



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“NIVEL DE EFICIENCIA DEL MÉTODO DE FOTOGRAFÍAS DIGITALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TRADICIONAL.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Michael Ramos Garcia

Bach. Manuel Jonathan Sánchez Mendoza

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Alejandro Cubas Becerra, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Bach. Ramos Garcia, Michael.
- Bach. Sánchez Mendoza, Manuel Jonathan.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “NIVEL DE EFICIENCIA DEL MÉTODO DE FOTOGRAFÍAS DIGITALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TRADICIONAL” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Alejandro Cubas Becerra
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Michael Ramos Garcia, Manuel Jonathan Sánchez Mendoza, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "NIVEL DE EFICIENCIA DEL MÉTODO DE FOTOGRAFÍAS DIGITALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TRADICIONAL"

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno
Jurado

Ing. Manuel Urteaga Toro
Jurado

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a Dios por darnos la vida, iluminar nuestros caminos, darnos la fuerza, la esperanza y la fe para cumplir nuestras metas, haber puesto en nuestros caminos personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Dedicamos esta investigación a nuestros padres por el constante apoyo, confianza y por ser los motores para ser personas de provecho a través de sus consejos y enseñanzas. Por estar en los malos y buenos momentos, a ellos nuestros padres les dedicamos este trabajo que también es suyo, esperamos siempre contar con cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de cumplir nuestras metas, brindándonos la humildad y la energía para superar cada adversidad.

También agradecemos a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte que influyeron de manera grata, transmitiendo sus conocimientos profesionales como también personales, sobre todo por formar parte de nuestra instancia dentro de la universidad. De manera especial al Ing. Alejandro Cubas Becerra, asesor de nuestra tesis, por el gran apoyo y dedicación para la elaboración de ésta.

Para concluir agradecemos a todos nuestros amigos que estuvieron con nosotros apoyándonos y sobre todo por todo su cariño y amistad verdadera que nos brindaron.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS	56
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	75
REFERENCIAS	80
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del tamaño de las partículas desde limos hasta bolones (escala de Wentworth).....	21
Tabla 2. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	44
Tabla 3. Parámetro para medir el nivel de eficiencia de la gradación.....	54
Tabla 4. Parámetro para medir el nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	55
Tabla 5. Medición del nivel de eficiencia.....	55
Tabla 6. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	56
Tabla 7. Datos promedio del software del agregado grueso.	56
Tabla 8. Medición del nivel de eficiencia según gradación.....	58
Tabla 9. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.....	58
Tabla 10. Medición del nivel de eficiencia río Cajamarquino.	58
Tabla 11. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	59
Tabla 12. Datos promedio del software del agregado grueso.	59
Tabla 13. Medición del nivel de eficiencia según gradación.....	61
Tabla 14. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	61
Tabla 15. Medición del nivel de eficiencia río Mashcón.....	61
Tabla 16. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	62
Tabla 17. Datos promedio del software del agregado grueso.	62
Tabla 18. Medición del nivel de eficiencia según gradación.....	64
Tabla 19. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	64
Tabla 20. Medición del nivel de eficiencia río Chonta.	64
Tabla 21. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	65
Tabla 22. Datos promedio del software del agregado grueso.	65
Tabla 23. Medición del nivel de eficiencia según gradación.....	67
Tabla 24. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	67
Tabla 25. Medición del nivel de eficiencia cerro Hualanga.	67
Tabla 26. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	68
Tabla 27. Datos promedio del software del agregado grueso.	68
Tabla 28. Medición del nivel de eficiencia según gradación.....	70

Tabla 29. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	70
Tabla 30. Medición del nivel de eficiencia cerro El Gavilán.	70
Tabla 31. Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.	71
Tabla 32. Datos promedio del software del agregado grueso.	71
Tabla 33. Medición del nivel de eficiencia según gradación.	73
Tabla 34. Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.	73
Tabla 35. Medición del nivel de eficiencia cerro Guitarrero.	73
Tabla 36. Cuadro resumen de la medición del nivel de eficiencia.	74
Tabla 37. Cuadro comparativo de gradación.	78
Tabla 38. Cuadro de variaciones máximas y variaciones mínimas.	79
Tabla 39. Granulometría imagen 1, cantera de cerro “Hualanga”.	94
Tabla 40. Granulometría imagen 2, cantera de cerro “Hualanga”.	94
Tabla 41. Granulometría imagen 3, cantera de cerro “Hualanga”.	95
Tabla 42. Granulometría imagen 4, cantera de cerro “Hualanga”.	95
Tabla 43. Granulometría imagen 5, cantera de cerro “Hualanga”.	96
Tabla 44. Granulometría imagen 6, cantera de cerro “Hualanga”.	96
Tabla 45. Granulometría imagen 1, cantera de cerro “El Gavilán”.	97
Tabla 46. Granulometría imagen 2, cantera de cerro “El Gavilán”.	97
Tabla 47. Granulometría imagen 3, cantera de cerro “El Gavilán”.	98
Tabla 48. Granulometría imagen 4, cantera de cerro “El Gavilán”.	98
Tabla 49. Granulometría imagen 5, cantera de cerro “El Gavilán”.	99
Tabla 50. Granulometría imagen 6, cantera de cerro “El Gavilán”.	99
Tabla 51. Granulometría imagen 1, cantera de cerro “Guitarrero”.	100
Tabla 52. Granulometría imagen 2, cantera de cerro “Guitarrero”.	100
Tabla 53. Granulometría imagen 3, cantera de cerro “Guitarrero”.	101
Tabla 54. Granulometría imagen 4, cantera de cerro “Guitarrero”.	101
Tabla 55. Granulometría imagen 5, cantera de cerro “Guitarrero”.	102
Tabla 56. Granulometría imagen 6, cantera de cerro “Guitarrero”.	102
Tabla 57. Granulometría imagen 1, cantera de río “Cajamarquino”.	103
Tabla 58. Granulometría imagen 2, cantera de río “Cajamarquino”.	103
Tabla 59. Granulometría imagen 3, cantera de río “Cajamarquino”.	104

Tabla 60. Granulometría imagen 4, cantera de río “Cajamarquino”.....	104
Tabla 61. Granulometría imagen 5, cantera de río “Cajamarquino”.....	105
Tabla 62. Granulometría imagen 6, cantera de río “Cajamarquino”.....	105
Tabla 63. Granulometría imagen 1, cantera de río “Mashcón”.....	106
Tabla 64. Granulometría imagen 2, cantera de río “Mashcón”.....	106
Tabla 65. Granulometría imagen 3, cantera de río “Mashcón”.....	107
Tabla 66. Granulometría imagen 4, cantera de río “Mashcón”.....	107
Tabla 67. Granulometría imagen 5, cantera de río “Mashcón”.....	108
Tabla 68. Granulometría imagen 6, cantera de río “Mashcón”.....	108
Tabla 69. Granulometría imagen 1, cantera de río “Chonta”.....	109
Tabla 70. Granulometría imagen 2, cantera de río “Chonta”.....	109
Tabla 71. Granulometría imagen 3, cantera de río “Chonta”.....	110
Tabla 72. Granulometría imagen 4, cantera de río “Chonta”.....	110
Tabla 73. Granulometría imagen 5, cantera de río “Chonta”.....	111
Tabla 74. Granulometría imagen 6, cantera de río “Chonta”.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de los ejes principales de una partícula de árido.	19
Figura 2. Ejemplo de distribución de frecuencias relativas y curva de distribución acumulada.. ...	22
Figura 3. Curva granulométrica.....	24
Figura 4. Interpretación de la curva granulométrica	26
Figura 5. Curvas de área mínima de muestreo.	30
Figura 6. Esquema de ingreso, proceso y salida de información del programa Digital Gravelometer..	32
Figura 7. Fotografía satelital, ruta cantera río Chonta.....	38
Figura 8. Fotografía satelital, ubicación cantera río Chonta.....	39
Figura 9. Fotografía satelital, ruta santera río Cajamarquino.	39
Figura 10. Fotografía satelital, ubicación cantera río Cajamarquino.	40
Figura 11. Fotografía satelital, ruta cantera río Mashcón.....	40
Figura 12. Fotografía satelital, ubicación cantera río Mashcón.....	41
Figura 13. Fotografía satelital, ruta cantera cerro Gavilán.	41
Figura 14. Fotografía Satelital, ubicación cantera cerro Gavilán.	42
Figura 15. Fotografía satelital, ruta cantera cerro Guitarrero.	42
Figura 16. Fotografía satelital, ubicación cantera cerro Guitarrero.	43
Figura 17. Fotografía satelital, ruta cantera cerro Hualanga..	43
Figura 18. Fotografía satelital, ubicación cantera cerro Hualanga.....	44
Figura 19. Estructura del programa.....	47
Figura 20. Creación de un proyecto.	47
Figura 21. Fotografía a analizar.....	48
Figura 22. Delimitación de la fotografía a analizar.....	49
Figura 23. Delimitación de la fotografía a analizar.....	50
Figura 24. Información sobre la imagen.	51
Figura 25. Procesamiento de imagen..	52
Figura 26. Resultados de distribución del tamaño de grano de cada imagen.	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de la curva granulométrica..	57
Gráfico 2. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Cajamarquino.	57
Gráfico 3. Comparación de la curva granulométrica.	60
Gráfico 4. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Mashcón	60
Gráfico 5. Comparación de la curva granulométrica..	63
Gráfico 6. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Chonta.	63
Gráfico 7. Comparación de la curva granulométrica.	66
Gráfico 8. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro Hualanga.	66
Gráfico 9. Comparación de la curva granulométrica.	69
Gráfico 10. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro Gavilán.	69
Gráfico 11. Comparación de la curva granulométrica.....	72
Gráfico 12. Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro Guitarrero.	72

RESUMEN

La siguiente investigación consistió en verificar el nivel de eficiencia de la metodología de fotografías digitales en comparación del método tradicional en la determinación de la granulometría de las canteras: Chonta, Cajamarquino, Mashcón, Gavilán, Guitarrero, Hualanga. Para el método por fotografías digitales se realizó con 6 fotografías por cantera y variando el área de las fotografías que se ingresaron al programa que van desde 0.33 a 0.50 m²; en el caso del método tradicional se siguió el procedimiento dado por la NTP 400.012 para ensayo granulométrico en laboratorio. Al comparar las metodologías, en el análisis de gradación de la granulometría se obtuvo como resultado que el método de fotografías digitales en 5 canteras resultó eficiente y 1 deficiente debido a que no se encontraba dentro los mismos parámetros del coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura, pero en el caso del análisis de variación del porcentaje que pasa de cada tamiz se obtuvo que en las 6 canteras presentaba un nivel eficiente con variación máxima de -14.96% y una variación mínima de 0.00%, lo cual están dentro del parámetro de confiabilidad de $\pm 15\%$ que nos da AASHTO.

Palabras clave: Nivel de eficiencia, granulometría, fotografías, método tradicional.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La construcción ha estado inmersa en el desarrollo y avance tecnológico de todas las civilizaciones del mundo, si bien, unas han tenido más importancia que otras, tanto grandes como pequeñas culturas han intervenido su espacio en búsqueda de una mejor calidad de vida (Vargas et.al., 2011).

Es por esto que en el año 2011 se proyectó que en el sector construcción a nivel nacional se registre un crecimiento anual de 8.3%, impulsado por el buen desempeño de la inversión privada la cual crecería a una tasa estimada de 11.8%, mientras que la inversión pública avanzaría ligeramente en 3.4%. Por su parte, la Macro región Norte crecería a una tasa anual de 7.6%, como resultado de la ejecución de obras relacionadas al agro (obras de irrigación), electricidad, infraestructura vial, proyectos inmobiliarios, mineros, entre otros (Vargas et.al., 2011).

Una parte fundamental en la ejecución obras son los agregados en el concreto, que ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, he ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto, es por eso de gran importancia saber las características del agregado como es la granulometría, que nos permite saber la gradación del material.

En el Perú hay un número indeterminado de canteras informales e ilegales que producen materiales que son insumo para la industria de la construcción, pero que no garantiza que los agregados sean aptos para el tipo de obra a emplear, debido a que no cuentan con la información precisa de sus características del material.

La mayor parte de esas canteras que producen, procesan y comercian piedra chancada, arena fina, arena gruesa y hormigón es comprada por un usuario directo para la

construcción informal, que por un tema de “ahorro”, proporciona un producto final sin garantía (Arangurí, 2015).

El problema de que el usuario compre los agregados de estas canteras ilegales sin saber las características, se debe a que se encuentran aledañas a su zona donde se va realizar el proyecto, afectando así a las construcciones de manera directa y preocupante, pues es una materia prima importante y de primera mano usada en todo tipo de obras civiles

En los agregados la granulometría es uno de los parámetros fundamentales empleados para la dosificación del concreto, puesto que constituye el esqueleto del concreto, teniendo una gran influencia sobre las siguientes propiedades como son: durabilidad, resistencia a compresión, cambios volumétricos, dosificación, trabajabilidad, bombeabilidad, acabado superficial, oclusión de aire, exsudación (Cottier, 2008).

La determinación de granulometría de canteras de ríos y canteras de cerro, es un trabajo complejo, que en la práctica lleva mucho tiempo por el difícil acceso a las muestras y su posterior transporte hacia los laboratorios, para la realización de dicho ensayo, tarea esencial para detallar las características físicas y su clasificación geomorfológica. Esta información es fundamental en ingeniería civil en áreas de diseño de obras hidráulicas y portuarias, así como también en otras disciplinas como la geomorfología, ecología fluvial y transporte de sedimentos (Chinello, 2006).

En la actualidad existen diversos métodos que permiten determinar la granulometría del lecho de ríos y canteras de cerro, entre los que destaca el método de Wolman (1954), trabajo que se realiza in situ con el respectivo costo en tiempo por parte del analista. Sin embargo, han existido desde hace ya muchos años métodos ópticos que reducen

los tiempos de trabajo de campo en la determinación de granulometría (Graham et, 2005).

Entre métodos ópticos tenemos las fotografías digitales que presentan en la actualidad una enorme utilidad debido a la gran calidad de imagen que se puede obtener con una cámara sencilla, su comodidad de transporte, información que otorgan en cuanto a fecha de toma de imagen, así como también por su fácil y cómodo almacenamiento (Adams, 1979).

El problema que se pretende resolver, consiste en la clasificación granulométrica de un material que no se tiene información precisa de sus características, siendo esto una información fundamental en ingeniería civil, en diferentes áreas como hidráulica, geomorfología, transporte, estructuras entre otros. Pero las causas por las que no se han realizado este ensayo es debido a lo alejado que se encuentran las zonas donde se realizan los proyectos y en otros casos la accesibilidad para el transporte del material para realizar dicho ensayo; como consecuencia hay desconocimiento acerca de la granulometría del material, además no se sabe si el laboratorio está en capacidad de realizar este ensayo.

Es por eso que el presente trabajo de tesis pretende evaluar el nivel de eficiencia del método de fotografías digitales para la determinación de la granulometría con la propuesta descrita por Graham, que presenta un novedoso método óptico computacional como es el digital gravelometer.

Antecedentes internacionales.

Crozzoli, et al. (2003), en su artículo; aplicación de la fotografía al análisis granulométrico de ríos con lecho de gravas, obtiene como resultados que las curvas granulométricas a partir de 1305 datos mediante los dos métodos son muy parecidas

visualmente y presentan valores similares para todos los percentiles característicos. El método fotográfico de superficie (1:10) es aplicable para la obtención de curvas granulométricas en ríos con lecho de gravas, siendo muy fiable a partir de valores de 10 mm de eje b de partícula y para todos los percentiles de la distribución. El ajuste entre método de retícula y el de fotografía de superficie es del 95%, con un error medio por subestimación del 5%.

Barona, (2014), en su artículo; evaluación del funcionamiento de sistemas de análisis digitales de imágenes – Wipfrag (edición manual) y Split online, tesis profesional en donde se presentan los resultados de tres métodos de identificación de partículas mediante imágenes digitales con los siguientes porcentajes de identificación: método lineal 69%, método logístico 47% y el método del vecino más cercano 75%, con ello se demuestra que el sistema resultante mejora la identificación de partículas al menos en un 10% con respecto a otras propuestas ya existentes.

Millanao, (2010), en su tesis; determinación de la granulometría del lecho de cauce de montaña a través del uso de fotografías digitales, donde se obtiene que la granulometría de una muestra de grava entre los rangos de medida 20 a 5 mm obtenida a través de la Norma Chilena del 2009, y la generada mediante la interpretación de fotografías digitales de la misma muestra analizadas con los métodos fotográficos de Rosiwal y el uso del programa Digital Gravelometer, resultan estadísticamente similares.

Al mismo tiempo, la granulometría determinada del lecho del cauce del estero Vuelta de la Zorra mediante el método de Wolman y la generada de la interpretación de fotografías digitales del fondo del cauce de este estero, las que fueron analizadas con los métodos fotográficos de Rosiwal y el uso del programa Digital Gravelometer, resultan también estadísticamente similares.

Antecedentes nacionales.

Gómez, et al. (2012), en su artículo; mejoramiento de procesos constructivos a partir de un módulo programable para captura de imágenes y simulación digital, trabajo que concluye que la aplicación de tecnologías de comunicación en el proyecto, facilitó el control del mismo por parte de los directores y gerentes de proyectos, quienes pudieron de manera permanente tener contacto con la ejecución de los procesos accediendo a internet desde cualquier lugar contando así con información que pueda ser observada de manera repetitiva para realizar análisis más profundos a los que se pueden ejecutar a partir de visitas puntuales.

Los resultados de este proyecto permiten contar con fotografías y videos digitales que soporten el proceso de formación de personal en la empresa, constituyendo una estrategia de gestión del conocimiento.

Palomino, (2010), en su artículo; utilización de imágenes de mediana resolución espacial en el análisis multitemporal del sector sur del nevado Huascarán, concluye que la metodología adoptada se presentó eficiente, con resultados satisfactorios, y puede fácilmente ser adaptada para Imágenes de otros sensores ópticos, como ASTER y CBERS. Además de eso, se puede también verificar que las técnicas de sensoriamiento remoto asumen un papel imprescindible en el monitoreo y mapeamiento de los glaciares de montaña, como los encontrados en la Cordillera Blanca.

Zarogastúa, et al. (2010), en su artículo; evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura – Perú, llega a la conclusión que las imágenes del satélite LANDSAT 5 permitieron evaluar la dinámica espacio temporal de los bosques secos, y a través de ellas cuantificar los retrocesos y mejoras de los

mismos. El 38% del área del bosque seco permanece sin variación, mientras que 13% ha mejorado su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura.

El procesamiento digital permite agilizar el proceso y ser más precisos que la interpretación visual utilizada en el estudio de línea de base del INRENA. Existen actualmente imágenes de satélite a muy bajo costo o de libre disposición en la Internet, que permitiría mantener un seguimiento de la dinámica del ecosistema de bosque seco en la región Piura.

Antecedentes locales.

Heredia, et al. (2017), en su tesis; influencia de la granulometría en la estabilidad de los taludes de la gravera Shudal, Cajamarca, 2017, llega a la conclusión Con la obtención de material grueso en el análisis granulométrico, se determinó que la influencia de estos es un factor determinante en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes en la Gravera Shudal. Además con la obtención de material fino en el análisis granulométrico, se determinó que la influencia de estos es un factor determinante en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes en la Gravera Shudal.

Nivel de eficiencia.

Eficiencia.

Es el uso óptimo y adecuado de los recursos, es gestionar y utilizar de la manera más adecuada los recursos que tenemos. En un contexto organizacional, en el área de producción es muy utilizada esta palabra, debido a que al ser eficientes en el manejo de los recursos, aumentamos la producción con la misma cantidad de materia prima y ese, es uno de los principios fundamentales de la productividad.

Análisis de las partículas

Ejes de una partícula

Cada partícula de árido posee tres ejes o diámetros representativos. Estos son los ejes mayor “a”, medio “b” y menor “c”. Es válido indicar que “a, b y c” corresponden realmente al eje más largo, el intermedio, y el menor sólo si la forma de la partícula es elipsoidal (tal como la forma de un jabón de baño). Las partículas con una forma romboidal, no puede satisfacer estas condiciones, lo que podría confundir en la identificación de los ejes.

La identificación de los ejes “a y b” son los que se ven afectados por esta discrepancia, mientras que la posición y la longitud del eje c es claro. De ahí, la importancia de la utilización de un criterio para determinar dichas medidas.

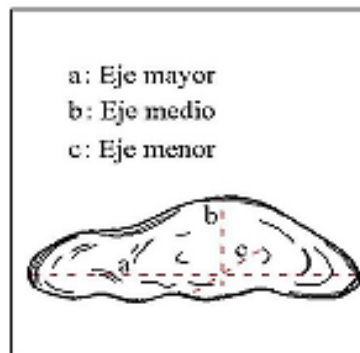


Figura 1. Representación de los ejes principales de una partícula de árido. Fuente: Millanao, 2010.

Otro parámetro dentro de una partícula es el diámetro nominal D_n , que en estudio de la masa o volumen es más importante que la medida del eje b. El diámetro nominal toma en consideración la medida de los tres ejes, e indica el valor del diámetro que la partícula asumiría si su volumen fuera representado como una esfera y se expresa como:

$$D_n = (a * b * c)^{1/3} \quad \text{Ecuación 1.}$$

El tamaño de las partículas

Aproximadamente, la frecuencia de las partículas está logarítmicamente distribuida.

Con el fin de obtener una proximidad de distribución normal de clases, los tamaños de partículas se hicieron aumentar en un factor de 2 (es la llamada escala Wentworth).

Por lo tanto, los tamaños de las partículas en unidades de mm, va creciendo de forma consecutiva por la potencia de 2 al tamaño más grande (2 a 4 mm, 4 a 8 mm, 8 a 16 mm, 16 a 32 mm, etc.). Esta clasificación agrupan en seis grandes categorías el tamaño de las partículas: bolones, cantos, grava, arena, limo y arcilla.

La sub-clasificación de arcilla y limo rara vez se analizan en los estudios de los lechos de ríos de grava, por lo tanto, estas categorías de tamaño, sólo se incluyen en forma resumida en la tabla 1 (Bunde y Abt, 2010).

Esta escala es ampliamente utilizada por geólogos e hidrólogos, y su clasificación general difiere de las clasificaciones usadas por los ingenieros.

En la tabla 1, el tamaño de partículas se expresa en (mm) y en términos ϕ y ψ , escalas utilizadas por sedimentólogos y geomorfólogos. Estos valores están representados como:

$$\phi_i = -\log_2(D_i) = -\frac{\log(D_i)}{\log(2)} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$\psi_i = \log_2(D_i) = \frac{\log(D_i)}{\log(2)} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Este enfoque de expresión de resultados es utilizado por la conveniencia de expresar resultados para sedimentos de pequeño tamaño, tales como arena, limos y arcillas.

Tabla 1
Clasificación del tamaño de las partículas desde limos hasta bolones (escala de Wentworth).

Descripción del tamaño de partícula		$\phi = -\log$	mm	$\psi = \log$
Bolones	muy grandes	-12	4096	12
		-11.5	2896	11.5
	grandes	-11	2048	11
		-10.5	1448	10.5
	medios	-10	1024	10
		-9.5	724	9.5
Cantos	pequeños	-9	512	9
		-8.5	362	8.5
	grandes	-8	256	8
		-7.5	181	7.5
	pequeños	-7	128	7
		-6.5	90.5	6.5
Grava	muy gruesa	-6	64	6
		-5.5	45.3	5.5
	gruesa	-5	32	5
		-4.5	22.6	4.5
	media	-4	16	4
		-3.5	11.3	3.5
fina	-3	8	3	
	-2.5	5.66	2.5	
muy fina	Gravilla	-2	4	2
		-1.5	2.83	1.5
Arena	muy gruesa	-1	2	1
		-0.5	1.41	0.5
	gruesa	0	1	0
		0.5	0.707	-0.5
	media	1	0.5	-1
		1.5	0.354	-1.5
	fina	2	0.25	-2
		2.5	0.177	-2.5
	muy fina	3	0.125	-3
		3.5	0.088	-3.5
Limo	4	0.063	-4	
	8	0.0039	-8	
Arcilla	12	0.00024	-12	

Fuente: Bunde y Abt, 2010.

Curva granulométrica acumulada y relativa

La curva granulométrica es la representación gráfica de la recopilación de pesos o de diámetros distribuidos por tamaños de partículas.

El primer paso es sumar y registrar la masa o cantidad total de las fracciones retenidas en los tamices y el depósito receptor. Seguidamente, se calcula el porcentaje parcial retenido en cada tamiz, referido a la masa total de las fracciones retenidas. A continuación se ordena la información recopilada de acuerdo al tamaño de clase.

Así la granulometría se puede representar como: distribución de frecuencia relativa (histograma con barras de nacido, forma no muy utilizada) o como curva de frecuencia acumulada que es una curva creciente que termina en el 100%, con puntos de inflexión que corresponde a los valores de tamaño de clase y que corresponde a la integración de los datos de la distribución de frecuencia relativa (Bunde y Abt, 2010).

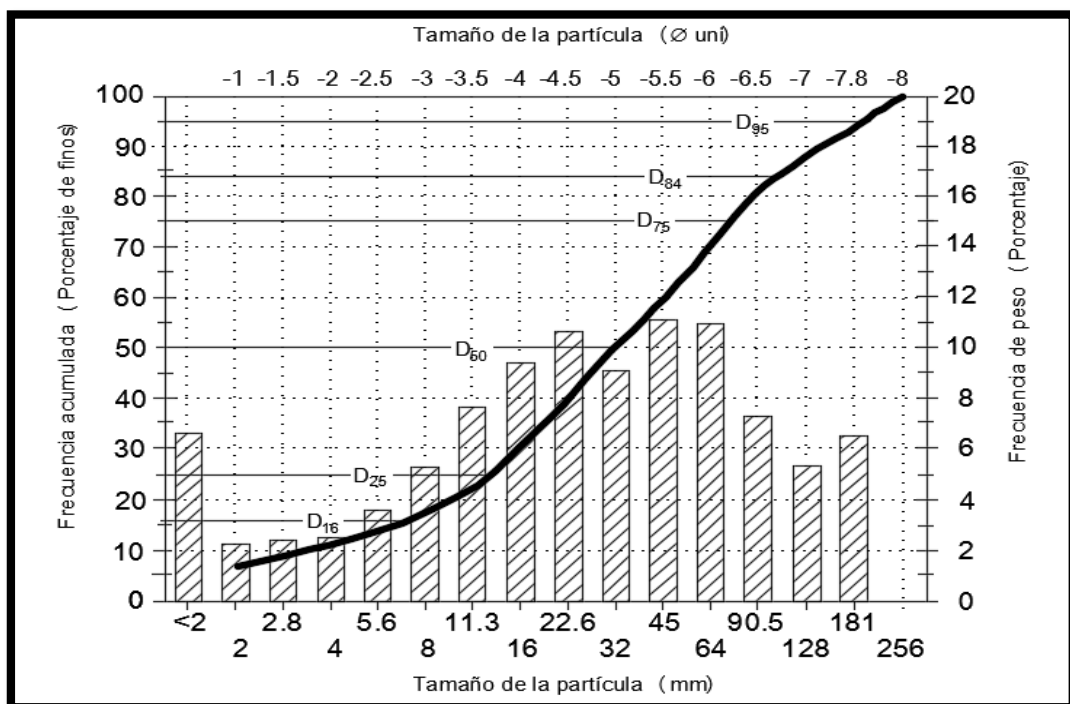


Figura 2. Ejemplo de distribución de frecuencias relativas y curva de distribución acumulada. Fuente: Bunde y Abt, 2010.

Análisis granulométrico

La finalidad de este ensayo no es otra que determinar las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el mismo, o dicho de otro modo, su granulometría.

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 a una malla caracterizada por un espaciamiento uniforme entre hilos denominados aberturas o luz de malla, a través del cual se hace pasar la muestra de suelos a analizar.

Se emplea una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales se hace pasar una determinada cantidad de material seco, quedando retenida en cada tamiz la parte del material cuyas partículas tengan un tamaño superior a la abertura de dicho tamiz.

Una vez realizado el proceso de tamizado y sedimentación, se procede a pesar las cantidades retenidas en cada uno de los tamices, construyéndose una gráfica semilogarítmica donde se presenta el porcentaje en peso de muestra retenida(o el que pasa) para cada abertura de tamiz.

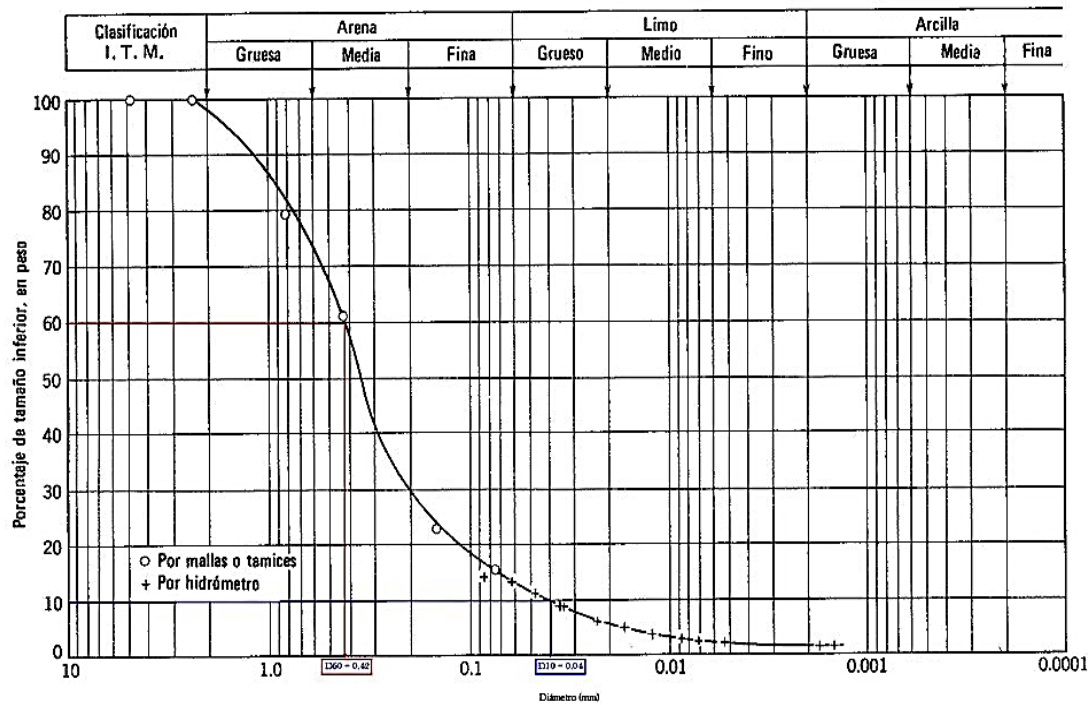


Figura 3. Curva granulométrica. Fuente: Lambe et al., 2007.

Granulometría discontinua

La curva presenta picos y tramos planos, que indican que varios tamices sucesivos no retienen material, lo que evidencia que la variación de tamaños es escasa. En este caso, se habla de suelos mal graduados. La arena de playa es un claro ejemplo de este tipo de suelos (Bañón, 2010).

Granulometría continua

La práctica totalidad de los tamices retienen materia, por lo que la curva adopta una disposición suave y continua. A este tipo de suelos se le denomina bien graduados (Bañón, 2010).

Coefficiente de curvatura

Es el que permite ayudar a establecer las condiciones granulométricas del suelo en el sentido si el material es bien o mal graduado, definido por la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde D_x es la abertura del tamiz o diámetro efectivo (mm) por donde pasa el X% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada.

En carreteras, es importante que el suelo esté bien graduado para que al compactado, las partículas más finas ocupen los huecos que dejan los áridos de mayor tamaño, reduciendo de esta forma el número de huecos y alcanzado una mayor estabilidad y capacidad portante (Bañon, 2010).

Un suelo bien graduado presenta valores de C_c comprendidos entre 1 y 3.

Coefficiente de uniformidad

Sirve para medir y calificar el grado de distribución de tamaños de las partículas de un suelo, definido por Hazen como la relación entre aberturas de tamices por donde pasan el 60% y el 10% en peso de la totalidad de la muestra analizada:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Según este coeficiente, un suelo que arroje valores inferiores a 2 se considera muy uniforme, mientras que un coeficiente inferior a 5 define un suelo uniforme (Bañon, 2010).



Figura 4. Interpretación de la curva granulométrica. Fuente: Bañon, 2010.

Tamaño máximo

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (NTP, 2014).

Tamaño máximo nominal

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%. (NTP, 2014).

Porcentaje de error y corrección

Básicamente, esta medida te permite ver qué tan lejos está un valor aproximado de uno exacto a través de un porcentaje del valor exacto. El porcentaje de error puede deberse al método de medición (herramienta o error humano) o a las aproximaciones que se usan en el cálculo (por ejemplo, errores de redondeo). De cualquier manera, la fórmula es bastante sencilla y simple de calcular.

$$\%error = \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor Aproximado}}{\text{Valos Real}} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

La corrección básicamente trata del Valor aproximado llegar al valor real de la muestra distribuyendo equitativamente el material faltante en cada una de las mallas que retiene material, la corrección se expresa con la siguiente formula:

$$\%corección = \frac{\text{Muestra Real} - \text{Muestra Aproximada}}{\# \text{ de Tamices que Retienen Material}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Imagen digital

Una imagen digital definida en un espacio discretizado se extrae de un espacio continuo a través de un proceso de toma de datos que se conoce normalmente como digitalización.

Debido a que las computadoras no pueden manejar imágenes continuas, estructuran éstas en matrices de números digitales. Así se permite representar las imágenes como funciones bidimensionales de puntos $f(x,y)$, donde x y y son coordenadas espaciales y la amplitud f en cada par de coordenadas (x,y) es la intensidad de la imagen en dicho punto.

Los puntos que representan la imagen se conocen como pixel o pel, ambos son abreviaciones del término picture element. Los pixeles no representan exactamente un punto en la imagen sino más bien una región rectangular, fundamental en la red de elementos.

El valor asignado al píxel debe representar la intensidad correcta y apropiada en los respectivos elementos de la imagen, de igual manera su tamaño debe ser tan pequeño como la partícula más pequeña de los objetos que se quieren estudiar.

Similarmente, los valores de escala de gris de cada píxel, f , están sujetos a las restricciones impuestas por la cuantización del hardware, el cual convierte los valores de la imagen análoga en su equivalente digital; el número de bits es determinado por una potencia de 2, esta es, $G=2^n$, cuando $n>1$ se obtiene una imagen a escala de grises; y cuando $n=1$ se obtiene una imagen binaria (blanco y negro).

Tipos de métodos de muestreo

NTP 400.012

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

Digital gravelometer

Digital gravelometer es un programa que obtiene rápidamente granulometría de lechos de ríos, basado en la toma de imágenes de gravas y sedimentos de tamaño mayor de origen fluvial, que utiliza un robusto algoritmo de detección de objetos que arroja excelentes caracterizaciones granulométricas sin la necesidad de parametrización de los datos (Graham et al., 2005).

Este programa no requiere la intervención por parte del usuario, salvo la localización de cuatro puntos de control en la imagen. Los datos son recogidos y analizados en un corto tiempo, es un método no invasivo y asegura el respaldo de información (que son las imágenes que pueden ser utilizadas para posteriores y/u otros estudios). Este programa que fue desarrollado por la Universidad de Loughborough (Reino Unido).

La entrada del software es la fotografía de los sedimentos y los resultados son variables estadísticas, los parámetros y los gráficos de la distribución de tamaños de grano (Chinello, 2006). El algoritmo para el análisis fotográfico fue implementado con el uso de Matlab.

La utilización del programa cuenta con un procedimiento que se divide en cuatro partes:

1. Toma de imágenes: en esta etapa se define el tamaño de área mínima que cubrirá la fotografía, que está sujeta al menor tamaño de grano de interés dado por el eje b de dicha partícula. Esta relación está dada por la ecuación:

$$A = \left(\frac{g \sqrt{P}}{23}\right)^2 \text{ (Graham et al., 2005).} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

A: área fotografiada.

g: eje b determinado por la partícula de menor tamaño.

P: número de pixeles dado por una cámara en particular.

Algunas curvas de acuerdo a los pixeles en cámaras digitales están reflejadas en la figura 5.

Para comprender la gráfica, veamos el siguiente ejemplo, dispongo de un área fotografiada de 1 m² con una cámara digital de 3,1 MP, entonces nuestra partícula de menor tamaño que podremos estudiar será de 4 mm.

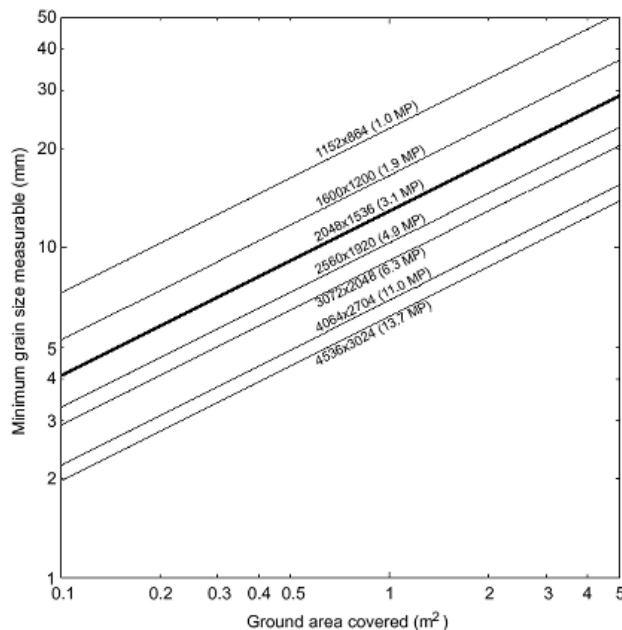


Figura 5. Curvas de área mínima de muestreo. Fuente: www.sedimetrics.com, 2017.

Para procurar dar la escala adecuada se debe definir el límite de la fracción de imagen. La fotografía se debe proteger de la luz directa del sol y ser tomada con flash. Toda esta etapa es ejecutada por el analista, previo al uso del programa.

2. Pre-procesamiento de imágenes: es en esta parte del procedimiento que empieza a trabajar el software. La imagen tomada a color es modificada a una escala de grises, pues el color aumenta el tiempo de procesamiento. Además existe la opción de corregir la distorsión radial provocada por el lente de la cámara. El hacer este paso o prescindir de él, no modifica significativamente los resultados (Graham et al., 2005). Ahora bien, se puede corregir la distorsión radial, previo al ingreso de la imagen al software, con programas de imágenes, como lo es el programa Photoshop, que con su opción filtro>distorsionar>corrección de lente permite eliminar de buena manera

la distorsión radial y algunas otras imperfecciones provocadas en la toma de imágenes. Finalmente se corrige el efecto de perspectiva provocada por la imperfecta colocación vertical que puede producirse durante la toma de la imagen.

3. Procesamiento y análisis de imágenes: Durante esta etapa, las imágenes se transforman en blanco y negro, para posteriormente transformar las imágenes en segmentaciones donde sólo se distingan la silueta de cada grano. Con esta transformación, se podrán cuantificar la cantidad de granos por clase de tamaño, o bien, medir el área ocupada por los granos en relación al área total, es decir, se podrán obtener resultados de acuerdo a dos criterios ya conocidos, “cuenta-cantos” y “muestra de área”.

4. Salida de resultados, es decir, granulometría, curva, cálculos estadísticos: Esta es la parte final del proceso, que requiere conocimiento del tema por parte del usuario, ya que la información que se desee obtener puede ser modificada de acuerdo a las necesidades. Se podrá obtener una gran cantidad de información, partiendo de la curva granulométrica comparable con la metodología “cuenta-cantos” o “muestra de área”.

También se logra información detallada por imagen o grupo de ellas. Los datos estadísticos conseguidos corresponden a la media, tipo de clasificación, asimetría de la distribución estadística de la muestra y la curtosis.

El idioma del programa es el inglés, con una estructura muy sencilla, que consta de una barra de menú, un panel de información del proyecto, un panel de opciones y un panel de información de imagen. El ingreso de los datos es muy sencillo y su funcionamiento está esquematizado en la figura:

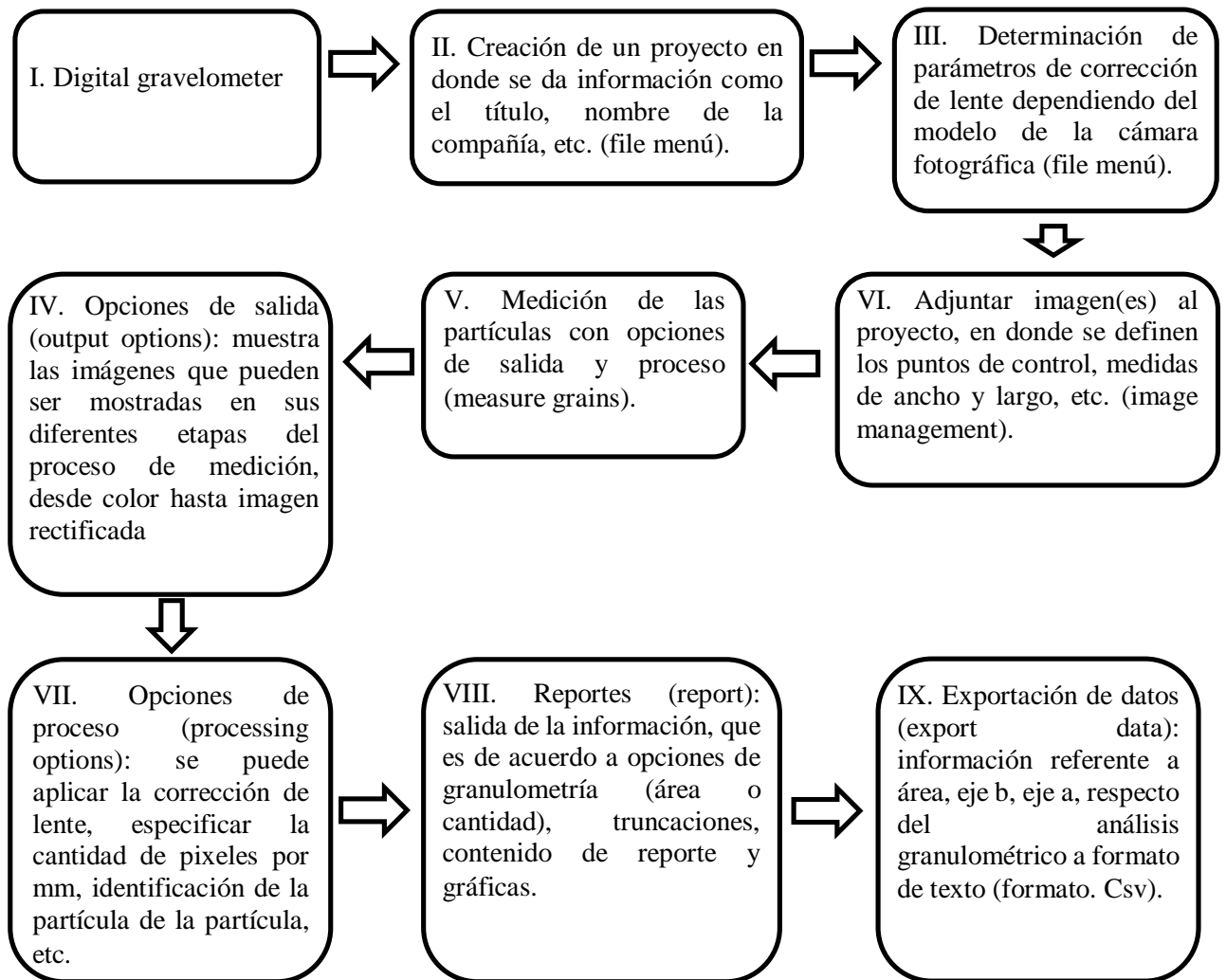


Figura 6. Esquema de ingreso, proceso y salida de información del programa Digital Gravelometer. Fuente: www.sedimetrics.com, 2017.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de eficiencia del método de fotografías digitales en la determinación de la granulometría en comparación con el método tradicional?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de eficiencia del método de fotografías digitales en la determinación de la granulometría en comparación al método tradicional.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las granulometrías usando la NTP 400.012 y el método de las fotografías digitales con el software computacional Digital Gravelometer de tres canteras de río: Chonta, Cajamarquino, Mashcón; tres canteras de cerro: Gavilán, Guitarrero, Hualanga.
- Comparar las granulometrías obtenidas a través de la NTP 400.012 y el método de fotografías digitales, en base a los parámetros del coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura.
- Comparar las granulometrías obtenidas a través de la NTP 400.012 y el método de fotografías digitales, en base a la variación máxima y mínima del porcentaje pasante de cada tamiz.

1.4. Hipótesis

El nivel de eficiencia del método de fotografías digitales para la determinación de la granulometría en comparación del método tradicional es bueno.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

No experimental

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La presente investigación considera como población a 3 Canteras de río (Chonta, Cajamarquino, Mashcón), 3 Canteras de cerro (Gavilán, Guitarrero, Hualanga).

Para obtener información y analizar de manera más adecuada la granulometría (NTP 400.012) de cada cantera, se realizó un muestreo de la siguiente manera:

- Cantera de río Chonta: Agregado grueso, un total de 30 kg.
- Cantera de río Cajamarquino: Agregado grueso, un total de 30 kg.
- Cantera de río Mashcón: Agregado grueso, un total de 30 kg.
- Cantera de cerro Gavilán: Agregado grueso, un total de 30 kg.
- Cantera de cerro Guitarrero: Agregado grueso, un total de 30 kg.
- Cantera de cerro Hualanga: Agregado grueso, un total de 30 kg.

Según la NTP 400.012, práctica normalizada para la elaboración de la granulometría en laboratorio, utilizando una muestra de 5 Kg los cuales pasarán por los tamices desde la 1 ½” hasta el tamiz número 4.

Muestras, descripción y localización de canteras

Muestras de las canteras

De cada una de las canteras se extrajo una muestra de aproximadamente 30 kg de agregado grueso.

Descripción de las Canteras Seleccionadas

Cantera del río Chonta.

Esta cantera está constituida por grandes acumulaciones de material fluvial, acumulado en ambos márgenes del río Chonta, formando terrazas discontinuas de aproximadamente 0.90 m. de potencia.

El material se caracteriza por su litología consistente en cantos rodados de formas ovoides demostrando haber recorrido una gran distancia y haberse sujetado al fenómeno de fricción que generalmente favorece la forma redondeada de los fragmentos rocosos.

Cantera del río Cajamarquino.

Esta cantera está constituida de material aluvial de origen fluvial, cuyos depósitos se hallan en ambas márgenes del río Cajamarca. Estructuralmente estos depósitos presentan rodados que demuestran bastante erosión por transporte, los cuales se hallan formando terrazas fluviales discontinuas de aproximadamente 1.00 m. de potencia.

El agregado fino (arena) presenta grano homogéneo, redondeando y se halla constituido principalmente de cuarzo, feldespatos (sanidina y ortosa), ferro magsianos, arcilla oxidada, hornablenda, y, se halla perfectamente limpia, no contiene sustancias bituminosas.

El agregado grueso (grava), litológicamente se encuentra constituidas de fragmentos de rocas ígneas: tufos volcánicos; rocas sedimentarias: calizas, areniscas y arcillas ferruginosas, de textura porfirítica. Asimismo presenta grano heterogéneo y forma redondeada.

Cantera del río Mashcón.

El material existente en esta cantera se encuentra como material aluvial, cuyo origen es el río Mashcón. Podemos observar en los márgenes de dicho río, terrazas discontinuas con un promedio de 0.95 m. de potencia constituidas de capas de arena y grava. En ciertas capas de la terraza se distinguen conglomerados cuya materia aglutinante es la arena.

El agregado fino, por su constitución litológica, está formado por granos heterogéneos así mismo presenta granos de forma redondeada y angulares y se halla constituido de los siguientes minerales: feldespatos, cuarzos, ferromagnesianos, arcillas y óxido de hierro. También encontramos ligeramente la presencia de material orgánico en la superficie.

La grava en su litología y tamaño es completamente heterogénea, porque está constituida de tufos volcánicos de textura porfírica de variados colores, presentando un proceso avanzado de meteorización; andesitas; rocas sedimentarias constituidas principalmente por areniscas muy silicosas y ferruginosas.

Cantera de cerro El Gavilán.

Esta cantera está conformada por unidades litológicas sedimentarias, representadas por el cretáceo inferior. La unidad litológica presenta areniscas cuarzosas en la parte inferior y cuarcitas blancas en bancos gruesos en la parte superior.

Es una roca muy fracturada y su color varía de blanco amarillento a blanco rojizo con bastantes oxidaciones de hierro. Su textura es de grano fino a grueso constituido por gravas, gravillas de forma irregular y redondeada. Su estructura es granular simple por no presentar cohesión. El material puede ser suelto encontrándose este en la parte superior y más consistente a medida como se profundizan los estratos.

Los agentes de meteorización de la roca fundamentalmente son: La descomposición de la roca, la cual se da por la oxidación, El viento porque no sólo transporta el material de roca meteorizada de uno a otro sitio, sino que también erosiona a la roca.

Cantera de cerro Guitarrero.

La cantera en estudio está conformada por unidades litológicas sedimentarias, representadas por el cretáceo inferior perteneciente al grupo Goyllarisquiza, formación Chimú.

El material de la presente cantera se encuentra conformado por areniscas cuarzosas en la parte inferior y cuarcitas blancas en bancos gruesos en la parte superior, se encuentra roca facturada por diastrofismo, su textura es de grano fino y grueso, constituida por gravas gravillas y arenas en forma angular, su color varía de blanco a rojizo, se encuentra en estratos potentes. Su estructura es granular simple, encontrándose estratos muy densos, cuya orientación es de N 85° W y el buzamiento es de 30° EN.

Cantera de cerro Hualanga.

Los afloramientos de esta cantera pertenecen al piso inferior del cretáceo de la formación Chimú. En la zona intermedia existen suelos cuaternarios en formación y que hoy constituyen una zona dedicada a la agricultura (suelos arcillosos orgánicos). Las rocas de esta cantera presentan una textura afanítica.

En la zona "A" se observa una estratigrafía errática, todo el afloramiento presenta un alto grado de fallamiento o fracturamiento, que se debe a fenómenos de diastrofismo como consecuencia de las fuerzas endógenas de nuestro planeta. Presenta también emanación de agua subterránea en la parte baja de esta zona, lo que hace suponer que la zona es inestable estructuralmente.

En la zona B los estratos son más potentes y su grado de meteorización es menos que de la zona A. También se puede observar una zona de cultivo de material o suelo cuaternario. Es un suelo arcilloso arenoso de color gris amarillento claro, hasta una profundidad de 3m, seco encuentra material brechoso.

Localización geográfica de las canteras

Cantera río Chonta.

Esta cantera está ubicada con un rumbo de S 86° E, con respecto a la ciudad de Cajamarca, aproximadamente a 500 m. del distrito de los Baños del Inca, en el río Chonta. Se halla constituida de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río. Para realizar la extracción del material presenta buena accesibilidad durante la época en que no llueve.

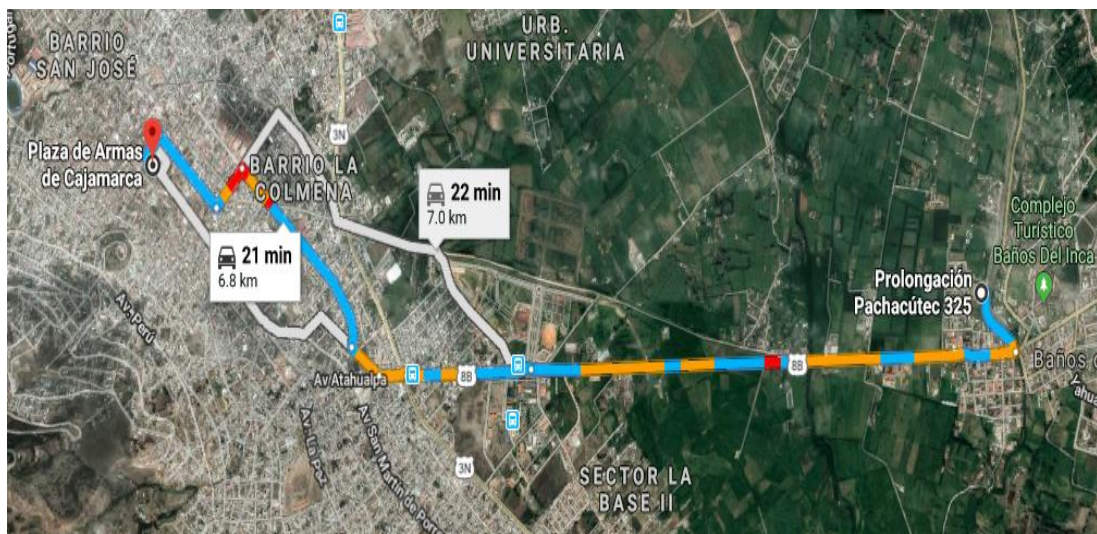


Figura 7. Fotografía satelital, ruta cantera río Chonta. Fuente: Google Maps, 2018.

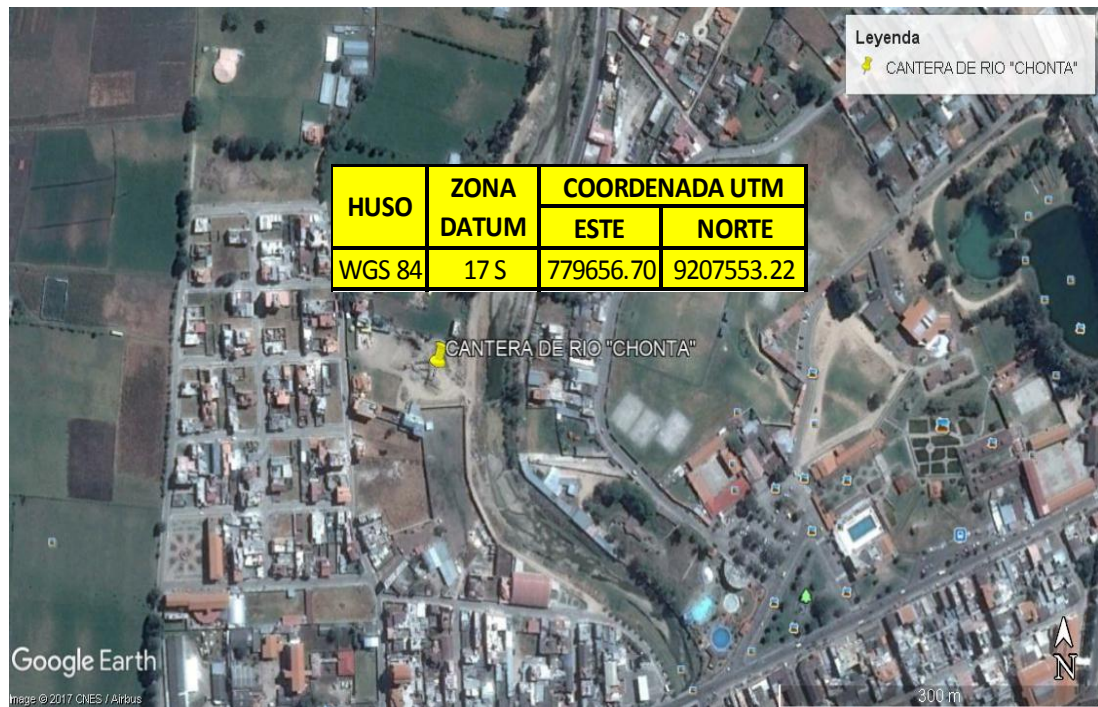


Figura 8. Fotografía satelital, ubicación cantera río Chonta. Fuente: Google Earth, 2016.

Cantera río Cajamarquino.

Esta cantera está ubicada con un rumbo de S 69° E, con respecto a la ciudad de Cajamarca, en el Fundo “La Victoria”, se halla constituido de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río. Para extraer el material existe buena accesibilidad durante la época que no llueve.

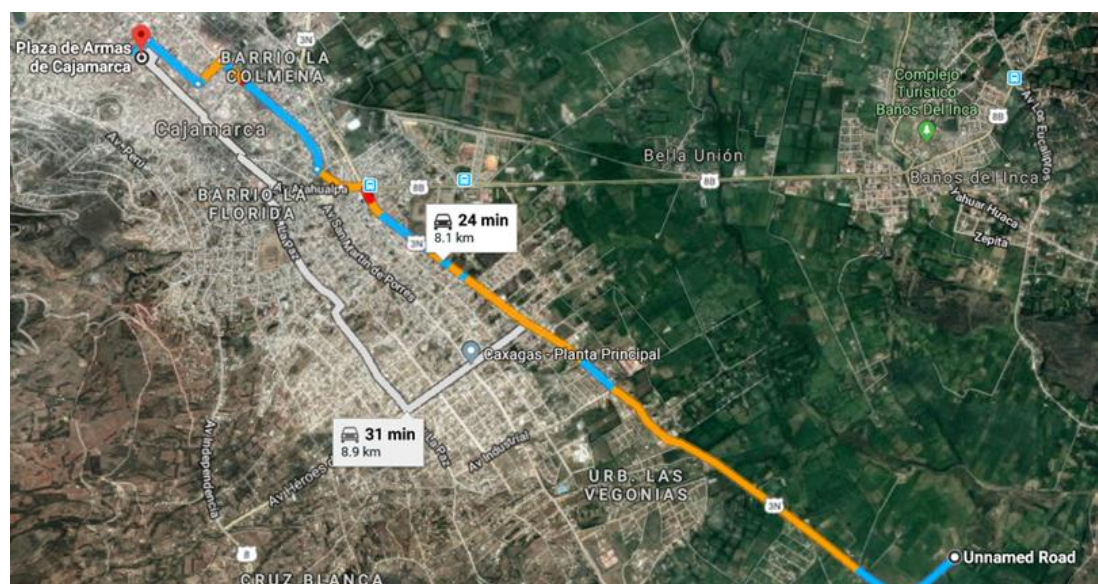


Figura 9. Fotografía satelital, ruta santera río Cajamarquino. Fuente: Google Maps, 2018.



Figura 10. Fotografía satelital, ubicación cantera río Cajamarquino. Fuente: Google Earth, 2016.

Cantera río Mashcón.

Está ubicada entre los Km. 3 y 5 de la carretera: Cajamarca - Bambamarca, en el lugar denominado: Capellanía (Río Mashcón). Con un rumbo de N- 12°30' -O con respecto de la ciudad de Cajamarca. Está constituida de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río.

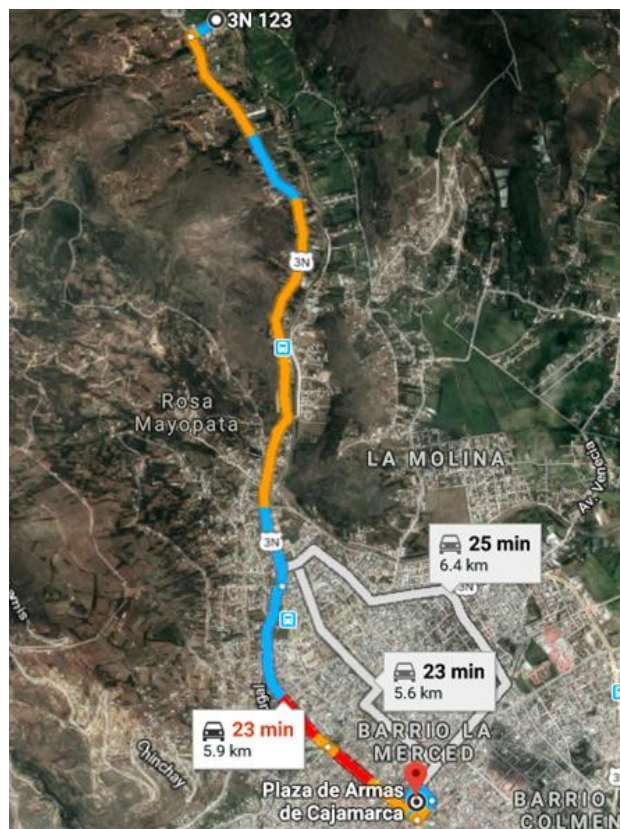


Figura 11. Fotografía satelital, ruta cantera río Mashcón. Fuente: Google Maps, 2018.

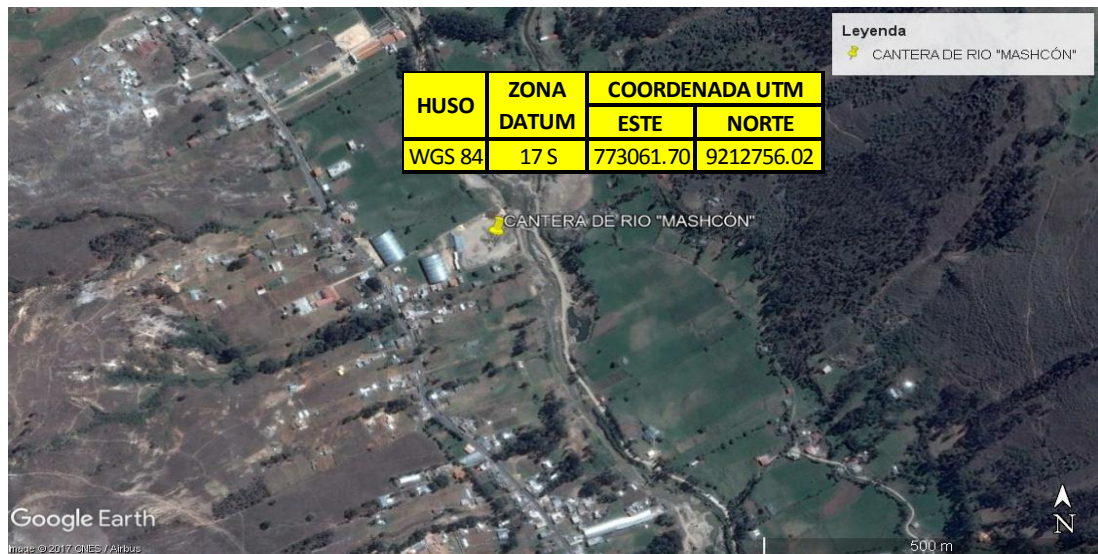


Figura 12. Fotografía satelital, ubicación cantera río Mashcón. Fuente: Google Earth, 2016.

Cantera del cerro El Gavilán.

Esta cantera se encuentra ubicada al Sur - Este de la ciudad de Cajamarca en las faldas de cerro “ventanilla” cerca al abra El Gavilán, al costado de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios, a una altitud de 3250 m.s.n.m. Tiene una extensión aproximada de 37 Has.

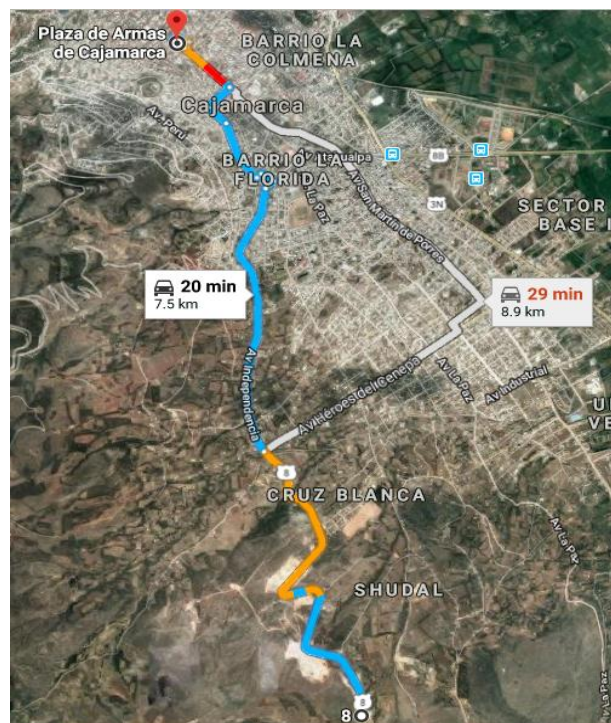


Figura 13. Fotografía satelital, ruta cantera cerro El Gavilán. Fuente: Google Maps, 2018.

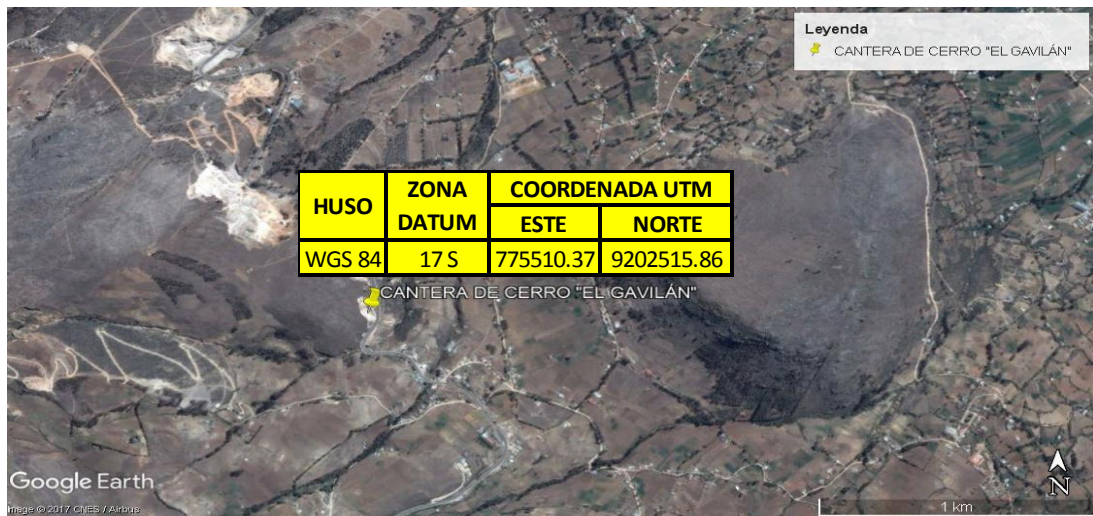


Figura 14. Fotografía Satelital, ubicación cantera cerro Gavilán. Fuente: Google Earth, 2016.

Cantera del cerro Guitarrero.

Esta cantera se encuentra ubicada al SE de la ciudad de Cajamarca, al costado derecho de la carretera Cajamarca - Pacasmayo, a una altitud de 2850 m.s.n.m. Tiene buena accesibilidad con respecto a la ciudad de Cajamarca y a la vez con los distintos distritos de la ciudad.

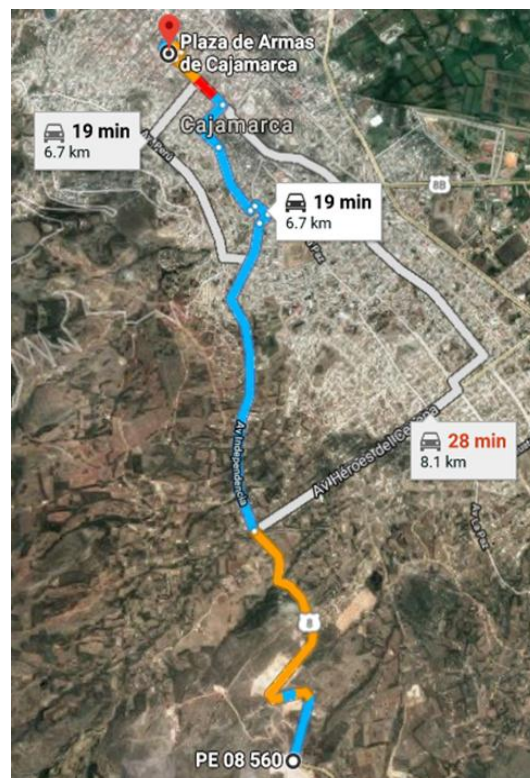


Figura 15. Fotografía satelital, ruta cantera cerro Guitarrero. Fuente: Google Maps, 2018.

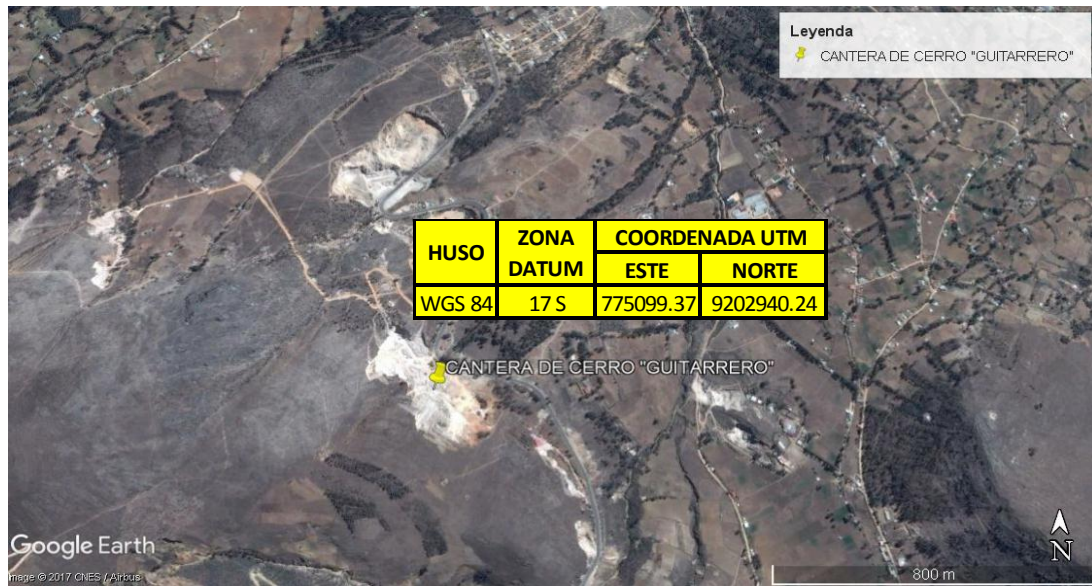


Figura 16. Fotografía satelital, ubicación cantera cerro Guitarrero. Fuente: Google Earth, 2016.

Cantera del cerro Hualanga.

Se encuentra en el Km 2 de la carretera Cajamarca- Bambamarca, en la margen izquierda al Nor-Este de la ciudad de Cajamarca.

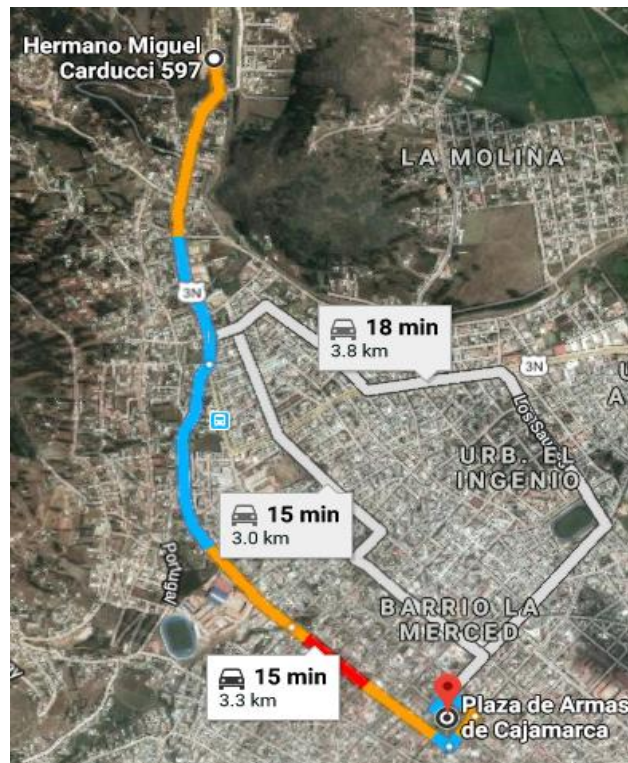


Figura 17. Fotografía satelital, ruta cantera cerro Hualanga. Fuente: Google Maps, 2018.

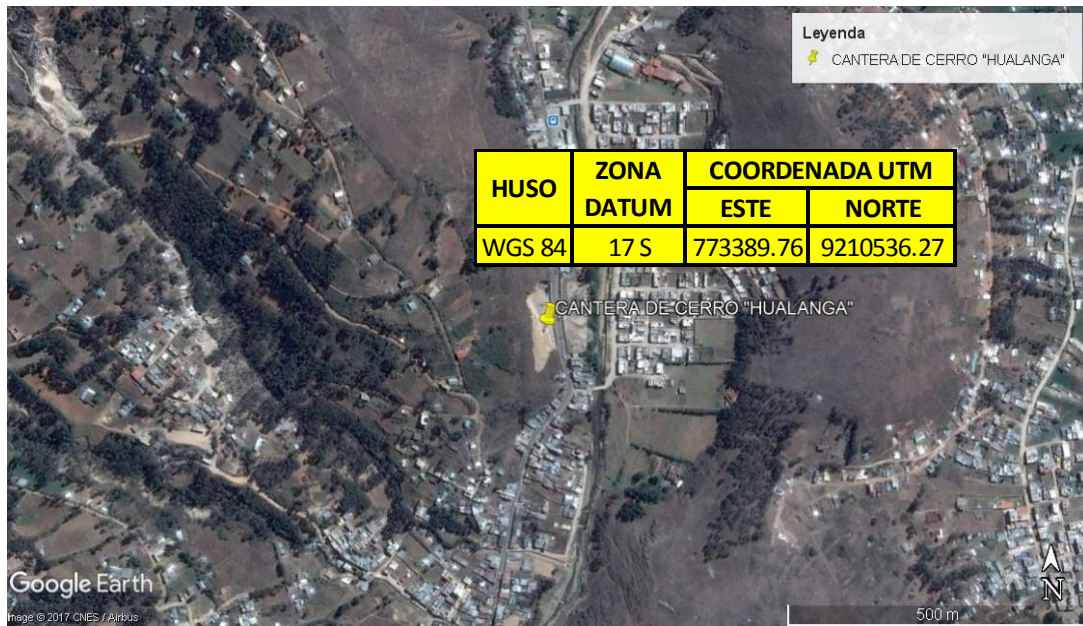


Figura 18. Fotografía satelital, ubicación cantera cerro Hualanga. Fuente: Google Earth, 2016.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de datos para medir el nivel de eficiencia de las fotografías digitales en comparación al método tradicional, consistió en la determinación de la granulometría de los agregados (grueso) de las canteras de río y de cerro, utilizando la NTP 400.012.

Tabla 2

Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.

VARIABLE	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
GRANULOMETRÍA	NTP 400.012	EXPERIMENTAL	HOJA DE DATOS TAMIZ
NIVEL DE EFICIENCIA	DIGITAL GRAVELOMETER	OBSERVACIÓN DIRECTA	MATERIAL FOTOGRAFÍAS

2.4. Procedimiento

- Análisis granulométrico (Norma Técnica Peruana 400.012)

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas del agregado. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

Material

Muestra de agregado grueso (5-10kg.)

Equipo

Balanza: Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

- Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001. Los tamices utilizados para los ensayos fueron 1 1/2", 3/4", 1/2", 3/8", n° 4.

Procedimiento para el ensayo de granulometría

- Se seleccionaron tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual
- En laboratorio se cuarteo el material extraído de las canteras.
- Se escogió y se pesó la muestra de cada una de las canteras, en este caso 5kg de cada una de ellas.
- Se realizó el tamizado manual del material.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz.
- Luego se procesó los datos con ayuda del software Excel, donde se obtuvo el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa de cada tamiz.
- Una vez procesado los datos se obtuvo la curva granulométrica.
- Con la curva granulométrica una vez obtenida, se procede al cálculo de los coeficientes de uniformidad y curvatura para saber la gradación de cada material.

- **Programa digital gravelometer**

Para la muestra de la cantera, las fotografías tomadas fueron agrupadas y mezcladas para asegurar aleatoriedad de los resultados. Se corregirá la distorsión de lente a cada una de las imágenes con el programa Photoshop 4.0.

Estas imágenes corregidas, se ingresaron al programa Digital Gravelometer. Para dar las coordenadas exactas, con la ayuda del programa AutoCAD, se demarcó cada una de las imágenes con una línea punteada, así se logra para cada imagen, cuando sea ingresada al programa, que correspondan las medidas ingresadas con las verdaderas.

Por cada cantera se tomó 6 fotografías, teniendo un total de 36 fotografías. El tamaño de las imágenes ingresadas para el análisis vario deliberadamente desde los 0.33 m² a los 0.50 m², pues esto a pesar de que las imágenes tomadas corresponden a una bandeja de dimensiones conocidas se utilizó este criterio para experimentar y probar que los resultados obtenidos no difieren entre sí.

Se siguió el siguiente paso para obtener los reportes de cada una de las canteras:

LA ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

La operación del programa es bastante simple y lógica. Cada paso hacia la producción de información de tamaño de grano se inicia desde la ventana principal del programa, cuyos componentes se ilustran a continuación.

1. INICIAR GRAVELÓMETRO DIGITAL

Para iniciar Digital Gravelometer usando el menú Inicio, haga clic en Inicio en la barra de tareas de Windows. Desde el menú, seleccione Programas, gravelómetro digital, gravelómetro digital. Para iniciar digital gravelometer desde el icono del escritorio (si elige agregar uno durante la instalación), haga doble clic en el icono gravelometer digital en su escritorio.

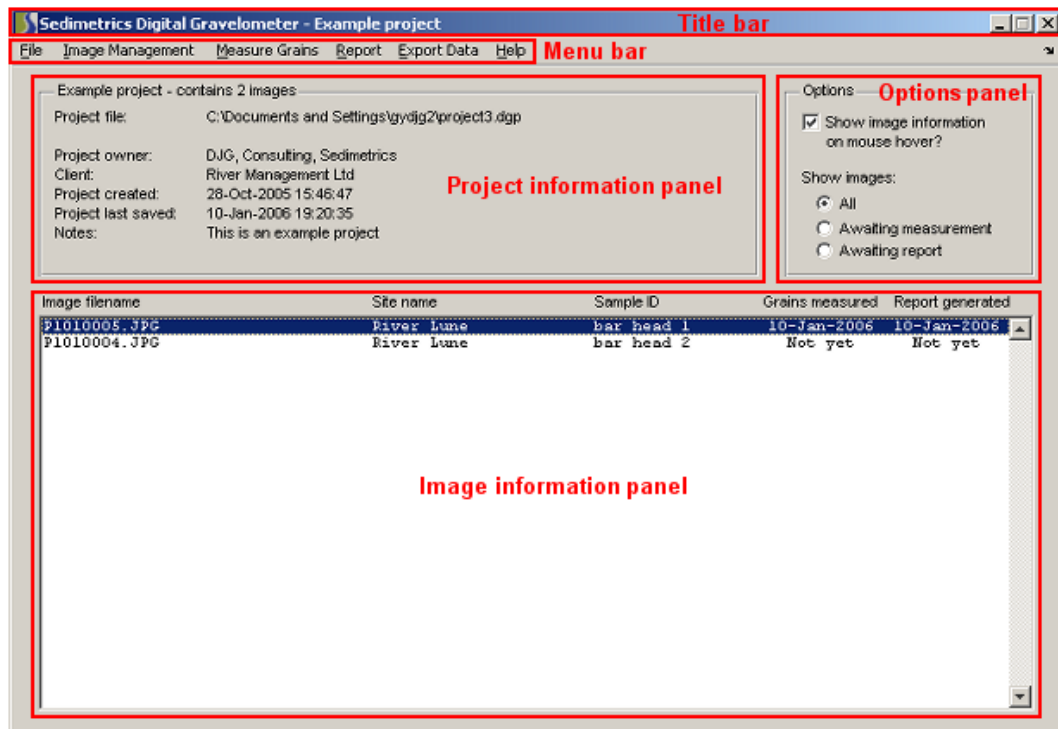
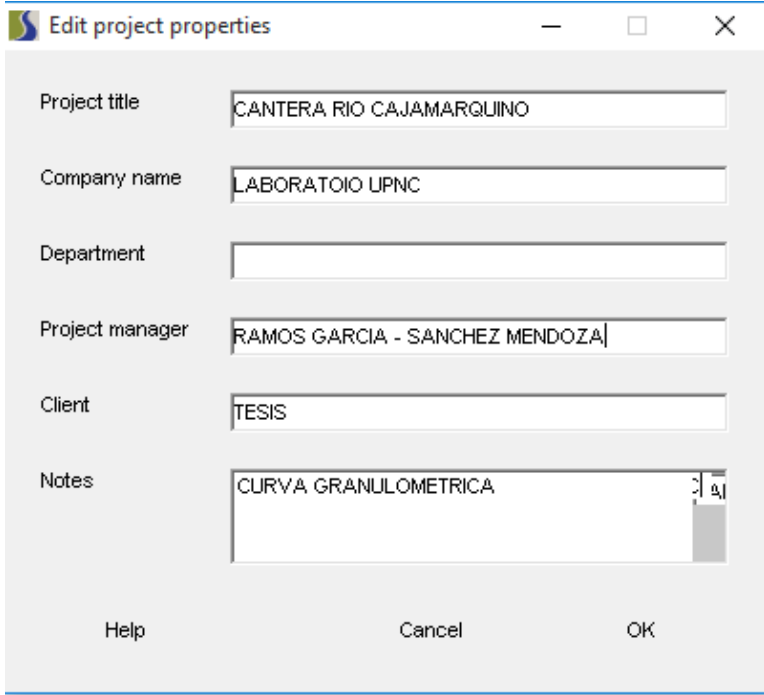


Figura 19. Estructura del programa.

2. CREA UN NUEVO PROYECTO

Seleccione Archivo, Nuevo proyecto. En el cuadro de diálogo Editar propiedades del proyecto, ingrese la información de la siguiente manera:



Project title: CANTERA RIO CAJAMARQUINO

Company name: LABORATOIO UPNC

Department:

Project manager: RAMOS GARCIA - SANCHEZ MENDOZA

Client: TESIS

Notes: CURVA GRANULOMETRICA

Buttons: Help, Cancel, OK

Figura 20. Creación de un proyecto.

Haga clic en OK para continuar. Navegue a una carpeta apropiada, ingrese el nombre del archivo del proyecto: tutorial y haga clic en Guardar para guardar su proyecto.

3. AGREGAR UNA IMAGEN AL PROYECTO

Seleccione administración de imágenes, agregar imagen, vaya a la carpeta archivos de programa, sedimetrics, digital gravelometer, examples y seleccione la imagen para el proyecto. Haga clic en aceptar para continuar. Después de unos segundos, la imagen aparecerá en una ventana titulada Identificación del punto de control.

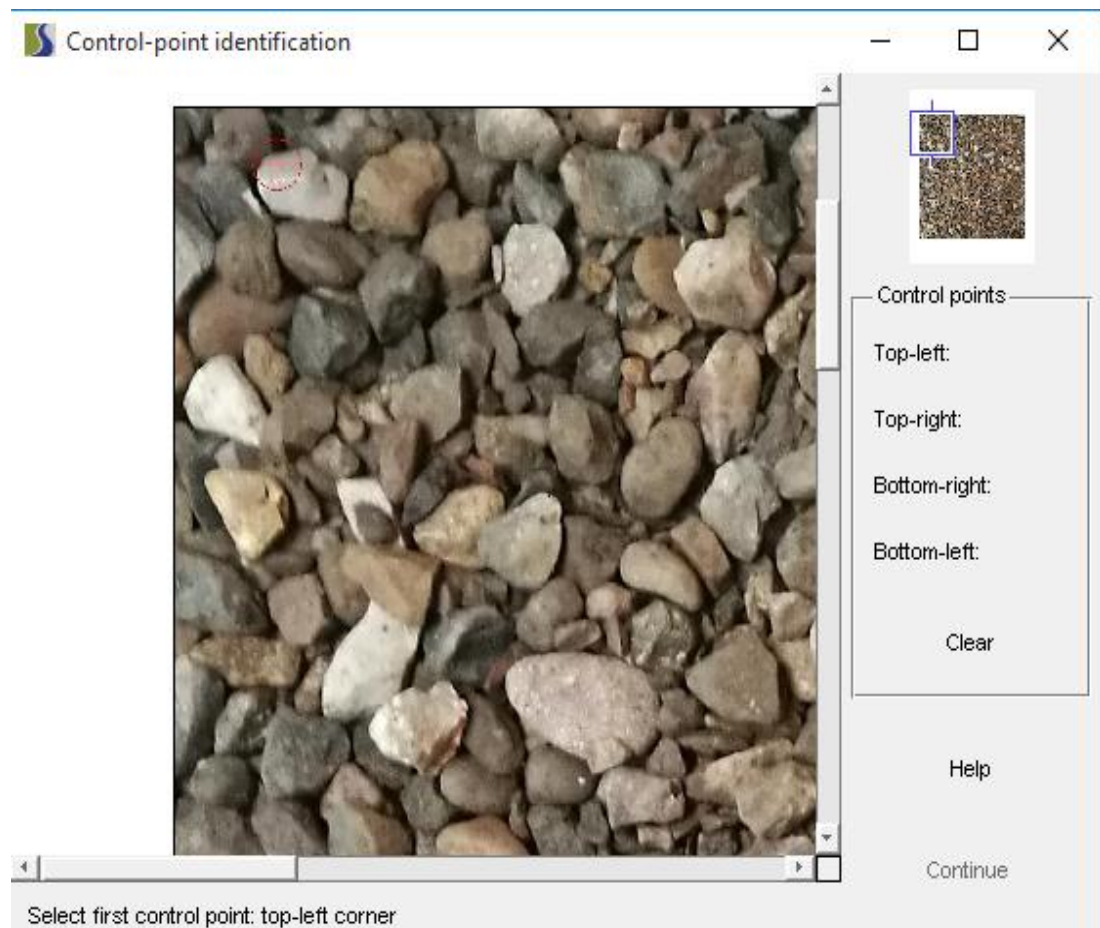


Figura 21. Fotografía a analizar.

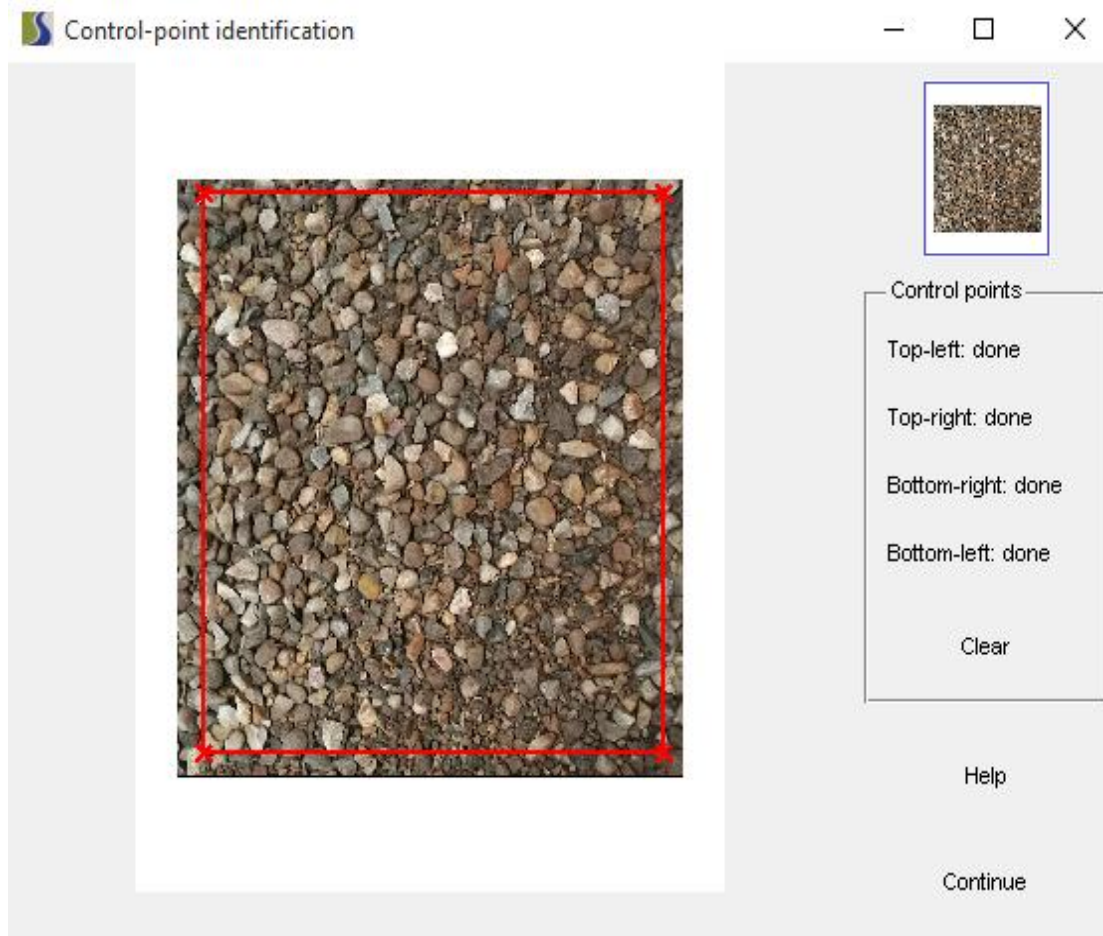


Figura 22. Delimitación de la fotografía a analizar.

Una vez que se selecciona el primer punto de control, el área de estado en el lado derecho de la ventana se actualiza y el programa se mueve automáticamente a la esquina superior derecha de la imagen. Seleccione el punto de control y repita para los puntos de control de la esquina inferior derecha e inferior izquierda. Una vez que se ha seleccionado el cuarto punto, el programa mostrará la imagen completa con el área controlada delineada en rojo. Si está satisfecho con las ubicaciones que ha seleccionado, haga clic en Continuar o haga clic en Borrar para volver a comenzar. El diálogo Editar propiedades de la imagen ahora se abrirá. Ingrese la información de la siguiente manera:

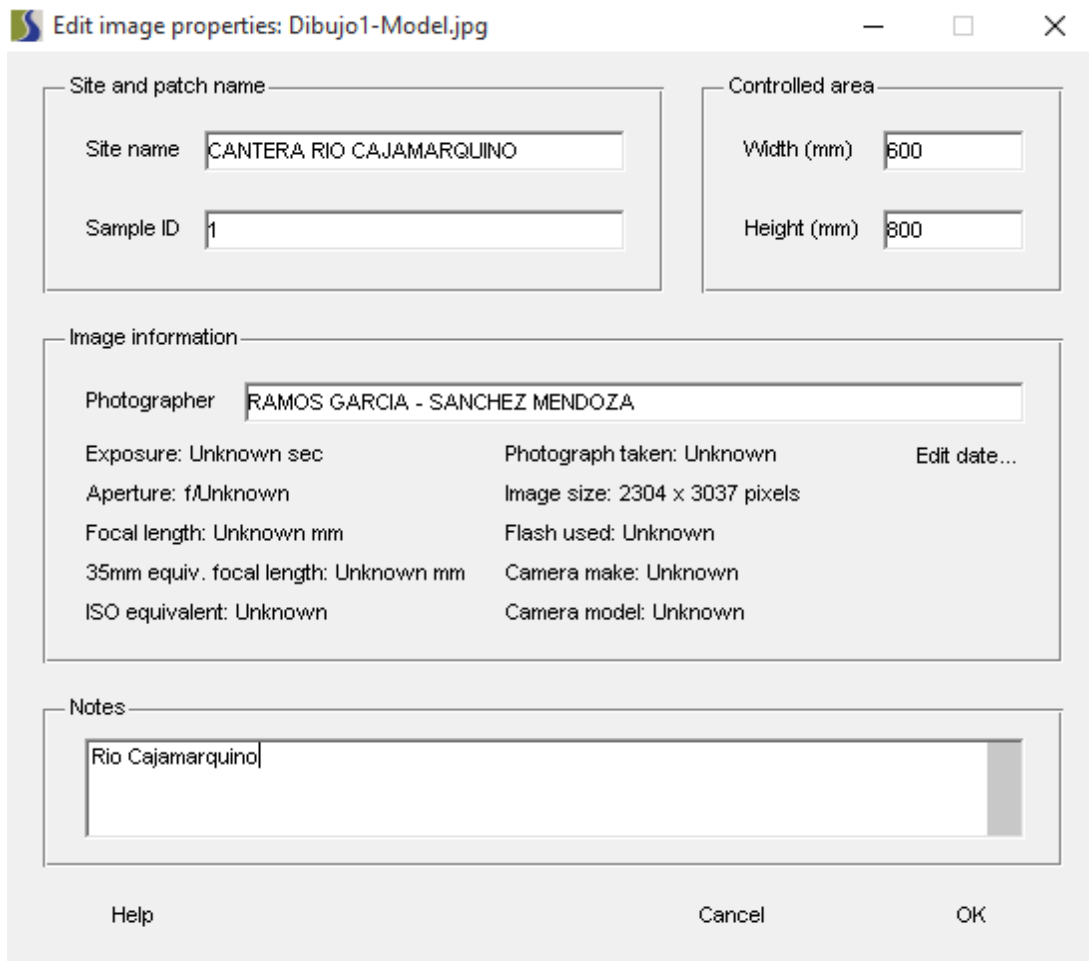


Figura 23. Delimitación de la fotografía a analizar.

4. VER INFORMACIÓN SOBRE LA IMAGEN

La imagen ahora aparecerá en la lista en el panel de información de la imagen de la ventana principal del digital gravelometer. Asegúrese de que mostrar información de imagen en el desplazamiento del mouse esté marcado en el panel de opciones de la ventana principal y luego mueva el puntero del mouse sobre el nombre del archivo de imagen. Parte de la información básica sobre la imagen debe mostrarse como información sobre herramientas.

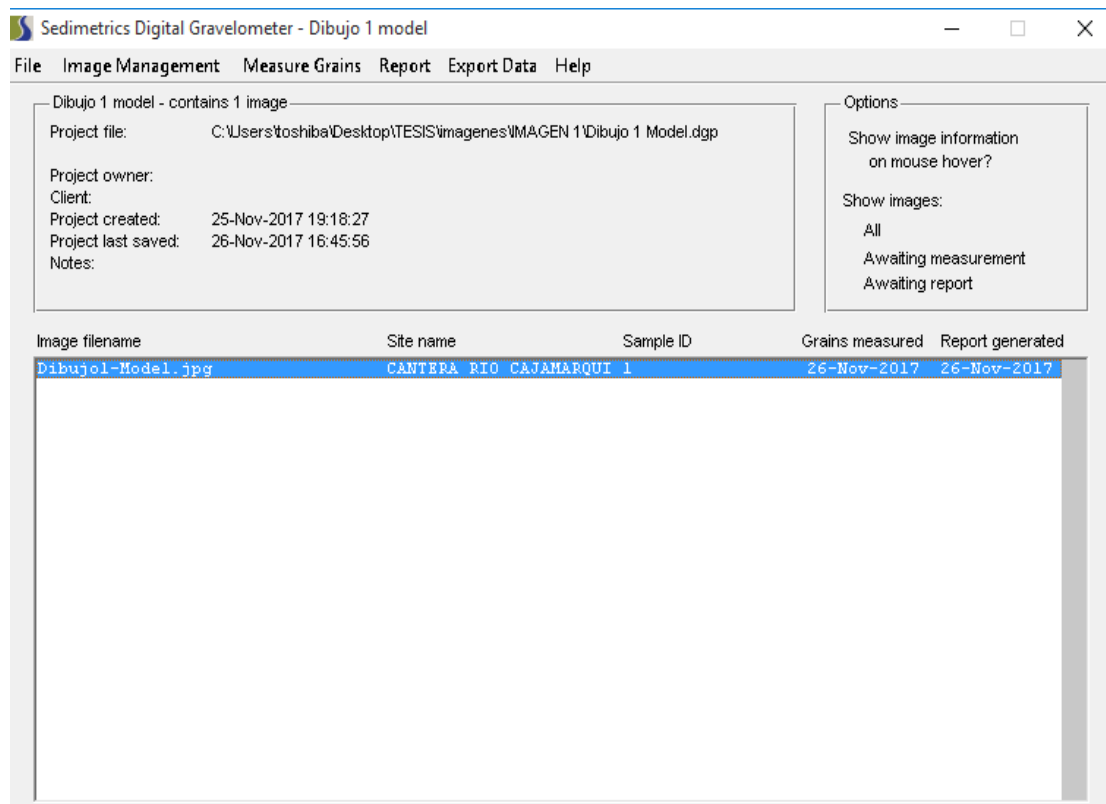


Figura 24. Información sobre la imagen.

Aparecerá un indicador de progreso, y cuando cada imagen haya terminado de procesarse, una ventana mostrará cada una de las etapas intermedias en el procesamiento. Cuando utilice el software para procesar sus propias imágenes, se recomienda encarecidamente que examine cuidadosamente estas etapas intermedias para determinar si se ha logrado una segmentación de imagen satisfactoria. Cuando haya terminado de examinarlos, ciérrelos y vuelva a la ventana principal del programa.

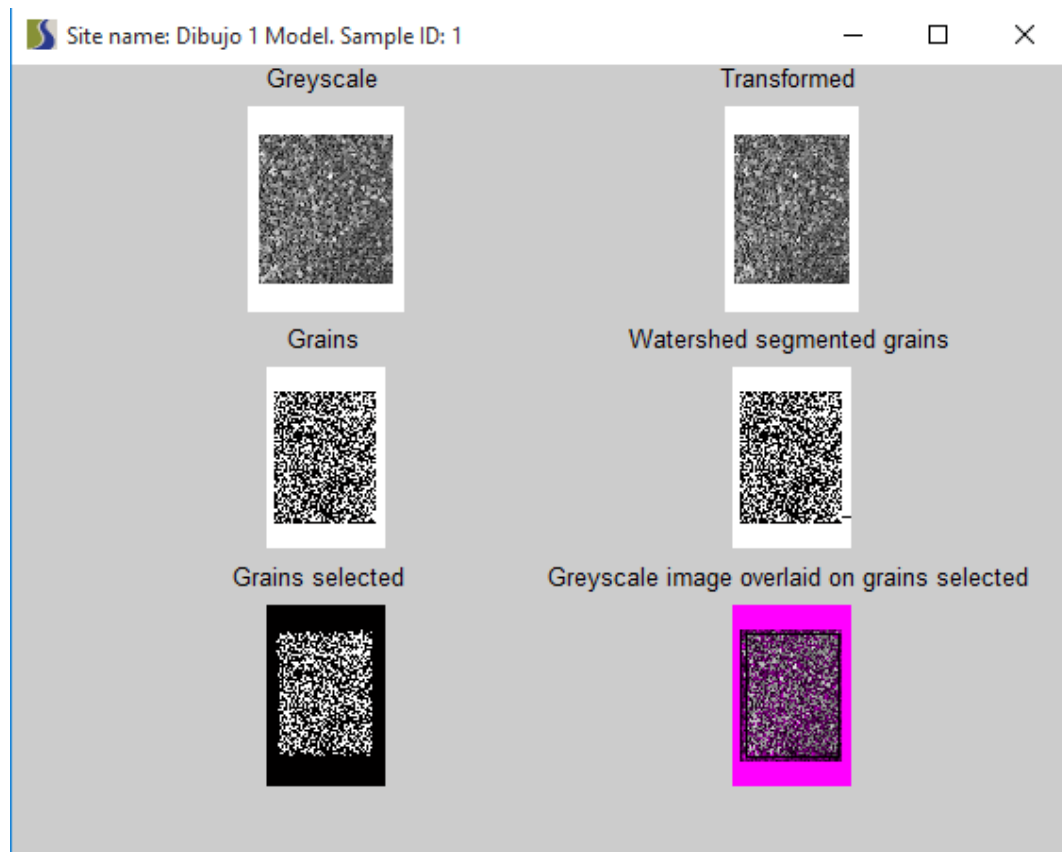


Figura 25. Procesamiento de imagen.

5. REPORTE FINAL

Una vez que se realizó las mediciones de grano, se analizó los resultados para obtener información sobre la distribución del tamaño de grano de cada imagen. Las imágenes del proyecto se recopilaron juntas en la misma barra, por lo que se agrupo para generar estadísticas agregadas de tamaño de grano. Seleccionamos Informe, Todas las imágenes medidas, Análisis agregado. Para abrir el diálogo opciones de informe. El diálogo presento una serie de opciones para permitir la personalización del informe de tamaño de grano.

Data					
mm	Phi	Psi	Count in class	Percent in class	Comulative percent
4.00	-2.00	2.00	756.00	7.20	7.20
5.66	-2.50	2.50	781.00	7.44	14.64
8.00	-3.00	3.00	2350.00	22.38	37.01
11.31	-3.50	3.50	2246.00	21.39	58.40
16.00	-4.00	4.00	1520.00	14.47	72.87
22.63	-4.50	4.50	1328.00	12.65	85.52
32.00	-5.00	5.00	1521.00	14.48	100.00
42.25	-5.50	5.50	0.00	0.00	100.00

Figura 26. Resultados de distribución del tamaño de grano de cada imagen.

- **Análisis de información**

Interpretación de resultados:

Para la obtención del nivel de eficiencia se midió con los siguientes pasos:

1. Comparando el coeficiente de uniformidad y coeficiente curvatura de la metodología de fotografías digitales con el método tradicional como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3

Parámetro para medir el nivel de eficiencia de la gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
	1<CC<3	CC:	CC:		
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO GRADUADO	DEFICIENTE	
	CU<2				
A	SUELO MUY UNIFORME	CU:	CU:		DEFICIENTE
	CU<5			DEFICIENTE	
	SUELO UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO UNIFORME		

En la tabla nos muestra cuando es eficiente o deficiente el análisis de gradación; la metodología es eficiente solo cuando se encuentran en los mismos parámetros que el

método tradicional, en el caso de este ejemplo el resultado es deficiente porque solo basta que un coeficiente varié para optar por este resultado; para que el resultado sea eficiente los dos coeficientes deben salir en la comparación eficientes.

2. Análisis de variación del porcentaje que pasa por cada tamiz, teniendo como parámetro el nivel de confiabilidad AASHTO, ver tabla de ejemplo para el análisis de nivel de eficiencia.

Tabla 4

Parámetro para medir el nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
A	1 1/2"	100.00	100.00	0.00	±15 Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	100.00	86.00	14.00		
	3/4"	78.20	69.00	9.20		
	1/2"	30.00	41.00	-11.00		
	3/8"	10.40	22.00	-11.60		
	Nº 4	0.00	3.00	-3.00		

En el ejemplo vemos cuando el porcentaje de variación es eficiente, como podemos ver ninguna sobrepasa el 15%, basta una variación que pase el parámetro para que el resultado sea deficiente.

3. Una vez obtenido los resultados del análisis de gradación y análisis de % de variación, se procede a medir el nivel de eficiencia con la siguiente tabla.

Tabla 5
Medición del nivel de eficiencia.

CANTERA:		RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
A			
ANÁLISIS DE GRADACIÓN		DEFICIENTE	MALO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN		DEFICIENTE	
ANÁLISIS DE GRADACIÓN		DEFICIENTE	REGULAR
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN		EFICIENTE	
ANÁLISIS DE GRADACIÓN		EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN		EFICIENTE	

Como vemos en la tabla 5, tenemos tres niveles de eficiencia bueno, regular y malo; para optar por el nivel de eficiencia bueno los dos análisis realizados tienen que tener como resultados eficientes, en el caso del nivel de eficiencia regular solo basta que un análisis sea eficiente, y para un nivel de eficiencia malo los resultados de los análisis tienen que ser deficientes.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

❖ PROPIEDADES DE AGREGADOS

A. CANTERA DEL RÍO CAJAMARQUINO

Tabla 6

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000	%R.P	%R.A	% QUE
TAMIZ		P.R.P			
Nº	ABER.(mm)	(gr)			PASA
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	1090	21.80	21.80	78.20
1/2"	12.5	2410	48.20	70.00	30.00
3/8"	9.5	980	19.60	89.60	10.40
Nº 4	4.75	520	10.40	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 7

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		6414			
TAMIZ	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE	
ABER.(mm)				PASA	
45.25	0	0.00	0.00	100.00	
32	0	0.00	0.00	100.00	
22.63	1284	20.02	20.02	79.98	
16	1428	22.26	42.28	57.72	
11.31	1523	23.74	66.03	33.97	
8	1428	22.26	88.29	11.71	
5.66	405	6.31	94.61	5.39	
4	346	5.39	100.00	0.00	
Total		6414			

Gráfico 1
Comparación de la curva granulométrica.

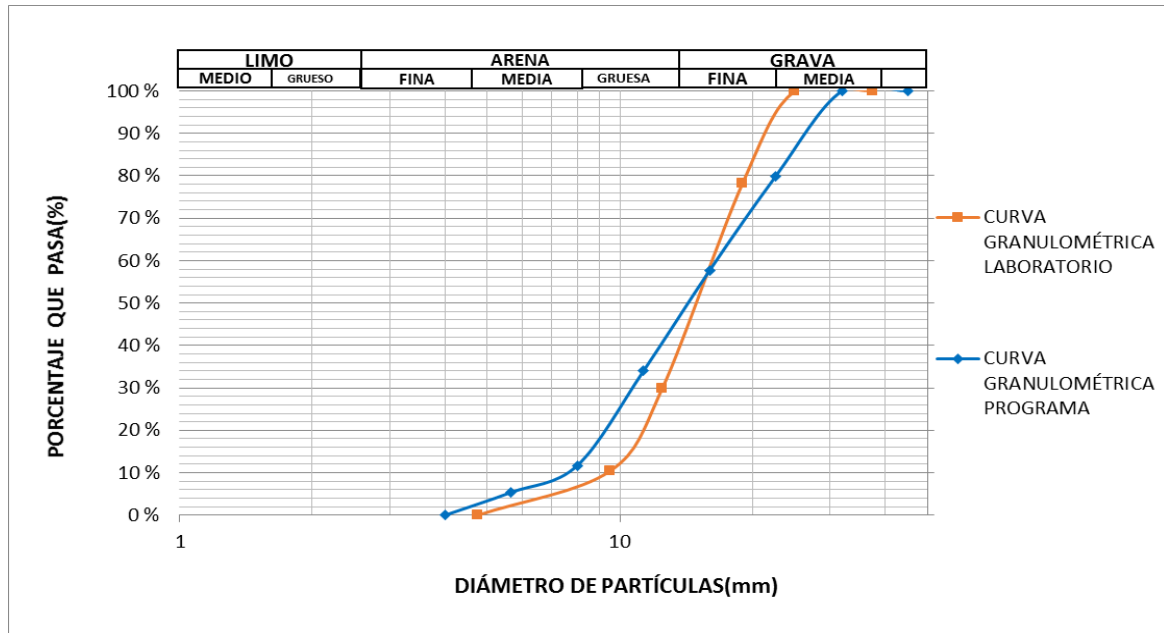


Gráfico 2
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Cajamarquino.

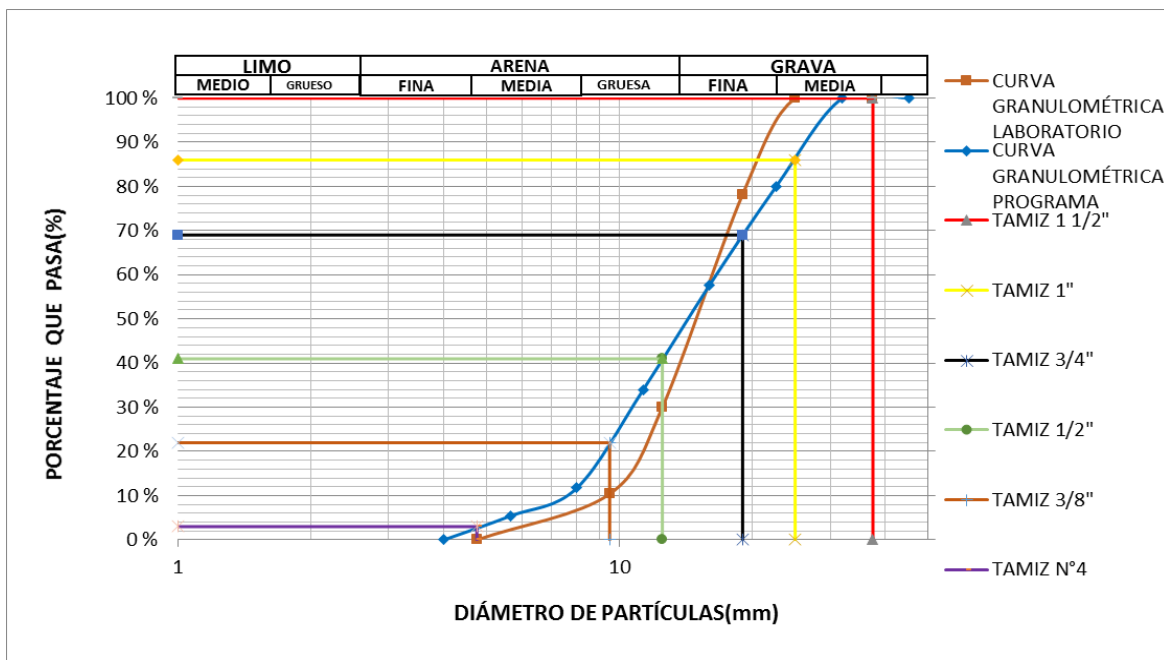


Tabla 8
Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
RÍO CAJAMARQUINO	1<CC<3	CC: 1.04	CC: 0.96	DEFICIENTE	
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO GRADUADO		
	CU<2	CU: 1.75	CU: 2.58	DEFICIENTE	DEFICIENTE
	SUELO MUY UNIFORME				
CU<5	SUELO MUY UNIFORME	SUELO UNIFORME			

Tabla 9
Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
RÍO CAJAMARQUINO	1 1/2"	100.00	100.00	0.00	±15 Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	100.00	86.00	14.00		
	3/4"	78.20	69.00	9.20		
	1/2"	30.00	41.00	-11.00		
	3/8"	10.40	22.00	-11.60		
	N° 4	0.00	3.00	-3.00		

Tabla n.º 10
Medición del nivel de eficiencia río Cajamarquino.

CANTERA:	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
RÍO CAJAMARQUINO		
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	DEFICIENTE	REGULAR
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

B. CANTERA DEL RÍO MASHCON

Tabla 11

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000	%R.P	%R.A	% QUE
TAMIZ		P.R.P			
Nº	ABER.(mm)	(gr)			PASA
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25	2206.25	44.13	44.13	55.88
3/4"	19	1851.25	37.03	81.15	18.85
1/2"	12.5	926.25	18.53	99.68	0.32
3/8"	9.5	16.25	0.33	100.00	0.00
Nº 4	4.75	0.00	0.00	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 12

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		3867			
TAMIZ	ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
	45.25	0	0.00	0.00	100.00
	32	22	0.57	0.57	99.43
	22.63	1620	41.89	42.46	57.54
	16	1651	42.69	85.16	14.84
	11.31	423	10.94	96.10	3.90
	8	134	3.47	99.56	0.44
	5.66	12	0.31	99.87	0.13
	4	5	0.13	100.00	0.00
Total		3867			

Gráfico 3
Comparación de la curva granulométrica.

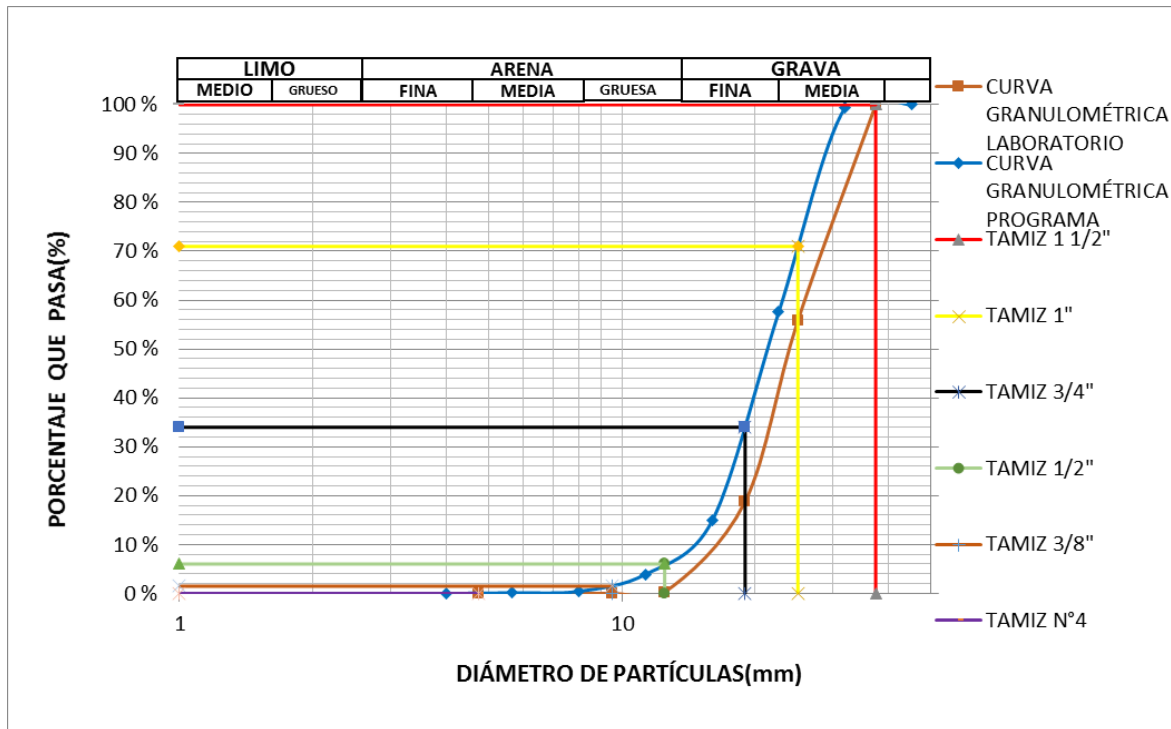


Gráfico 4
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Mashcón.

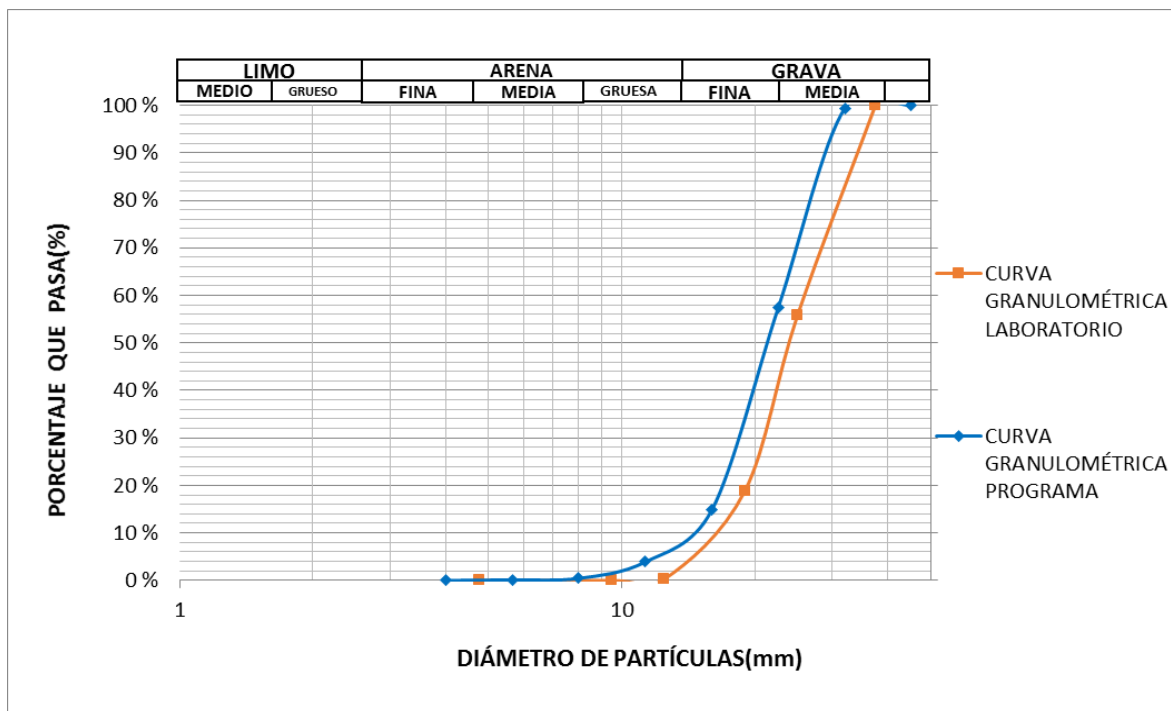


Tabla 13

Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
RÍO MASHCÓN	1<CC<3	CC: 1.06	CC: 1.04	EFICIENTE	EFICIENTE
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO		
	CU<2	CU: 1.67	CU: 1.69	EFICIENTE	
	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME		
CU<5	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	EFICIENTE	

Tabla 14

Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
RÍO MASHCÓN	1 1/2"	100.00	100.00	0.00	±15 Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	55.88	69.90	-14.02		
	3/4"	18.85	33.81	-14.96		
	1/2"	0.32	6.00	-5.68		
	3/8"	0.00	1.50	-1.50		
	Nº 4	0.00	0.00	0.00		

Tabla 15

Medición del nivel de eficiencia río Mashcón.

CANTERA:	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
RÍO MASHCÓN		
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

C. CANTERA DEL RÍO CHONTA

Tabla 16

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000	%R.P	%R.A	% QUE
TAMIZ		P.R.P			
Nº	ABER.(mm)	(gr)			PASA
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25	243.00	4.86	4.86	95.14
3/4"	19	983.00	19.66	24.52	75.48
1/2"	12.5	2998.00	59.96	84.48	15.52
3/8"	9.5	618.00	12.36	96.84	3.16
Nº 4	4.75	158.00	3.16	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 17

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		7111			
TAMIZ	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE	
ABER.(mm)				PASA	
45.25	0	0.00	0.00	100.00	
32	0	0.00	0.00	100.00	
22.63	800	11.25	11.25	88.75	
16	2800	39.38	50.63	49.37	
11.31	2537	35.68	86.30	13.70	
8	634	8.92	95.22	4.78	
5.66	286	4.02	99.24	0.76	
4	54	0.76	100.00	0.00	
Total		7111			

Gráfico 5
Comparación de la curva granulométrica.

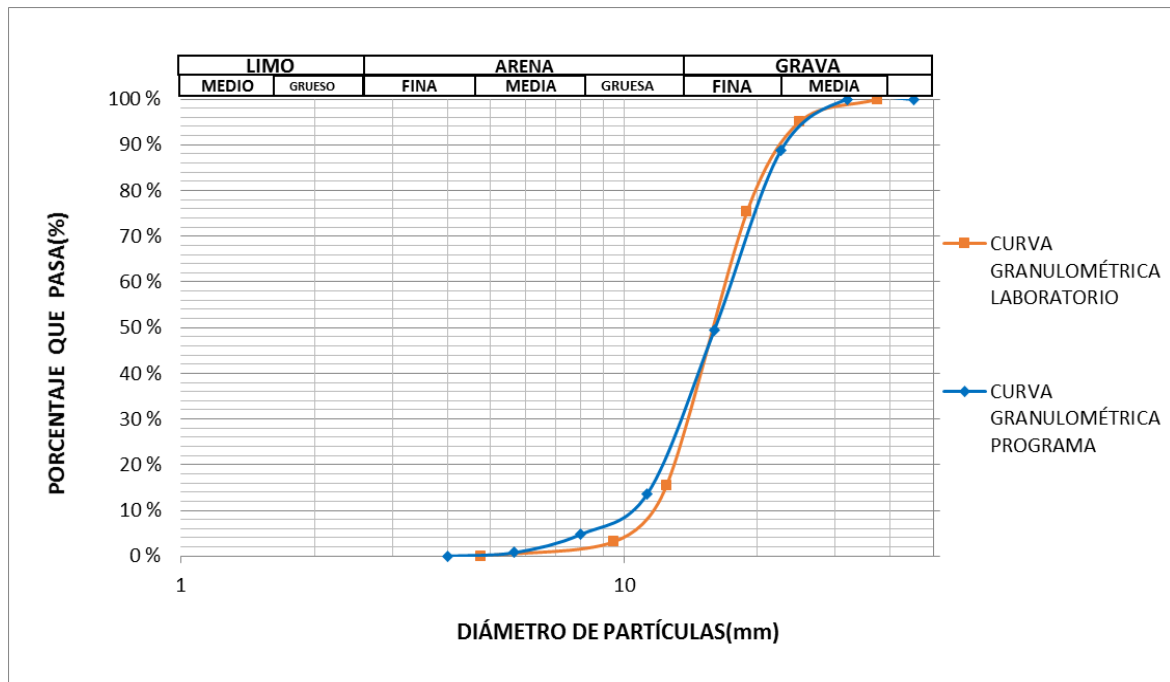


Gráfico 6
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de río Chonta.

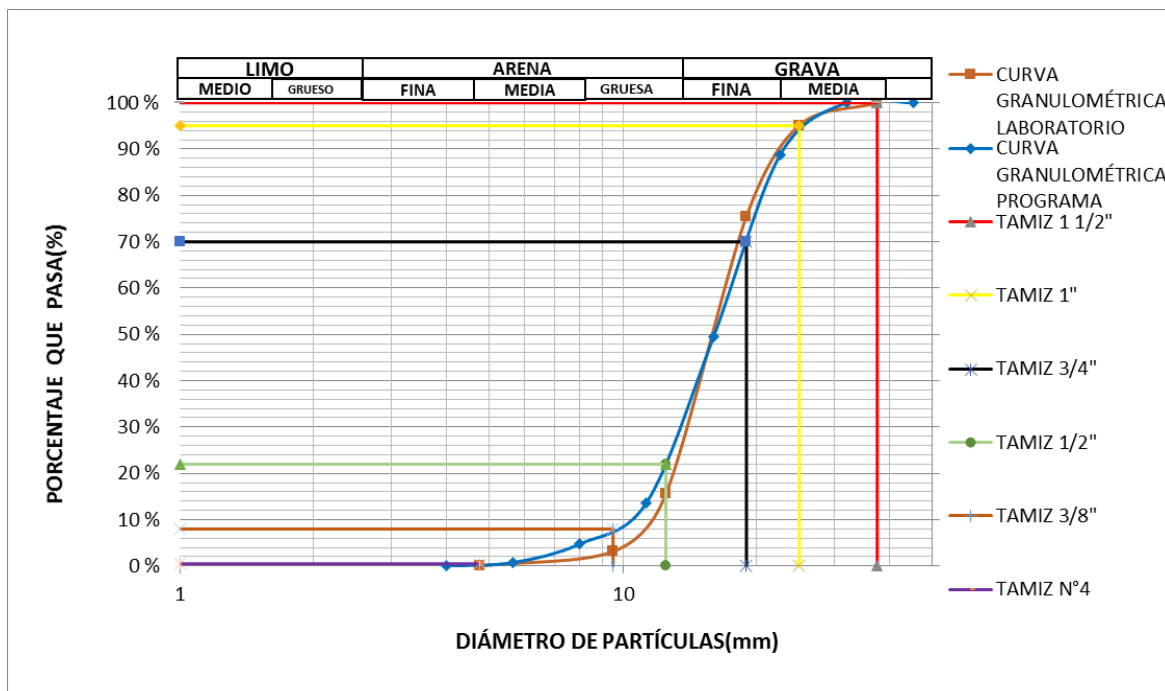


Tabla 18
Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
RÍO CHONTA	1<CC<3	CC: 1.01	CC: 1.02	EFICIENTE	EFICIENTE
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO BIEN GRADUADO		
	CU<2	CU: 1.54	CU: 1.79	EFICIENTE	
	SUELO MUY UNIFORME				
CU<5	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME		

Tabla 19
Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
RÍO CHONTA	1 1/2"	100.00	100.00	0.00	±15 Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	95.14	95.00	0.14		
	3/4"	75.48	70.00	5.48		
	1/2"	15.52	22.00	-6.48		
	3/8"	3.16	8.00	-4.84		
	N° 4	0.00	0.50	-0.50		

Tabla 20
Medición del nivel de eficiencia río Chonta.

CANTERA:	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
RÍO CHONTA		
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

D. CANTERA DEL CERRO LA HUALANGA

Tabla 21

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000	%R.P	%R.A	% QUE
TAMIZ		P.R.P			
Nº	ABER.(mm)	(gr)			PASA
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	1172	23.44	23.44	76.56
3/4"	19	682	13.64	37.08	62.92
1/2"	12.5	1182	23.64	60.72	39.28
3/8"	9.5	892	17.84	78.56	21.44
Nº 4	4.75	1072	21.44	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 22

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		10507			
TAMIZ	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE	
ABER.(mm)				PASA	
45.25	0	0.00	0.00	100.00	
32	1523	14.50	14.50	85.50	
22.63	1326	12.62	27.12	72.88	
16	1527	14.53	41.65	58.35	
11.31	2238	21.30	62.95	37.05	
8	2358	22.44	85.39	14.61	
5.66	784	7.46	92.85	7.15	
4	751	7.15	100.00	0.00	
Total		10507			

Gráfico 7
Comparación de la curva granulométrica.

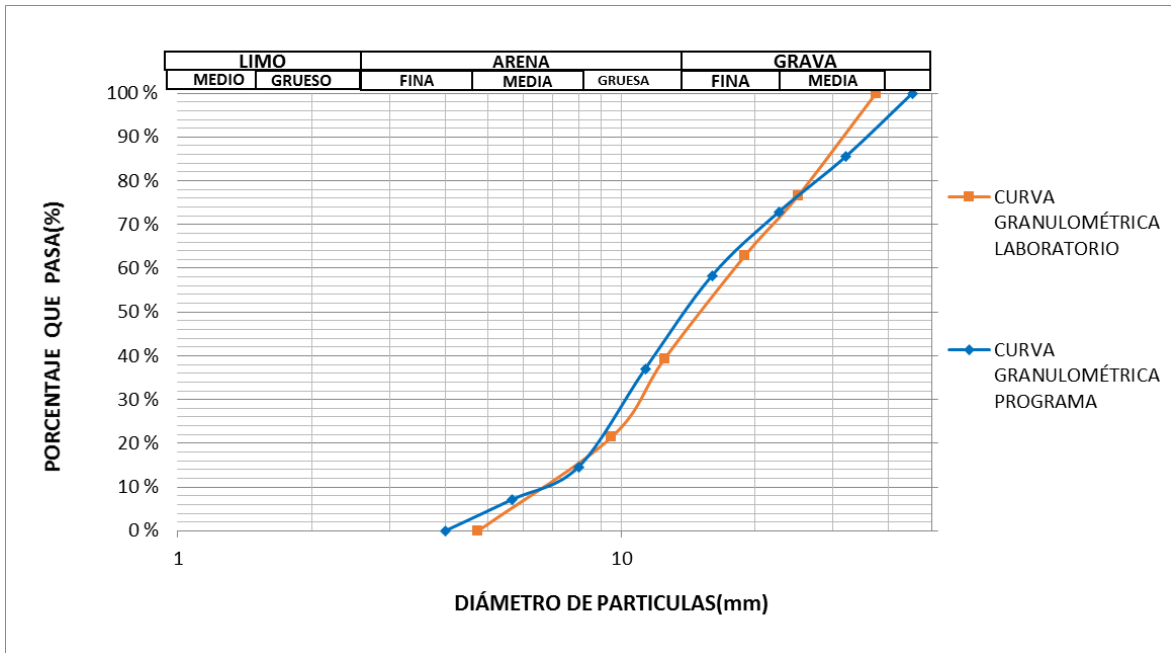


Gráfico 8
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro Hualanga.

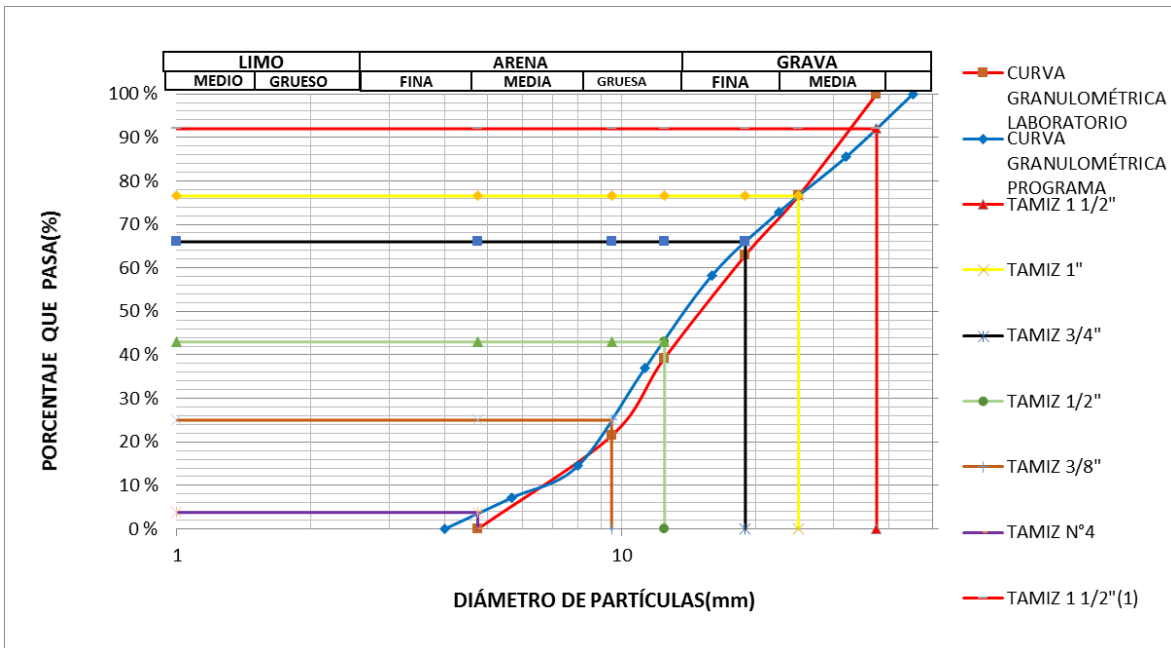


Tabla 23

Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
CERRO HUALANGA	1<CC<3	CC: 0.99	CC: 0.96	EFICIENTE	
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO GRADUADO	SUELO GRADUADO		
	CU<2	CU: 2.75	CU: 2.58	EFICIENTE	
	SUELO MUY UNIFORME	SUELO UNIFORME	SUELO UNIFORME		
CU<5	SUELO UNIFORME	SUELO UNIFORME	SUELO UNIFORME	EFICIENTE	

Tabla 24

Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
CERRO HUALANGA	1 1/2"	100.00	92.00	8.00	±15 Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	76.56	76.56	0.00		
	3/4"	62.92	66.00	-3.08		
	1/2"	39.28	43.00	-3.72		
	3/8"	21.44	25.00	-3.56		
	N° 4	0.00	3.80	-3.80		

Tabla 25

Medición del nivel de eficiencia cerro Hualanga.

CANTERA:	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
CERRO HUALANGA		
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

E. CANTERA DEL CERRO EL GAVILÁN

Tabla 26

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000	%R.P	%R.A	% QUE
TAMIZ		P.R.P			
Nº	ABER.(mm)	(gr)			PASA
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	1328	26.56	26.56	73.44
3/4"	19	1088	21.76	48.32	51.68
1/2"	12.5	1618	32.36	80.68	19.32
3/8"	9.5	548	10.96	91.64	8.36
Nº 4	4.75	418	8.36	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 27

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		7554			
TAMIZ	ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
	45.25	0	0.00	0.00	100.00
	32	1426	18.88	18.88	81.12
	22.63	1238	16.39	35.27	64.73
	16	1429	18.92	54.18	45.82
	11.31	1503	19.90	74.08	25.92
	8	1342	17.77	91.85	8.15
	5.66	386	5.11	96.96	3.04
	4	230	3.04	100.00	0.00
Total		7554			

Gráfico 9
Comparación de la curva granulométrica.

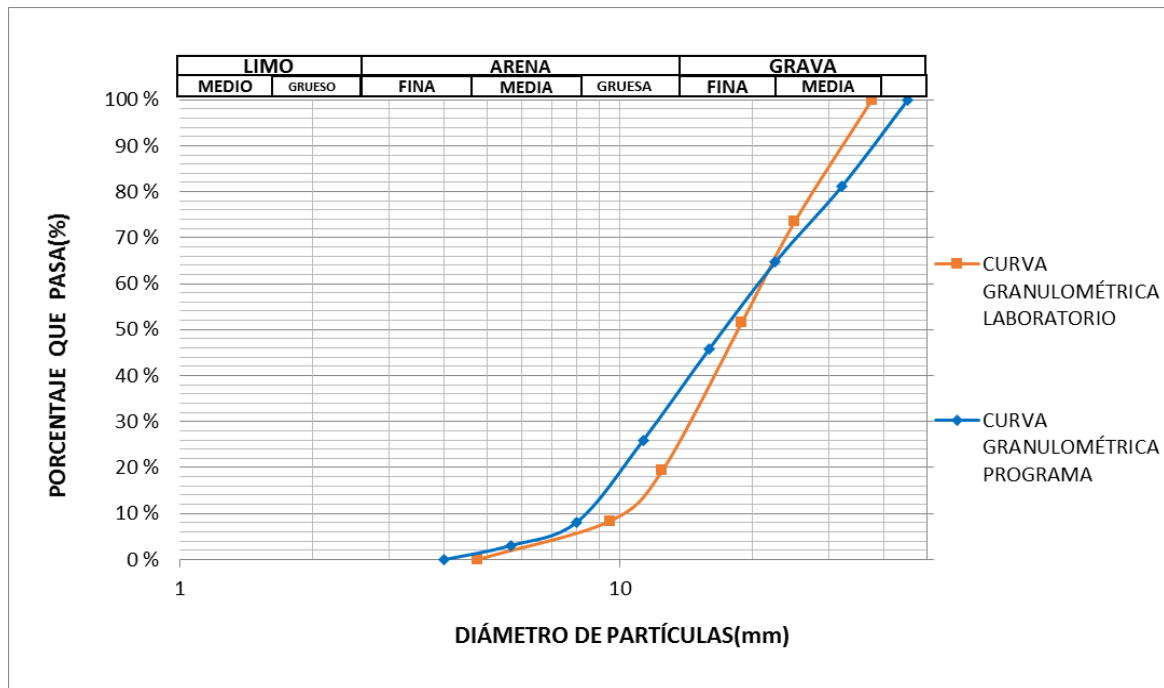


Gráfico 10
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro El Gavilán.

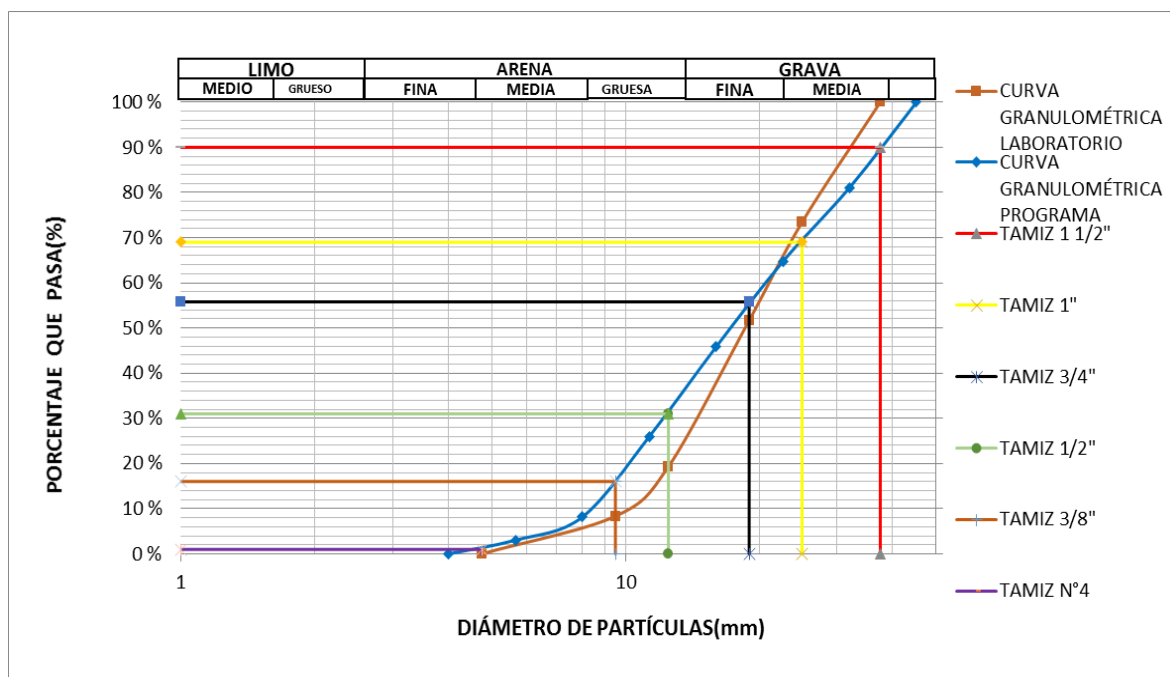


Tabla 28

Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
CERRO EL GAVILÁN	1<CC<3	CC: 0.98	CC: 0.86	EFICIENTE	
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO GRADUADO	SUELO GRADUADO		
	CU<2	CU: 2.13	CU: 2.50	EFICIENTE	
	SUELO MUY UNIFORME	SUELO UNIFORME	SUELO UNIFORME	EFICIENTE	
	CU<5				
	SUELO UNIFORME				

Tabla 29

Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
CERRO EL GAVILÁN	1 1/2"	100.00	90.00	10.00	±15% Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	73.44	69.00	4.44		
	3/4"	51.68	55.80	-4.12		
	1/2"	19.32	31.00	-11.68		
	3/8"	8.36	16.00	-7.64		
	Nº 4	0.00	1.00	-1.00		

Tabla 30

Medición del nivel de eficiencia cerro El Gavilán.

CANTERA:	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
CERRO EL GAVILÁN		
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

F. CANTERA DEL CERRO EL GUITARRERO

Tabla 31

Datos del tamizado del agregado grueso en laboratorio.

MUESTRA(gr) :		5000 P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
TAMIZ					
Nº	ABER.(mm)	(gr)			
1 1/2"	37.5	196.67	3.93	3.93	96.07
1"	25	1331.67	26.63	30.57	69.43
3/4"	19	1341.67	26.83	57.40	42.60
1/2"	12.5	1731.67	34.63	92.03	7.97
3/8"	9.5	301.67	6.03	98.07	1.93
Nº 4	4.75	96.67	1.93	100.00	0.00
-					
Total		5000			

Tabla 32

Datos promedio del software del agregado grueso.

MUESTRA:		4909			
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA	
45.25	0	0.00	0.00	100.00	
32	1238	25.22	25.22	74.78	
22.63	1128	22.98	48.20	51.80	
16	1156	23.55	71.75	28.25	
11.31	1053	21.45	93.20	6.80	
8	184	3.75	96.94	3.06	
5.66	94	1.91	98.86	1.14	
4	56	1.14	100.00	0.00	
Total		4909			

Gráfico 11
Comparación de la curva granulométrica.

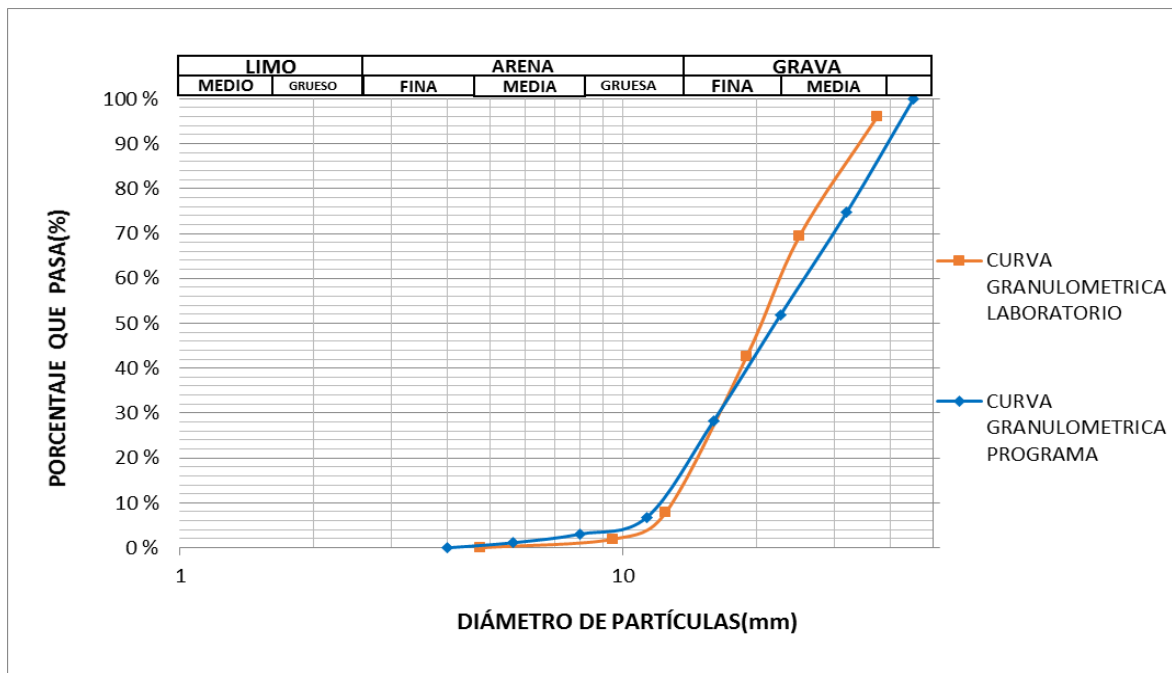


Gráfico 12
Análisis del porcentaje de variación de las curvas granulométricas de la cantera de cerro Guitarrero.

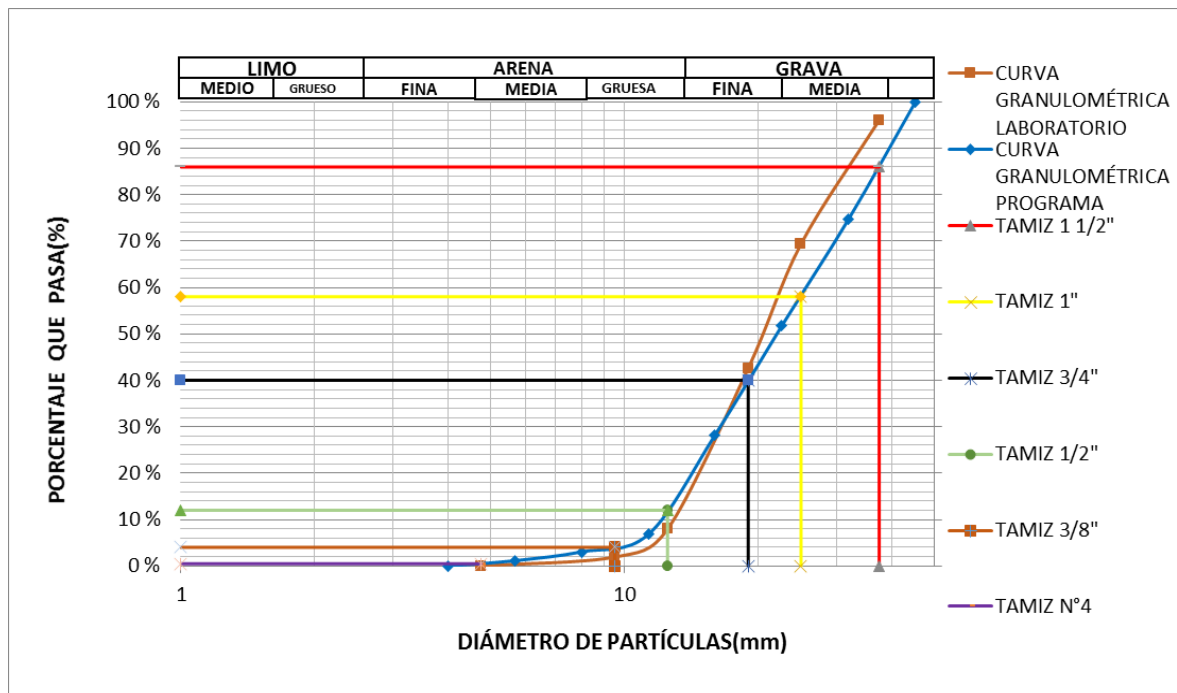


Tabla 33

Medición del nivel de eficiencia según gradación.

CANTERA	PARÁMETROS	MÉTODO TRADICIONAL	FOTOGRAFÍAS DIGITALES	COMPARACIÓN	RESULTADO
CERRO GUITARRERO	1<CC<3	CC: 0.92	CC: 0.88	EFICIENTE	
	SUELO BIEN GRADUADO	SUELO GRADUADO	SUELO GRADUADO		
	CU<2	CU: 1.77	CU: 2.16	EFICIENTE	EFICIENTE
	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME		
CU<5	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME	SUELO MUY UNIFORME		

Tabla 34

Medición del nivel de eficiencia según % de variación de tamiz.

CANTERA	TAMIZ	% PASA		% VARIACIÓN	PARÁMETRO	RESULTADO
		LABORATORIO	FOTOGRAFÍA			
CERRO GUITARRERO	1 1/2"	96.07	86.00	10.07	±15% Según Nivel de confiabilidad AASHTO	EFICIENTE
	1"	69.93	58.00	11.93		
	3/4"	42.60	40.00	2.60		
	1/2"	7.97	12.00	-4.03		
	3/8"	1.93	4.00	-2.07		
	N° 4	0.00	0.50	-0.50		

Tabla 35

Medición del nivel de eficiencia cerro Guitarrero.

CANTERA:		
CERRO GUITARRERO	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

Tabla 36

Cuadro resumen de la medición del nivel de eficiencia.

CANTERA:		
RÍO CAJAMARQUINO	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	DEFICIENTE	REGULAR
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	
CANTERA:		
RÍO MASHCÓN	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	
CANTERA:		
RÍO CHONTA	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	
CANTERA:		
CERRO HUALANGA	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	
CANTERA:		
CERRO EL GAVILÁN	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	
CANTERA:		
CERRO GUITARRERO	RESULTADO	NIVEL DE EFICIENCIA
ANÁLISIS DE GRADACIÓN	EFICIENTE	BUENO
ANÁLISIS % DE VARIACIÓN	EFICIENTE	

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

1. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera del río Cajamarquino se obtuvo en el análisis de gradación un nivel deficiente ya que el método tradicional presenta diferente tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en diferentes parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima 14% y la mínima de 0.00%; para este análisis nos da un nivel de eficiencia regular.
2. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera del río Mashcón se obtuvo en el análisis de gradación un nivel eficiente ya que el método tradicional presenta el mismo tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en los mismos parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima -14.96% y la mínima de 0.00%; para este análisis nos da un nivel eficiente bueno.
3. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera del río Chonta se obtuvo en el análisis de gradación un nivel eficiente ya que el método tradicional presenta el mismo tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en los mismos parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra

entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima -6.48% y la mínima de 0.00% ; para este análisis nos da un nivel eficiente bueno.

4. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera de cerro Hualanga se obtuvo en el análisis de gradación un nivel eficiente ya que el método tradicional presenta el mismo tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en los mismos parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima 8.00% y la mínima de 0.00% ; para este análisis nos da un nivel eficiente bueno.
5. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera de cerro El Gavilán se obtuvo en el análisis de gradación un nivel eficiente ya que el método tradicional presenta el mismo tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en los mismos parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima -11.68% y la mínima de -1.00% ; para este análisis nos da un nivel eficiente bueno.
6. En el análisis de granulometría realizado del material (agregado grueso) obtenido de la cantera de cerro Guitarrero se obtuvo en el análisis de gradación un nivel eficiente ya que el método tradicional presenta el mismo tipo de gradación a la metodología de fotografías digitales, esto se debe a que se encuentran en los mismos parámetros en el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad; en el caso del análisis de variación del % pasante de cada tamiz presenta un nivel eficiente, ya que se encuentra

entre el parámetro de $\pm 15\%$ siendo la variación máxima 11.93% y la mínima de -0.50%; para este análisis nos da un nivel eficiente bueno.

7. Teniendo una base en nuestros antecedentes sobre el uso de la metodología de fotografías digitales en granulometría, Crozzoli (2003) obtiene como resultados que las curvas granulométricas son muy parecidas visualmente y presentan valores de similares características. Como también, Palomino (2010) concluye que la utilización de imágenes de media resolución en su análisis multitemporal es eficiente; por ello podemos decir que la metodología de fotografías digitales es eficiente en la determinación del análisis granulométrico.
8. Se recomienda que para los próximos estudios se realice con más metodologías de fotografías digitales, utilizando nuevos métodos como Wolman y Rosiwell.
9. Utilizar para próximos estudios diferentes equipos para la toma de fotografías digitales como drones, fotografías satelitales.
10. Utilizar diferente tipo de resolución de cámara.

4.2 Conclusiones

1. Se cumplió con la hipótesis planteada, al determinar que el nivel de eficiencia del método de fotografías digitales es bueno.
2. Se realizó las granulometrías de las canteras estudiadas a través de la NTP 400.012 y el método de fotografías digitales, obteniendo como resultados lo siguiente:

Tabla 37
Cuadro comparativo de gradación.

CANTERA	NTP 400.012	FOTOGRAFÍAS DIGITALES
RÍO CAJAMARQUINO	Material muy uniforme y bien graduado	Material uniforme y graduado
RÍO MASHCÓN	Material muy uniforme y bien graduado	Material muy uniforme y bien graduado
RÍO CHONTA	Material muy uniforme y bien graduado	Material muy uniforme y bien graduado
CERRO HUALANGA	Material uniforme y graduado	Material uniforme y graduado
CERRO EL GAVILÁN	Material uniforme y graduado	Material uniforme y graduado
CERRO GUITARRERO	Material muy uniforme y graduado	Material muy uniforme y graduado

3. Se comparó las granulometrías obtenidas a través de la NTP 400.012 y la metodología de fotografías digitales para el análisis de variación del % pasante de cada tamiz, obteniendo como resultado lo siguiente.

Tabla 38

Cuadro de variaciones máximas y variaciones mínimas.

CANTERA	VARIACIÓN MÁXIMA	VARIACIÓN MÍNIMA
RÍO CAJAMARQUINO	14.00%	0.00%
RÍO MASHCÓN	-14.96%	0.00%
RÍO CHONTA	-6.48%	0.00%
CERRO HUALANGA	8.00%	0.00%
CERRO GAVILÁN	-11.68%	-1.00%
CERRO GUITARRERO	11.93%	-0.50%

REFERENCIAS

1. Adams, J. (1979). *Gravel size analysis from photographs, journal of hydraulics división. American Society of Civil Engineers (ASCE), 105 pp.1247-1255.*
2. Arangurí, G. (2015). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. *In crescendo, 2 (2) pp.11-18.*
3. Barona, A. (2014). Evaluación del funcionamiento de sistemas de análisis digital de imágenes – WIPFRAG (edición manual) y SPLIT ONLINE. *Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, pp.67-98.*
4. Bañón, L. (2010). Manual de carreteras. Alicante: Omega.
5. Bunde, K. & Abt, S. (2010). *Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring.* Colorado: Water Resources Publications Fort Collins.
6. Chinello, F. (2006). *Valutazione della granulometria superficiale d'alveo con método fotografico.* (Tesis de licenciatura). Università Degli Studi Di Padova, Padua, Italia.
7. Cottier, J. (2008). *El concreto masivo.*(Tesis para maestro en ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
8. Crozzoli, L. & Batalla, R. (2003). Aplicación de la fotografía al análisis granulométrico de ríos con lecho de gravas. *Revista C & G, 17(3-4) pp.29-39.*
9. Graham, D., Rice S. y Reid, I. (2005). *A transferable method for the automated grainsizing of river gravels. Water Resources Research, 41(7) pp 12.*
10. Gómez, A., Echeverry, J., Giraldo, M., Otálora, C. y Cano, M. (2012). Mejoramiento de procesos constructivos a partir de un módulo programable para captura de imágenes y simulación digital. *Pontificia Universidad Javeriana, pp.35-53.*

11. Heredia, J. & Salazar A. (2017). *Influencia de la granulometría en la estabilidad de los taludes de la gravera Shudal*, Cajamarca. (Tesis de Título Profesional). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
12. Lambe, T., Whitman, R. y Tupia, R. *Mecánica de suelos*. Ciudad de México: Antílope.
13. Millanao, C. (2010). *Determinación de granulometría de lecho de cauce de montaña a través del uso de fotografías digitales*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
14. NTP 400.012. (s.f.).Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
15. Palomino, M. (2010). Utilización de imágenes de media resolución espacial en el análisis multitemporal del sector sur del nevado Huascarán. *Departamento de ciencia y desarrollo*, 16(1) pp.87-98.
16. Vargas, A., Castro, V. y Bautista, E. (2011). Importancia del crecimiento del sector construcción en la economía y sociedad peruana. *En revista de investigación de la facultad de ciencias administrativas*, 5 (28) pp.25.
17. Wolman, M. (1954). River channel patterns: braided, meandering and straight. *U.S. Geological Survey Professional Paper*. 28-B pp.39-85.
18. Zorogastúa, P., Quiroz, R. y Garatuza J. Evaluacion de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura – Perú. *Departamento Académico de Biología*, 10(1) pp.428-439.

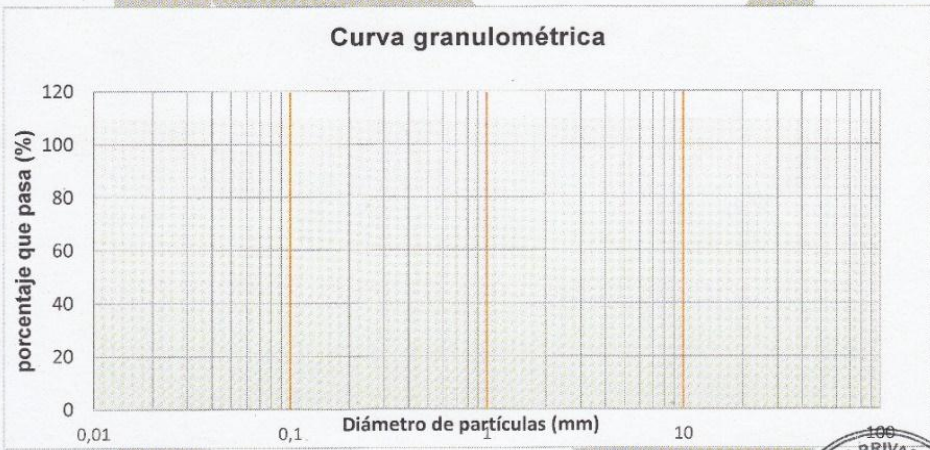
ANEXOS


ANEXO n.º 1. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera río Cajamarquino.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:	
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				
PROYECTO					
CANTERA:	Río Cajamarquino	PESO DE MUESTRA (gr):	5000		
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCÍA, Michael SÁNCHEZ MENDOZA, Manuel		
FECHA DE MUESTRA:		REVISADO POR:			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017				

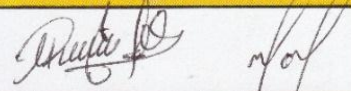
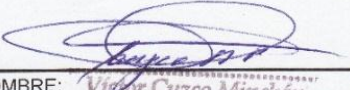

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0			
2	1"	25.00	0			
3	¾"	19.00	1885			
4	½"	12.50	2405			
5	3/8"	9.50	975			
6	Nº 4	4.75	515			
7	Total	0	4980			

Curva granulométrica





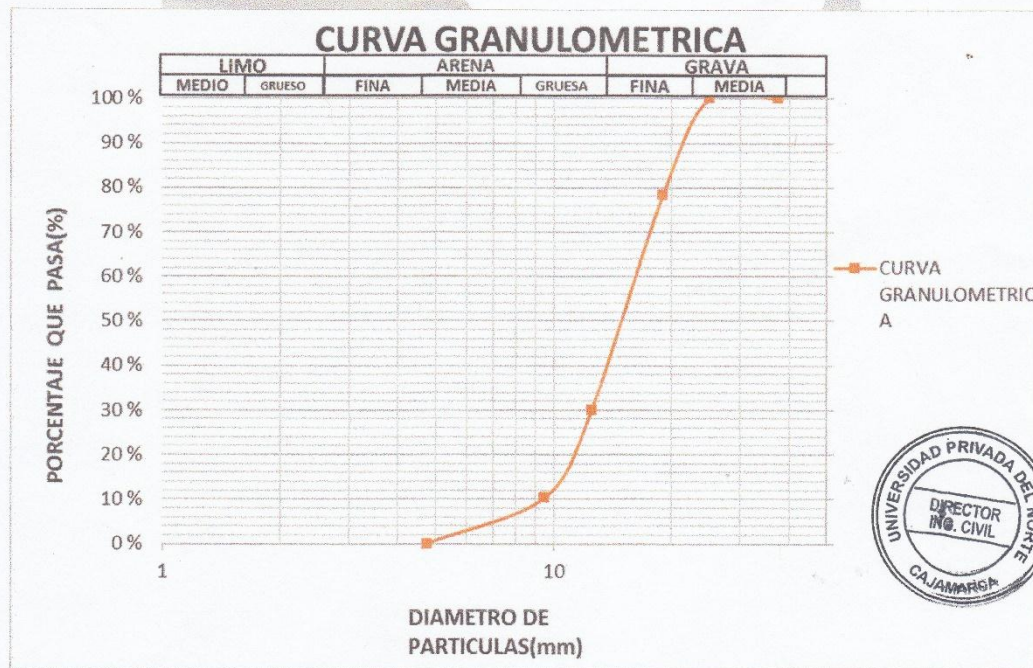
OBSERVACIONES:

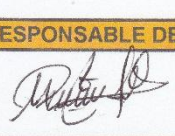
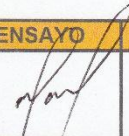
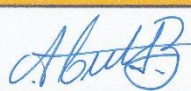
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sánchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

ANEXO n.º 2. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera río Cajamarquino.


LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	
	PROYECTO		
CANTERA:	Río Cajamarquino	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, MICHAEL SANCHEZ MENDOZA, MANUEL
FECHA DE MUESTRA:			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017	REVISADO POR:	

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
2	1"	25.00	0	0.00	0.00	100.00
3	¾"	19.00	1085	21.79	21.79	78.21
4	½"	12.50	2405	48.29	70.08	29.92
5	3/8"	9.50	975	19.58	89.66	11.34
6	Nº 4	4.75	515	10.34	100	0.00
7	Total	0	4980			



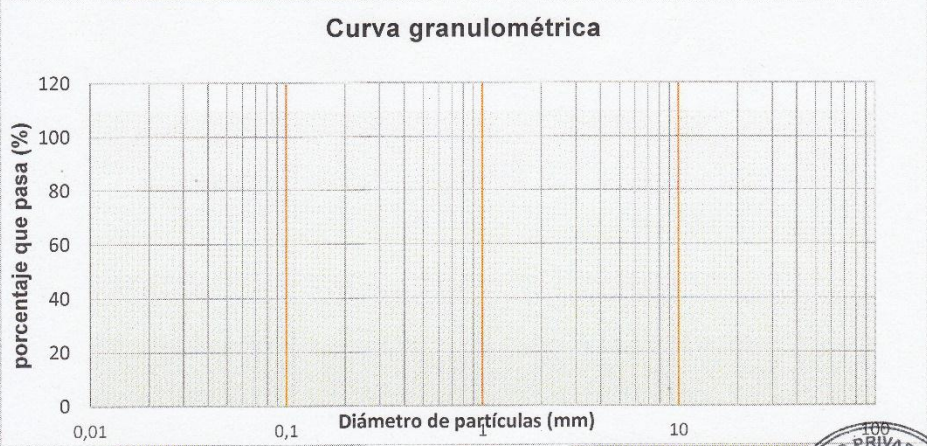
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sánchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Carlos Miroslav COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Alejandro Cubes Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017


ANEXO n.º 3. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera río Mashcón.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:	
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				
	PROYECTO					
CANTERA:	Río Mashcon		PESO DE MUESTRA (gr):	5000		
UBICACIÓN:			RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, Michael SANCHEZ MENDOZA, Manuel		
FECHA DE MUESTRA:			REVISADO POR:			
FECHA DE ENSAYO:	23-11-2017					

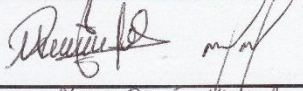

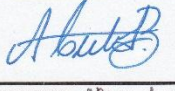
Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0			
2	1"	25.00	2205			
3	¾"	19.00	1850			
4	½"	12.50	925			
5	3/8"	9.50	15			
6	Nº 4	4.75	0			
7	Total	0				

Curva granulométrica





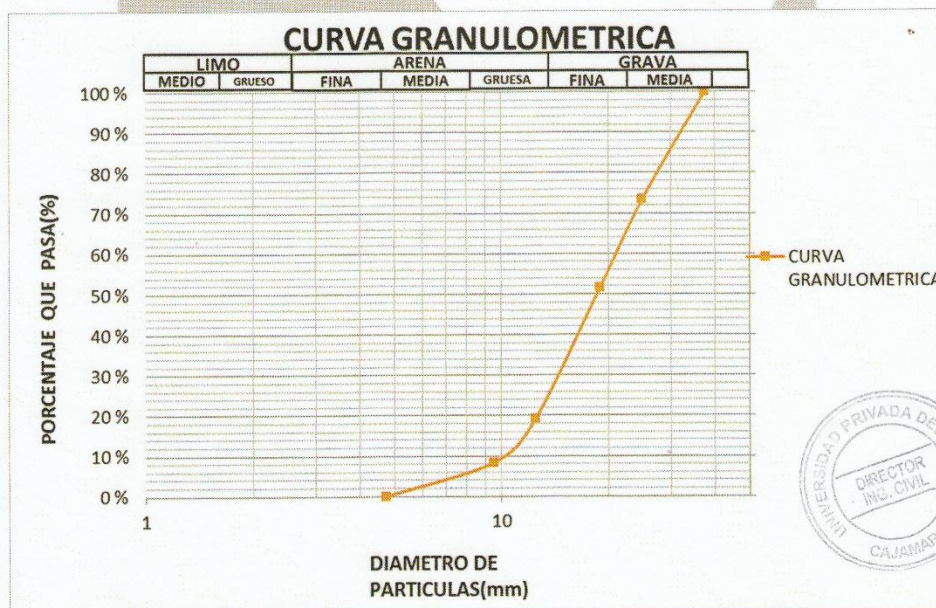
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos Garcia, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Victor Ocaso Marchán	NOMBRE: Alejandro Cubas Beaura
FECHA: 23-11-2017	FECHA: 23-11-2017	FECHA: 23-11-2017

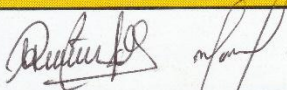


ANEXO n.º 4. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera río Mashcón.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC:
PROYECTO			
CANTERA:	Río Mashcón	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, Michael SANCHEZ MENDOZA, Manuel
FECHA DE MUESTRA:		REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:	23-11-2017		

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	1000.00
2	1"	25.00	2205	44.14	44.14	55.86
3	¾"	19.00	1850	37.04	81.18	18.82
4	½"	12.50	925	18.52	99.70	0.30
5	3/8"	9.50	15	0.30	100.00	0.00
6	Nº 4	4.75	0	0.00	100.00	0.00
7	Total	0	4995			



OBSERVACIONES:

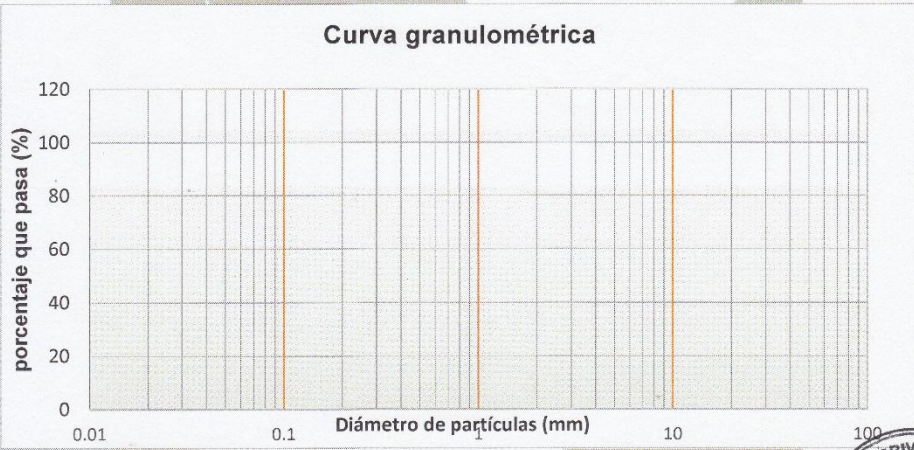
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cerro Minchán	NOMBRE: Alyandho Cubes Becerra
FECHA: 23-11-2017	FECHA: 29/11/2017	FECHA: 23-11-2017


ANEXO n.º 5. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera río Chonta.

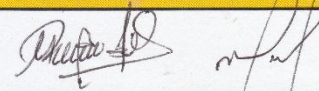
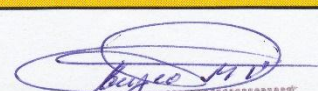

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:	
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				
PROYECTO					
CANTERA:	Río Chonta	PESO DE MUESTRA (gr):	5 000		
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCÍA, Michael		
FECHA DE MUESTRA:			SANCHEZ MENDOZA, Manuel		
FECHA DE ENSAYO:	23-11-2017	REVISADO POR:			

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0			
2	1"	25.00	240			
3	¾"	19.00	980			
4	½"	12.50	2995			
5	3/8"	9.50	615			
6	Nº 4	4.75	155			
7	Total	0				


Curva granulométrica



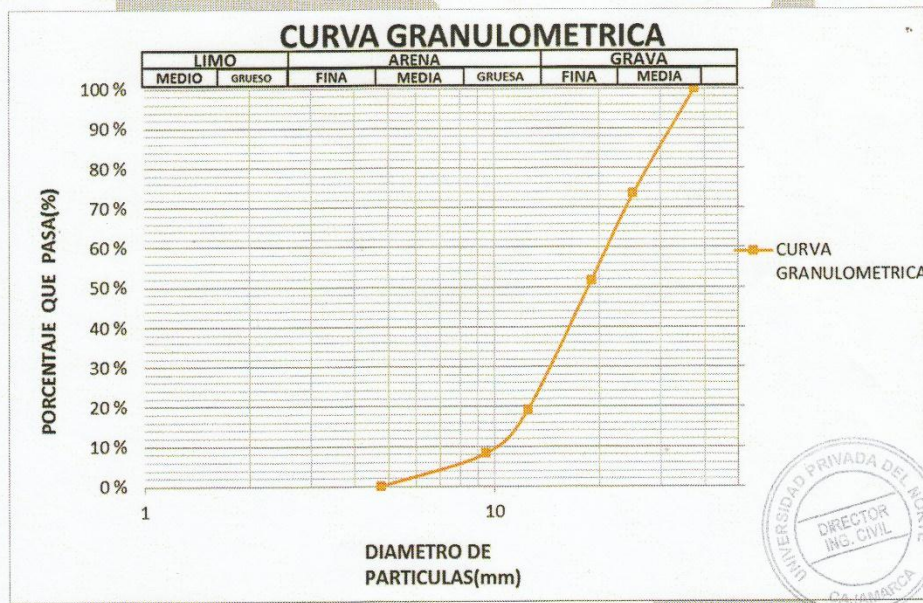


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cruzco Minchan COORDINADOR DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 23-11-2017	FECHA: 23-11-2017	FECHA: 23-11-2017

ANEXO n.º 6. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera río Chonta.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	AGGF-LC-UPNC:
	PROYECTO		
CANTERA:	Río Chonta	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, Michael SANCHEZ MENDOZA, Manuel
FECHA DE MUESTRA:			
FECHA DE ENSAYO:	23-11-2017	REVISADO POR:	


Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	1000.00
2	1"	25.00	240	4.81	4.81	95.19
3	¾"	19.00	980	19.66	24.47	75.53
4	½"	12.50	2995	60.08	84.55	15.45
5	3/8"	9.50	615	12.34	96.89	3.11
6	Nº 4	4.75	155	3.11	100.00	0.00
7	Total	0	4985			



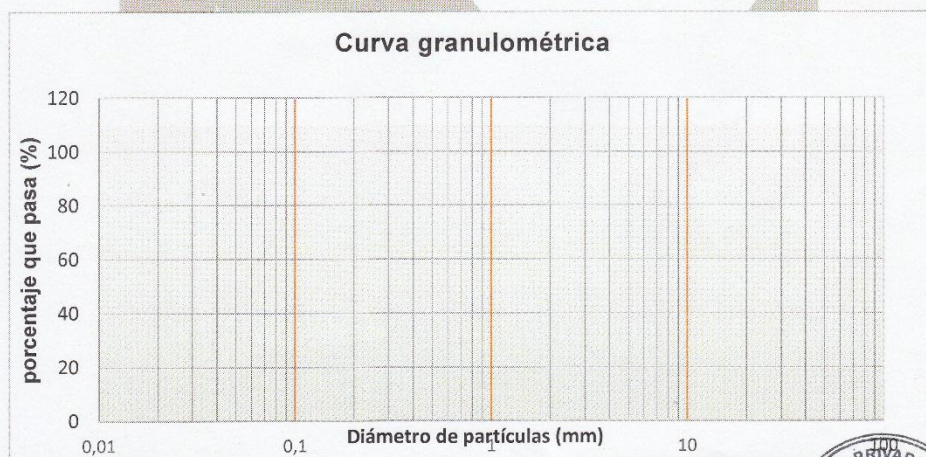
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Curzo Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE INS. CIVIL	NOMBRE:
FECHA: 23-11-2017	FECHA: 29/11/2017	FECHA: 23-11-2017

ANEXO n.º 7. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera cerro Hualanga.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	
	PROYECTO		
CANTERA:	Cerro la Hualanga	PESO DE MUESTRA (gr):	5 000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCÍA, Michael SÁNCHEZ MENDOZA, Manuel
FECHA DE MUESTRA:			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017	REVISADO POR:	

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0			
2	1"	25.00	1145			
3	¾"	19.00	655			
4	½"	12.50	1155			
5	3/8"	9.50	865			
6	Nº 4	4.75	1045			
7	Total	0	4865			



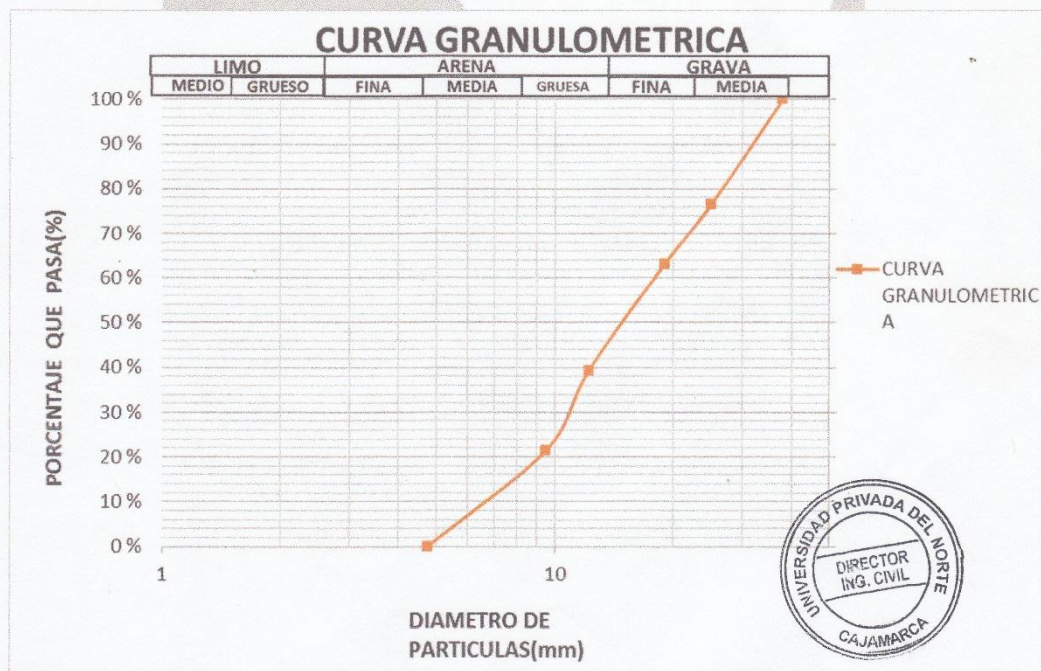
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sánchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

ANEXO n.º 8. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera cerro Hualanga.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		
PROYECTO			
CANTERA:	Cerro la Hualanga	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, MICHAEL SANCHEZ MENDOZA, MANUEL
FECHA DE MUESTRA:		REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017		

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2	1"	25.00	1145	23.54	23.54	76.46
3	¾"	19.00	655	16.46	13.46	63.00
4	½"	12.50	1155	23.74	23.74	39.26
5	3/8"	9.50	865	17.78	17.78	21.48
6	Nº 4	4.75	1045	21.48	21.48	0.00
7	Total	0	4865			



OBSERVACIONES:

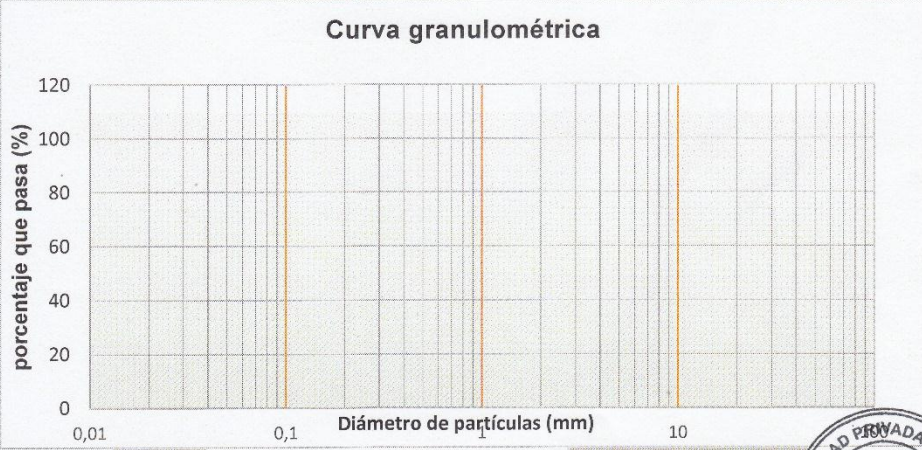
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cruzco Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE CONCRETO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Alyandro Cubos Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017


ANEXO n.º 9. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera cerro El Gavilán.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:	
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				
PROYECTO					
CANTERA:	Cerro el Gavilán	PESO DE MUESTRA (gr):	5000		
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, Michael SANCHEZ MENDOZA, Manuel		
FECHA DE MUESTRA:		REVISADO POR:			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017				

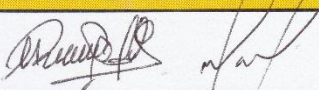
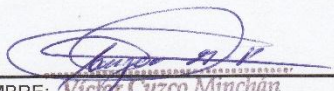
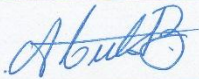
Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0			
2	1"	25.00	1325			
3	¾"	19.00	1085			
4	½"	12.50	1615			
5	3/8"	9.50	545			
6	Nº 4	4.75	415			
7	Total	0	4985			

Curva granulométrica





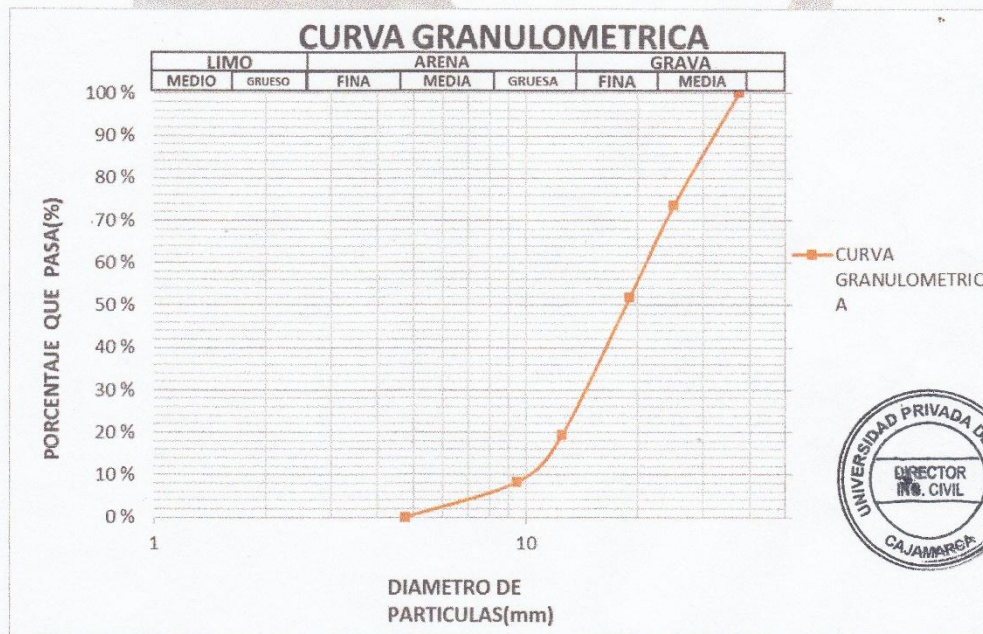
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE	NOMBRE: Alejandro Cubes Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

ANEXO n.º 10. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera cerro El Gavilán.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		
PROYECTO			
CANTERA:	Cerro el Gavilán	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, MICHAEL SANCHEZ MENDOZA, MANUEL
FECHA DE MUESTRA:		REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017		


Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2	1"	25.00	1325	26.58	26.58	73.42
3	¾"	19.00	1085	21.77	48.35	61.65
4	½"	12.50	1615	32.40	80.74	19.26
5	3/8"	9.50	545	10.93	91.68	8.32
6	Nº 4	4.75	415	8.32	100.00	0.00
7	Total	0	4985			



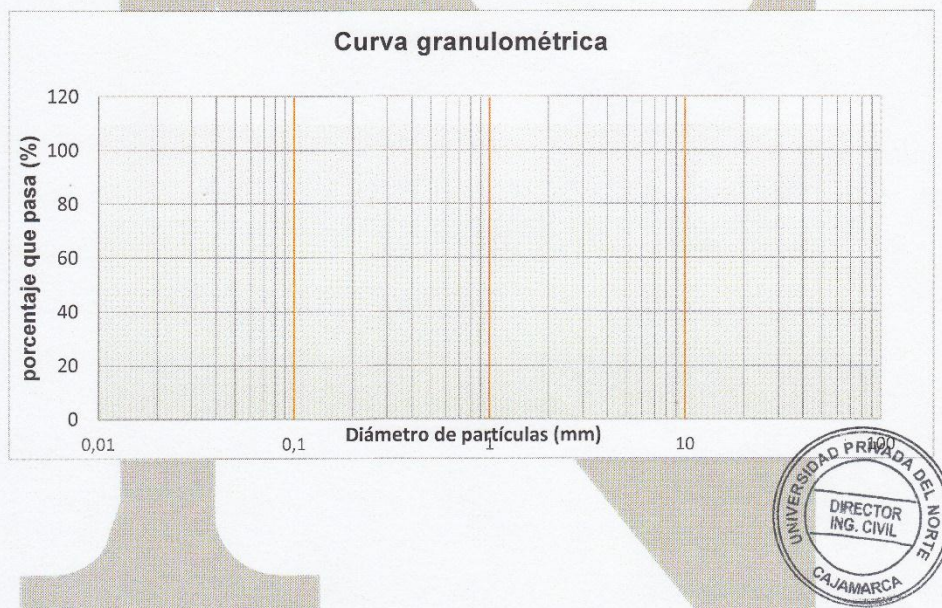
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE ING. CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

ANEXO n.º 11. Ficha laboratorio del peso retenido por tamiz de la cantera cerro Guitarrero.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	
	PROYECTO		
CANTERA:	Cerro el Guitarrero	PESO DE MUESTRA (gr):	5000
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, Michael SANCHEZ MENDOZA, Manuel
FECHA DE MUESTRA:			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017	REVISADO POR:	

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	195			
2	1"	25.00	1330			
3	¾"	19.00	1340			
4	½"	12.50	1730			
5	3/8"	9.50	300			
6	Nº 4	4.75	95			
7	Total	0	4990			



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sanchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Víctor Cuzco Minchán LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL	NOMBRE: Alejandro Cubo Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

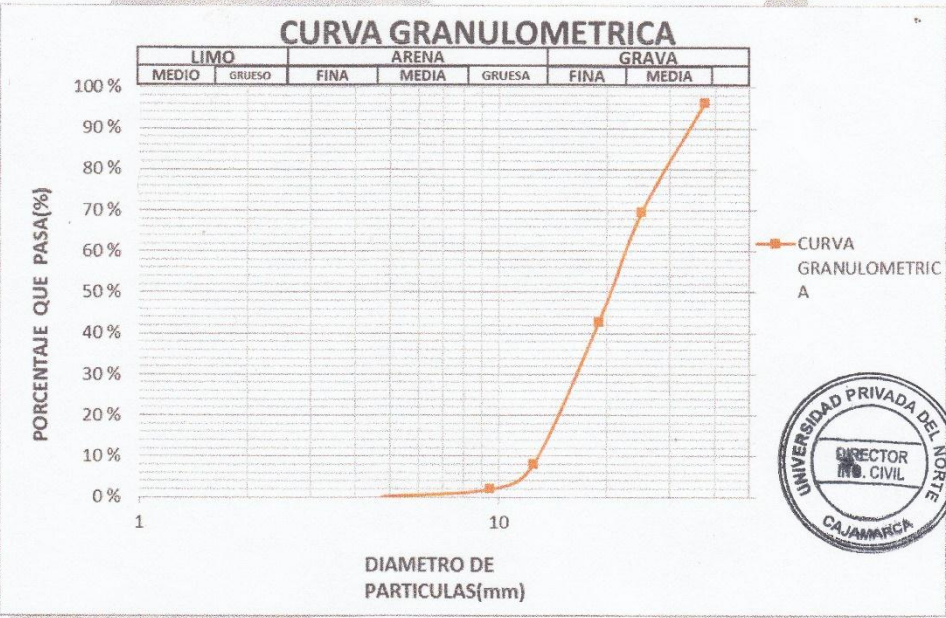
ANEXO n.º 12. Ficha laboratorio de la curva granulométrica de la cantera cerro Guitarrero.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:		
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012					
PROYECTO						
CANTERA:	Cerro el Guitarrero	PESO DE MUESTRA (gr):	5000			
UBICACIÓN:		RESPONSABLES:	RAMOS GARCIA, MICHAEL			
FECHA DE MUESTRA:			SANCHEZ MENDOZA, MANUEL			
FECHA DE ENSAYO:	09-10-2017	REVISADO POR:				

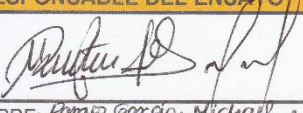

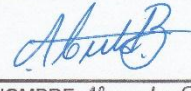
Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)				
1	1 ½"	37.50	195	3.91	3.91	96.09
2	1"	25.00	1330	26.65	30.56	69.44
3	¾"	19.00	1340	26.85	57.42	42.58
4	½"	12.50	1730	34.67	92.09	7.91
5	3/8"	9.50	300	6.01	98.10	1.90
6	Nº 4	4.75	95	1.90	100	0.00
7	Total	0	4990			

CURVA GRANULOMETRICA

LIMO	ARENA			GRAVA	
	MEDIO	GRUESO	FINA	MEDIA	GRUESA



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
DIRECTOR ING. CIVIL
CAJAMARCA

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ramos García, Michael Sánchez Mendoza, Manuel	NOMBRE: Manuel Sánchez Mendoza COORDINADOR LABORATORIO DE UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Alejandro Cubos Becerra
FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017	FECHA: 09-10-2017

ANEXO n.º 13. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de cerro Hualanga.

Tabla 39
Granulometría imagen 1, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 1 : 10502				
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1521	14.48	14.48	85.52
22.63	1328	12.65	27.13	72.87
16	1520	14.47	41.60	58.40
11.31	2246	21.39	62.99	37.01
8	2350	22.38	85.36	14.64
5.66	781	7.44	92.80	7.20
4	756	7.20	100.00	0.00
Total	10502			

Tabla 40
Granulometría imagen 2, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 2 : 10514				
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1527	14.52	14.52	85.48
22.63	1326	12.61	27.14	72.86
16	1531	14.56	41.70	58.30
11.31	2231	21.22	62.92	37.08
8	2359	22.44	85.35	14.65
5.66	787	7.49	92.84	7.16
4	753	7.16	100.00	0.00
Total	10514			

Tabla 39
Granulometría imagen 3, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 3 :		10508		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1526	14.52	14.52	85.48
22.63	1322	12.58	27.10	72.90
16	1523	14.49	41.60	58.40
11.31	2233	21.25	62.85	37.15
8	2361	22.47	85.32	14.68
5.66	779	7.41	92.73	7.27
4	764	7.27	100.00	0.00
Total	10508			

Tabla 40
Granulometría imagen 4, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 4 :		10514		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1516	14.42	14.42	85.58
22.63	1328	12.63	27.05	72.95
16	1534	14.59	41.64	58.36
11.31	2241	21.31	62.95	37.05
8	2363	22.47	85.43	14.57
5.66	789	7.50	92.93	7.07
4	743	7.07	100.00	0.00
Total	10514			

Tabla 41
Granulometría imagen 5, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 5 :		10514		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1529	14.54	14.54	85.46
22.63	1329	12.64	27.18	72.82
16	1524	14.49	41.68	58.32
11.31	2242	21.32	63.00	37.00
8	2354	22.39	85.39	14.61
5.66	788	7.49	92.89	7.11
4	748	7.11	100.00	0.00
Total	10514			

Tabla 42
Granulometría imagen 6, cantera de cerro "Hualanga".

IMAGEN 6 :		10490		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1519	14.48	14.48	85.52
22.63	1323	12.61	27.09	72.91
16	1530	14.59	41.68	58.32
11.31	2235	21.31	62.98	37.02
8	2361	22.51	85.49	14.51
5.66	780	7.44	92.93	7.07
4	742	7.07	100.00	0.00
Total	10490			

ANEXO n.º 14. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de cerro El Gavilán.

Tabla 43
Granulometría imagen 1, cantera de cerro “El Gavilán”.

IMAGEN 1 :		7539		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1421	18.85	18.85	81.15
22.63	1234	16.37	35.22	64.78
16	1426	18.91	54.13	45.87
11.31	1495	19.83	73.96	26.04
8	1347	17.87	91.83	8.17
5.66	389	5.16	96.99	3.01
4	227	3.01	100.00	0.00
Total	7539			

Tabla 44
Granulometría imagen 2, cantera de cerro “El Gavilán”.

IMAGEN 2 :		7568		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1429	18.88	18.88	81.12
22.63	1244	16.44	35.32	64.68
16	1436	18.97	54.29	45.71
11.31	1507	19.91	74.21	25.79
8	1334	17.63	91.83	8.17
5.66	381	5.03	96.87	3.13
4	237	3.13	100.00	0.00
Total	7568			

Tabla 45
Granulometría imagen 3, cantera de cerro "El Gavilán".

IMAGEN 3 :		7549		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1427	18.90	18.90	81.10
22.63	1232	16.32	35.22	64.78
16	1422	18.84	54.06	45.94
11.31	1501	19.88	73.94	26.06
8	1349	17.87	91.81	8.19
5.66	394	5.22	97.03	2.97
4	224	2.97	100.00	0.00
Total	7549			

Tabla 46
Granulometría imagen 4, cantera de cerro "El Gavilán".

IMAGEN 4 :		7565		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1431	18.92	18.92	81.08
22.63	1242	16.42	35.33	64.67
16	1435	18.97	54.30	45.70
11.31	1507	19.92	74.22	25.78
8	1335	17.65	91.87	8.13
5.66	381	5.04	96.91	3.09
4	234	3.09	100.00	0.00
Total	7565			

Tabla 47
Granulometría imagen 5, cantera de cerro “El Gavilán”.

IMAGEN 5 :		7560		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1419	18.77	18.77	81.23
22.63	1234	16.32	35.09	64.91
16	1428	18.89	53.98	46.02
11.31	1507	19.93	73.92	26.08
8	1348	17.83	91.75	8.25
5.66	387	5.12	96.87	3.13
4	237	3.13	100.00	0.00
Total	7560			

Tabla 48
Granulometría imagen 6, cantera de cerro “El Gavilán”.

IMAGEN 6 :		7543		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1429	18.94	18.94	81.06
22.63	1242	16.47	35.41	64.59
16	1427	18.92	54.33	45.67
11.31	1501	19.90	74.23	25.77
8	1339	17.75	91.98	8.02
5.66	384	5.09	97.07	2.93
4	221	2.93	100.00	0.00
Total	7543			

ANEXO n.º 15. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de cerro Guitarrero.

Tabla 49
Granulometría imagen 1, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 1 :		4902		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1231	25.11	25.11	74.89
22.63	1126	22.97	48.08	51.92
16	1159	23.64	71.73	28.27
11.31	1058	21.58	93.31	6.69
8	186	3.79	97.10	2.90
5.66	91	1.86	98.96	1.04
4	51	1.04	100.00	0.00
Total	4902			

Tabla 50
Granulometría imagen 2, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 2 :		4923		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1246	25.31	25.31	74.69
22.63	1138	23.12	48.43	51.57
16	1149	23.34	71.77	28.23
11.31	1051	21.35	93.11	6.89
8	182	3.70	96.81	3.19
5.66	99	2.01	98.82	1.18
4	58	1.18	100.00	0.00
Total	4923			

Tabla 51
Granulometría imagen 3, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 3 :		4898		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1233	25.17	25.17	74.83
22.63	1124	22.95	48.12	51.88
16	1160	23.68	71.80	28.20
11.31	1049	21.42	93.22	6.78
8	181	3.70	96.92	3.08
5.66	90	1.84	98.75	1.25
4	61	1.25	100.00	0.00
Total	4898			

Tabla 52
Granulometría imagen 4, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 4 :		4925		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1246	25.30	25.30	74.70
22.63	1122	22.78	48.08	51.92
16	1159	23.53	71.61	28.39
11.31	1057	21.46	93.08	6.92
8	190	3.86	96.93	3.07
5.66	101	2.05	98.98	1.02
4	50	1.02	100.00	0.00
Total	4925			

Tabla 53
Granulometría imagen 5, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 5 :		4891		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1230	25.15	25.15	74.85
22.63	1135	23.21	48.35	51.65
16	1149	23.49	71.85	28.15
11.31	1047	21.41	93.25	6.75
8	180	3.68	96.93	3.07
5.66	90	1.84	98.77	1.23
4	60	1.23	100.00	0.00
Total	4891			

Tabla 54
Granulometría imagen 6, cantera de cerro "Guitarrero".

IMAGEN 6 :		4915		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	1242	25.27	25.27	74.73
22.63	1123	22.85	48.12	51.88
16	1160	23.60	71.72	28.28
11.31	1056	21.49	93.20	6.80
8	185	3.76	96.97	3.03
5.66	93	1.89	98.86	1.14
4	56	1.14	100.00	0.00
Total	4915			

ANEXO n.º 16. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de río Cajamarquino.

Tabla 55

Granulometría imagen 1, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 1 :				
6420				
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1279	19.92	19.92	80.08
16	1423	22.17	42.09	57.91
11.31	1519	23.66	65.75	34.25
8	1438	22.40	88.15	11.85
5.66	410	6.39	94.53	5.47
4	351	5.47	100.00	0.00
Total	6420			

Tabla 56

Granulometría imagen 2, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 2 :				
6417				
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1287	20.06	20.06	79.94
16	1428	22.25	42.31	57.69
11.31	1528	23.81	66.12	33.88
8	1429	22.27	88.39	11.61
5.66	401	6.25	94.64	5.36
4	344	5.36	100.00	0.00
Total	6417			

Tabla 57

Granulometría imagen 3, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 3 :		6423		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1287	20.04	20.04	79.96
16	1431	22.28	42.32	57.68
11.31	1517	23.62	65.93	34.07
8	1438	22.39	88.32	11.68
5.66	406	6.32	94.64	5.36
4	344	5.36	100.00	0.00
Total	6423			

Tabla 58

Granulometría imagen 4, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 4 :		6418		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1289	20.08	20.08	79.92
16	1431	22.30	42.38	57.62
11.31	1524	23.75	66.13	33.87
8	1426	22.22	88.35	11.65
5.66	401	6.25	94.59	5.41
4	347	5.41	100.00	0.00
Total	6418			

Tabla 59

Granulometría imagen 5, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 5 :		6410		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1286	20.06	20.06	79.94
16	1432	22.34	42.40	57.60
11.31	1522	23.74	66.15	33.85
8	1421	22.17	88.32	11.68
5.66	404	6.30	94.62	5.38
4	345	5.38	100.00	0.00
Total	6410			

Tabla 60

Granulometría imagen 6, cantera de río "Cajamarquino".

IMAGEN 6 :		6396		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	1276	19.95	19.95	80.05
16	1423	22.25	42.20	57.80
11.31	1528	23.89	66.09	33.91
8	1416	22.14	88.23	11.77
5.66	408	6.38	94.61	5.39
4	345	5.39	100.00	0.00
Total	6396			

ANEXO n.º 17. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de río Mashcón.

Tabla 61
Granulometría imagen 1, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 1 :		3864		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	16	0.41	0.41	99.59
22.63	1628	42.13	42.55	57.45
16	1652	42.75	85.30	14.70
11.31	421	10.90	96.20	3.80
8	134	3.47	99.66	0.34
5.66	10	0.26	99.92	0.08
4	3	0.08	100.00	0.00
Total	3864			

Tabla 62
Granulometría imagen 2, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 2 :		3854		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	19	0.49	0.49	99.51
22.63	1622	42.09	42.58	57.42
16	1648	42.76	85.34	14.66
11.31	421	10.92	96.26	3.74
8	131	3.40	99.66	0.34
5.66	8	0.21	99.87	0.13
4	5	0.13	100.00	0.00
Total	3854			

Tabla 63
Granulometría imagen 3, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 3 :		3876		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	22	0.57	0.57	99.43
22.63	1619	41.77	42.34	57.66
16	1651	42.60	84.93	15.07
11.31	426	10.99	95.92	4.08
8	139	3.59	99.51	0.49
5.66	12	0.31	99.82	0.18
4	7	0.18	100.00	0.00
Total	3876			

Tabla 64
Granulometría imagen 4, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 4 :		3881		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	28	0.72	0.72	99.28
22.63	1621	41.77	42.49	57.51
16	1654	42.62	85.11	14.89
11.31	427	11.00	96.11	3.89
8	133	3.43	99.54	0.46
5.66	11	0.28	99.82	0.18
4	7	0.18	100.00	0.00
Total	3881			

Tabla 65
Granulometría imagen 5, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 5 :		3862		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	23	0.60	0.60	99.40
22.63	1617	41.87	42.47	57.53
16	1652	42.78	85.24	14.76
11.31	419	10.85	96.09	3.91
8	132	3.42	99.51	0.49
5.66	15	0.39	99.90	0.10
4	4	0.10	100.00	0.00
Total	3862			

Tabla 66
Granulometría imagen 6, cantera de río "Mashcón".

IMAGEN 6 :		3865		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	24	0.62	0.62	99.38
22.63	1613	41.73	42.35	57.65
16	1649	42.66	85.02	14.98
11.31	424	10.97	95.99	4.01
8	135	3.49	99.48	0.52
5.66	16	0.41	99.90	0.10
4	4	0.10	100.00	0.00
Total	3865			

ANEXO n.º 18. Granulometría de fotografías digitales de la cantera de río Chonta.

Tabla 67
Granulometría imagen 1, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 1 :		7121		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	812	11.40	11.40	88.60
16	2792	39.21	50.61	49.39
11.31	2531	35.54	86.15	13.85
8	637	8.95	95.10	4.90
5.66	294	4.13	99.23	0.77
4	55	0.77	100.00	0.00
Total	7121			

Tabla 68
Granulometría imagen 2, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 2 :		7123		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	805	11.30	11.30	88.70
16	2802	39.34	50.64	49.36
11.31	2548	35.77	86.41	13.59
8	633	8.89	95.30	4.70
5.66	284	3.99	99.28	0.72
4	51	0.72	100.00	0.00
Total	7123			

Tabla 69
Granulometría imagen 3, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 3 :		7110		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	796	11.20	11.20	88.80
16	2806	39.47	50.66	49.34
11.31	2532	35.61	86.27	13.73
8	634	8.92	95.19	4.81
5.66	283	3.98	99.17	0.83
4	59	0.83	100.00	0.00
Total	7110			

Tabla 70
Granulometría imagen 4, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 4 :		7117		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	802	11.27	11.27	88.73
16	2804	39.40	50.67	49.33
11.31	2545	35.76	86.43	13.57
8	631	8.87	95.29	4.71
5.66	283	3.98	99.27	0.73
4	52	0.73	100.00	0.00
Total	7117			

Tabla 71
Granulometría imagen 5, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 5 :		7118		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	799	11.23	11.23	88.77
16	2801	39.35	50.58	49.42
11.31	2541	35.70	86.27	13.73
8	636	8.94	95.21	4.79
5.66	285	4.00	99.21	0.79
4	56	0.79	100.00	0.00
Total	7118			

Tabla 72
Granulometría imagen 6, cantera de río "Chonta".

IMAGEN 6 :		7077		
TAMIZ ABER.(mm)	P.R.P	%R.P	%R.A	% QUE PASA
45.25	0	0.00	0.00	100.00
32	0	0.00	0.00	100.00
22.63	786	11.11	11.11	88.89
16	2795	39.49	50.60	49.40
11.31	2525	35.68	86.28	13.72
8	633	8.94	95.22	4.78
5.66	287	4.06	99.28	0.72
4	51	0.72	100.00	0.00
Total	7077			

ANEXO n.º 19. Panel fotográfico.



Fotografía 1. Con nuestro asesor el Ing. Alejandro Cubas Becerra.



Fotografía 2 y 3. Recolección del material de las canteras.



Fotografía 4. Cuarteo del material.



Fotografía 5. Tamizado del material.



Fotografía n.º 6. Pesaje del material retenido por las mallas.

ANEXO n.º 20. Reportes final de software digital gravelometer.