen una adecuada durabilidad de la red vial nacional.

Que se hace necesario actualizar las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras publicadas en el año 2007.

Que el Instituto Nacional de Vías, adelantó mediante contrato de Consultoría esta actualización la cual fue recibida a satisfacción por esa Entidad.

En mérito de lo expuesto,

R E S U E L V E:

ARTICULO PRIMERO: Adoptar como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, las **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARA CARRETERAS,** elaboradas en el año 2012, por el Instituto Nacional de Vías "INVIAS".

ARTICULO SEGUNDO: La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación y deroga a partir de la citada fecha, todas las disposiciones que le sean contrarias, en especial la Resolución No. 003288 del 15 de agosto de 2007.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE,

Dada en Bogotá D. C., a 26 MAY 2014

CECILIA ALVAREZ CORREA GLEN
Ministra de Transporte

Proyectó, elaboró: Dr. Alfonso Montejo Fonseca

Revisó: Dr. Wilson Antonio Jaime Barbosa, Subdirector de Estudios e Innovación

Vo. Bo. Dra. Nohora Alejandra Muñoz Barrios, Jefe Oficina Asesora Jurídica

Vo. Bo. Dr. Juan Carlos Restrepo Mejía, Director Técnico

Vo. Bo. Dr. Leonidas Narváez Morales, Director General "INVIAS"

TESIS DE GRADO: NORVEY CAPOTE GONZÁLEZ.

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE USO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL "OPEN PIT" MULALÓ, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DEL VALLE DEL CAUCA Y CAUCA.

YUMBO - VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	OPERACIONALIZACIÓN			MÉTODO
				VARIABLE	INDICADOR	ÍNDICE	
Escasez de agregados pétreos para producción de materiales granulares necesarios para el desarrollo del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca	Realizar exploración geotécnica y muestreo representativo en campo para ejecutar ensayos de laboratorio que identifiquen características geotécnicas y geomecánicas de los agregados pétreos existentes en el macizo rocoso denominado "Open Pit" Mulaló, definiendo estratos, espesores y reservas para determinar su viabilidad y utilización como materiales de construcción.	Los conocimientos adquiridos, la experiencia y al apoyo logístico con el que se cuenta, hacen posible la realización de la exploración, muestreo y realización de ensayos de laboratorio confiables que permiten determinar idóneamente características geomecánicas de los materiales y la experiencia obtenida con la extracción de agregados pétreos extraídos de otras canteras aledañas posibilitan la utilización de los agregados pétreos extraídos del macizo rocoso "Open Pit Mulalo", como materiales de construcción.	la investigación consiste en la identificación y localización, tanto vertical como horizontalmente, de los tipos significativos de suelos y rocas y las condiciones de agua freática presentes en un área dada y el establecimiento de los parámetros geotécnicos de los materiales subyacentes a la superficie por muestreo, por pruebas en el terreno o por pruebas en el laboratorio, que nos permitan determinar si las condiciones actuales del material después de un proceso de trituración, clasificación y mezclado, permiten su utilización como materiales de construcción según las especificaciones requeridas en el proyecto.	Viabilidad de agregados.	Agregados viables técnicamente para materiales de construcción.	m3 disponibles.	Exploración geotécnica en campo, realización de perforaciones y apiques, obtención de muestras y realización de perfil estratigráfico.
Es necesario determinar las características mineralógicas de los agregados que posee el macizo rocoso, para analizar su viabilidad técnica, para ello se debe elaborar un plan de exploración que permita determinar las reservas disponibles y su composición mineralógica, determinada a través de ensayos específicos de caracterización.	Realizar ensayos de laboratorio de los agregados pétreos extraídos de la exploración geotécnica del open "Pit Mulaló", según procedimiento estándar correspondiente a cada tipo de material, para verificar su cumplimiento y garantizar su uso como materiales de construcción.	La geología regional de la zona indica unidades litológicas correspondientes a basaltos y diabasas, los cuales presentan altas resistencia a la compresión, tensión y sanidad, permitiendo presumir su viabilidad técnica de los agregados del macizo rocoso "Open Pit Mulalo" como materiales de construcción para el proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.	El muestreo e identificación de materiales del subsuelo implica técnicas simples y complejas acompañadas de procedimientos e interpretaciones diferentes, las cuales están influenciadas por condiciones geológicas y geográficas, por el propósito de la investigación y por los conocimientos experiencia y entrenamiento personal encargado. Una investigación consistente en procedimientos adecuados de muestreo del suelo y de la roca, facilitará la correlación de los respectivos datos con propiedades mecánicas del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; igualmente facilitara correlación de los datos de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.	Características mineralógicas de los agregados.	Muestras de Sondeos y apiques.	Resultado de ensayos de laboratorio	Realización de ensayos de laboratorio a las muestras de agregado obtenidas durante la etapa de estudio del macizo rocoso.
Se requiere comparación de los resultados obtenidos Vs. Las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías, para con ello determinar su posible aplicación como fuente viable de suministro de agregados pétreos para la elaboración de materiales de construcción del proyecto Malla Vial del Valle del Cauca y Cauca.	Realizar confrontación de resultados de ensayos de laboratorio obtenidos de las muestras de agregados del "Open Pit Mulaló" Vs. requerimientos de las especificaciones técnicas de construcción, según norma aplicable, y si se requiere dosificar con agregados adicionales para garantizar el cumplimiento como materiales de construcción.	Los tipos de material que se encuentran en el macizo corresponden a roca diabasa sana de color azul verdoso en el interior y roca de color café, en proceso de meteorización, en la superficie, materiales que convenientemente dosificados permiten su utilización como agregados de construcción.	La extracción de áridos y su procesamiento para utilización en obras de construcción es dispendioso, por lo cual se requiere la aplicación de métodos específicos que permitan obtener este tipo de materiales, que normalmente en la mayoría de los casos no se adecuan naturalmente y que requieren métodos mecánicos adicionales para ajustarse a requisitos particulares.	Resultados ensayos de laboratorio	Comparación con requisitos de especificaciones técnicas de construcción.	Cumplimiento de rangos especificados.	Confrontar resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio normalizados Vs. Especificaciones técnicas de construcción del INV.