INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

FORMATO PARA EL INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTOR/ES: Ing. David Alejandro López Niama

Ing. Juan Xavier Sampedro Vásconez

DIRECTOR/A: Ing. David Alejandro López Niama

RIOBAMBA

2022

INDICE

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO....4
1.1. Título del proyecto.... 4
1.2. Tipo de proyecto.... 4
1.3. Área de Investigación 4
1.4. Línea/s de Investigación 4
1.5. Tiempo de Ejecución del Proyecto 4
1.6. Localización Geográfica del Proyecto.... 4
1.7. Miembros del Proyecto.... 5
2. OBJETIVOS DEL PLAN NACIONAL DE ¨PLAN DE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES 2021-2025" RELACIONADOS CON EL PROYECTO. 5
3. DATOS DE OTRA INSTITUCIÓN 5
4. RESUMEN 6
5. SUMMARY....6
6. INTRODUCCIÓN....7
7. INFORMACIÓN DETALLADA DEL PROYECTO 8
7.1. Planteamiento del problema de investigación 8
7.2 Formulación del problema de investigación.... 8
7.3 Justificación de la Investigación.... 8
7.4 Hipótesis 9
7.5. Objetivos.... 9
7.5.1. Objetivo general.... 9
7.5.2. Objetivos específicos..... 9
7.6. Establecimiento de Variables de investigación 9

7.6.1 Operacionalización de variables..... 10

8. METODOLOGÍA.....10

8.1. Clasificación de la Investigación..... 11

8.2. Métodos. 11

Teóricos..... 11

Estadísticos. 11

8.3. Técnicas e instrumentos de investigación. 11

8.4. Población y muestra..... 11

8.5. Tipo de Muestreo..... 11

9. MARCO TEÓRICO 12

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN RESULTADOS.....18

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. 19

CALIFORNIA BEARING RATIO C.B.R. 30

11. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS.....31

12. IMPACTOS 32

13. CONCLUSIONES.....32

14. RECOMENDACIONES 33

15. DECLARACIÓN FINAL Y FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.....33

16. BIBLIOGRAFIA 35

17. PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN ADICIONALES 35

18. CONVENIOS 36

19. ANEXOS 36

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1. Título del proyecto

Análisis Granulométrico y Proctor de las Bases y Sub Bases de las Minas del Cantón Riobamba.

1.2. Tipo de proyecto.

Es una investigación básica.

1.3. Área de Investigación

ÁREA DE INVESTIGACIÓN.	
Educación	
Artes y Humanidades	
Ciencias Sociales y humanidades	
Administración de Empresas y Derecho	
Salud y Bienestar	
Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC)	
Ingeniería, Industria y Construcción	X
Servicios	
Soberanía Alimentaria y Transformación Agro productiva,	
Biodiversidad y Patrimonio Natural	
Hábitat Humano y Gestión de Riesgos	
Energía y Cambio Climático	
Transporte y Movilidad	
Seguridad y Defensa	
Otras (especificar)	

1.4. Línea/s de Investigación

Sistemas constructivos

Materiales de construcción

1.5. Tiempo de Ejecución del Proyecto

12 meses

1.6. Localización Geográfica del Proyecto

Ecuador, Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba

1.7. Miembros del Proyecto

FUNCIÓN	CÉDULA DE IDENTIDAD	NOMBRE COMPLETO	ENTIDAD A LA QUE PERTENECE	TELÉFONO FIJO, CELULAR Y CORREO ELECTRÓNICO
Director del Proyecto	0604965129	David Alejandro López Niama	IST Riobamba	032967453 – 0961871171 davidlopez89.ldu@hotmail.com
Director Subrogante	0603438599	Juan Xavier Sampedro Vásconez	IST Riobamba	032398433 – 0984136879 xaviersampedrov@yahoo.es
Investigador 1	0604057844	Andrea Estefanía Carrillo Palacios	IST Riobamba	0999704145 carrillopalaciosandrea@gmail.com

2. OBJETIVOS DEL PLAN NACIONAL DE ¨PLAN DE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES 2021-2025" RELACIONADOS CON EL PROYECTO.

Objetivo 11: (Plan Nacional de Desarrollo Creación de Oportunidades 2021-2025, s.f.)

Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales.

Objetivo 12:

Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

3. DATOS DE OTRA INSTITUCIÓN

Nombre de la Institución	
Representante Legal	
Números de investigadores	

4. RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene un propósito definido el cual es el realizar el análisis de las granulometrías y proctor para los diferentes tipos de bases y subbases de las minas de Riobamba. Es un tema que busca catalogar la calidad de los materiales, utilizados en la construcción de vías y pavimentos articulados, puesto que el material de las minas debe cumplir con ciertos parámetros amparados en las normativas vigentes de la AASHTO T 88, ASTM D422- D6913 y los códigos de la construcción NEC 2015. Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de sub-base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo de Proctor según la AASHTO T - 147. En todo caso, la densidad mínima de la sub-base no será menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, mediante los ensayos previos de Humedad Optima y Densidad Máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D. La granulometría del material de base será comprobada mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T 27), el mismo que se llevará a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en el camino. Sin embargo, de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra. Deberán cumplirse y comprobarse todas las demás exigencias sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la Sección 814, o en las Disposiciones Especiales.

Palabras Clave: BASE, CANTERA, GRANULOMETRÍA, PROCTOR, SUELO

5. SUMMARY

The present research work has a defined purpose which is to carry out the analysis of the granulometries and proctor for the different types of bases and sub-bases of the Riobamba mines. It is an issue that seeks to catalog the quality of the materials used in the construction of roads and articulated pavements, since the material of the mines must comply with certain parameters covered by the current regulations of AASHTO T 88, ASTM D422-D6913 and NEC 2015 building codes. To check the quality of the construction, field density tests must be performed on all sub-base layers, using duly calibrated nuclear equipment or by means of the Proctor test according to AASHTO T -

147. In any case, the minimum density of the sub-base will not be less than 100% of the maximum density obtained in the laboratory, through the previous tests of Optimum Humidity and Maximum Density, carried out with the AASHTO T-180 regulations, method D. The granulometry of the base material will be verified by means of the INEN 696 and 697 (AASHTO T-11 and T 27) tests, which will be carried out at the end of the mixing in the plant or immediately after mixing. end on the road. However, if the granulometry has been verified in the plant, the Contractor will continue with the obligation to maintain it in the work. All other requirements regarding the quality of the aggregates must be met and verified, in accordance with the provisions of Section 814, or in the Special Provisions.

Keywords: PROCTOR, GRANULOMETRY, BASE, SOIL, QUARRY

6. INTRODUCCIÓN

Dado las necesidades de profesionales, investigadores, constructores, inspectores y todos aquellos involucrados en el sector vial es que a continuación se plantea una investigación de los ensayos básicos requeridos en el control de calidad en tres etapas generales durante la construcción de los pavimentos de mezcla asfáltica. Esto de acuerdo a especificaciones, disposiciones nacionales e internacionales, normas y procedimientos estándares utilizados para el muestreo y evaluación del comportamiento de los diferentes materiales que componen un pavimento.

La determinación de las propiedades y desempeño de los materiales se logra a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que dichos materiales funcionen correctamente de acuerdo a rangos, límites y/o valores estándares para condiciones similares o equivalentes. Por otro lado, la caracterización de dichos materiales se divide en dos campos de la ingeniería: infraestructura civil e infraestructura vial.

7. INFORMACIÓN DETALLADA DEL PROYECTO

7.1. Planteamiento del problema de investigación

En el diseño y construcción de carreteras es importante la determinación de los espesores de esta, teniendo en cuenta la resistencia a las diferentes solicitaciones que estarán presentes en su vida útil, para lograrlo es importante que los áridos que se utilicen para su construcción sean los adecuados. Si estos materiales no cumplen con las especificaciones en planos, existe el problema de que no pueda ser cancelado el dinero correspondiente a los contratistas y ejecutores de proyectos viales de los trabajos realizados, generando pérdidas económicas y tiempo por paralizaciones de obras, también llegar a la opción de sustituir los materiales de otras canteras, o incurrir en un mejoramiento con hormigón, que incrementará el costo de la construcción. Es por ello que se debe realizar las granulometrías a los agregados tanto finos como gruesos, que, al realizar ensayos en las minas en estudio, se obtendrá valores reales que facilitará en los diseños de nuevas carreteras construidas con los materiales de estas minas.

7.2 Formulación del problema de investigación.

¿La falta de control de calidad en las diferentes minas y canteras de la ciudad de Riobamba de las que se obtienen los materiales de bases y sub bases infieren en el diseño de la estructura de una vía?

7.3 Justificación de la Investigación.

La red vial del Ecuador y provincial se componen de vías de 1er orden, 2do y 3er orden que corresponde a las vías estatales, departamentales y vecinales. Las vías pavimentadas cuentan con una carpeta asfáltica formada por en sub rasante, sub base y base, la misma es la que soporta las cargas emitidas por los vehículos, mismas que al no contar con unos buenos áridos y mantenimiento adecuado; tiende a presentarse hundimientos. (Mata Montenegro, 2010)

Para motivos de esta investigación, se procederá a realizar la granulometría y Proctor, con esta información se elaborará un análisis técnico del material existente utilizado en la conformación de las bases y subbases de las minas: Sillahuan, el Progreso, Hnos. Castro, Cerro Negro y la Tierra Prometida, basándose en la norma AASHTO T 88, lo cual facilitará la elección del método apropiado para la obtención de los espesores de las capas de base, de subbase y a su vez optimizarlos.

Es por ello que se necesita tener un análisis de los áridos que provienen de estas minas para identificar si los problemas encontrados en las vías son a raíz de los áridos o por falta de mantenimiento.

7.4 Hipótesis

La realización de ensayos de laboratorio de granulometría y proctor de los agregados de las minas de la ciudad de Riobamba, donde se verificará el cumplimiento de las especificaciones establecidas en las normativas AASHTO T-88, ASTM D422- D6913 y así manejar una base de datos informativos técnicos de los materiales para la ejecución de una vía.

7.5. Objetivos

7.5.1. Objetivo general

- Efectuar el análisis granulométrico y proctor de las bases y sub bases de las minas del cantón Riobamba.

7.5.2. Objetivos específicos.

- Realizar la clasificación granulométrica y proctor en laboratorio del material de base y subbase de las minas en estudio según normativa vigente.
- Realizar el ensayo de Proctor de las bases y sub bases de los materiales de las minas elegidas para el estudio.
- Encontrar correlaciones en base a los resultados obtenidos para los materiales de las minas de la ciudad de Riobamba según el tipo de materia.
- Validar la calidad de los materiales de las minas que están alrededor de la ciudad de Riobamba.

7.6. Establecimiento de Variables de investigación

- **Independiente:**

  Los ensayos de granulometría y Proctor

- **Dependiente:**

  Los agregados de las minas de la ciudad de Riobamba

7.6.1 Operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN

OBJETIVOS	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS
Realizar la clasificación granulométrica y proctor en laboratorio del material de base y subbase de las minas en estudio según normativa vigente.	Seguir el proceso según normativas y especificaciones para encontrar las características físico químicas de los materiales.	Los ensayos de granulometría y Proctor	Normativas AASHTO T-88, ASTM D422-D6913
Encontrar correlaciones en base a los resultados obtenidos para los materiales de las minas de la ciudad de Riobamba según el tipo de materia.	Determinación de las minas y canteras que funcionan legalmente con el respectivo permiso de explotación	Los agregados de las minas de la ciudad de Riobamba	Correlaciones de resultados
Validar la calidad de los materiales de las minas que están alrededor de la ciudad de Riobamba.	Obtención de resultados procedentes de los ensayos	Tabla comparativa de datos técnicos.	Resultados obtenidos

8. METODOLOGÍA

Según Cortés y Iglesias (2005), sostiene que la investigación científica tiene como finalidad la adquisición y análisis del conocimiento mediante el estudio de los procesos teóricos y prácticos, los cuales son fundamentales para la generación del conocimiento científico y lo lleva a poder solucionar las problemáticas de la sociedad. Además, la metodología permite aplicación de conceptos, principios y procedimientos metodológicos con el propósito de orientar el proceso sistemático de la investigación.

8.1. Clasificación de la Investigación.

El presente trabajo se enfoca a una investigación básica, ya que el fin es dar a conocer las características técnicas de los materiales de base y sub base que proporcionan las minas del cantón Riobamba.

8.2. Métodos.

El presente proyecto investigativo aplicará métodos de teóricos y estadísticos que permitan obtener datos reales de los áridos existentes en las minas en estudio.

Teóricos.

Nos basaremos en la información existente del sector en las que se haya evaluado las minas existentes y las Normas AASTHO NT-88, ASTM D44 Y ASTM D6913.

Estadísticos.

Análisis de los resultados de los ensayos realizados y comparación con la información teórica existente en el sitio de estudio.

8.3. Técnicas e instrumentos de investigación.

Para la ejecución de la investigación se realizará la revisión de la información teórica disponible del sector como estudios realizados previamente en las minas objeto de esta investigación, además se utilizará como instrumento los ensayos granulométricos y proctor que permitirán obtener resultados reales y correlacionarlos con la información teórica encontrada.

8.4. Población y muestra

La población considerada para esta investigación son las minas legales: Sillahuan, el progreso, Hnos. Castro, cerro negro y la tierra prometida de la ciudad de Riobamba, donde se explotan materiales de sub base y base

La muestra son los diferentes ensayos granulométricos y ensayos de Proctor que se determinará en el desarrollo de la investigación el número exacto dependiendo de los resultados obtenidos.

8.5. Tipo de Muestreo

De los ensayos a realizar, se realizará de tipo exploratorio donde se considerará las normativas vigentes en toma de muestras y procesamiento de las mismas.

9. MARCO TEÓRICO

La minería en la actualidad

Ciertas características de la antigua minería aún no se han podido dejar atrás, ni se ha podido dejar de establecerlas como reglas generales de la minería. Tal es el caso de que en la actual minería se emplea lo que es el agua, logrando así una contaminación exhaustiva de este recurso natural. Solamente para obtener lo que es 1 tonelada de cobre se requiere de por lo menos de 10.000 a 30.000 litros de agua.

Ciertamente esta minería no metálica, produce un efecto muy dañino para el ambiente, pero a su vez no debemos dejar a un lado los efectos nocivos que tiene la minería metálica la cual se encarga particularmente de obtener los metales pesados a través de procesos contaminantes y muy nocivos para el ambiente.

Con el paso del tiempo se logró establecer ciertos mandatos mineros que eran muy importantes para regular y controlar la minería a gran escala y a mediana escala. Aunque estos mandatos han tenido mucha discusión y crítica, eran muy necesarios para controlar las situaciones mineras a cargo del Estado. Con esta nueva ley de control minero el Estado se beneficia con el control de las empresas mineras que, con las ganancias en el Estado ecuatoriano, podríamos decir que la minería es una fuente confiable de desarrollo para el país. Pero el mandato minero lastimosamente no ha tenido los efectos deseados ya que el ministerio de minas y petróleos tiene muy poco efecto en los que es el campo minero ya que en el Ecuador también se practican la minería ilegal o artesanal.

Clasificación de la minería:

La minería, a un nivel global, se puede dividir en varios grupos. A un nivel general se puede decir que la minería se divide en:

- **Minas superficiales.**

Estas minas se usan el 60% de los países mineros en el mundo, este tipo de mina está

asociado a cualquier metal y puede ser utilizada en general para todo tipo de metal en la superficie. Las minas superficiales también pueden estar asociadas a diferente nombre con su correspondiente metal o mineral.

- **Minas a cielo abierto:**

Son minas que adoptan una forma de terraza. Esta mina se puede utilizar en la extracción de metales, tanto, así como es la mayor representante en Sudáfrica, la mina de diamantes más grande de mundo. Tiene forma cilíndrica y se forma desde el risco hasta el suelo.

- **Explotaciones al descubierto:**

Estas sirven para la extracción de carbón lignito. Su principal diferencia con las minas superficiales es que el material que se extrae de la excavación o denotación no se deja en lugares lejanos o aledaños a la mina, sino que en esta se deja en la misma cavidad explotada. Por lo tanto, estas minas se van rellenando hasta el momento en que se inició la explotación.

Tipo de minería usado en el Ecuador

En el Ecuador se presentan solo dos tipos de minas, debido a su estructuración geográfica que se puede encontrar en los terrenos mineros.

Los más representativos son:

- Minería a cielo abierto y
- La minería subterránea.

En el Ecuador los métodos más aplicados en la minería subterránea son mediante túneles, socavones, pilares, rellenos y cámaras almacén.

Clasificación de los minerales

La clasificación se puede hacer por medio de la composición química y cristalina además de ciertos metales que se explotan principalmente en el País. Sin embargo, podemos clasificarlos como:

- **Minerales metálicos**

Se denominan minerales metálicos a los que generalmente no forman rocas, pero salen unidas a ellas. Para este tipo de extracción es necesario realizar la mina a gran escala para extraer el mineral que generalmente viene pegado a la roca en pequeñas cantidades, tal es el caso de la sílice entre otros minerales.

- **Minerales no metálicos**

Según la dirección de minería en el Ecuador se han encontrado varios materiales no metálicos como es: arcilla, gravilla, cemento, cerámica, caliza, entre otras. Estas

sustancias son utilizadas en procesos industriales que son extraídas mediante funciones químicas y físicas.

Canteras y materiales de construcción en el Ecuador

Canteras

"Cantera es una explotación superficial a cielo abierto de una roca muy bien clasificada y cuantificada, a excepción de las calizas, carbón y metales, dónde se refiere a la actividad minera que produce áridos: rajón, gravas, gravillas, arenas, etc., que abastecen las necesidades de la construcción además dónde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala hasta la pólvora y maquinaria de diferente orden, es un sistema de explotación a cielo abierto que permite la extracción de rocas y minerales no disgregados utilizados como materiales de construcción" (Sierra, 2001)

Este tipo de mina se usa principalmente para la extracción de materiales para la construcción, por ende, hay menos material desechado. A su vez, esto hace que la cantera con el pasar del tiempo se vuelva una gran excavación. Por este motivo, estas minas están ubicadas cerca de aglomeraciones urbanas para facilitar el transporte de los trabajadores ya que si no lo estuvieran la mina no sería rentable con respecto a los materiales extraídos.

Materiales de construcción

Estos materiales son de diferente procedencia que se pueden dividir por medio de varios factores, entre esta subdivisión podemos encontrar que también puede haber material de construcción a partir de la minería. Estos son empleados para la construcción de varias residencias o imágenes. En el Ecuador se usan materiales para la construcción como: granito, basalto, andesita, piedra pómez entre otras.

Actividad de explotación minera en la Provincia de Chimborazo

De acuerdo a los datos del Banco Central del Ecuador, (2010), esta rama económica aporta a la producción provincial con el 0,5% en los años 2001 al 2004 y desde los años 2005 al 2008 se presenta un decrecimiento del 0,1%, aportando con el 0,4%. Según el Censo del 2001 esta rama concentra al 0,19% de la población económicamente activa de la Provincia. Llama la atención el hecho de que no hay empresas registradas en el sector minas y canteras por la superintendencia de compañías (2009), sabiendo la existencia de una de las industrias más grandes del país "Cemento Chimborazo"

De acuerdo a los datos del catastro minero 2009 actualizados luego del último mandato minero y facilitado por el Ministerio de Minas del Ecuador, la actividad minera se desarrolla únicamente en el Cantón Riobamba representando en términos de superficie apenas el 0,6% de la Provincia.

Las zonas mineras registradas en la provincia se encuentran en su mayoría en proceso de Inscripción (4.104 ha) y en menor proporción en Manifiesto de Producción (0,8 ha). Según los datos de la Dirección Nacional de Minería, la Provincia de Chimborazo dispone importantes minas de caliza, materiales de construcción, arcillas, mármol, piedra pómez, puzolana, travertino, los mismos que la mayoría se localizan en el Cantón Riobamba, parroquia San Juan en las comunidades de Calerita, Shobol, Melanquis, Shobol Central, El Progreso, Sillahuan, Miraflores, Cerro Negro y parroquia Lican; en menor proporción en los cantones de Colta, comunidad de Gatazo; y Pallatanga.

Del total nacional la Provincia de Chimborazo aporta con el 6% de Caliza y 2% y material de construcción además de otros minerales como las arcillas y puzolana, en comparación con las provincias de la zona 3 de planificación (Senplades), Chimborazo es la que se dedica más a la explotación minera.

Tabla 1

Empresas extractoras de materiales para la construcción

CHIMBORAZO	PESO gr	INGRESO	N° Empleo
Cantera Flores	24135.14	127900.75	9
Cerro Negro	34820.30	186134.65	16
El Progreso	8384.38	28910.00	6
Hormigones Moreno	1994.00	11053.00	5
Hermanos Castro	4001.35	9615.24	4
La Tierra Prometida	6407.00	15155.74	7
San Martín	2556.00	9459.00	3
Sillahuan	12765.50	37318.80	6

Nota. En la tabla se muestra las canteras de la ciudad de Riobamba y la cantidad de material que extraen.

- **Cantera Hermanos Castro**

La cantera de propiedad del Sr. Fiallos Infante Jorge Estuardo, es una empresa que viene funcionando desde 1995 año en el cual, según Registro Único de Contribuyentes inicia su actividad, en la explotación, extracción y comercialización de materiales de construcción.

Esta empresa de acuerdo a la actividad que desempeña, está regida por la Ley de Minería, y que en su contexto indica que las empresas dedicadas a la explotación minera, deberán obtener la concesión del área motivo de explotación del mineral, la misma que es otorgada por el Ministerio de Energía y Minas, y la cual tiene una vigencia de 20 años a partir de 1995. Fecha en la cual la el Sr. Fiallos Estuardo, empieza su actividad con; dos trabajadores, una volqueta y una cargadora, dándose a conocer primero en el Cantón Riobamba, y sus alrededores, desde aquel entonces su empeño y dedicación se ha convertido en su mejor carta de presentación y publicidad.

Es una empresa que abastece de materiales de construcción, no solo al Cantón Guano, sino a la Provincia de Chimborazo en general, en la actualidad sus mayores competidores se encuentra localizados en la ciudad de Riobamba, y que en base a su capacidad se ha podido determinar que existen 2 competidores directos: cantera La playa, Área de Concesión Macají 2, pero la diferencia es que posee un amplio y renovado parque automotor caminero, con el cual se realiza una adecuada y rápida distribución del material pétreo en la ciudad y provincia, y una de sus desventajas ante la competencia es la distancia y falta de una oficina en la cabecera cantonal.

Productos que ofrece Cantera

Los Productos principales son:

- Macadam
- Ripio minado
- Piedra

Productos secundarios:

- Ripio triturado
- Polvo de piedra
- Sub base

- **Cantera El Progreso**

(Código de operación: 200519)

Esta empresa se encuentra ubicada a 4 Km al frente de la politécnica ingresando por el semáforo de la gasolinera politécnica fue fundada en el año 2000.

Productos

- Ripio
- Macadam
- Piedra
- Macadam re cernido
- Ripio cernido
- Piedra normal

Precio: Los costos son estables y se regulan por la cámara de la pequeña minería, la unidad de medida o de venta es el metro cúbico.

- **Cantera Tierra Prometida**

(Código de operación: 200520)

Esta empresa se encuentra ubicada a unos 10 Km al frente de la politécnica ingresando por el semáforo de la gasolinera politécnica fue fundada en el año 2005.

Productos

- Macadam
- Macadam cernido
- Piedra de cimiento
- Ripio cernido
- Ripio cernido
- Piedra pequeña

Precio: Los costos no son estables varían de acuerdo a los clientes y la cantidad de compra, la unidad de medida o de venta es el metro cubico.

Material explotado

El material que se explota en las canteras comprende parte de la formación que constituye la fase volcánica de flujos de lodo como resultado del arrastre de material volcánico por las redes de drenaje. El método de explotación es por el sistema a cielo abierto por bancos descendentes al implementar y mecanizado las labores con maquinarias mieras apropiadas. La explotación se realiza con el uso de una excavadora hidráulica Caterpillar CAT 320CL que mina y carga las volquetas que llevan el material hacia la zaranda; mientras que la cargadora frontal y volquetas se destinan para llevar los productos terminados hacia los centros de consumo. (Gavilanes & Naranjo, 2013, pág. 43)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN RESULTADOS

Estos buscadores arrojan demasiados artículos, se establecieron dos parámetros de búsqueda, los cuales fueron que sean publicados en la última década y que sus mediciones sean realizadas mediante el método de la barra de mortero; esto con la finalidad de facilitar tanto la realización de los ensayos, así como que el conocimiento sea lo más actualizado posible. Además, se realizó una búsqueda bibliográfica, acerca de los agregados pétreos utilizados durante el proceso, para determinar su composición química y tipo de roca.

Para la selección de las minas, se tomó como referencia las más utilizadas por los profesionales de la construcción, para la elaboración de hormigón y vías dentro de la ciudad de Riobamba, las cuales son Mina Sillahuan, el progreso, Hnos. Castro, cerro negro, la tierra prometida. Esto se determinó en base a una inspección visual de las minas, con la que se constató la gran importancia de estas, de acuerdo a su volumen de ventas; razón por lo que se adquirió agregado grueso y fino de estas, mismo que es utilizados en obras e infraestructura vial y estructural.

Como materiales cementantes, se utilizaron los más comunes dentro de la construcción de obras civiles en la ciudad como son el tipo IP y el tipo GU. El agua a utilizada es la proveniente de la red pública de agua potable de la ciudad de Riobamba.

Una vez adquirido el material, se procedió a la reducción de las muestras a tamaño de ensayo, tomando 2 muestras de agregado pétreo de cada mina, empleando el método de cuarteo como lo especifica la norma NTE INEN 0695.83, en la cual se indica que reducirá la muestra a tamaño de ensayo, mediante la técnica del cuarteo, la cual consiste en aplanar

la muestra dividirla en cuatro y tomar los extremos, se debe repetir el ensayo hasta reducirla a tamaño de ensayo (INEN, 2010); mediante esta norma se extrajo 4 muestras de cada mina, esto con el fin de realizar 2 ensayos por cada mina y cada cemento, y así determinar la expansión del hormigón.

Para realizar los ensayos se elaboró seis probetas con cada combinación posible entre agregados y material cementante, debido a que el presente es un estudio de caso, se consideró el doble de lo estipulado en la norma ASTM C 1567 – 08, en la que se establece un mínimo de tres probetas (ASTM, 2008), a manera de determinar la reactividad del material y si estos causan expansión en el hormigón, con el fin de tener menor dispersión de datos.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

La finalidad de este ensayo es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. (Lambe & Whitman, 2007, pág. 187)

El tamiz es la herramienta fundamental para efectuar este ensayo; se trata de un instrumento compuesto por un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciamiento uniforme entre hilos denominado abertura o luz de malla, a través del cual se hace pasar la muestra de suelo a analizar.

NORMA UTILIZADA: Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. (ASTM D22; AASHTO T 27 -88)

El procedimiento de ejecución del ensaye es simple y consiste en tomar una muestra de suelo de peso conocido, colocarlo en el juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura, pesando los retenidos parciales de suelo en cada tamiz. Esta separación física de la muestra en dos o más fracciones que contiene cada una de las partículas de un solo tamaño, es lo que se conoce como “Fraccionamiento”.

PROCEDIMIENTO ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

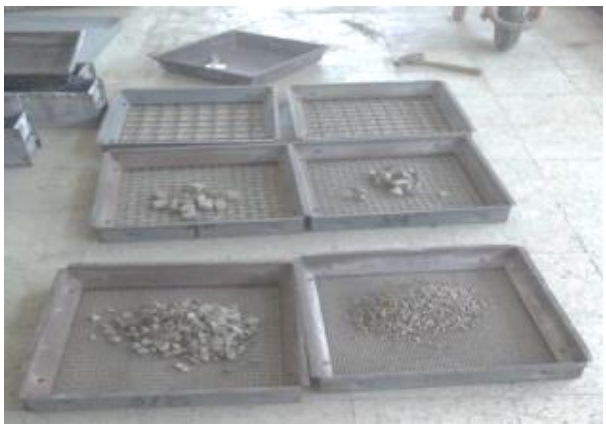
El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante

procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño.

Universalmente se ha establecido en la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

Gráfico 1

Selección de la muestra



Nota. Se observa los agregados finos y gruesos a utilizar en los ensayos

Finalmente, a través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio. (Badillo, 2005).

Dentro de los procesos de análisis y clasificación de suelos en proyectos de ingeniería como carreteras, estabilidad de taludes, diques, aeropistas, túneles, es de gran importancia los procesos de análisis granulométrico que se efectúan a los suelos. (Villafuerte & Ortega, 2015)

Badillo (2005) expone en su libro Mecánica de Suelos que “el comportamiento mecánico e hidráulico esta principalmente definido por la compacidad de los granos y su orientación, características que destruye, por la misma manera de realizarse, la prueba de granulometría, de modo que en sus resultados finales se ha tenido que perder toda huella de aquellas propiedades tan decisivas. De esto se desprende lo muy deseable que sería poder hacer una investigación granulométrica con un método tal que respetara la

estructuración inalterada del material; este método, sin embargo, hasta hoy no se ha encontrado y todo parece indicar que no se podrá desarrollar jamás".

Objetivo. -

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Coeficiente de uniformidad
- Coeficiente de curvatura
- Porcentaje de gravas
- Porcentaje de arenas
- Porcentaje de finos
- Clasificación de los suelos según el SUCS
- Curva granulométrica

Equipo. -

- **Aparato agitador:** un agitador mecánico que permita realizar el proceso de tamizado. Nota: en caso de no contar con agitador, el proceso se puede realizar manualmente, cuidando que se produzca escape de material debido a los movimientos efectuados por el operador. Los intervalos de agitado deben durar lo suficiente, asegurando así que las mallas permitan el paso de todas las partículas menores a su tamaño de orificio.
- **Horno de secado:** con capacidad para mantener temperaturas constantes de 110 ± 5°c.
- **Recipientes de muestreo:** los recipientes deben tener características especiales como son: su material preferiblemente aluminio, que soporte altas temperaturas y sea resistente a la corrosión por el contacto con la humedad de las muestras. Deben estar marcados con un código que facilite su identificación.
- **Balanza #1:** con precisión de 0,01 g, previamente calibrada.
- **Balanza #2:** con precisión de 0,1 g, previamente calibrada.
- Cepillo de alambre
- Brocha de pelo delgado

- **Juego de tamices:** se establecen como necesarios los tamices referenciados en la Tabla 3 con el fin de lograr puntos clave en la realización de la curva granulométrica.

Nota: Es necesario que el juego de tamices cuente con fondo y tapa superior. Estos deben estar en buenas condiciones y libres de golpes en sus bordes que hagan que su unión y separación con los tamices se produzca por movimientos bruscos; esto con el fin de evitar caídas inesperadas de material.

Gráfico 2

Serie de tamices para análisis granulométrico

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TAMIZ	DIÁMETRO (mm)
3"	76.20	10	2.000
2½"	63.50	20	0.840
2"	50.80	40	0.420
1½"	38.10	50	0.297
1"	25.40	60	0.250
3/4 "	19.05	70	0.210
1/2 "	12.70	80	0.180
3/8 "	9.53	100	0.149
No. 4	4.750	200	0.075

Nota. Se muestra los diferentes tamices a ocupar en los ensayos de laboratorio

Muestra. - Los procedimientos de tamizado se llevarán a cabo en dos muestras por separado. Una aquella retenida por tamiz No. 10 (2mm) y una segunda que sea pasa tamiz No. 10 (2mm).

Gráfico 3

Tamizado de agregados

Nota. Se observa el ensayo de granulometría a través del tamizado

Las masas que recomienda la literatura para cada una de las muestras son las siguientes:

- Para muestras pasa tamiz N10. Se recomiendan muestras de 100-150 g.

- Para muestras retenidas en tamiz N10.

Se determinarán masas en función del diámetro máximo de sus partículas, y las cuales van de 500 g a 5000 g.

Nota _el caso de 500 gr el diámetro máximo será de aprox. 10 mm y para el caso de 5000 g el diámetro máximo será de aprox. 75mm. Se recomienda en base a esto hacer una interpolación para definir la masa necesaria para diámetros máximos intermedios.

Preparación de la Muestra. -

Temperatura: para mantener inalterada la humedad de la muestra los sitios en donde se realizan los ensayos no deben tener variaciones de temperatura mayores a ±4ºC, ni tampoco tener un contacto directo con la luz solar.

Muestreo y Almacenamiento: El muestreo de un suelo es la etapa previa al análisis y determinación de propiedades. Es probablemente la fase más importante para la obtención de datos analíticos que puedan considerarse seguros y poder hacer un dictamen verídico sobre el suelo en análisis.

La preparación de la muestra se llevará a cabo por el método de cuarteo y una vez sea este realizado se procederá a separar la muestra en finos y gruesos por medio del método de lavado.

Gráfico 4

Preparación de la muestra

Nota. Se observa el agregado fino tamizado listo para el ensayo de proctor

La norma propone llevar una pequeña porción al horno y una vez seco, se romperá un pequeño terrón aplicando fuerza con los dedos. Si en el proceso de desmoronamiento se observa con claridad que los finos se pulverizan, no habrá necesidad de hacer lavado.

El proceso de lavado consiste en llevar el material sobre la malla No. 200 (0,075mm) y sometiéndola a corrientes continuas de aguas mientras esta es movida de un lado a otro con la mano. En el momento en que el agua que sale por la parte inferior del tamiz sea totalmente clara, la muestra se llevara al horno y luego se dejara secar a temperatura ambiente.

Procedimiento. -

a. Suelo retenido en el tamiz No. 10 (2mm) - Se prepara la serie de tamices a utilizar, se tomarán los tamices desde el No. 10 hasta el tamiz de 3”. El material que ha sido definido y preparado para realizar el ensayo se depositó desde la parte alta de la torre de tamices y se ajusta la tapa superior

Gráfico 5

Ensayo de granulometría

Nota. Se observa el agregado grueso tamizado listo para el ensayo de proctor

Bien sea de manera mecánica o de manera manual se lleva a cabo el proceso de tamizado. Si el proceso de tamizado es manual, se recomienda realizar movimientos que produzcan la suficiente vibración y el desplazamiento de las partículas de un lugar a otro a través de las mallas de los tamices.

Gráfico 6

Tamizado de los agregados

Nota. Se observa el registro del peso del agregado fino

Con ayuda de recipientes para medición y de una balanza de precisión 0,01 g se procederá realizar las pesadas de los materiales retenidos en cada malla.

Gráfico 7

Muestra de suelo

Nota. Se observa el registro del peso del agregado grueso

Esta operación se realizará desmontando primero los tamices de mayor diámetro, depositando su contenido en recipientes puestos sobre la balanza y registrando el peso del material.

Gráfico 8

Pesado de agregados tamizados

Nota. Se observa el registro del peso de la segunda muestra del agregado grueso

PROCEDIMIENTO ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO

El proceso artificial a través del cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más cerca y por ende más en contacto unas de otras, produciendo una reducción en su relación de vacíos se le ha dado el nombre de compactación.

Gráfico 9

Muestra de suelo de las minas

Nota. Se observa el registro del peso de la segunda muestra del agregado fino

El proceso de compactación en los suelos produce un mejoramiento considerable en sus propiedades ingenieriles, en el aumento de su resistencia al corte, la disminución en su deformabilidad, un aumento en su peso específico seco y mejoramiento de su condición de permeabilidad.

Gráfico 10

Moldes utilizados para ensayos

Nota. Se observa los moldes para la toma de muestras

Es importante aclarar que los métodos utilizados para la compactación varían dependiendo las características de los suelos a compactar, habiendo entonces gran variedad de equipos disponibles en la industria para tal fin. El procedimiento de laboratorio que se expone en el presente capitulo es aplicable a suelos cuya granulometría presenta un 30 % o menos retenido en el tamiz de ¾” o 19,05 mm.

El ensayo busca obtener mediante el análisis de una curva denominada curva de compactación, la relación que existe entre la humedad del suelo y el peso unitario seco del mismo, a partir de una serie de ensayos repetitivos que se realizan en un molde de 4 o 6” de diámetro. Una vez es analizada la gráfica se puede determinar el peso unitario máximo al que se puede llevar el suelo por métodos de compactación, con el porcentaje de humedad al que se logra tal condición. (Bowels, 1981)

Dichos parámetros se convierten en condicionantes en las obras a los cuales se deben manejar los suelos trabajados y que una vez conseguidos dichos valores de peso unitario se emitirá la aprobación de las obras que se estén realizando.

El método que se en el presente capitulo presenta es utilizado en obras de rellenos, terraplenes, rellenos de fundación y capas de bases en estructuras de pavimento, donde a

partir de procesos de compactación se busca obtener la optimización de comportamiento ingenieril del suelo.

Para los suelos que presentan en su granulometría más del 30 % de partículas mayores a ¾” existen otras metodologías aplicar, así como para los suelos donde se pueden presentar fenómenos de degradación durante el proceso, el presente capitulo no profundizara al respecto, pues estas metodologías no hacen parte del alcance definido.

Gráfico 11

Peso de las probetas

Nota. Se observa el registro del peso de las probetas

Bowles expresa en su manual de laboratorio de suelos que un criterio ligeramente mejor podría obtenerse expresando el control de campo en términos de la densidad relativa del suelo, sin embargo, es más conveniente utilizar el peso unitario del suelo pues el cálculo de la relación de vacíos requiere el uso de la gravedad especifica del suelo, la cual puede no ser conocida

Objetivo

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos: - Contenido de Humedad óptima. - Peso Unitario Seco máximo - Grafico Contenido de Humedad vs Peso Unitario

Equipo

- **Molde cilíndrico de compactación** normalmente de acero o aluminio, con una camisa superior del mismo material, la cual permite la compactación del material por encima del borde superior del molde para luego enrasar de manera óptima. El molde

descansa sobre una base metálica, la cual posee también dos tornillos que permiten la conexión entre el molde y la camisa superior. Aunque existen dos tamaños de moldes, este manual se encarga del procedimiento efectuado con el molde cuyo diámetro es de aprox. 6” y una altura de aprox. 116.4 mm.

- **Martillo de compactación:** martillo especial, normalmente de operación mecánica utilizado para compactar la masa de suelo con número de golpes y procedimiento específico y a una altura fija. Su diámetro es de aprox. 50.8 mm, su peso de 4536 gramos y una altura de caída de 457.2 mm.
- **Regla metálica:** debe ser de acero y lo suficientemente rígida y larga para realizar el enrasado sin ningún problema. Sus bordes no podrán estar golpeados ni presentar mordeduras.
- **Horno de secado:** con capacidad para mantener temperaturas constantes de 110 ± 5°c.
- **Balanza de precisión:** con precisión de 0,1 g, previamente calibradas y con capacidad mínima de 10.000 gramos.
- **Tamiz ¾”:** la malla del tamiz debe estar en perfecto estado. El operario debe verificar que sus bordes no presenten desprendimiento con la pared del tamiz y que ninguno de sus hilos se encuentre fracturado.
- **Aparato agitador:** un agitador mecánico que permita realizar el proceso de tamizado.
- Herramientas menores y equipo necesario para determinar el contenido de humedad.

Muestra

La norma recomienda que la muestra humedad que se recupera en campo debe ser de por lo menos 45 kilogramos y que en casos donde existan sobre tamaños este valor debe ser superior.

Procedimiento

Se lleva a cabo el proceso de tamizado de la muestra obtenida en campo. Una vez este finaliza se tendrán por separado la fracción gruesa y la fracción de ensayo, cuyos pesos permitirán determinar sus porcentajes en la totalidad de la muestra extraída y verificar la condición inicial; que la muestra no presente un porcentaje retenido en el tamiz ¾” mayor al 30 %.

Con la seguridad que la condición anterior se cumple se procede a seleccionar las muestras para los ensayos a realizar. Es necesario preparar por lo menos cuatro (4) submuestras, de manera tal que una vez se generen los puntos en la gráfica de compactación y su línea de tendencia, el pico de la curva sea efectivamente el que indique la mayor densidad seca. Estas muestras se colocarán en recipientes de aluminio lo suficientemente grandes para llevar a cabo el proceso de humedecimiento de la muestra.

Se determina un valor cercano a la humedad óptima y los tres siguientes se distribuyen a criterio del laboratorista o la persona encargada. Dos por encima y uno por debajo o viceversa. Se realiza el cálculo para determinar cuál es la cantidad de agua que cumplirá con las humedades determinadas y con ayuda de una pipeta y con la mayor precisión posible se mide el fluido.

Una vez medidas las cantidades de agua necesarias, se realiza la mezcla de tal manera que la totalidad de la muestra presente la misma humedad y consistencia. La normativa recomienda someter los suelos a tiempos de curado como lo muestra la tabla a continuación:

Gráfico 12

Clasificación del suelo Vs Tiempo de curado

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	TIEMPO DE CURADO (h)
GW, GP, SW, SP	No requiere
SW, SP	3
Todos los demás suelos	16

Nota. Se observa la clasificación del tipo de suelo con respecto al tiempo de curado

CALIFORNIA BEARING RATIO C.B.R.

El ensayo de C.B.R. sirve para obtener las características de los suelos, que nos permiten determinar el comportamiento de un material con parámetros de humedad y densidad conocidos con el propósito de establecer su capacidad.

Procedimiento

Se realizo fundas de aproximadamente 15,5 kg, luego se con la densidad máxima y humedad óptima determinadas anteriormente se procedió a compactar tres muestras, las cuales se las compacto en 5 capas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes.

Luego se procedió a sumergir las muestras durante mínimo 4 días, con el fin de saturarles, además se iba tomando lecturas de expansión de las muestras durante los días que estuvo sumergida en agua, una vez saturadas las muestras se las saco del agua y se las dejo escurrir durante unos 15 minutos aproximadamente y se procedió a realizar el ensayo.

Una vez elaboradas las curvas se las debe corregir al 100% de su densidad máxima.

Ejecución

Con el peso del molde previamente tomado se procede a realizar la compactación del material dentro del mismo. El material se debe disponer en cinco (5) capas y a cada una de ellas se debe proporcionar cincuenta y seis (56) golpes en el orden como lo indica la imagen a continuación. Se debe asegurar que cada golpe alcance la altura máxima de caída y que la superficie de contacto con la cara del martillo sea total. También se debe cumplir que la última capa sobrepase el borde del molde en una altura no mayor a 6mm.

Una vez se termine la compactación, la camisa superior es retirada y con ayuda de la espátula cuyas características cumplan las condiciones para el procedimiento, se lleva a cabo el enrasado. En el momento de enrasar es usual que guijarros dispuestos en la superficie sean desprendidos y dejen pequeños vacíos en la misma, para tal caso se recomienda llenar dichos vacíos con suelo sobrante del tamizado.

Una vez se ha enrasado el molde, este se retira de su placa base y se registra su peso.

- El material es retirado del molde y para cada uno de los ensayos se toman muestras para determinar el contenido de humedad, el cual se lleva a cabo según el procedimiento establecido.

11. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS

Se verificó el cumplimiento de las normativas que establecen las especificaciones establecidas en las normativas AASHTO T-88, ASTM D422- D6913 y así manejar una base de datos informativos técnicos de los materiales para la ejecución de una vía, a través de la realización de ensayos de laboratorio de granulometría y proctor de los agregados de las minas: Sillahuan, el progreso, Hnos. Castro, Cerro Negro y la tierra prometida de la ciudad de Riobamba,

12. IMPACTOS

Al realizar los ensayos granulométricos y proctor a las minas en estudio obtendremos resultados de datos técnicos de la subbase y base que sirven para la construcción de vías. La correlación estadística con información existente en el sector proveerá de información técnica que permitirá identificar si los problemas en las vías son causados por la baja calidad de los áridos existentes o por falta mantenimiento en la misma.

La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz Nº 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2016)

13. CONCLUSIONES.

- El ensayo de granulometría el cual es uno de los ensayos de caracterización del material, se obtuvo como resultados que los materiales de base y subbase traídos de las minas en estudio: Sillahuan, el progreso, Hnos. Castro, Cerro Negro y la tierra prometida de acuerdo con los resultados se tiene que la base se la clasifica como base clase 2 y la subbase se clasifica como subbase clase 3.
- El ensayo C.B.R. de acuerdo a los resultados obtenidos tanto para el caso de bases como de subbases varían entre 30% y 40%, con lo cual el material tan solo puede ser utilizado como material de subbase, ya que para poder ser usado como material de base es necesario que el valor de C.B.R. sea mayor o igual a 80%, de acuerdo con las especificaciones, lo cual en este caso no se cumple.
- Al comparar los diseños se logra observar que en el diseño realizado por método de la AASTHO se tiene espesores menores que los obtenidos con la correlación, por lo que al momento de utilizar el método AASTHO para realizar el diseño de las capas de una carretera se coloca espesores de capas menores a las necesarias.
- De acuerdo a los resultados determinados en los ensayos de laboratorio con el material de las minas en estudio, se tiene como resultados que los agregados de la mina de Cerro Negro es la única que cumple con la mayoría de las especificaciones estipuladas

en las normas con excepción del material de base en el cual no se cumple con el C.B.R.

14. RECOMENDACIONES

- Para iniciar a ejecutar los diferentes ensayos se debe tener conocimiento necesario de los procedimientos con los cuales se realizarán los ensayos, para evitar que se cometa algún tipo de error al momento de realizarlos.
- Tomar en cuenta la humedad optima y la densidad máxima de los agregados, para evitar tener problemas en el momento de la compactación de las diferentes capas, razón por la cual es necesario el uso de algún aparato que nos permita medir en campo estos datos de una manera fácil y rápida, en este caso el aparato que se utilizó para verificar estos valores fue el densímetro nuclear el cual nos da resultados confiables.
- El uso del densímetro nuclear debe ser realizado por un personal calificado debido a la radiación que se emite al momento de tomar las lecturas, lo cual ocasionaría serios problemas a las personas que no tengan el conocimiento adecuado de uso de dicho aparato.

15. DECLARACIÓN FINAL Y FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Declaración Final. - El grupo de investigación, representado por David Alejandro López Niama director del proyecto de investigación titulado **"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS DEL CANTÓN RIOBAMBA"**, de forma libre y voluntaria declaran lo siguiente:

Que el proyecto descrito en este documento es una obra original cuyos autores forman parte del grupo de investigadores y por lo tanto asumimos la completa responsabilidad legal en el caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la Unidad de Investigación y al Instituto Tecnológico Superior Riobamba, de cualquier acción legal que se derive por esta causa.

Que el presente proyecto no causa perjuicio alguno al ambiente y no transgrede norma ética alguna, y en el caso de que la investigación requiera de permisos previo a su ejecución, el director/a del Proyecto remitirá una copia certificada de los mismos a la Unidad de Investigación.

Aceptamos que, si como parte de los resultados del proyecto se genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, estos serán compartidos por la Unidad de Investigación, la Carrera postulante, la(s) instituciones que compartieron la investigación y el grupo de investigadores, en los términos definidos en el respectivo convenio específico.

Riobamba, 17 de agosto de 2022.

El documento debe ser sumillado por las siguientes personas:

- Ing. David Alejandro López Niama - director del proyecto de investigación.

- Ing. Juan Xavier Sampedro Vásconez - Miembro del proyecto de investigación.

16. BIBLIOGRAFIA

Badillo, J. (2005). *Mecánica de suelos, tomo1*. México: Limusa.

Banco Central del Ecuador. (2010). *Explotación minera en Chimborazo.*

Bowels, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.* México: Mc Graw Hill.

Gavilanes, V., & Naranjo, L. (2013). Propuesta De Estrategias De Gestión Comercial Para Fortalecer Las Ventajas Competitivas De Las Pequeñas Y Medianas Empresas De Explotación Minera De La Provincia De Chimborazo, Caso De Estudio Cantera San Andrés Del Cantón Guano. Riobamba.

Gobierno de la República del Ecuador. (2017). Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo "Toda una Vida". Quito, Pichincha, Ecuador.

Lambe, W., & Whitman, R. (2007). *Mecánica de suelos.* México: Limusa.

Mata Montenegro, M. (Septiembre de 2010). Guía Básica para la conformación de bases y subbases para carreteras en el Salvador. Ciudad Universitaria, El Salvador.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2016). Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes. Quito, Pichincha, Ecuador.

Plan Nacional de Desarrollo Creación de Oportunidades 2021-2025. (s.f.). Obtenido de https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador

Sierra, R. (2001). Extracción de rocas y minerales no disgregados utilizados como materiales de construcción.

Villafuerte, L., & Ortega, K. (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo arenoso. Quito, Ecuador.

17. PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN ADICIONALES

No aplica

18. CONVENIOS

No aplica

19. ANEXOS

- Recopilación fotográfica de las actividades realizadas

- Video de algunas de las actividades ejecutadas.

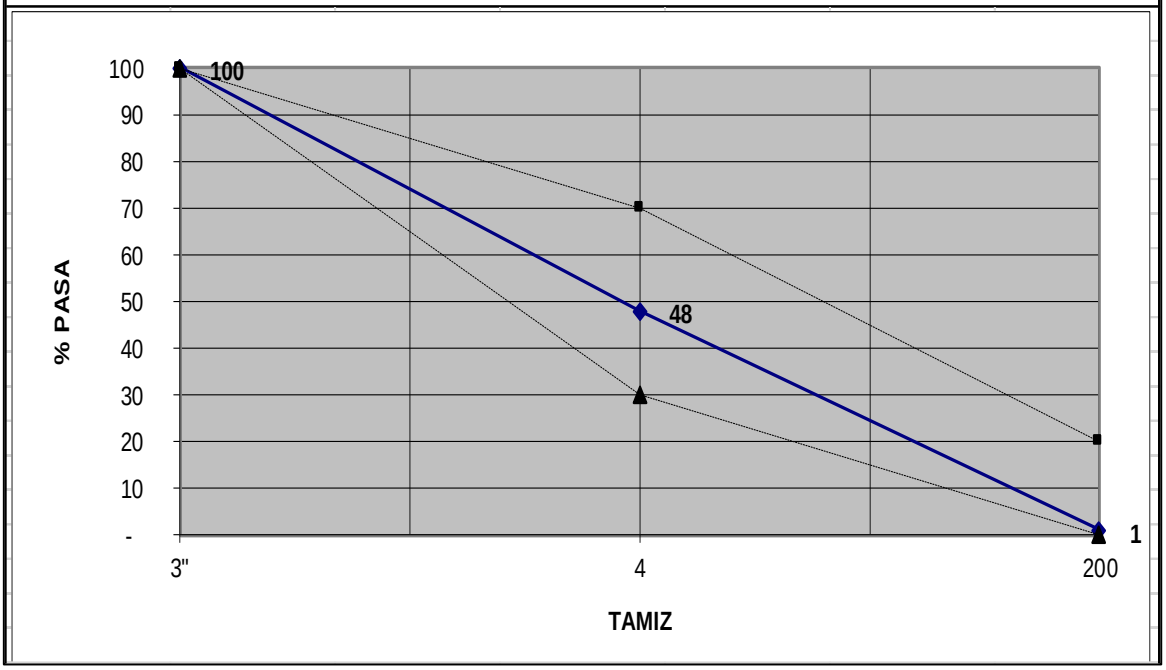
- Lista de asistencia a los talleres de transferencia bidireccional por comunidad.

ANEXO A. Análisis Granulométrico de las minas

ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA:	TIXAN		ABSCISA		Mo (g):	3.000,00
TAMIZ	MASA RETENIDO PARCIAL (g)	PORCENTAJES RETENIDO PARCIAL (%)	PORCENTAJES RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJES PASA (%)	LIMITES SUB BASE MEJORAMIENTO SUPERIOR (%)	LIMITES SUB BASE MEJORAMIENTO INFERIOR (%)
3"	-	-	-	100	100	100
4	1.560,45	52	52	48	70	30
200	1.420,12	47	99	1	20	0

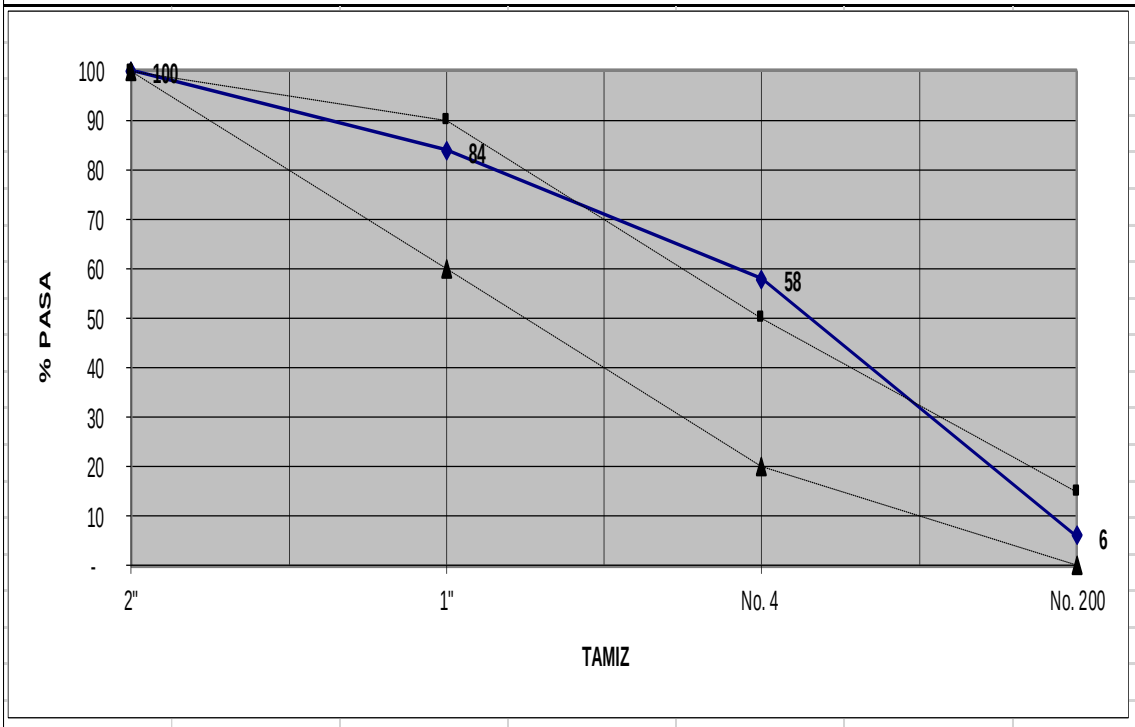
CURVA GRANULOMETRICA



ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA:			ABSCISA:		Mo (g):	2.000,00
TAMIZ	MASA RETENIDO PARCIAL (g)	PORCENTAJES RETENIDO PARCIAL (%)	PORCENTAJES RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJES PASA (%)	LIMITES BASE CLASE 4 SUPERIOR (%)	LIMITES BASE CLASE 4 INFERIOR (%)
2"		-	-	100	100	100
1"	317,77	16	16	84	90	60
No. 4	523,64	26	42	58	50	20
No. 200	1.036,72	52	94	6	15	0

CURVA GRANULOMETRICA



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

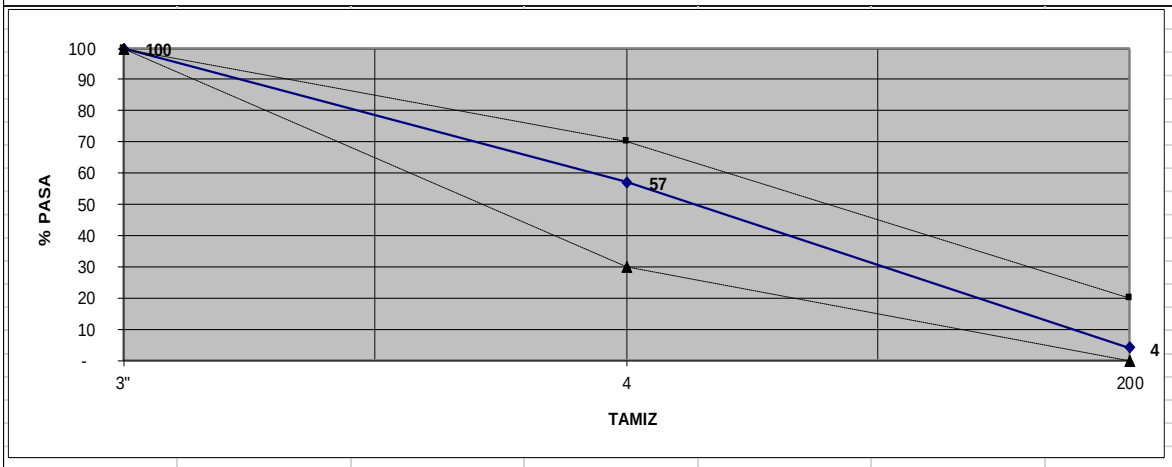
INFORMACION GENERAL

INFORME DE ENSAYOS DE		INSTITUCION:		NORMAS:
GRANULOMETRIA DE				**INEN 696 697**
SUB BASE	**3**	PROYECTO:		
CLASE		**ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**		**ASSHTO T-11**
FECHA:		CONTRATISTA:		
		FISCALIZADOR		
INFORME: No.	**ee-H-GSB-013**	UBICACIÓN:	**RIOBAMBA - CHIMBORAZO**	**ASSHTO T27**

ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA:			ABSCISA		Mo (g):	**5 994.00**
TAMIZ	**MASA RETENIDO PARCIAL (g)**	**PORCENTAJES**			**LIMITES SUB BASE CLASE 3**	
		RETENIDO PARCIAL (%)	**RETENIDO ACUMULADO (%)**	**PASA (%)**	**SUPERIOR (%)**	**INFERIOR (%)**
3"	-	-	-	100	100	100
4	2 601.00	43	43	57	70	30
200	3 198.00	53	96	4	20	0

CURVA GRANULOMETRICA



FIRMA Y ESPECIFICACIONES:

ESPECIFICACIONES:

SUB BASE CLASE 1: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 2: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 3: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

ING. XAVIER SAMPEDRO
RESPONSABLE TECNICO

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

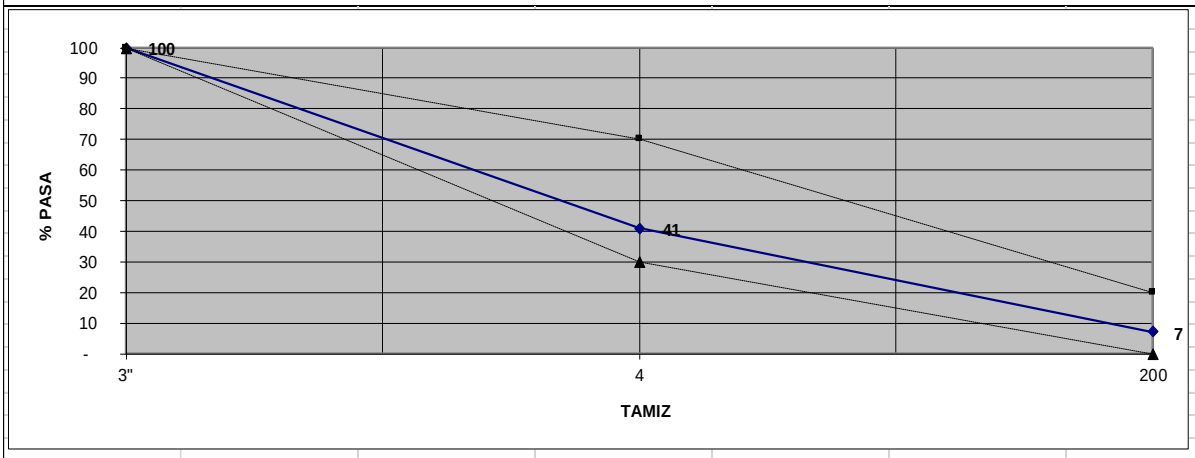
INFORMACION GENERAL

INFORME DE ENSAYOS DE		INSTITUCION:		NORMAS:
GRANULOMETRIA DE				**INEN 696 697**
SUB BASE	**3**	PROYECTO:		
CLASE		**ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**		**ASSHTO T-11**
FECHA:		CONTRATISTA:		
		FISCALIZADOR		
INFORME: No.	**ee-H-GSB-013**	UBICACIÓN:	**RIOBAMBA - CHIMBORAZO**	**ASSHTO T27**

ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA:			ABSCISA		Mo (g):	**5 000.00**
TAMIZ	**MASA RETENIDO PARCIAL (g)**	**PORCENTAJES RETENIDO PARCIAL (%)**	**RETENIDO ACUMULADO (%)**	**PASA (%)**	**LIMITES BASE CLASE 3 SUPERIOR (%)**	**INFERIOR (%)**
3"	-	-	-	100	100	100
4	2 958.00	59	59	41	70	30
200	1 706.00	34	93	7	20	0

CURVA GRANULOMETRICA



FIRMA Y ESPECIFICACIONES:

ESPECIFICACIONES:

SUB BASE CLASE 1: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 2: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 3: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

ING. XAVIER SAMPEDRO
RESPONSABLE TECNICO

ANEXO B. Análisis Granulométrico de la subbase de las canteras

INFORMACION GENERAL

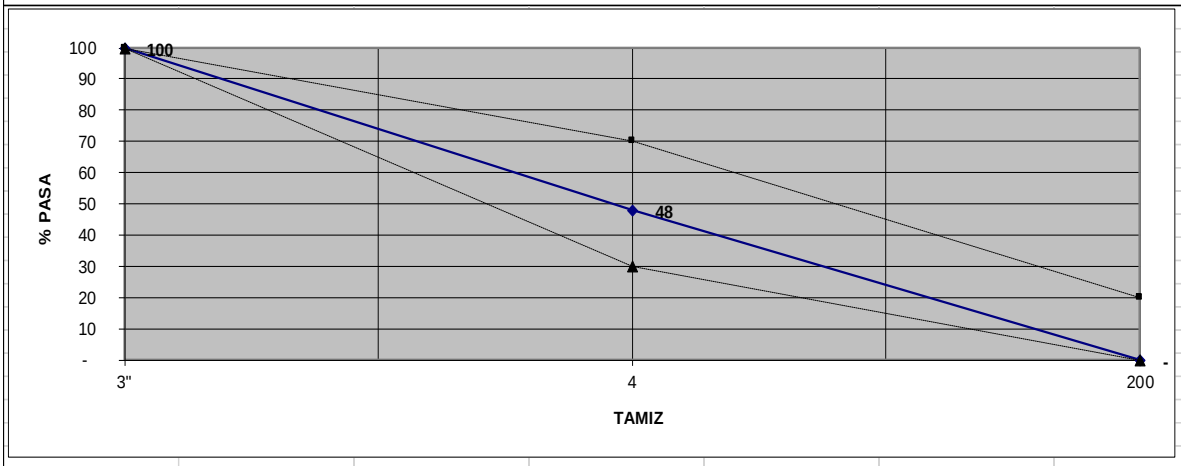
INFORME DE ENSAYOS DE		INSTITUCION:	NORMAS:
GRANULOMETRIA DE			**INEN 696 697**
SUB BASE	**3**	PROYECTO: **ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**	
CLASE			**ASSHTO T-11**
FECHA:		CONTRATISTA:	
		FISCALIZADOR	
INFORME: No.	**ee-H-GSB-013**	UBICACIÓN: **RIOBAMBA - CHIMBORAZO**	**ASSHTO T27**

ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA: ABSCISA Mo (g): **3 000.00**

TAMIZ	MASA RETENIDO PARCIAL (g)	PORCENTAJES RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	LIMITES SUB BASE CLASE 3 SUPERIOR (%)	INFERIOR (%)
3"	-	-	-	100	100	100
4	1 567.46	52	52	48	70	30
200	1 430.60	48	100	-	20	0

CURVA GRANULOMETRICA



FIRMA Y ESPECIFICACIONES:

ESPECIFICACIONES:

SUB BASE CLASE 1: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 2: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 3: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

ING. XAVIER SAMPEDRO
RESPONSABLE TECNICO

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

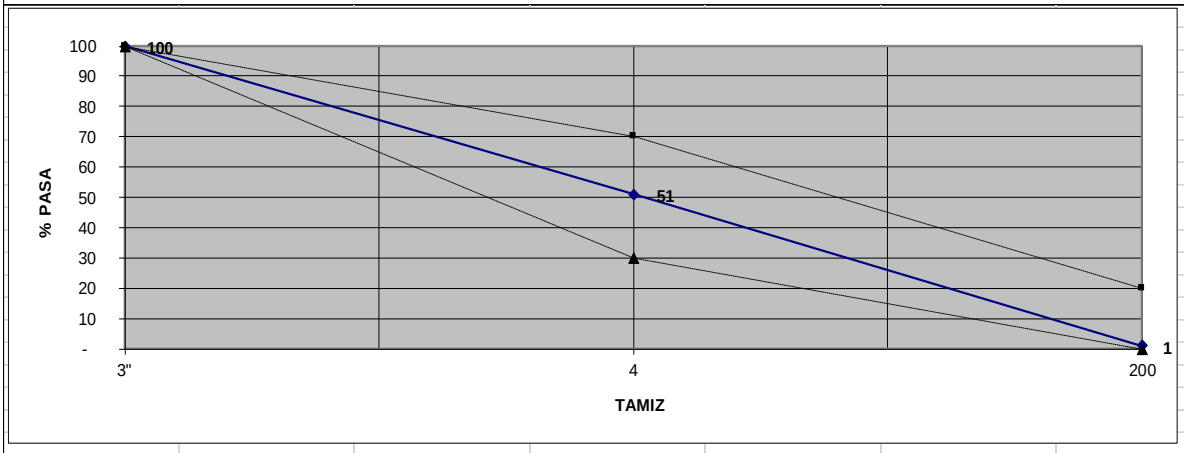
INFORMACION GENERAL

INFORME DE ENSAYOS DE		INSTITUCION:		NORMAS:
GRANULOMETRIA DE				**INEN 696 697**
SUB BASE	**3**	PROYECTO:		
CLASE		**ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**		**ASSHTO T-11**
FECHA:		CONTRATISTA:		
		FISCALIZADOR		
INFORME: No.	**ee-H-GSB-013**	UBICACIÓN:	**RIOBAMBA - CHIMBORAZO**	**ASSHTO T27**

ANALISIS GRANULOMETRICO

ORIGEN MINA:			ABSCISA		Mo (g):	**5 000.00**
TAMIZ	**MASA RETENIDO PARCIAL (g)**	**PORCENTAJES**			**LIMITES SUB BASE CLASE 3**	
		RETENIDO PARCIAL (%)	**RETENIDO ACUMULADO (%)**	**PASA (%)**	**SUPERIOR (%)**	**INFERIOR (%)**
3"	-	-	-	100	100	100
4	2 461.40	49	49	51	70	30
200	2 494.10	50	99	1	20	0

CURVA GRANULOMETRICA



FIRMA Y ESPECIFICACIONES:

ESPECIFICACIONES:

SUB BASE CLASE 1: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 2: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

SUB BASE CLASE 3: TRITURADOS 30% Y ADEMAS CUMPLIR SECCION 403.1.02 MOP PARA TIPO A Y B.

ING. XAVIER SAMPEDRO
RESPONSABLE TECNICO

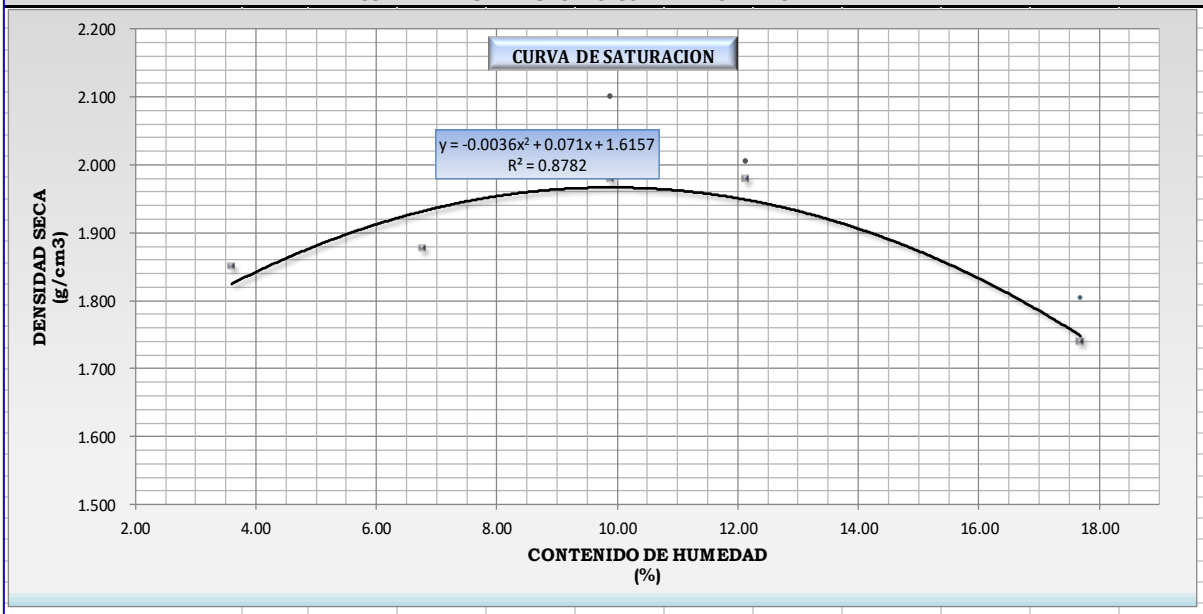
ANEXO C. Ensayo de PROCTOR MODIFICADO de las minas

ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR MODIFICADO	INFORME No.: 1 01-PR-LABCOS-03-2022
INSTITUCION: INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA	NORMAS: ASTM D1557-70 METODO D AASHTO T180-70
PROYECTO: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA	**PERFORACION:**
SOLICITADO POR: / **FECHA:** 03-03-22	**MUESTRA:**
FISCALIZADOR: / **UBICACIÓN:**	**PROFUNDIDAD:**

CARACTERISTICAS DE ENSAYO	h (cm): 11.6	No. Capas: 5	No. Golpes: 56	Molde: 6"	Peso: 4,54 kg

MUESTRA		1		2		3		4		5	
Molde No.:	PR1	M1		M2		M3		M4		M5	
Agua :	ml (%)	3%		6%		9%		12%		15%	
Peso Total Húmedo:	g	9 706.00		9 888.00		10 251.00		10 342.00		9 979.00	
Peso Neto Molde:	g	5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00	
Peso Neto Húmedo:	g	4 056.00		4 238.00		4 601.00		4 692.00		4 329.00	
Volumen:	cm3	2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00	
Recipiente No.:		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Peso Total Húmedo:	g	85.58	104.57	113.71	120.76	137.30	107.86	106.12	119.69	140.85	148.06
Peso Total Seco:	g	83.04	101.80	107.73	114.16	126.35	99.89	96.35	108.98	122.25	128.58
Peso del Agua:	g	2.54	2.77	5.98	6.60	10.95	7.97	9.77	10.71	18.60	19.48
Peso del Recipiente:	g	17.78	17.97	18.18	18.16	17.68	17.80	17.99	18.20	18.02	17.50
Peso Neto Seco:	g	65.26	83.83	89.55	96.00	108.67	82.09	78.36	90.78	104.23	111.08
Contenido del Agua:	%	3.89	3.30	6.68	6.88	10.08	9.71	12.47	11.80	17.85	17.54
Contenido de Agua Promedio:	%	3.598		6.776		9.893		12.133		17.691	
DENSIDAD HUMEDA:	g/cm3	**1.917**		**2.003**		**2.174**		**2.217**		**2.046**	
CURVA DE SATURACION:	g/cm3	2.419		2.247		2.100		2.005		1.804	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	**1.850**		**1.876**		**1.979**		**1.977**		**1.738**	

CURVA: DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



HUMEDAD OPTIMA: 9.90 %	MAXIMA DENSIDAD: 1.966 g/cm3

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

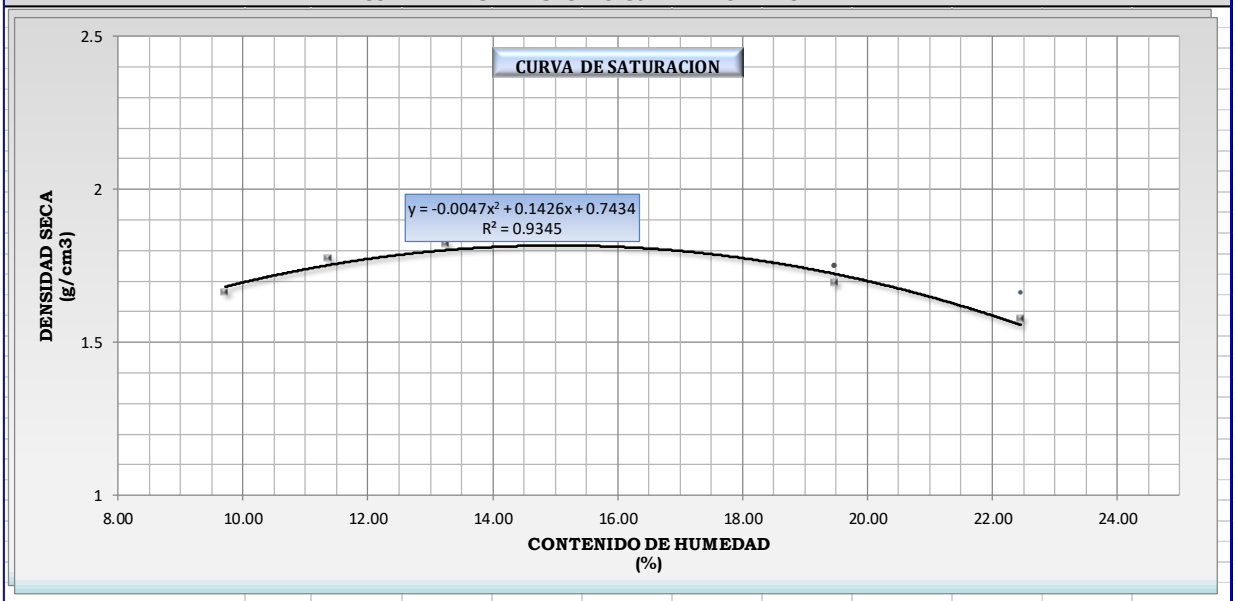
ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR MODIFICADO	INFORME No.: 2 01-PR-LABCOS-03-2022

INSTITUCION: INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA		NORMAS: ASTM D1557-70 METODO D AASHTO T180-70
PROYECTO: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA		**PERFORACION:**
SOLICITADO POR:	**FECHA:** 03-03-22	**MUESTRA:**
FISCALIZADOR:	**UBICACIÓN:**	**PROFUNDIDAD:**

CARACTERISTICAS DE ENSAYO	h (cm): 11.6	No. Capas: 5	No. Golpes: 56	Molde: 6"	Peso: 4,54 kg

MUESTRA		1		2		3		4		5	
Molde No.:	PR1	M1		M2		M3		M4		M5	
Agua :	ml (%)	9%		12%		15%		18%		21%	
Peso Total Húmedo:	g	9 494.00		9 815.00		9 998.00		9 918.00		9 716.00	
Peso Neto Molde:	g	5 640.00		5 640.00		5 640.00		5 640.00		5 640.00	
Peso Neto Húmedo:	g	3 854.00		4 175.00		4 358.00		4 278.00		4 076.00	
Volumen:	cm3	2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00	
Recipiente No.:		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Peso Total Húmedo:	g	38.19	46.36	40.07	42.31	33.55	45.57	84.44	62.05	65.97	61.49
Peso Total Seco:	g	36.63	44.36	38.35	40.02	31.94	43.22	74.45	55.38	57.28	54.75
Peso del Agua:	g	1.56	2.00	1.72	2.29	1.61	2.35	9.99	6.67	8.69	6.74
Peso del Recipiente:	g	21.82	21.90	21.70	21.58	21.64	21.60	21.80	21.99	21.81	21.75
Peso Neto Seco:	g	14.81	22.46	16.65	18.44	10.30	21.62	52.65	33.39	35.47	33.00
Contenido del Agua:	%	10.53	8.90	10.33	12.42	15.63	10.87	18.97	19.98	24.50	20.42
Contenido de Agua Promedio:	%	9.719		11.374		13.250		19.475		22.462	
DENSIDAD HUMEDA:	g/cm3	**1.821**		**1.973**		**2.060**		**2.022**		**1.926**	
CURVA DE SATURACION:	g/cm3	2.107		2.036		1.961		1.748		1.661	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	**1.660**		**1.772**		**1.819**		**1.692**		**1.573**	

CURVA: DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



HUMEDAD OPTIMA:	14.50 %	MAXIMA DENSIDAD:	1.823 g/cm3

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

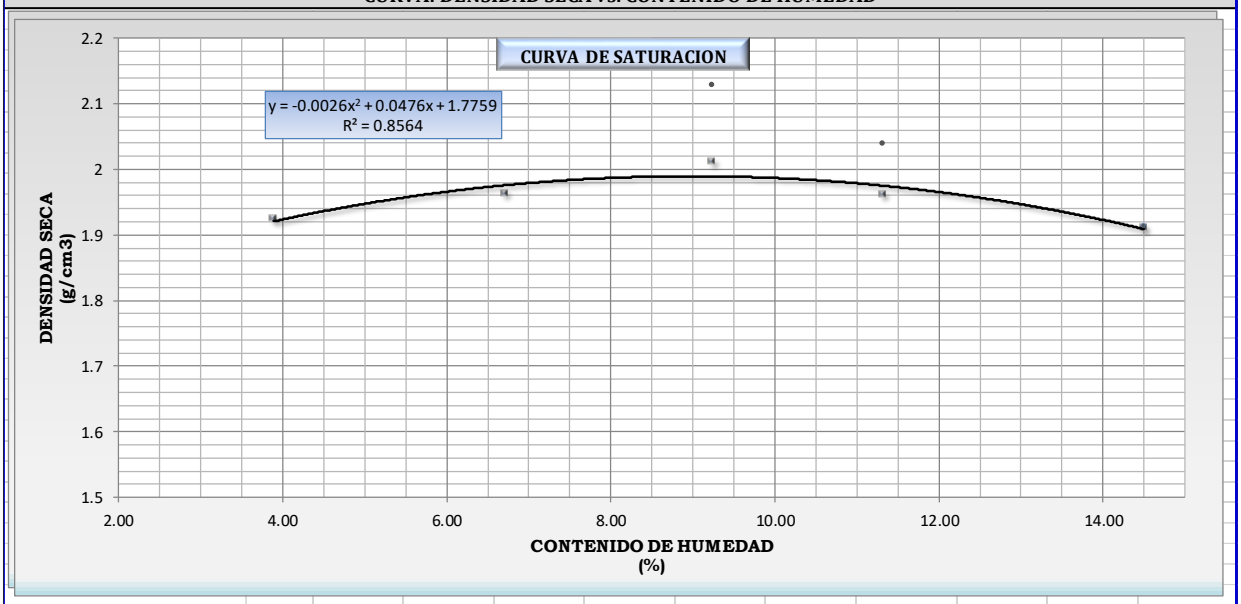
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR MODIFICADO	INFORME No.3 01-PR-LABCOS-03-2022
INSTITUCION: INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA	NORMAS: ASTM D1557-70 METODO D AASHTO T180-70
PROYECTO: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA	**PERFORACION:**
SOLICITADO POR: / **FECHA:** 03-03-22	**MUESTRA:**
FISCALIZADOR: / **UBICACIÓN:**	**PROFUNDIDAD:**

CARACTERISTICAS DE ENSAYO	h (cm): 11.6	No. Capas: 5	No. Golpes: 56	Molde: 6"	Peso: 4,54 kg

MUESTRA		1		2		3		4		5	
Molde No.:	PR1	M1		M2		M3		M4		M5	
Agua :	ml (%)	3%		6%		9%		12%		15%	
Peso Total Húmedo:	g	9 880.00		10 080.00		10 300.00		10 270.00		10 280.00	
Peso Neto Molde:	g	5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00	
Peso Neto Húmedo:	g	4 230.00		4 430.00		4 650.00		4 620.00		4 630.00	
Volumen:	cm3	2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00	
Recipiente No.:		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Peso Total Húmedo:	g	51.28	51.68	53.83	57.74	54.12	49.24	63.38	55.07	68.70	71.25
Peso Total Seco:	g	50.03	50.40	51.62	55.21	51.04	46.58	58.53	51.53	61.92	64.87
Peso del Agua:	g	1.25	1.28	2.21	2.53	3.08	2.66	4.85	3.54	6.78	6.38
Peso del Recipiente:	g	17.67	17.78	17.99	18.21	18.04	17.51	18.18	18.17	17.90	17.96
Peso Neto Seco:	g	32.36	32.62	33.63	37.00	33.00	29.07	40.35	33.36	44.02	46.91
Contenido del Agua:	%	3.86	3.92	6.57	6.84	9.33	9.15	12.02	10.61	15.40	13.60
Contenido de Agua Promedio:	%	3.893		6.705		9.242		11.316		14.501	
DENSIDAD HUMEDA:	g/cm3	**1.999**		**2.094**		**2.198**		**2.183**		**2.188**	
CURVA DE SATURACION:	g/cm3	2.402		2.250		2.129		2.039		1.914	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	**1.924**		**1.962**		**2.012**		**1.961**		**1.911**	

CURVA: DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



HUMEDAD OPTIMA:	9.00 %	MAXIMA DENSIDAD:	1.994 g/cm3

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA

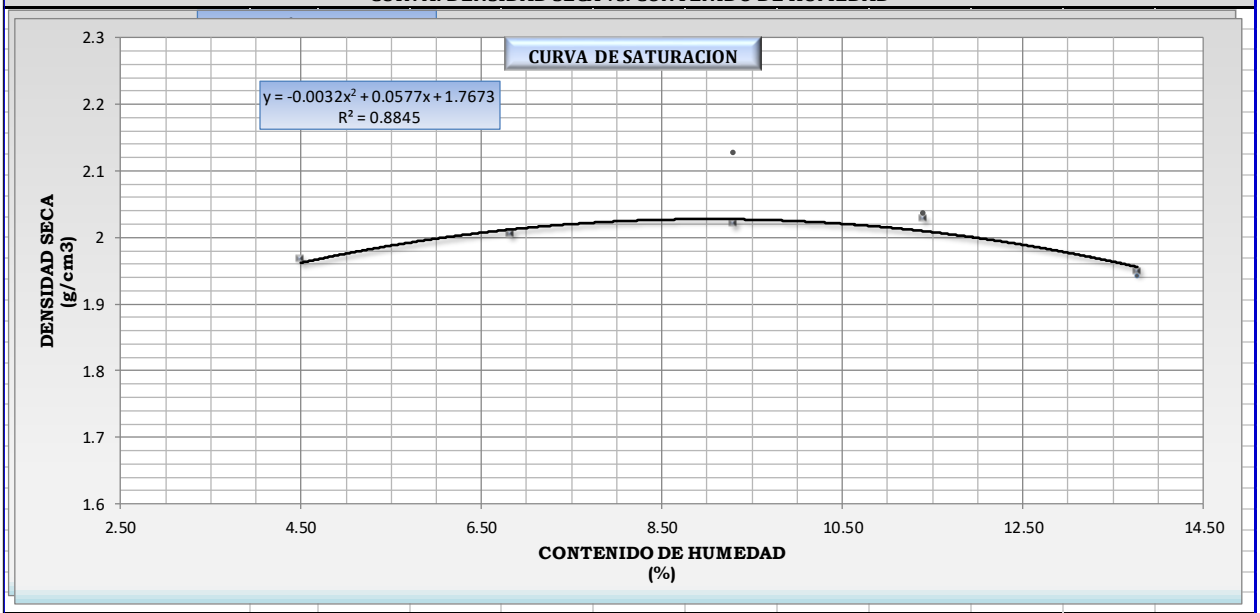
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR MODIFICADO	INFORME No.: 4 01-PR-LABCOS-03-2022
INSTITUCION: INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA	NORMAS: ASTM D1557-70 METODO D AASHTO T180-70
PROYECTO: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍAS Y PROCTOR DE LAS BASES Y SUB BASES DE LAS MINAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA	**PERFORACION:**
SOLICITADO POR: / **FECHA:** 03-03-22	**MUESTRA:**
FISCALIZADOR: / **UBICACIÓN:**	**PROFUNDIDAD:**

CARACTERISTICAS DE ENSAYO	h (cm): 11.6	No. Capas: 5	No. Golpes: 56	Molde: 6"	Peso: 4,54 kg

MUESTRA		1		2		3		4		5	
Molde No.:	PR1	M1		M2		M3		M4		M5	
Agua :	ml (%)	3%		6%		9%		12%		15%	
Peso Total Húmedo:	g	10 000.00		10 180.00		10 320.00		10 430.00		10 340.00	
Peso Neto Molde:	g	5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00		5 650.00	
Peso Neto Húmedo:	g	4 350.00		4 530.00		4 670.00		4 780.00		4 690.00	
Volumen:	cm3	2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00		2 116.00	
Recipiente No.:		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Peso Total Húmedo:	g	58.89	53.69	58.13	63.84	65.93	55.73	74.85	67.16	74.45	62.12
Peso Total Seco:	g	57.13	52.13	55.65	60.83	61.92	52.43	68.32	62.80	66.58	57.61
Peso del Agua:	g	1.76	1.56	2.48	3.01	4.01	3.30	6.53	4.36	7.87	4.51
Peso del Recipiente:	g	17.66	17.78	18.00	18.21	18.02	17.50	18.17	18.16	17.88	17.97
Peso Neto Seco:	g	39.47	34.35	37.65	42.62	43.90	34.93	50.15	44.64	48.70	39.64
Contenido del Agua:	%	4.46	4.54	6.59	7.06	9.13	9.45	13.02	9.77	16.16	11.38
Contenido de Agua Promedio:	%	4.500		6.825		9.291		11.394		13.769	
DENSIDAD HUMEDA:	g/cm3	**2.056**		**2.141**		**2.207**		**2.259**		**2.216**	
CURVA DE SATURACION:	g/cm3	2.368		2.244		2.126		2.035		1.942	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	**1.967**		**2.004**		**2.019**		**2.028**		**1.948**	

CURVA: DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



HUMEDAD OPTIMA: 9.30 %	MAXIMA DENSIDAD: 2.027 g/cm3