Universidad Científica del Perú - UCP
Registrado en el Asiento Nº A00010 de la Partida Nº 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos, Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PROCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022".

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES :

- **Br. REYES CARDENAS, Javier Enrique.**
- **Br. SARMIENTO MORRIS, Jack Edward.**

ASESOR :

- **Ing. BAUTISTA SERPA, LILIANA. Mg.**

San Juan Bautista – Loreto – Maynas – Perú

2024

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal **N° 768-2022-UCP-FCEI,** del 18 de agosto del 2022, se designó jurado.
Con Resolución Decanal **N° 977-2024-UCP-FCEI,** del 18 de octubre del 2024, se cambió al jurado.
Con Resolución Decanal **N° 1113-2024-UCP-FCEI,** del 27 de noviembre del 2024, se autorizó la sustentación.

Siendo las 05:00 p.m. del día 06 de diciembre del 2024, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: "**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022**".

Presentado por:

JAVIER ENRIQUE REYES CARDENAS
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JACK EDWARD SARMIENTO MORRIS
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Ing. LILIANA BAUTISTA SERPA, M. Sc

Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

La sustentación es: APROBADA POR UNANIMIDAD

A las 18:30 horas culminó el acto público.

En fe de los cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.

Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.
Presidente del Jurado

Ing. Jefree Stefano Arévalo Flores, Mg.
Miembro del jurado

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.
Miembro del jurado

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PROCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS,2022"

De los alumnos: **JAVIER ENRIQUE REYES CARDENAS Y JACK EDWARD SARMIENTO MORRIS,** de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **17% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 21 de noviembre del 2024.

Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores
Presidente del Comité de Ética – UCP

JLTF/ri-a
389-2024

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

UCP_Ingeniería_Civil_2024_TESIS_Javier_Reyes_Jack_Sarmiento_V1_Resumen



Nombre del documento: UCP_Ingeniería_Civil_2024_TESIS_Javier_Reyes_Jack_Sarmiento_V1_Resumen.pdf
ID del documento: 811ed217f588d8a950f99d0bb0d6173ec763ecd8
Tamaño del documento original: 2,44 MB
Autores: []

Depositante: Chris Angela Ramirez Flores
Fecha de depósito: 21/11/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 21/11/2024

Número de palabras: 24.790
Número de caracteres: 151.844

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucsm.edu.pe https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/10071/45.0339.IC.pdf?sequence...	2%		Palabras idénticas: 2% (582 palabras)
2	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl | Estudio de correlaciones entre ensayes pr... https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4442654 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (528 palabras)
3	repositorio.uchile.cl https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139272/Estudio-de-correlaciones-para-densid... 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (439 palabras)
4	repositorio.upla.edu.pe https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/526/T037_45954410_T.pdf?seque... 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (412 palabras)
5	repositorio.ujcm.edu.pe https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/20.500.12819/1227/1/Julio_tesis_titulo_2021.pdf 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (338 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	es.slideshare.net | Esfuerzo cortante del suelo | PPT | Descarga Gratuita https://es.slideshare.net/juanpalaco/esfuerzo-cortante-del-suelo-114926639	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	www.mecanicasuelosabcchile.com | MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD M... https://www.mecanicasuelosabcchile.com/densidad/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
3	Documento de otro usuario #85685c El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	alicia.concytec.gob.pe | Descripción: Evaluación y análisis comparativo entre los ens... https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_9a3bc91f9ae6a6c5e5fcf89a461ef7da	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	Documento de otro usuario #2a5004 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

HOJA DE APROBACIÓN
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

BACHILLERES: JAVIER ENRIQUE REYES CARDENAS Y JACK EDWARD SARMIENTO MORRIS

La Tesis sustentada en acto público el día 06 de diciembre del 2024, a las 05:00 p.m., en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.

ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, M. SC.
PRESIDENTE DE JURADO

ING. JEFREE STEFANO ARÉVALO FLORES, MG.
MIEMBRO DE JURADO

ING. KEUSON SALDAÑA FERREYRA, MG.
MIEMBRO DE JURADO

ING. LILIANA BAUTISTA SERPA, M. SC
ASESOR

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido un orgullo y privilegio ser sus hijos, y ustedes los mejores padres.

A nuestras hermanas y hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos, y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

A nuestros padres, por habernos apoyado incondicionalmente pese a las adversidades e inconvenientes, por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad; muchos de nuestros logros se los debemos a ustedes, en los que incluimos este.

A nuestros familiares y amigos, por haber contribuido y apoyado en la elaboración de este trabajo.

A nuestra asesora de tesis, Ing. Liliana Bautista Serpa Mg. por la orientación durante la elaboración de este trabajo de titulación y nuestra carrera universitaria, impulsando así el desarrollo de nuestra formación.

A todo el personal del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UCP por brindarnos las facilidades para la realización de nuestras prácticas profesionales y los ensayos de laboratorio del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Acta de sustentación..... ii

Constancia de originalidad..... iii

Hoja de aprobación..... v

Dedicatoria..... vi

Agradecimiento vii

ÍNDICE DE CONTENIDO..... viii

ÍNDICE DE TABLAS..... xii

ÍNDICE DE GRÁFICOS xiv

Resumen..... xix

Abstract..... xx

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO..... 21

1.1. Antecedentes del estudio. 21

1.2. Bases teóricas..... 33

1.2.1. CONCEPTOS Y PROCEMIENTOS DE ENSAYO. 33

1.2.1.1. Límites de Atterberg. 33

1.2.1.1.1. Límite Líquido (LL). 34

1.2.1.1.2. Límite Plástico (LP). 35

1.2.1.1.3. Índice de Plasticidad (IP) 36

1.2.1.2. Análisis granulométrico. 37

1.2.1.2.1. Coeficiente de uniformidad (Cu)..... 38

1.2.1.2.2. Coeficiente de curvatura (Cc)..... 39

1.2.1.3. Sistemas de Clasificación de suelos. 39

1.2.1.3.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (SUCS) 40

1.2.1.3.1.1. Suelos de grano grueso. 40

1.2.1.3.1.2. Suelo de grano fino 41

1.2.1.3.2. Sistema de Clasificación AASHTO 42

1.2.1.4. Ensayos de Compactación 46
1.2.1.4.1. Ensayo de Proctor Modificado 47
1.2.1.4.2. Determinación de la densidad máxima y mínima en suelos no cohesivos para la DR. 49
1.2.1.5. Ensayo de Razón de Soporte California (California Bearing Ratio – CBR) ……52
1.2.2. Compactación de suelos 55
1.2.3. Variables de la prueba de compactación. 56
1.2.3.1. La humedad del suelo. 56
1.2.3.2. Influencia del tipo de suelo y su granulometría. 59
1.2.3.3. La energía específica 62
1.2.4. Variables de las pruebas de compactación vibratorias. 65
1.2.4.1. Influencia de la aceleración, frecuencia y sobrecargas. 65
1.2.4.2. Influencia de la aceleración y la amplitud. 66
1.2.4.3. Influencia del tipo de suelo 68
1.2.4.4. Tiempo de vibración. 68
1.2.5. La resistencia la corte de los suelos 70
1.3. Definición de términos básicos 72
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 75
2.1. Descripción del problema 75
2.2. Formulación del problema 76
2.2.1. Problema general 76
2.2.2. Problemas específicos 76
2.3. Objetivos 77
2.3.1. Objetivo general 77
2.3.2. Objetivos específicos 77
2.4. Justificación de investigación 78
2.5. Hipótesis 79
2.6. Variables 79

2.6.1. Identificación de variables 79
2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables 80
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 81
3.1. Tipo y diseño de investigación 81
3.1.1. Nivel de Investigación 81
3.1.2. Tipo de Investigación 82
3.1.3. Diseño de Investigación 82
3.2. Población y muestra 83
3.2.1. Población 83
3.2.2. Muestra 83
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos. 86
3.4. Procesamiento y análisis de datos 87
CAPÍTULO IV. RESULTADOS 89
4.1. Procesos de laboratorio 89
4.1.1. Ensayos de Laboratorio 89
4.1.1.1. Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128 89
4.1.1.2. Límites de Consistencia ASTM D – 4318 / NTP 339.129 96
4.1.1.3. Gravedad Específica de los Sólidos ASTM D – 854 / AASHTO T – 100. 97
4.1.1.4. Ensayo de Proctor Modificada, Método “A” – ASTM D – 1557 / NTP 339.141. 98
4.1.1.5. Ensayo de Penetración de C.B.R. ASTM D – 1883. 103
4.1.1.6. Densidad de campo con Speedy, ASTM D – 1556 / NTP 339.143. 109
4.1.1.7. Ensayo de determinación de la densidad mínima y máxima ASTM D – 4253 y ADTM D – 4254 (Método A) 110
4.1.1.8. Ensayo de corte directo, ASTM D 3080 112
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 116
5.1. DISCUSIÓN 116

5.1.1. Correlaciones entre los ensayos de Proctor modificado y densidad relativa……116

5.1.2. Correlaciones y regresiones entre los parámetros del ensayo de DR y variables……..119

5.1.3. Correlaciones y regresiones entre los parámetros del ensayo de Proctor modificado e índices característicos……...122

5.1.4. Correlaciones y regresiones entre el $CBR_{0.1"}$ y otras variables.127

5.1.5. Relación entre los parámetros granulométricos y la relación de vacíos máximo y mínimo…….130

5.1.6. Relación entre la relación de vacíos mínimo y máximo…….132

5.2. CONCLUSIONES 135

5.2.1. Con respecto a las correlaciones entre los ensayos de Proctor Modificado y Densidad relativa……..135

5.2.2. De acuerdo a las correlaciones entre los parámetros del ensayo de DR y variables…….135

5.2.3. Con respecto a las correlaciones entre los parámetros del ensayo de Proctor modificado e índices característicos……..137

5.2.4. Según las correlaciones entre el $CBR_{0.1"}$ y otras variables……138

5.2.5. De acuerdo a la relación entre los parámetros granulométricos y la relación de vacíos máximo y mínimo……139

5.2.6. Con respecto a la relación de vacíos mínimo y máximo……...139

5.3. RECOMENDACIONES 141

Referencias bibliográficas 143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Resultados de las muestras investigadas 23

Tabla N° 02. Tamices para la realización del ensayo de granulometría del suelo. 37

Tabla N° 03. Matriz de Operacionalización de Variables 80

Tabla N° 04. Coordenadas UTM de las calicatas exploradas. 83

Tabla N° 05. Análisis granulométrico por tamizado de la cantera Irina Gabriela. 90

Tabla N° 06. Análisis granulométrico por tamizado de la cantera Astoria.... 93

Tabla N° 07. Límites de Consistencia de las muestras de la cantera Irina. . 96

Tabla N° 08. Límites de Consistencia de las muestras de la cantera Astoria…... 96

Tabla N° 09. Gravedad específica de los sólidos – Cantera Irina. 97

Tabla N° 10. Gravedad específica de los sólidos – Cantera Astoria. 98

Tabla N° 11. Proctor Modificado utilizando el método “A”, cantera Irina. 98

Tabla N° 12. Proctor Modificado utilizando el método “A”, cantera Astoria. 100

Tabla N° 13. Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), de la cantera Irina Gabriela. 103

Tabla N° 14. Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), de la cantera Astoria. 106

Tabla N° 15. Densidad de campo con Speedy, cantera Irina Gabriela. 109

Tabla N° 16. Densidad de campo con Speedy, cantera Astoria. 110

Tabla N° 17. Determinación de la densidad mínima y máxima ASTM D – 4253//4254, cantera Irina Gabriela. 111

Tabla N° 18. Determinación de la densidad mínima y máxima ASTMD D – 4253//4254, cantera Astoria. 111

Tabla N° 19. Determinación del ensayo de corte directo ASTM D 3080, cantera Irina Gabriela..... 112

Tabla N° 20. Determinación del ensayo de corte directo ASTM D 3080, cantera Astoria. 114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Límites de Atterberg. 34

Gráfico N° 02. Curva de fluidez del suelo para determinar el LL. 35

Gráfico N° 03. Curvas de distribución de tamaños de partículas..... 38

Gráfico N° 04. Sistema de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz N° 200. 41

Gráfico N° 05. Carta de Plasticidad. 42

Gráfico N° 06. Clasificación de suelos sistema AASHTO..... 43

Gráfico N° 07. Principios de compactación..... 47

Gráfico N° 08. Molde cilíndrico de 4” para el ensayo de Proctor modificado. . 48

Gráfico N° 09. Esquema de mesa vibratoria con molde ensamblado..... 50

Gráfico N° 10. Detalles de molde para ensayo de Densidad relativa. 51

Gráfico N° 11. Diagrama de fase del suelo 52

Gráfico N° 12. Curva típica tensión penetración obtenida en prueba C.B.R. . 54

Gráfico N° 13. Curva C.B.R. - Densidad..... 55

Gráfico N° 14. Relaciones entre la MDS y el OCH para una energía de compactación constante. 57

Gráfico N° 15. Relaciones promedio entre la MDS y el OCH para suelos que tienen como máximo una diferencia de 5 lb/pie^3..... 58

Gráfico N° 16. Curva de humedad – peso específico para una arena media. 59

Gráfico N° 17. Curvas de compactación para dos arenas de diferentes granulometrías con la misma energía de compactación. 60

Gráfico N° 18. Compactación de la mezcla de suelo al OCH con diferentes porcentajes de agregado. 62

Gráfico N° 19. Efecto de la energía de compactación en las curvas de humedad – peso específico. 63

Gráfico N° 20. Compactación de arenas por vibración. Influencia de la aceleración y la frecuencia..... 66

Gráfico N° 21. Resultados típicos obtenidos en laboratorios de la compactación por vibración..... 67

Gráfico N° 22. Densidad versus Tiempo 68

Gráfico N° 23. Diagrama de relaciones entre el peso específico seco, el tiempo de vibración y el contenido de humedad. 69

Gráfico N° 24. Localización de las calicatas exploradas en la cantera Irina Gabriela. 84

Gráfico N° 25. Localización de las calicatas exploradas en la cantera Astoria……..... 85

Gráfico N° 26. Curva Granulométrica de la muestra N° 01. 90

Gráfico N° 27. Curva granulométrica de la muestra N° 02. 91

Gráfico N° 28. Curva granulométrica de la muestra N° 03. 91

Gráfico N° 29. Curva granulométrica de la muestra N° 04. 92

Gráfico N° 30. Curva granulométrica de la muestra N° 05. 92

Gráfico N° 31. Curva granulométrica de la muestra N° 06. 93

Gráfico N° 32. Curva granulométrica de la muestra N° 07. 94

Gráfico N° 33. Curva granulométrica de la muestra N° 08. 94

Gráfico N° 34. Curva granulométrica de la muestra N° 09. 95

Gráfico N° 35. Curva granulométrica de la muestra N° 10. 95

Gráfico N° 36. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-1, Irina Gabriela..... 99

Gráfico N° 37. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-2, Irina Gabriela..... 99

Gráfico N° 38. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-3, Irina Gabriela..... 99

Gráfico N° 39. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-4, Irina Gabriela..... 100

Gráfico N° 40. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-5, Irina Gabriela..... 100

Gráfico N° 41. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-06, Astoria..... 101

Gráfico N° 42. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-07, Astoria..... 101

Gráfico N° 43. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-08, Astoria..... 101

Gráfico N° 44. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-09, Astoria..... 102

Gráfico N° 45. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-10, Astoria..... 102

Gráfico N° 46. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-01, Irina Gabriela. 103

Gráfico N° 47. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-02, Irina Gabriela. 104

Gráfico N° 48. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-03, Irina Gabriela. 104

Gráfico N° 49. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-04, Irina Gabriela. 105

Gráfico N° 50. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-05, Irina Gabriela. 105

Gráfico N° 51. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-06, Astoria….. 106

Gráfico N° 52. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-07, Astoria…. 107

Gráfico N° 53. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-08, Astoria…. 107

Gráfico N° 54. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-09, Astoria……..... 108

Gráfico N° 55. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-10, Astoria……. 108

Gráfico N° 56. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores del Proctor modificado, Cantera Irina Gabriela..... 113

Gráfico N° 57. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores de la Densidad Relativa, Cantera Irina Gabriela. 113

Gráfico N° 58. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores del Proctor modificado, Cantera Astoria. 114

Gráfico N° 59. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores de la Densidad Relativa, Cantera Astoria. 115

Gráfico N° 60. Regresión entre la MDS (Proctor modificado) y las densidades máximas del ensayo de densidad relativa. 117

Gráfico N° 61. Regresión entre la MDS (Proctor modificado) y las densidades mínimas del ensayo de densidad relativa. 118

Gráfico N° 62. Comparativo entre la MDS y la D_{max} (Densidad relativa) 118

Gráfico N° 63. Regresión entre la densidad máxima versus la densidad mínima (Densidad relativa) 120

Gráfico N° 64. Relación entre la densidad máxima vibrada y el contenido de finos. 120

Gráfico N° 65. Relación entre la densidad máxima vibrada y el contenido de arena. 121

Gráfico N° 66. Relación entre la densidad máxima vibrada y la clasificación del suelo. 121

Gráfico N° 67. Relación entre la MDS (Proctor modificado) y el OCH (Proctor modificado)..... 123

Gráfico N° 68. Relación entre la MDS y el Contenido de Finos (%). 124

Gráfico N° 69. Regresión para la MDS versus el Contenido de Arena. 125

Gráfico N° 70. Regresión para MDS versus el Coeficiente de Curvatura. 126

Gráfico N° 71. Regresión para MDS versus el Coeficiente de Uniformidad. 126

Gráfico N° 72. Óptimo Contenido de Humedad versus el Contenido de Finos……..... 127

Gráfico N° 73. Dispersión y regresión entre el $CBR_{100\%}$ y el $CBR_{95\%}$ 128

Gráfico N° 74. Dispersión entre el $CBR_{95\%}$ versus el Contenido de Finos.... 128

Gráfico N° 75. Dispersión entre el $CBR_{95\%}$ versus el Contenido de Arena... 129

Gráfico N° 76. Dispersión para el CBR95% versus las propiedades físicas, Cc – Cu. 130

Gráfico N° 77. Relación entre el coeficiente de uniformidad y la relación de vacíos mínimo. 131

Gráfico N° 78. Relación entre el coeficiente de uniformidad y la relación de vacíos máximo. 131

Gráfico N° 79. Correlación para $e_{min} – e_{max}$. 132

Gráfico N° 80. Curvas de regresión entre la DMCS y las densidades máxima y mínima del ensayo de densidad relativa. 133

Gráfico N° 81. Correlaciones para $e_{min} – e_{max}$..... 134

Resumen

La densidad relativa es una forma de determinar el grado de compacidad (compactación) de un suelo y se puede emplear tanto para suelos en estado natural como para rellenos compactados artificialmente. Es por esto, que en la presente investigación se tiene como problema general, encontrar la correlación entre los ensayos Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022. Por otro lado, el objetivo principal de la investigación es de correlacionar experimental y analíticamente, algunos de los parámetros que están directamente vinculados a la resistencia de suelos granulares y compactación de las mismas, desarrollándose ensayos tales como: Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa. En la presente tesis de investigación se realizaron diversos ensayos, tanto en campo y en laboratorio, los cuales darán base a la presente investigación, cabe resaltar que los principales ensayos que serán factor de estudios son el de Proctor Modificado, C.B.R. (California Bearing Ratio) y los ensayos de Densidad Relativa. Se determinaron la densidad máxima y mínima ASTM D – 4253 // NTP 339.137 y ASTM D – 4254 // NTP 339.138 (método “A”): Para la cantera Astoria en relación a los ensayos obtenidos se obtuvieron valores de densidad máxima y mínima de 1.667, 1.697, 1.670, 1.715, 1.710 gr/cm3 y 1.376, 1.400, 1.382, 1.387, 1.362 gr/cm3 obteniéndose valores de densidad relativa de 90.08, 91.13, 92.79, 92.72, 91.40% considerándose una condición de compacidad relativa muy densa (véase Tabla N° 17). Y para la cantera Irina Gabriela se obtuvieron los valores de densidad máxima y mínima de 1.704, 1.781, 1.717, 1.860, 1.784 gr/cm3 y 1.470, 1.403, 1.498, 1.735, 1.513 gr/cm3 obteniéndose valores de densidad relativa de 81.38, 82.59, 83.61, 82.55, 81.23% considerándose una condición de compacidad relativa muy densa (véase Tabla N° 16). Respecto a las densidades máximas y mínimas se puede notar que los valores con mejor condición de densidad se encuentran en la cantera Irina Gabriela, pero en el valor de densidad relativa se nota una disminución de este valor.

Palabras claves: Suelos granulares, Proctor Modificado, C.B.R. (California Bearing Ratio), Densidad Relativa (densidades máximas y mínimas).

Abstract

Relative density is a way to determine the degree of compactness (compaction) of a soil and can be used both for soils in their natural state and for artificially compacted fills. This is why the general problem of this research is to find the relationship between the Modified Proctor, CBR and Relative Density tests in usual granular soils used in the city of Iquitos, 2022. On the other hand, the main objective of the research is to correlate experimental and analytically some of the parameters that are directly linked to the resistance of granular soils and their compaction, developing tests such as: Modified Proctor, CBR and Relative Density. In this research thesis, various tests were carried out, both in the field and in the laboratory, which will provide the basis for this research. It should be noted that the main tests that will be a factor in the studies are that of Modified Proctor, C.B.R. (California Bearing Ratio) and the Relative Density. The maximum and minimum density ASTM D – 4253 // NTP 339.137 and ASTM D – 4254 // NTP 339.138 (method "A") were determined: For the Astoria quarry in relation to the tests obtained, maximum and minimum density values were obtained 1.667, 1.697, 1.670, 1.715, 1.710 gr/cm3 and 1.376, 1.400, 1.382, 1.387, 1.362 gr/cm3, obtaining a relative density value of 90.08, 91.13, 92.79, 92.72, 91.40%, considering a condition of very dense relative compactness (see Table N° 17). And for the Irina Gabriela quarry, the maximum and minimum density values of 1.704, 1.781, 1.717, 1.860, 1.784 gr/cm3 and 1.470, 1.403, 1.498, 1.735, 1.513 gr/cm3 were obtained, obtaining a relative density value of 81.38, 82.59, 83.61, 82.55, 81.23%, considering a very dense relative compactness condition (see Table N° 16). Regarding the maximum and minimum densities, it can be noted that the values with the best density condition are found in the Irina Gabriela quarry, but in the relative density value a decrease in this value is noted.

Keywords: Granular soils, Modified Proctor, C.B.R. (California Bearing Ratio), Relative Density (maximum and minimum densities).

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio.

A nivel local tenemos los siguientes estudios:

No existen temas relacionados de investigación acerca de la aplicación y uso de la mesa vibratoria en nuestro medio local, teniendo en cuenta estos antecedentes, consideramos que será una investigación innovadora en cuanto al estudio de densidad relativa de suelos granulares.

A nivel nacional tenemos los siguientes estudios:

Gonzáles de Celis, De Barcia, Sulbaran & Ucar (2014) en su artículo de Investigación denominada: "Determinación del Parámetro de Resistencia, ángulo de fricción interna **(ϕ)** y su relación con los parámetros de densidad Relativa **(Dr)** y relación de Vacíos **(e)** en suelos granulares", presentado en la Revista Ciencia e Ingeniería de la Universidad de los Andes (ULA), tuvieron como objetivo establecer la relación entre el ángulo de fricción interna **(ϕ)**, la densidad relativa Dr. (índice de densidad Id) y la relación de vacíos (e) en suelos granulares. Los datos obtenidos de la investigación provienen de suelos de origen sedimentario aluvial y arcilloso correspondientes a la meseta de Mérida - Venezuela, donde se realizaron calicatas en diferentes puntos del área urbana. En la primera etapa se realiza el estudio experimental de cada una de las muestras, teniendo en cuenta la densidad natural del sitio, las propiedades índices del suelo, caracterización del mismo y ensayos como corte directo, densidad relativa y compactación. Se analizan los resultados obtenidos de estudio experimental, relacionándolos gráficamente entre los parámetros obtenidos para observar la similitud con expresiones obtenidas por otros autores como Meyerhof (1956), Cauquot (1969) y Giraudet (citado por Costet J y Sanglerat G, 1975) entre otros.

A través de esta se encontró una gran similitud en las ecuaciones aquí obtenidas con los datos experimentales al aplicar el método de los mínimos cuadrados. Cabe destacar que los referidos investigadores realizaron su trabajo con arenas, mientras que en este estudio las muestras son suelos granulares gravosos con un % de finos mayor del 5%. Adicionalmente, se encontraron dos nuevas expresiones que relacionan los parámetros del objetivo principal con las expresiones de masa y volúmenes de la mecánica de suelos. Las ecuaciones obtenidas en esta investigación se sometieron a un análisis estadístico a través del programa de simulación Crystal Ball, con la finalidad de obtener los parámetros más sensibles. Por otro lado, se llevó a cabo una comparación entre la densidad máxima seca obtenida con el ensayo de compactación y la densidad máxima seca obtenida en la mesa vibratoria, resultando que el máximo peso unitario seco al compactarlo por vibración es aproximadamente un 80 % respecto al Proctor modificado.

El presente artículo de investigación se basó en la metodología de tipo experimental, la cual consistió en la toma de muestra en distintos puntos de la ciudad y luego son ensayadas en el laboratorio. La muestra se fundamenta en trece (13) suelos (Ver Tabla N° 01), tomados en campo, mediante el uso de las calicatas, en puntos clave de la ciudad sugeridos por Fundación para la Prevención de Riesgo Sísmico (FUNDAPRIS).

Tabla N° 01. Resultados de las muestras investigadas

Ubicación o procedencia	Contenido de humedad natural (ω%)	Densidad Natural ρd_{nat} (T/m^3)
El Acuario, Nuevo enlace Frente a C.C Las Tapias	8.85	1.70
Estadium "Luis Fargier" Detrás de la Av Humberto Tejera	9.78	1.83
Via Pueblo Nuevo detrás de la Plaza de toros Roman E. S.	5.87	1.84
Actual C.C El Rodeo Al lado del Banco Mercantil	9.05	1.62
Laboratorio de Hidráulica (ULA) enlace vial de la Cruz verde	8.81	1.90
Conjunto residencial El Rodeo	8.49	1.85
Antigua vía Ejido detrás del la Cuesta del Ciego	6.37	1.93
Estadium Metropolitano (Zumba)	6.83	1.92
Talud detrás de Conjunto Residencial Alto Chama	8.49	1.85
Faces Universidad de los Andes	8.22	1.95
Urbanización Campo claro vía los Curos	7.87	1.95
Talud Urbanizacion las Tapias *	----------	----------
Av. los Próceres Al lado de la Estación de servicios BP	13.90	1.83

* Punto eliminado por el Tutor a causa de ser un material de relleno

Fuente: Gónzales, De Barcia, Sulbaran & Ucar (2014)

En sus principales conclusiones menciona, conviene no insistir en realizar el ensayo de densidad relativa en los suelos investigados ya que no hay conformidad con los resultados, ya que su porcentaje de finos es mayor de 10% en casi la mayoría de los suelos, El artículo de investigación recomienda que es de vital importancia tomar en cuenta en una próxima investigación de este tipo, la influencia del coeficiente de uniformidad y de curvatura del suelo y así poder resaltar la influencia de la forma y tamaño de los granos en la determinación del parámetro de resistencia.

Purizaca Benavente, Juan José (2020), en su tesis denominada: “Evaluación y Análisis Comparativo entre los Ensayos de Densidad Máxima por medio de una Mesa Vibratoria y el Ensayo de Compactación Mecánica”, para optar el título profesional de ingeniería civil en Arequipa, Perú. La presente investigación tuvo como objetivo principal realizar un estudio comparativo entre el ensayo de Proctor Modificado (Densidad máxima seca) y el ensayo de Densidad Relativa (Densidad seca máxima y mínima) para poder establecer correlaciones. Dentro de las cuales usó formatos estructurados de acuerdo a cada tipo de ensayo, como los son: in situ y en laboratorio como parte de sus instrumentos. De acuerdo a su metodología designada mencionó que siguió dos procedimientos para extraer muestras, siendo estas: Procedimiento I, Extracción de material propio. Procedimiento II, Extracción de material de préstamo.

Durante su investigación de campo elaboró un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basados en la clasificación visual manual, según la NTP 339.150:2001.

Según la tesis concluye que la relación entre los ensayos de Proctor Modificado y la Mesa de Densidad Relativa, se puede determinar para cada tipo de gradación, el cual estará establecido en un rango porcentual debido a que el suelo es un elemento muy variable. Para obtener una óptima compactación del suelo debemos tener en cuenta de no saturarlo, ya que el mismo no compactaría porque el agua absorbería cualquier tipo de energía, caso opuesto sucede si el suelo se encontraría en estado seco, la compactación no sería eficiente porque no existiría ningún “lubricante” que ayude a la misma. De manera que la compactación por vibración en suelos granulares es la más óptima que la compactación por impacto, caso inverso sucede con los suelos que contienen mayor cantidad de finos. Los principales resultados que obtuvo en la presenta la siguiente investigación son:

- Mediante ensayo de Proctor modificado, la densidad máxima seca del material propio:

  - Calicata N°1 es 1.88 gr/cm³
  - Calicata N°2 es 1.51 gr/cm³
  - Calicata N°3 es 1.97 gr/cm³
  - Calicata N°4 es 2.01 gr/cm³
  - Calicata N°5 es 1.68 gr/cm³
  - Calicata N°6 es 2.04 gr/cm³

- Tomando como base el ensayo de densidad Relativa por medio de la mesa vibratoria, tenemos la densidad máxima seca para el material propio:

  - Calicata N°1 es 2.06 gr/cm³
  - Calicata N°2 es 1.80 gr/cm³
  - Calicata N°3 es 2.11 gr/cm³
  - Calicata N°4 es 2.07 gr/cm³
  - Calicata N°5 es 2.02 gr/cm³
  - Calicata N°6 es 2.27 gr/cm³

- Mediante ensayo de Proctor modificado, la densidad máxima seca del material de préstamo:

  - Cantera N°1 es 1.29 gr/cm³
  - Cantera N°2 es 1.20 gr/cm³
  - Cantera N°3 es 1.34 gr/cm³
  - Cantera N°4 es 1.33 gr/cm³

- Tomando como base el ensayo de densidad Relativa por medio de la mesa vibratoria, tenemos la densidad máxima seca para el material propio:

  - Cantera N°1 es 1.98 gr/cm³
  - Cantera N°2 es 1.99 gr/cm³
  - Cantera N°3 es 2.09 gr/cm³
  - Cantera N°4 es 1.91 gr/cm³

Por último, en sus recomendaciones para el ensayo de Proctor Modificado y la Densidad Relativa, se debe utilizar una sola muestra por cada porcentaje de agua y después desecharla, ya que en ambos casos las energías destrozan las partículas más débiles y por consiguiente cambia su gradación. Se debe realizar varios especímenes por cada ensayo para lograr un cuadro estadístico y validad resultados coherentes y que éstos no varíen en más de 2% como lo indica la NTP.

Araujo, (2014) en su tesis denominada “Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades Índice de suelos para la ciudad de Piura”, su investigación se enfocó en determinar el valor de CBR a partir de valores obtenidos de las características físicas de los suelos estudiados donde llegó a las siguientes conclusiones; la relación que existe entre los resultados del CBR y sus parámetros físicos de los suelos siempre tiene una tendencia lineal. En algunos casos la relación puede ser exponencial y potencial según sea el parámetro estudiado. contenido de finos, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (%F, LL, LP, IP), según lo estudiado los parámetros que tiene una mayor influencia en la determinación del CBR son el contenido de gravas, el óptimo contenido de humedad, la máxima densidad seca y el límite líquido (%G, OCH, %Fino, MDS, LL) teniendo como resultados unos coeficientes de correlación de 0.84, 0.81, 0.76, 0.74 y 0.60 respectivamente, a diferencia de otros parámetros que son menos influyentes como son el índice de plasticidad, límite plástico y el contenido de arena (IP, LP,

%S) con un coeficiente de correlación de 0.53, 0.45 y 0.12 respectivamente. El CBR no solo depende de un solo parámetro sino de la combinación de varios de ellos, considerando en determinados niveles de valores. Lo que propone dos condiciones; y es que una correlación múltiple tendrá un mejor comportamiento para obtener el valor de CBR que una correlación simple a su vez estas deben ser analizadas por tipo de material (suelo). En la presente investigación el modelo propuesto que supone todos los parámetros del suelo (%G, OCH, %F, MDS, LL, IP, LP, %S) con el que se obtiene un factor de correlación de mayor grado de confianza es R=0.881.

Larico Ramos, Julio (2020), en su tesis denominada: "Aplicación y Uso de Mesa Vibratoria en Pavimentos, Carretera Moquegua – Omote – Arequipa, Tramo I", para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad José Carlos Mariátegui. Su principal objetivo en su investigación fue aplicar y usar la mesa vibratoria ASTM D-4253, para la obtención de las densidades máximas en las capas estructurales (base granular, sub - base granular y subrasante) del pavimento en la carretera Moquegua – Omate – Arequipa, tramo I de km 0 al 35, siendo el problema general si la aplicación y uso de mesa vibratoria permitirá medir correctamente la densidad máxima seca del suelo, por ende esta investigación busca dar a conocer una nueva metodología para la obtención de la M.D.S. en laboratorio; estudiar cómo influye los efectos de humedad, frecuencia y tiempo de vibración; y comparar metodologías de compactación siendo la vibratoria e impacto. La investigación es de tipo experimental, comparativo y explicativo con un diseño de investigación cuasiexperimental, consideró la población como el total de los 35 kilómetros del tramo I de la carretera Moquegua – Omate – Arequipa, asimismo mediante un método no probabilístico se seleccionaron tres muestras. Para la técnica e instrumentos de recolección de datos realizó una serie de ensayos en laboratorio para poder determinar el tipo de suelo y obtener las M.D.S. mediante la mesa vibratoria ASTM D-4253 del cual se obtuvo una M.D.S. promedio; para la base granular de 2,201 g/cm³, sub base granular de 2,167 g/ cm³, subrasante de 1,999 g/cm³ mediante el método 1B, asimismo se pudo observar que los efectos considerados si influyen significativamente en los

resultados, finalmente comparó dos metodologías de compactación obteniéndose una mayor densidad seca mediante la mesa vibratoria, respecto a la compactación tradicional (Proctor Modificado) teniéndose variaciones porcentuales promedio entre ambos métodos de 4.8%, 5.2% y 1.3% respectivamente. Por otro lado, la influencia de los efectos (humedad, frecuencia y tiempo de vibración) en la compactación vibratoria se pudo observar que dichos efectos influyen significativamente para la obtención de la densidad máxima seca, esta presenta una variación promedio para la base granular de 2,9%, sub base granular 3,6% y subrasante 6,5%. El investigador recomienda emplear la mesa vibratoria ASTM D4253 solo para suelos los cuales cumplan con los requerimientos dados por la norma ya que ensayar otros tipos de suelos no especificados pueden obtenerse resultados no confiables.

Atala, César (2011), en su tesis denominada: “Estudio Experimental sobre Correlaciones en Suelos Granulares Finos (Arenas) Compactados, Usando Equipos de Penetración” para optar el Grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Geotécnica en la Universidad Nacional de Ingeniería. Su investigación de tesis es el resultado de un estudio experimental sobre las correlaciones de los diferentes equipos de penetración, en un suelo arenoso igualmente compactado, a fin de establecer ecuaciones de correlación entre ellas.

Los ensayos experimentales se llevaron a cabo en un pozo de 2.00 metros de diámetro y 10.00 metros de profundidad, excavado en una zona de jardín situado frente al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, rellenado con arena fina no plástica, compactada por capas con Densidad Relativa Dr = 18.19%, correspondiente a un grado de compactación de GC=90% y Densidad Relativa de Dr=69.27% correspondiente a un grado de compactación de GC=100%, referido a la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado. El investigador recomienda investigar el valor de corrección de sobrecargas de tierra “Cn” para los demás equipos

empleados. Por último, sugiere desarrollar una Norma propia para la prueba del Cono Peck.

Apaza, Y (2017), en su investigación denominada “Estimación del parámetro de resistencia al corte, ángulo de fricción en suelos granulares mediante ensayos de escala reducida”, realizó la investigación, teniendo por finalidad en sus objetivos determinar el ángulo de fricción, resistencia al corte y las densidades relativas que presentan los suelos granulares con presencia de gravas inmersas mediante la mesa vibratoria y ensayos a escala reducida. El diseño empleado fue experimental, cuya muestra fue de 12 calicatas conformados por materiales granulares de clasificación GW, GP y GW - GM. Los instrumentos utilizados fueron los equipos y herramientas del laboratorio de mecánica de suelos para poder determinar el ángulo de fricción a partir de su densidad relativa mediante la mesa vibratoria y ensayos a escala reducida. En esta investigación se concluyó que el parámetro de resistencia al corte y ángulo de fricción calculados en función a la densidad relativa de la mesa vibratoria y en función a los ensayos de escala reducida, se obtienen valores similares con ciertas limitaciones en cada método.

A nivel internacional tenemos los siguientes estudios:

Riquelme, José (2016), en su tesis denominada: “Estudio de Correlaciones para Densidad Relativa y Resistencia al Corte de Suelos Granulares Gruesos”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Chile, se estudió la influencia de la densidad relativa en la resistencia al corte para materiales granulares gruesos. Teniendo como finalidad de estudio establecer en primer lugar, una metodología que permita estimar la densidad relativa en materiales granulares gruesos a partir de resultados de ensayos de densidad máxima y mínima de laboratorio convencionales. Para ello realizó una intensa búsqueda en la literatura técnica, lo cual permitió generar una base de datos sólida, que, a su vez, fue utilizando para establecer correlaciones para estimar los índices de vacíos máximos y mínimos utilizando el coeficiente de uniformidad. Estas

correlaciones permitieron conseguir el objetivo de construir una metodología que estima la densidad relativa en suelos gruesos. Como resultado de aplicar la metodología propuesta, esta se ajustó de muy buena forma, entregando resultados coherentes, y en la mayoría de los casos permitió estimar la densidad relativa a la que fueron ensayadas las muestras en celdas triaxiales de gran escala. Además, se logró comprobar las tendencias de comportamientos propuestas por otros autores, por ejemplo, que para un mismo nivel de confinamiento el ángulo de fricción que presenta una probeta densa es mayor al que presenta una probeta en estado suelto, o también que para un mismo estado inicial de densidad al aumentar el nivel de confinamiento el ángulo de fricción interna que presenta el material tiende a disminuir. Además, se establecen rangos de variaciones en el ángulo de fricción interna que podrían presentar los materiales para distintos niveles de confinamiento y diferente en densidad relativa, discriminando en curvas granulométricas uniformes y bien graduadas. Queda en evidencia que los fenómenos de resistencia al corte y densidad relativa dependen de varios factores que no fueron necesariamente considerados en esta investigación y sería interesante estudiar la influencia de estos en el futuro. El investigador propone las siguientes recomendaciones que hay que tener en cuenta, una de ellas es estudiar la influencia de la rugosidad, esfericidad, origen y litología en la determinación de densidad relativa, a través de ensayos de laboratorio, con el fin de mejorar las correlaciones propuestas en este trabajo.

Varas Miño & Jiménes Blanco (2003), en su tesis doctoral, denominado “Estudio de correlaciones entre ensayes proctor modificado, CBR y densidad relativa en suelos granulares”, su investigación tuvo como objetivo principal la investigación y determinación de correlaciones empíricas entre los ensayes PM, DR y CBR, y secundariamente entre los parámetros asociados a estos ensayes y las propiedades índices que caracterizan a un suelo. El uso de correlaciones ya establecidas permite la estimación de parámetros geotécnicos en forma rápida, lo cual es de gran relevancia por el ahorro que puede producir en los costos de los ensayes y por el ahorro de tiempo que puede lograrse. Para llevar a cabo esta investigación, en primera instancia se estudió la teoría relacionada

con estos ensayes y su comportamiento frente a las propiedades índices que caracterizan a los suelos, así como las correlaciones ya existentes, revisando trabajos previos y los textos de Mecánica de Suelos más importantes. Posteriormente, se realizaron estudios de laboratorio orientados, por un lado, a fijar ciertos factores de importancia para algunos ensayes y descartar errores operacionales; y por otro lado a ejecutar los ensayes con el fin de obtener los datos necesarios para el estudio de las correlaciones. Luego se realizó una recopilación de datos existentes, a través de los certificados de ensayes pertenecientes al laboratorio de investigación y control de materiales de las universidades Católica del Maule y Católica de Valparaíso, con el fin de ampliar y establecer las bases datos necesarias para el estudio de las correlaciones. Considerando estos aspectos se concentró el estudio en encontrar correlaciones empíricas entre los parámetros que se determinan del ensaye Proctor Modificado, Densidad Relativa y California Bearing Ratio; y entre estos e índices característicos y variables como el Limite líquido, el contenido de finos, el índice de plasticidad, el tipo de suelo según los sistemas de clasificación, etc. De esta forma, se obtuvieron resultados bastante satisfactorios. En relación al PM y la DR se encontraron correlaciones que asocian estos ensayes desde tres puntos de vista, por medio de las densidades máximas y mínima, por las densidades in situ y por el GC y la DR, que permiten concluir que la DR es un poco más exigente que el GC para estos suelos, sin embargo, las equivalencias entre el 80% DR con el 95% GC y entre el 60% DR con el 90% GC caen en los rangos de error asociados, por lo que son confiables en la práctica. Con respecto al PM y el CBR se encontraron diversas correlaciones que permiten tanto determinar el CBR en base a la MDS para suelos con distintas condiciones, como apreciar la influencia determinante de la MDS en el CBR. Se determinaron correlaciones entre los parámetros del PM, DR y CBR con variables, destacándose la influencia conjunta del contenido de finos e índice de Plasticidad (CF e IP), en la MDS y en el CBR0,2". También se destaca la influencia de las proporciones granulométricas en la densidad máxima vibrada. Además, utilizando correlaciones es posible determinar indirectamente el CBR0,2" a partir de la densidad máxima seca vibrada del ensaye de DR. En la presentación de las

correlaciones y sus gráficos se pueden observar las restricciones y los tipos de suelos para los cuales son válidas, pero en general se debe tener presente los errores asociados y la calidad de la correlación para su buena utilización.

Laboratorio Nacional de Vialidad LNV (2015), las investigaciones tomadas como referencia hacen mención de las analogías entre los ensayos de laboratorio y las energías de compactación en obra, es decir:

Compactación por impacto - Proctor Modificado
Compactación por vibración - Mesa Vibratoria

El Laboratorio Nacional de Vialidad (LNV) perteneciente al Ministerio de Obras Públicas de Chile, que es un entidad que regula el Manual de Carreteras, dio a conocer que por medio de varios ensayos realizados, “Densidad al 95% de Proctor Modificado es equivalente a decir Densidad Relativa al 80%”, es decir que la densidad máxima obtenida en el Proctor Modificado es menor a la densidad máxima obtenida por medio de la Mesa Vibratoria, sin embargo hay que tener en cuenta el método a utilizar en la mesa vibratoria, seco o húmedo ya que dependerá del tipo de suelo y la función a la que va a ser sometida ese suelo.

Cárdenas Piucol & Donoso Montero (2008), presentaron un trabajo de Titulación denominado “Proposición de una Metodología Particular para obtener la capacidad de soporte para suelos granulares sin curva de Proctor definida”, en el cual uno de sus objetivos era verificar alguna relación entre la densidad máxima del Proctor Modificado con la Densidad Relativa, verificando lo establecido por el Laboratorio Nacional de Vialidad; quienes llegaron a la siguiente conclusión, “Podemos decir que efectivamente existe una relación entre densidades obtenidas al 80% de la Densidad Relativa; y al 95% de Proctor Modificado en los suelos ensayados, pero presenta una dispersión que depende de gran medida del porcentaje de finos del suelo, pues se pudo observar que

cuando la muestra obtenida al 80% de la densidad relativa, es mayor que la densidad de una muestra similar al 95% del Proctor modificado, se trata de una muestra con granulometría más gruesa, es decir con un porcentaje de finos pequeño, a diferencia de los que ocurre con porcentajes de finos mayores, esta relación de densidades de las muestras se invierte.

En la revista Ingeniare de Chile, Volumen 16 - N° 3 (2008), se publicó el artículo “Behavior of an Unbound granular material in cyclic Triaxial tests with constant and variable confining pressure” (Comportamiento de un material granular no tratado en ensayos triaxiales cíclicos con presión de confinamiento constante y variable), en donde se describe el comportamiento del suelo sometido a diferentes tipos energías, obteniendo resultados de deformación mayores según el ciclo de repeticiones va aumentando de forma constante y/o variable, lo cual teóricamente nos indicaba que la energía constante generaba mayor esfuerzo, sin embargo podemos ver que no es del todo cierto y que por ende se deben realizar estudios adicionales para conocer alguna relación entre las energías constantes y variables.

1.2. Bases teóricas

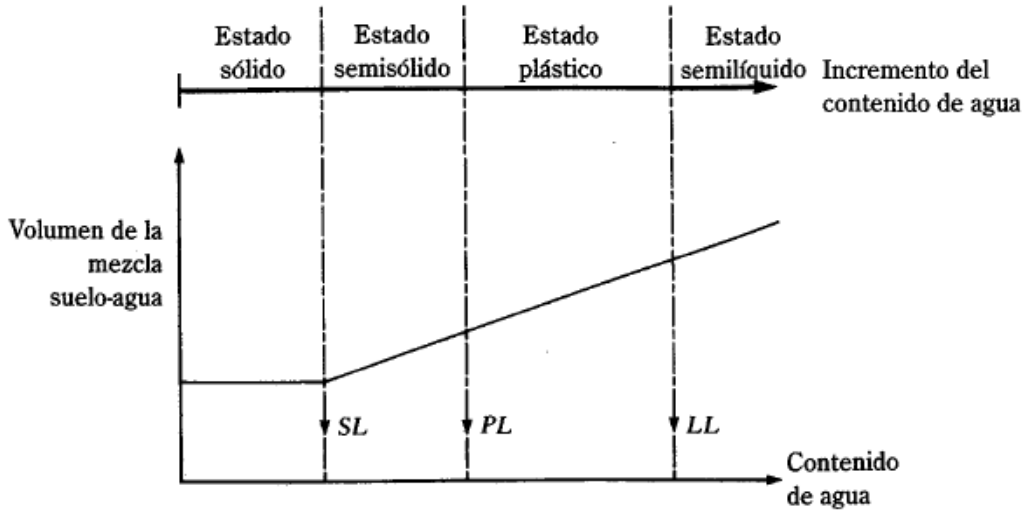
1.2.1. CONCEPTOS Y PROCEMIENTOS DE ENSAYO.

En este capítulo se da una descripción general de los ensayos y procedimientos estandarizados que permiten la descripción geomecánica de los suelos y definir algunos conceptos, que resultan importantes para el desarrollo de las correlaciones y del análisis propiamente tal.

1.2.1.1. Límites de Atterberg.

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg. Estos "estados de consistencia", como los definió A. Atterberg en 1911, son sólo aplicables a suelos finos. En la siguiente recta de humedad, se presenta la ubicación de estos cuatro estados de consistencia, junto a los correspondientes límites:

Gráfico N° 01. Límites de Atterberg.



Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das; 4ta Ed.

Los mencionados límites son: Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y Límite de Contracción (LC), y mediante ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio.

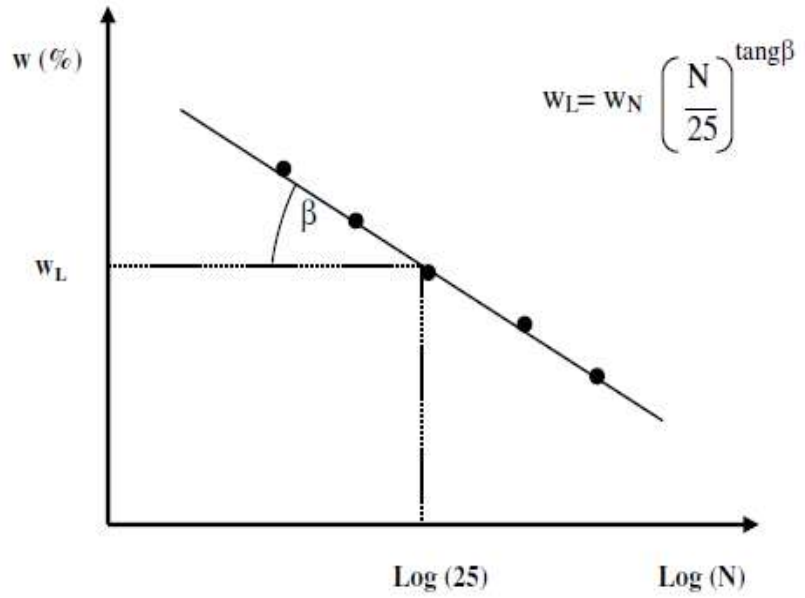
1.2.1.1.1. Límite Líquido (LL).

Para suelos cohesivos, el LL se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico, o, dicho de otro modo, es el máximo contenido de humedad aceptado por un suelo, para que sus partículas no pierdan cohesión, debido al engrosamiento de la película de agua adsorbida, o cuando el suelo adquiere su mínima resistencia al corte.

El procedimiento estándar de laboratorio realizado para determinar este límite lo definió en 1958 A. Casagrande, haciendo uso de la máquina que lleva su nombre. En el Perú, este procedimiento se describe a través de la norma NTP 339.129. La muestra que se usa corresponde al material que pasa por el tamiz de 0,42mm. (N°40).

En relación a lo anterior, el límite líquido se obtiene ensayando la muestra en la máquina de Casagrande dando de 15 a 35 golpes y generando una zona de contacto en el fondo del surco de 12,7 mm. Para lograr la obtención del valor se realizan varias operaciones con diferentes humedades, desde la condición más húmeda a la más seca, para luego obtener gráficamente por interpolación a los 25 golpes el LL. Se requieren como mínimo tres pruebas para definir la curva de fluidez.

Gráfico N° 02. Curva de fluidez del suelo para determinar el LL.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

1.2.1.1.2. Límite Plástico (LP).

El Límite Plástico (WP) se define como el contenido de humedad, expresada en porcentaje con respecto a la masa de suelo seca de la muestra secada al horno,

para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Dicho de otra forma, es el mínimo contenido de humedad aceptado por un suelo (referido al peso seco del suelo), para que sus partículas no pierdan cohesión por secamiento.

El procedimiento de laboratorio que se utiliza se detalla en la norma NTP 339.129. La muestra que se usa corresponde a material que pasa por el tamiz de 0,42 mm. (N°40).

El Límite Plástico se determina haciendo rodar un cilindro de suelo de 3 mm. de diámetro sobre un vidrio esmerilado hasta que se disgrega en una extensión no inferior a 1/2 pulgada. Este ensayo se repite varias veces reuniendo las fracciones de suelo disgregado para luego determinar la humedad. El ensayo se debe repetir dos veces más, y finalmente el LP se determina como el promedio de las tres humedades obtenidas, cuyos valores no deben diferir entre sí en más de un 2%. Al hacer este ensayo en terreno, de manera rudimentaria, se puede evaluar la "tenacidad", es decir la resistencia a partirse o disgregarse de los bastoncitos de 3 mm. de diámetro. La medida de la tenacidad ayuda a clasificar in situ un suelo, antes de recurrir a los ensayos de laboratorio.

1.2.1.1.3. Índice de Plasticidad (IP)

Se denomina índice de plasticidad o índice plástico (IP) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico, es decir, el campo donde existe cohesión. Matemáticamente:

$$IP = LL - LP$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

1.2.1.2. Análisis granulométrico.

Este ensayo está definido por la NTP 339.128. Consiste en la determinación de la distribución por tamaño del suelo. Para ello se usa una serie de tamices normalizados de diferentes aberturas, y numerados según diferentes escalas. Una de las más utilizadas es la ASTM (American Society for Testing Materials) y cuyos tamices más usados en suelos se muestran en la tabla N° 02.

Tabla N° 02. Tamices para la realización del ensayo de granulometría del suelo.

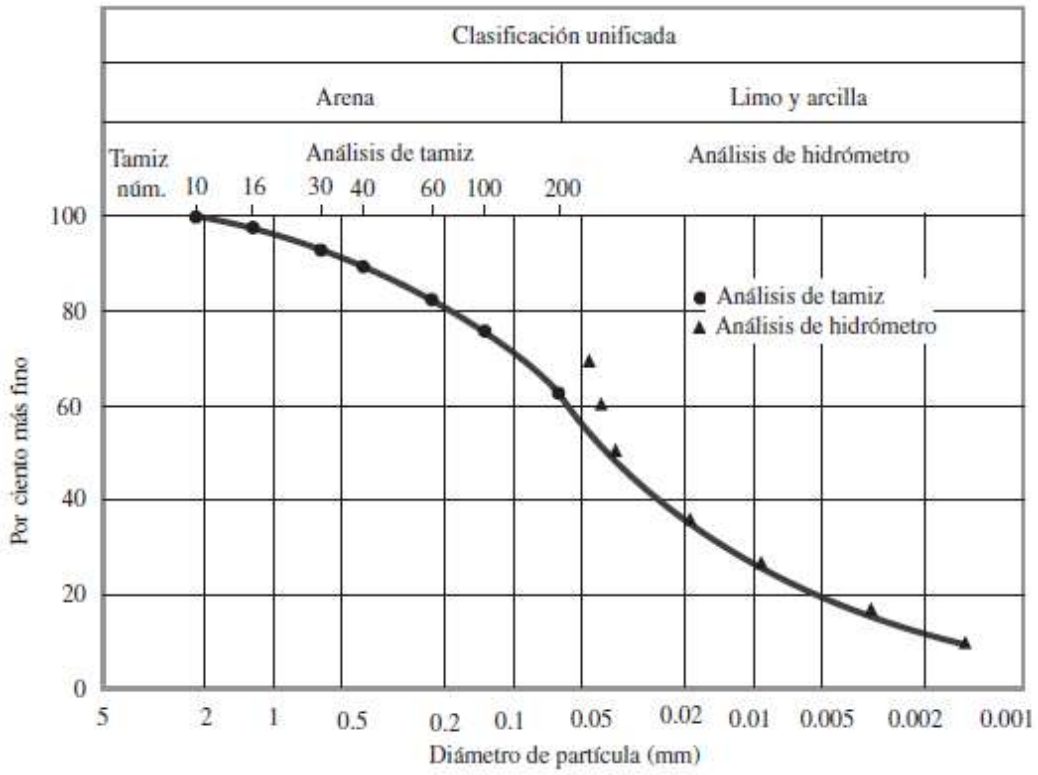
Tamices (mm)	Designación ASTM
75.0	3 pulg
50.0	2 pulg
37.5	1 ½ pulg
25.0	1 pulg
19.0	3/4 pulg
9.5	3/8 pulg
4.75	N°4
2.00	N°10
0.850	N°20
0.425	N°40
0.250	N°60
0.106	N°140
0.075	N°200

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.128

El método de tamizado consiste en hacer pasar la muestra de suelo, cuya cantidad depende del tamaño máximo del agregado, por una serie de tamices de abertura de tamaños descendentes, por medio de movimientos normalizados, pesar lo retenido en cada tamiz y expresarlo en porcentajes del peso total de la muestra seca. Si existen partículas mayores de 3", se deben extraer, pesar y expresar dicha fracción en porcentaje del total de la muestra seca. Luego para el análisis granulométrico se considera como 100% el suelo restante que pasó el tamiz 80 mm. Si se desea conocer la distribución por tamaño de la fracción bajo tamiz de 0,08 mm, se puede obtener a través de la sedimentación de dicha fracción en un líquido conocido, basándose en la Ley de Stokes.

Los resultados de este análisis se expresan en forma de tabla, tamiz versus porcentaje que pasa en peso, o en forma de gráfico semi-logarítmico denominado "curva granulométrica". La forma de la curva nos indica la relación entre los tamaños. Una curva empinada corresponde a un suelo uniforme. Una curva suave indica un suelo bien graduado. Una inflexión en la curva indica que el suelo está compuesto de dos suelos uniformes y es una graduación discontinua o incompleta. Para un mejor análisis se definen los siguientes coeficientes:

Gráfico N° 03. Curvas de distribución de tamaños de partículas.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Braja M. Das. 1ra Ed.

1.2.1.2.1. Coeficiente de uniformidad (Cu)

Se emplea para saber el tipo de graduación. Un material está bien graduado si el coeficiente de uniformidad (Cu) es mayor a 4 si es grava, y es mayor a 6 si es arena.

$$Cu = \frac{D_{10}}{D_{60}}$$

1.2.1.2.2. Coeficiente de curvatura (Cc)

Evalúa la regularidad de la curva. Para gravas y arenas bien graduadas debe estar comprendido entre 1 y 3.

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} x D_{10}}$$

Donde:

D_{60} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 60% del material.

D_{30} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 30% del material.

D_{10} = Tamaño según curva granulométrica para el cual pasa el 10% del material.

Un material bien graduado tiene mejor estabilidad, menor número de vacíos, baja permeabilidad y baja compresibilidad; las partículas se pueden acomodar mejor.

1.2.1.3. Sistemas de Clasificación de suelos.

Un sistema de Clasificación de los suelos es una agrupación de éstos con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Lo fundamental es el que todo sistema de clasificación debe estar basado en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, ya que estas son elementales en las variadas aplicaciones de la ingeniería. Debido a la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, y múltiples los campos de aplicación, hay diversos sistemas de clasificación, cada uno orientado al área de la ingeniería para el cual se desarrollaron. Es así como se tiene el sistema de clasificación de Casa Grande,

el de U.S. Public Roads Administration Classification (1945), el de clasificación por Compactación, el de Burmister's Method of Descriptive Soil Classification, el de Textural Classifications, el de Civil Aeronautics Administration (C.A.A.) Classification System. (Road Research Labotaory. Soil Mechanics for Road Engineers, Londres, Inglaterra, 1974). El de La Federal Aviation Administration (FAA) que es una modificación del anterior, el Sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS, el sistema AASHTO, entre otros. Nos remitiremos a explicar los dos últimos nombrados debido a que son los que se utilizaron en este estudio por ser los más empleados en la actualidad.

1.2.1.3.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (SUCS)

Este sistema deriva del sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Básicamente, este sistema se apoya en la granulometría y límites de Atterberg para la delimitación de un suelo. Este sistema divide primero a los suelos en dos grandes grupos: de granos gruesos y de granos finos.

1.2.1.3.1.1. Suelos de grano grueso.

De acuerdo a este sistema, un suelo es grueso cuando más del 50 % en peso del material queda retenido en la malla Nº200 o mallas mayores. Dentro de los suelos gruesos se tienen las gravas (G) y las arenas (S), de tal modo que un suelo pertenece al grupo de las gravas si más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla Nº 4, en caso contrario pertenecen al grupo de las arenas.

De acuerdo a la graduación y uniformidad de la curva granulométrica, tanto las gravas como las arenas se clasifican en bien graduadas (GW, SW) y mal graduadas (GP, SP), y dependiendo del valor de los límites de consistencia, se

subdividen en limosas (GM, SM) o arcillosas (GC, SC). Hay casos en los cuales el parámetro para determinar si un suelo pertenece a uno u otro grupo cae en una zona indeterminada, por lo que el suelo exige una clasificación doble e incluso triple en casos extremos.

1.2.1.3.1.2. Suelo de grano fino

Un suelo, según este sistema, es fino cuando más del 50% en peso pasa la malla Nº 200. Se dividen en tres grupos; arcillas (C), limos (M) y limos o arcillas orgánicas (O).

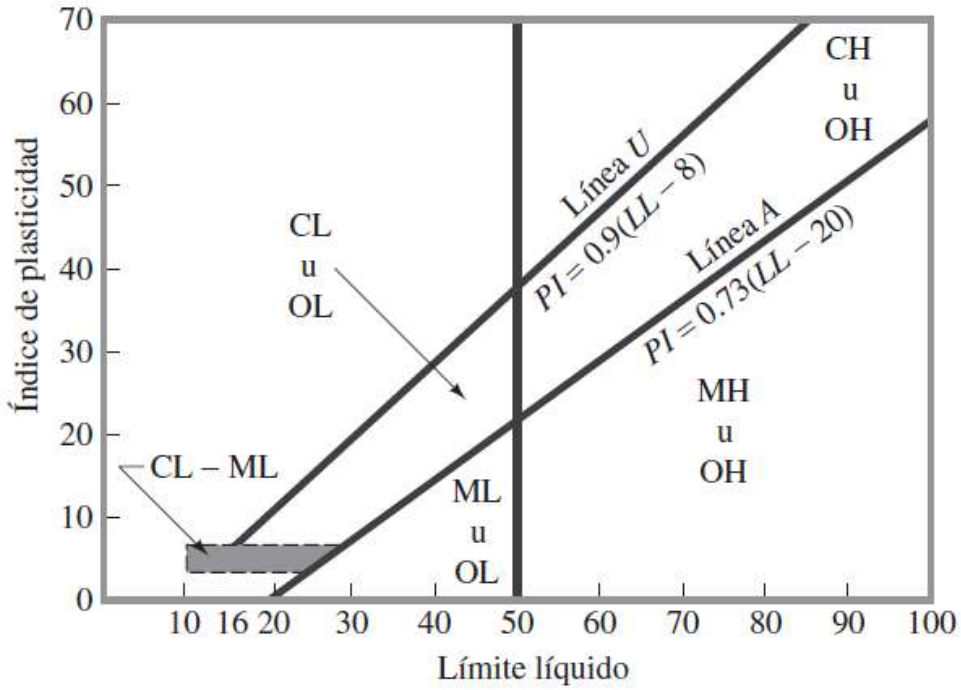
Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H si es mayor, originándose así los siguientes tipos de suelos; ML, MH, CL, CH, OL y OH. En algunos casos las características de borde están en la frontera entre dos grupos, por lo que surgen clasificaciones dobles y nos encontramos con suelos del tipo ML-CL, CH-OH, etc. Adicionalmente los suelos altamente orgánicos como las turbas se designan con el símbolo Pt.

Gráfico N° 04. Sistema de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz N° 200.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	**Gravas** Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos[a]	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$[c]	GW
			$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$[c]	GP
		Gravas con finos Más de 12% finos[a,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos[b]	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$[c]	SW
			$C_u < 6$ y/o $C_c<1$ $3<C_c$	SP
		Arenas con finos Más de 12% finos[b,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	**Limos y arcillas** Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)[e]	CL
			$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)[e]	ML
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
	Limos y arcillas Límite líquido	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Braja M. Das. 4ta Ed.

Gráfico N° 05. Carta de Plasticidad.



Fuente: Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Braja M. Das. 1ra Ed.

1.2.1.3.2. Sistema de Clasificación AASHTO

El Departamento de Caminos Públicos de EE.UU., introdujo en 1929 uno de los primeros sistemas de clasificación para evaluar los suelos sobre los cuales se construirían los pavimentos. En 1945 fue modificado denominándose sistema AASHO y recientemente AASHTO. Este sistema describe un procedimiento para

clasificar suelos en siete grupos basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad y un octavo grupo para los suelos altamente orgánicos, basándose en una inspección visual.

La evaluación del suelo en cada grupo se hace mediante un índice de grupo (IG), el cual indica una mejor calidad cuando es menor. El grupo de clasificación incluyendo el índice de grupo se usa para determinar la calidad relativa del suelo, así el sistema determina el deterioro de la calidad del suelo para la construcción de caminos a medida que uno se traslada de izquierda a derecha en la tabla de clasificación.

Para clasificar un suelo se debe comenzar de izquierda a derecha; el primer grupo desde la izquierda que satisface las condiciones de la tabla es la clasificación correcta.

Gráfico N° 06. Clasificación de suelos sistema AASHTO.

Clasificación general	**Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)**						
	A-1			**A-2**			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina		Limo o grava arcillosa y arena		

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso) Núm. 10 Núm. 40 Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40 Límite líquido Índice de plasticidad	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Braja M. Das. 4ta Ed.

El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- Tamaño de grano.
  Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz N° 10 (2 mm).
  Arena: fracción que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz N° 200 (0.075 mm).
  Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz N° 200.
- Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.
- Si se encuentra cantos y guijarros (tamaño mayor a 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material de subrasante de carreteras, se incorporó un número llamado índice de Grupo (IG) a los grupos y subgrupos del suelo. El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde;

$F_{200} =$ Porcentaje pasado por el tamiz N° 200, expresado como un número entero.

$LL =$ Límite Líquido.

$IP =$ Índice de plasticidad.

1.2.1.4. Ensayos de Compactación

Después de que Proctor desarrolló su prueba en 1933, han ido apareciendo muchas otras, las cuales pueden agruparse en uno de los siguientes apartados:

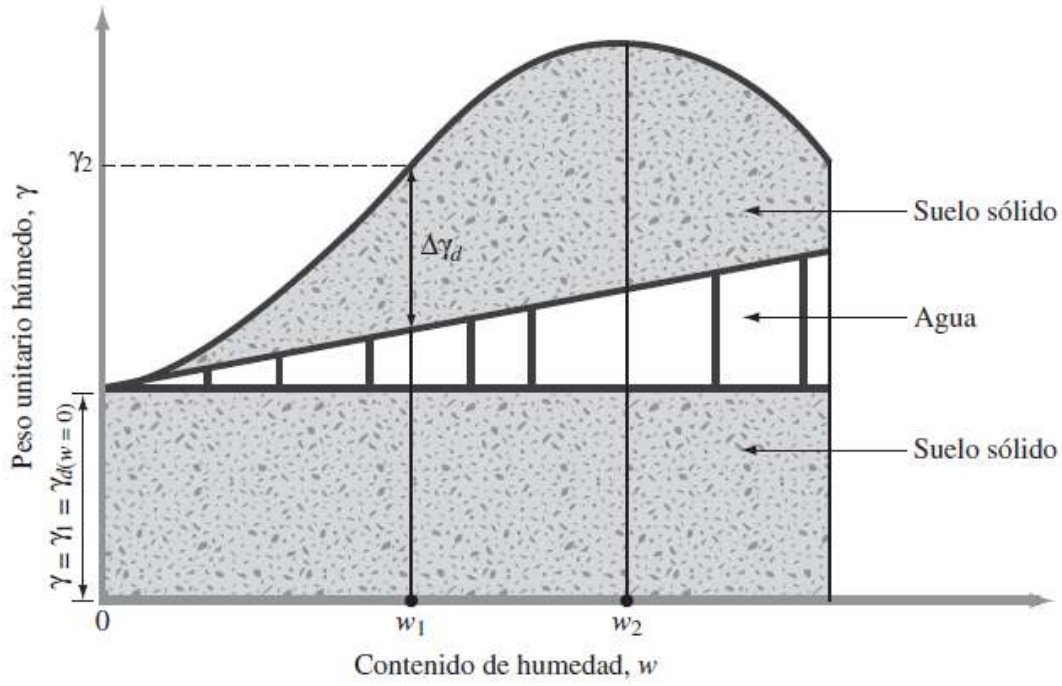
- Pruebas dinámicas
- Pruebas estáticas
- Pruebas por amasado
- Pruebas por vibración

Para el desarrollo del presente estudio se trabaja con los ensayos de Proctor Modificado, descrito en la norma NTP 339.141. y Determinación de la Densidad Máxima y Mínima en suelos no cohesivos para la Densidad Relativa (DR), descrito en la norma NTP 339.137 y NTP 339.138, siendo estos ensayos del tipo dinámicos y por vibración respectivamente.

En general, la compactación es la consolidación del suelo por la eliminación de aire, por medio de energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso unitario seco. Cuando se añade agua al suelo durante la compactación, ésta actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo. Éstas se deslizan una sobre la otra y se mueven en una posición densamente empaquetadas. El peso unitario seco después de la compactación primero aumenta a medida que se incrementa el contenido de humedad (Gráfico N° 07). Tenga en cuenta que en un contenido de humedad *w=0,* la unidad de peso húmedo (γ) es igual a la unidad de peso seco (γ_d), o

$$\gamma = \gamma_{d(w=0)} = \gamma_1$$

Gráfico N° 07. Principios de compactación.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Braja M. Das. 4ta Ed.

1.2.1.4.1. Ensayo de Proctor Modificado

El ensayo Proctor Modificado es definido por la norma NTP 339.141, este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactada en un molde con un diámetro de 101,6 o 152,4 mm (4 ó 6 pulg) con un pisón de 44.5-N (10-lbf) que cae a una altura de 457 mm (18 pulg) produciendo un esfuerzo de compactación de (2,700 kN-m/m^3)(56,000 pie-lbf/pie^3), presenten una curva con un máximo bien definido al graficar la densidad versus humedad.

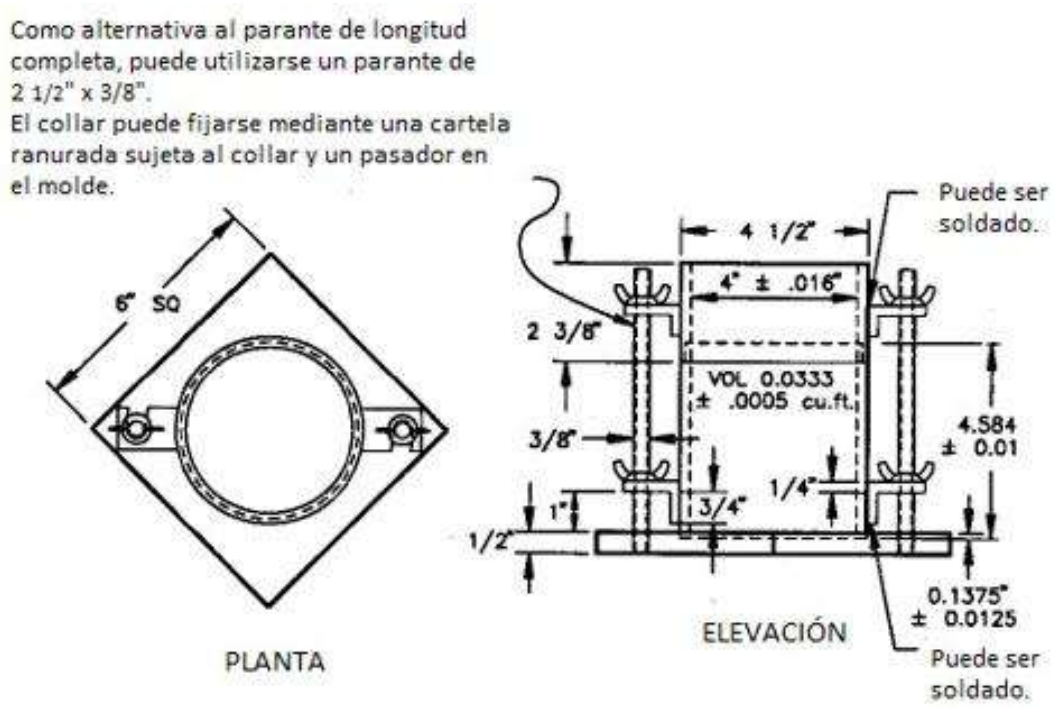
Este ensayo se repite para diferentes humedades crecientes. Este ensayo tiene por objetivo formar la curva densidad - humedad, estableciéndose los valores de densidad máxima y humedad óptima.

Esta prueba se presenta en cuatro modalidades (A, B y C), las cuales se diferencian, en el tamaño del molde, el número de golpes por capa y el tamaño máximo de las partículas para la cual se aplica.

El procedimiento utilizado para nuestro estudio es el “A”. Para este se utiliza un molde de 101.6 mm (4 pulg), y es aplicable al suelo que pasa la malla N° 4 (4.75 mm) y que retiene el 20 % o menos del peso del material. Se dispone el material en 5 capas, cada una compactada con 25 golpes.

Podemos definir el contenido de humedad óptimo como el contenido de humedad necesario para conseguir la máxima densidad seca.

Gráfico N° 08. Molde cilíndrico de 4” para el ensayo de Proctor modificado.



Fuente: Norma Técnica Peruana 339.141 (2000)

1.2.1.4.2. Determinación de la densidad máxima y mínima en suelos no cohesivos para la DR.

Este tipo de ensayo son aplicables a suelos que contengan hasta el 15% de partículas de suelo seco que pasen a través de la malla N°200 (0.074 mm), con la condición que no sean cohesivos y tengan propiedades drenantes. Además, son aplicables para los suelos que el 100% de peso seco pase por la malla de 3 pulg (75 mm).

La Densidad Relativa expresa el grado de densificación de un suelo in situ con respecto al estado de compacidad de los estados más sueltos y más densos que corresponde también a los índices de vacíos máximos (más suelto) y los índices de vacíos mínimos (más denso) obtenidos en procedimientos de Laboratorio. Matemáticamente se expresa mediante la siguiente relación:

$$DR = \frac{e_{máx} - e}{e_{máx} - e_{min}} * 100$$

Donde;

$DR =$ Densidad relativa.

$e =$ Relación de vacíos in situ del suelo.

$e_{máx} =$ Relación de vacíos del suelo en la condición más suelta.

$e_{min} =$ Relación de vacíos del suelo en la condición más densa.

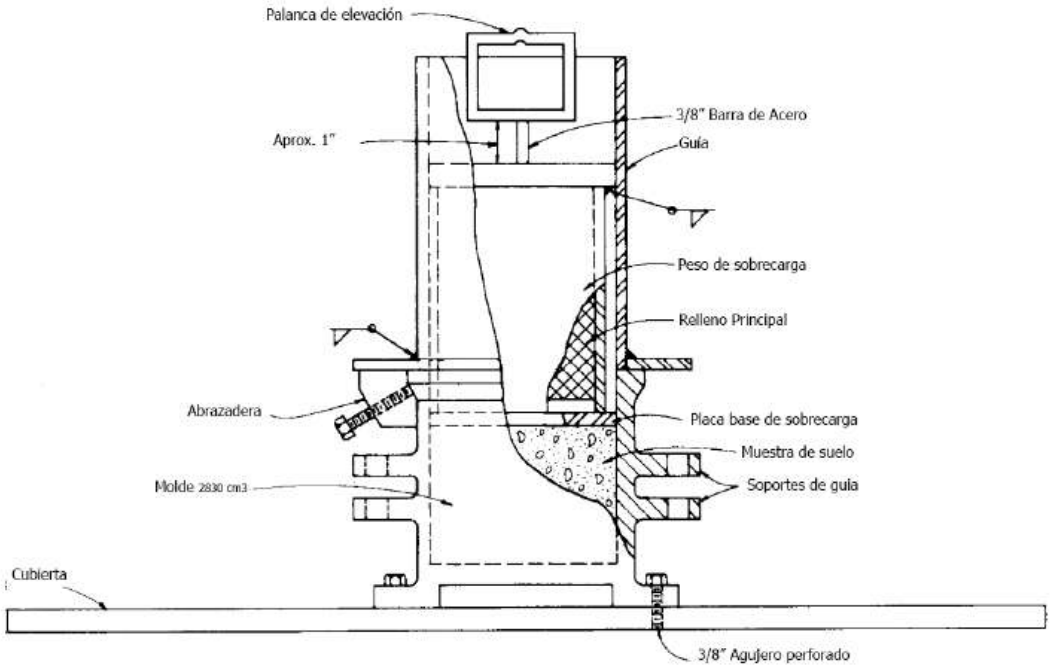
La densidad mínima, se obtiene mediante vertido del material en estado seco, dentro de un molde cuya capacidad es conocida, desde una altura normalizada, hasta llenarlo. Posteriormente se enrasa cuidando de no producir vibración y se determina la masa de suelo que llena dicho recipiente. Se determina la densidad mínima como la masa de suelo que llena el molde dividido por su volumen.

Para la obtención de la Densidad máxima por vibrado, existen dos métodos, húmedo y seco. En el método seco, el molde lleno con material previamente

pesado se afianza a la mesa vibradora, se coloca la placa base y se mide el nivel inicial con el calibre, enseguida se coloca el tubo guía y se monta la sobrecarga. Una vez armado el conjunto se somete a un período de vibración de 8 minutos, al término del cual se desmonta la sobrecarga y el tubo guía para volver a medir el descenso del nivel del suelo experimentado durante la etapa de vibración.

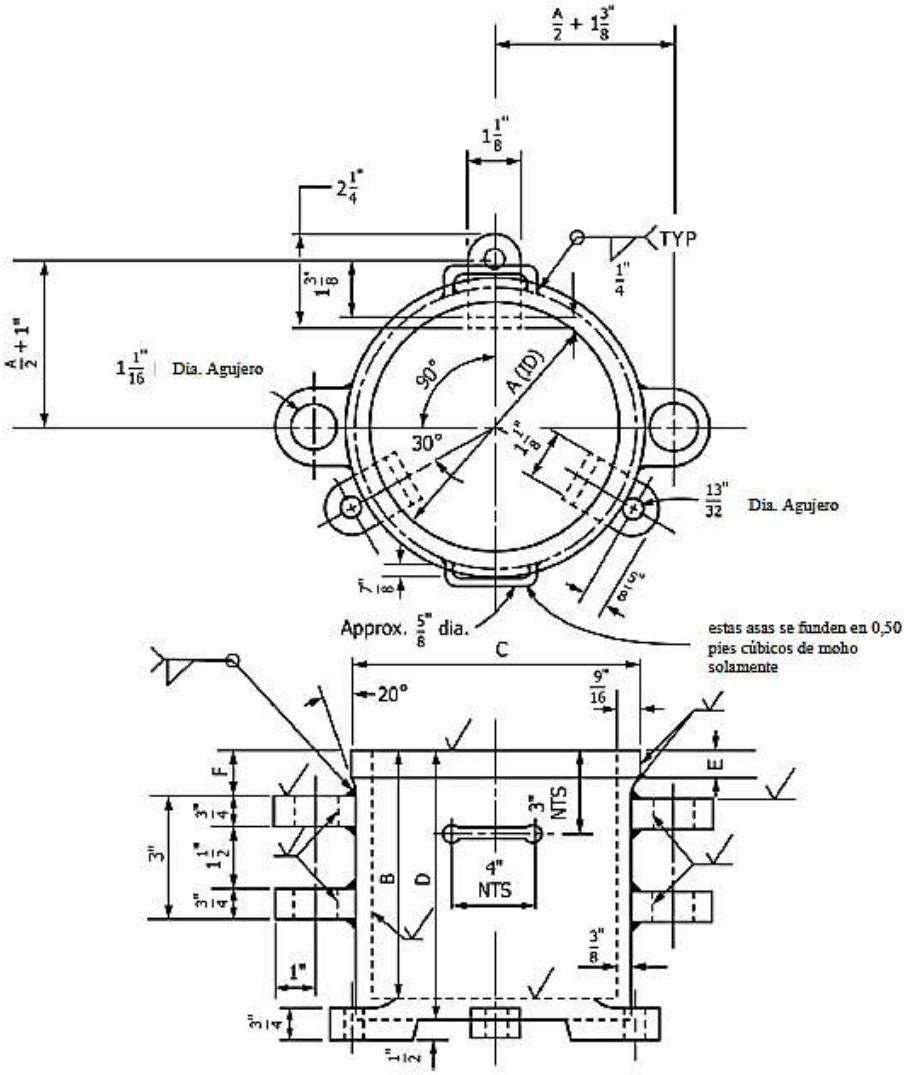
En el método estándar de ASTM la densidad máxima es determinada usando una mesa vibratoria, que debe ser montada en un piso de concreto para no transmitir vibraciones a otras áreas de prueba. Moldes rígidos de forma cilíndrica son ensamblados a la mesa y estos contienen la muestra a la que se determinará la densidad máxima. La mesa debe ser capaz de vibrar verticalmente alcanzando amplitudes de desplazamientos de 0.33 $\pm$ 0.05 mm a una frecuencia de 60 Hz, o bien, 0.48 $\pm$0.05 mm a 50 Hz.

Gráfico N° 09. Esquema de mesa vibratoria con molde ensamblado.



Fuente: Norma Técnica Peruana 339.137 (2000)

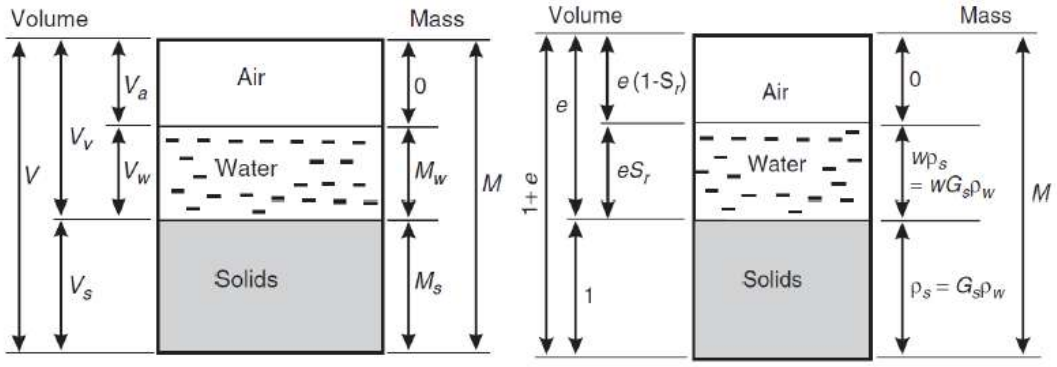
Gráfico N° 10. Detalles de molde para ensayo de Densidad relativa.



Fuente: Norma Técnica Peruana 339.137 (2000)

La composición de un suelo puede ser en dos o tres fases; si el suelo está completamente seco, los vacíos que están entre partículas sólidas están rellenos solo con aire mientras que cuando los vacíos están rellenos solo con agua se dice que el suelo está saturado. Cuando presenta tres fases, es decir, los vacíos están rellenos por aire y agua se dice que el suelo está parcialmente saturado.

Gráfico N° 11. Diagrama de fase del suelo



Fuente: Wesley (2009)

Si se tiene el valor de la gravedad específica (Gs) fácilmente a partir de relaciones de fase se obtiene el índice de vacíos (e) porque se relaciona con la densidad seca in situ o de una muestra a partir de la siguiente ecuación:

$$e = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

Donde;

$\gamma_w =$ Peso específico del agua.

$\gamma_d =$ Peso específico del suelo seco.

1.2.1.5. Ensayo de Razón de Soporte California (California Bearing Ratio – CBR)

La Relación de Soporte de California (CBR) evalúa la resistencia potencial de sub rasante, sub base y material de base del suelo donde se tiene proyectada la construcción de vías de pavimento. El índice obtenido del CBR se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de la sub rasante, capas de base y sub base; y de afirmado del suelo. Se basa en la Norma ASTM D 1883 y de la Norma peruana MTC E 132.

El CBR tiene como finalidad reportar el índice de calidad y se define como la relación entre la carga necesaria del suelo ensayado y la carga necesaria para producir la misma deformación.

$$CBR(\%) = \frac{CARGA\ UNITARIA\ DEL\ ENSAYO}{CARGA\ UNITARIA\ PATRÓN} * 100$$

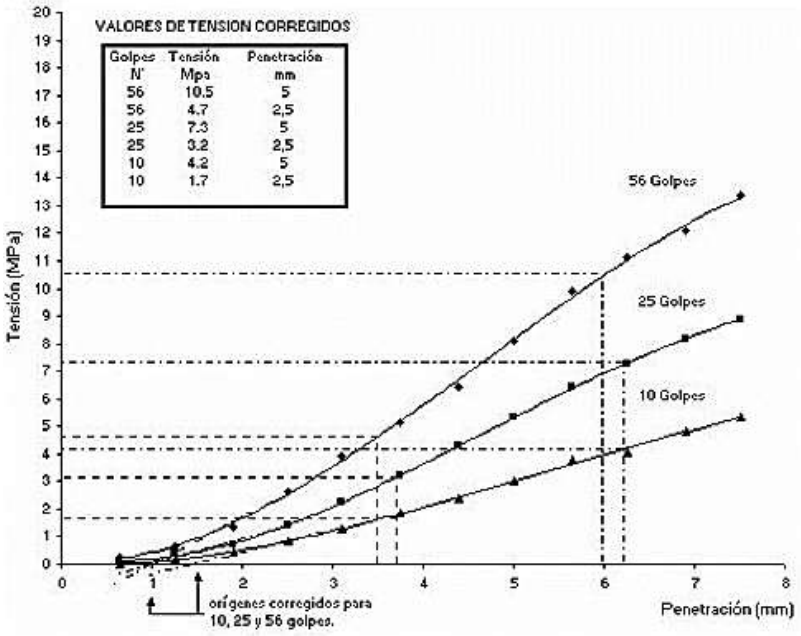
La experiencia ha mostrado que los resultados de CBR para aquellos materiales que tienen porcentajes substanciales retenidas en el tamiz N° 4 son más variables respecto a los materiales más finos.

Este método de ensayo se encarga de determinar el CBR de un material con un óptimo contenido de agua o un rango de contenidos de agua a partir de una prueba de compactación o un peso unitario seco especificado.

Para el ensayo se confeccionan como mínimo tres probetas de 152.4 mm $\pm$ 0.66 mm de diámetro y 177.8 mm $\pm$ 0.46 mm de altura, compactadas en un molde cilíndrico de acero, con distinta energía de compactación, de tal manera que la densidad a la cual se desea calcular el CBR, quede entre dos probetas. Generalmente se utilizan probetas compactadas mediante impactos con 56, 25 y 10 golpes; y si la densidad a la cual se desea determinar el CBR es menor que la probeta compactada con 10 golpes, se debe confeccionar otra probeta con menos energía. Las probetas se confeccionan con el contenido óptimo de humedad, determinada previamente, a través del ensayo Proctor. Una vez compactadas las probetas se coloca una carga anular que representa el peso del futuro pavimento y se someten a un período de inmersión de 96 horas para simular las condiciones más desfavorables en cuanto a drenaje de un camino y, en algunos casos, para determinar su posible expansión.

Las lecturas tomadas se representan en un sistema de coordenadas como el mostrado en el gráfico N° 12; si la curva esfuerzo - deformación que se obtiene presenta una concavidad se debe corregir, trazando una tangente a la curva en el punto de máxima pendiente, y el punto donde esta tangente corte el eje de las abscisas, representará el origen para esa curva en particular. Corregidas cada una de las curvas se procede a calcular los valores de esfuerzo corregidos para las penetraciones de 2.5 mm (0.1”); 5.0 mm (0.2”) y eventualmente a 7.5mm (0.3”).

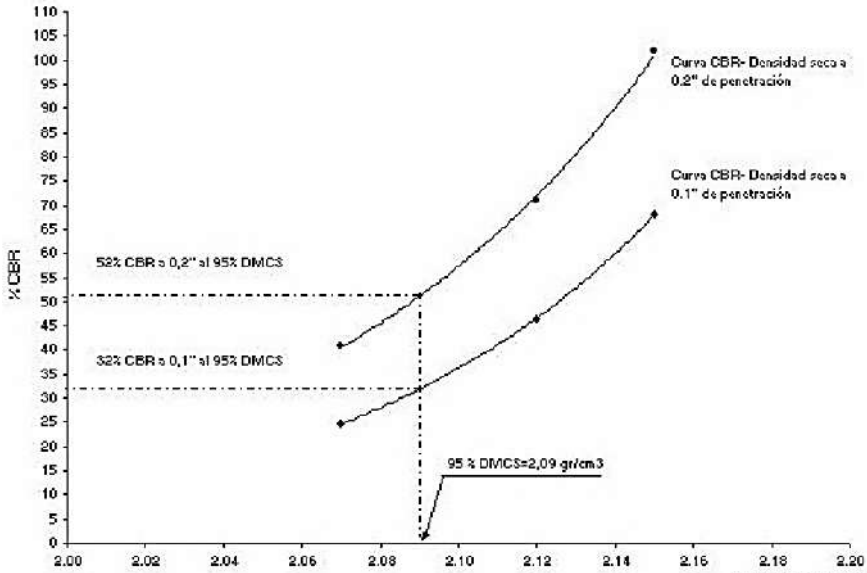
Gráfico N° 12. Curva típica tensión penetración obtenida en prueba C.B.R.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

Realizados los cálculos de CBR, se procede a dibujar en un sistema coordenado el valor CBR versus las densidades máximas secas de cada probeta, como se muestra en el gráfico N° 13.

Gráfico N° 13. Curva C.B.R. - Densidad



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

A la densidad requerida se intercepta la curva de 0.1” ó 0.2” de penetración y este valor es el que se informa como valor CBR, indicando el % con respecto a la Máxima Densidad Seca Compactada (MDSC) a la cual se cortó y el valor de penetración.

1.2.2. Compactación de suelos

La compactación de suelos es un proceso de estabilización mecánica mediante el cual se disminuye la cantidad de vacíos de la masa de suelo obligando a sus partículas a un contacto más íntimo entre sí.

La compactación en el suelo se produce principalmente a través de tres mecanismos; reorientación de las partículas, fractura de los granos o las ligaduras entre ellos seguida por reorientación y la flexión o distorsión de las partículas y sus capas adsorbidas. El objetivo buscado a través del proceso es obtener un material que posea y mantenga un comportamiento mecánico acorde a los requerimientos de la obra.

Para lograr este propósito, el suelo debe reunir los siguientes requisitos:

- Tener suficiente resistencia para soportar las cargas solicitantes.
- No debe tener asentamientos ni deformaciones excesivas que puedan dañar el suelo y la estructura que soporta.
- No debe ni retraerse ni expandirse excesivamente.
- Debe mantener su resistencia e incompresibilidad.
- Debe tener la permeabilidad apropiada.

1.2.3. Variables de la prueba de compactación.

Las variables principales que influyen en este tipo de pruebas son; la humedad del suelo, el tipo de suelo y su granulometría, la energía específica y el sentido en que se recorra la escala de humedades al efectuar la prueba.

1.2.3.1. La humedad del suelo.

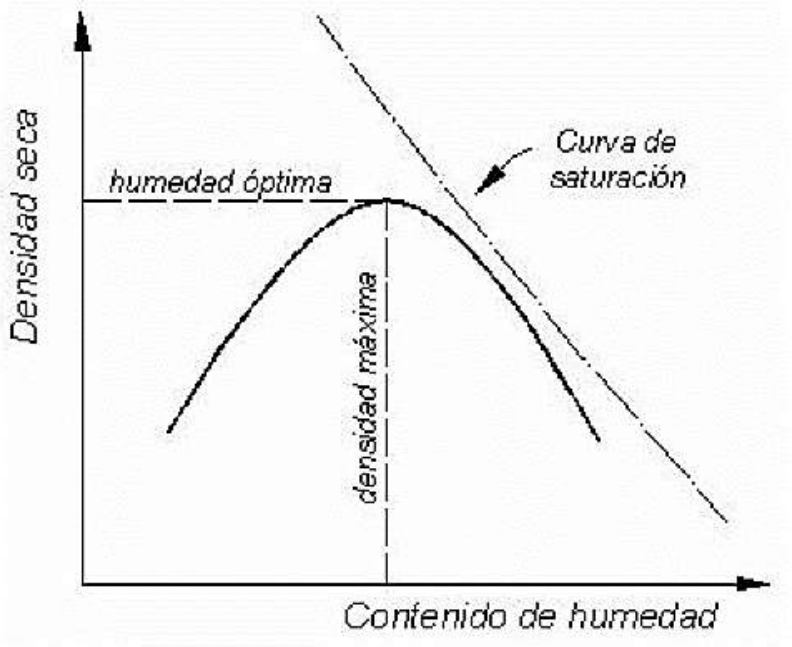
Proctor observó que, con contenidos crecientes de agua, a partir de un estado seco, se obtenían densidades secas más altas para el material compactado, si se usa la misma energía de compactación; también observó que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, ya que cuando la humedad pasa cierto valor, disminuyen las densidades secas logradas. Por lo tanto, para un suelo dado y usando determinado procedimiento de compactación, existe un contenido óptimo de humedad que produce el máximo peso volumétrico seco que es posible obtener con ese procedimiento de compactación.

Cuando el contenido de humedad es bajo, el suelo esta duro y es difícil de comprimir; así, densidades secas bajas y altos contenidos de aire son obtenidos. Cuando la humedad aumenta, el agua actúa como lubricante, causando que el suelo se ablande y sea más trabajable. Esto da como resultado densidades secas más altas y volúmenes de aire más bajos.

Cuando el volumen de aire disminuye, el agua y aire en combinación tienden a mantener las partículas apartadas, e impiden cualquier disminución apreciable del contenido de aire. Los vacíos totales, sin embargo, continúan aumentando con el contenido de humedad, y así la densidad seca del suelo desciende. El gráfico N° 14, muestra la influencia de la humedad en este tipo de pruebas, la cual se conoce comúnmente como curva Proctor.

Dependiendo del tipo de suelo, la densidad varía de aproximadamente 2,20 Ton/m^3 para grava bien graduada a 1,45 Ton/m^3 para una arcilla pesada. La humedad óptima tiene un rango de aproximadamente 4% para suelos de grano grueso a aproximadamente 28% en arcillas densas.

Gráfico N° 14. Relaciones entre la MDS y el OCH para una energía de compactación constante.

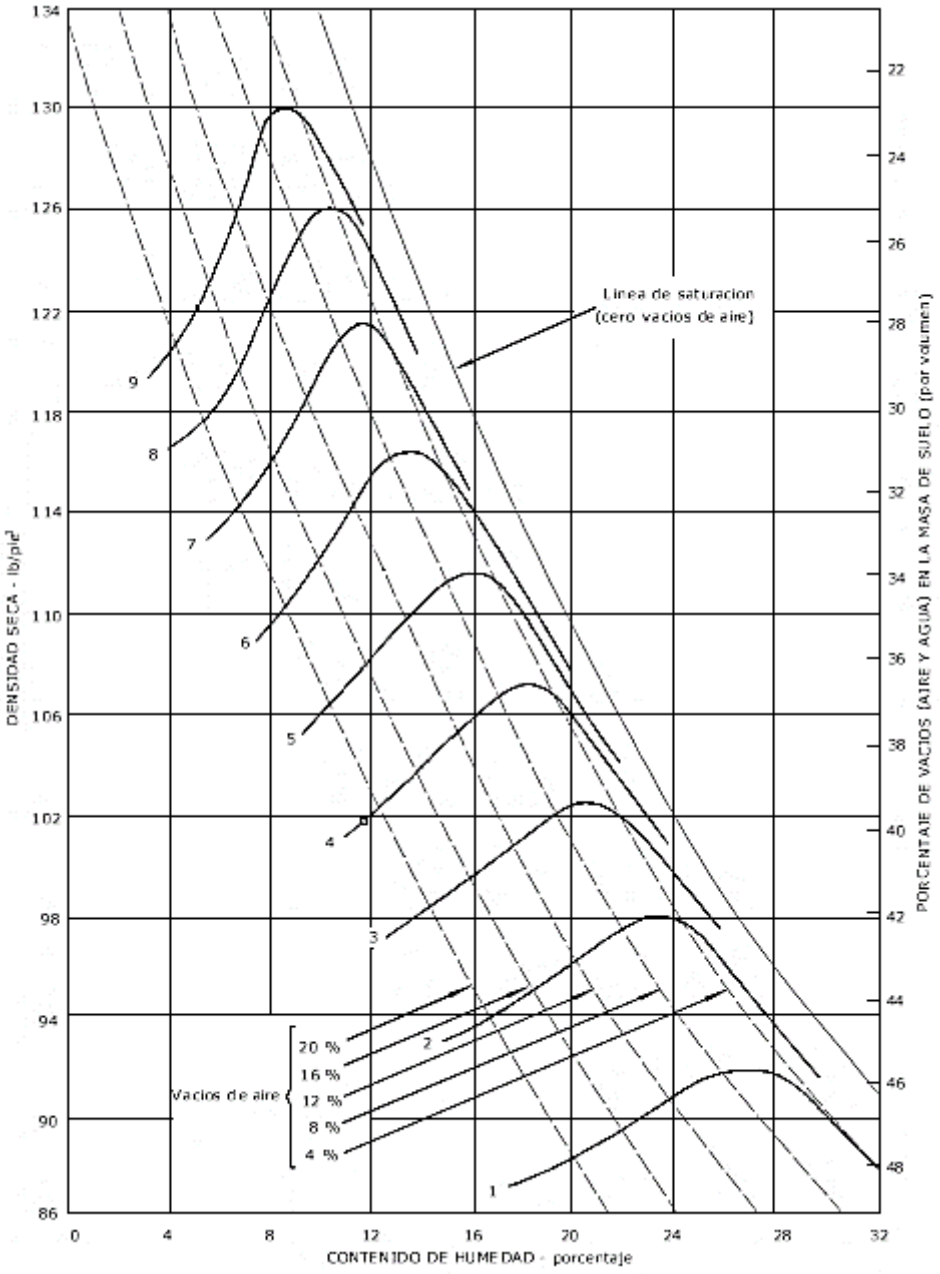


Fuente: Varas & Jiménez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

En el gráfico N° 15, se muestran curvas típicas humedad densidad obtenida en pruebas de compactación de laboratorio para una amplia gama de suelo. Estas curvas fueron obtenidas por K. B. Woods clasificando y promediando datos de 1383 suelos de Ohio. Se han superpuesto las curvas de vacíos de aire constante

para un suelo compuesto de partículas con una gravedad específica 2,70 en las curvas de Woods. Se ve que todas las curvas se acercan a la línea de saturación por el lado derecho y todos los máximos ocurren a un contenido de vacíos de aire de aproximadamente 5%.

Gráfico N° 15. Relaciones promedio entre la MDS y el OCH para suelos que tienen como máximo una diferencia de 5 lb/pie^3

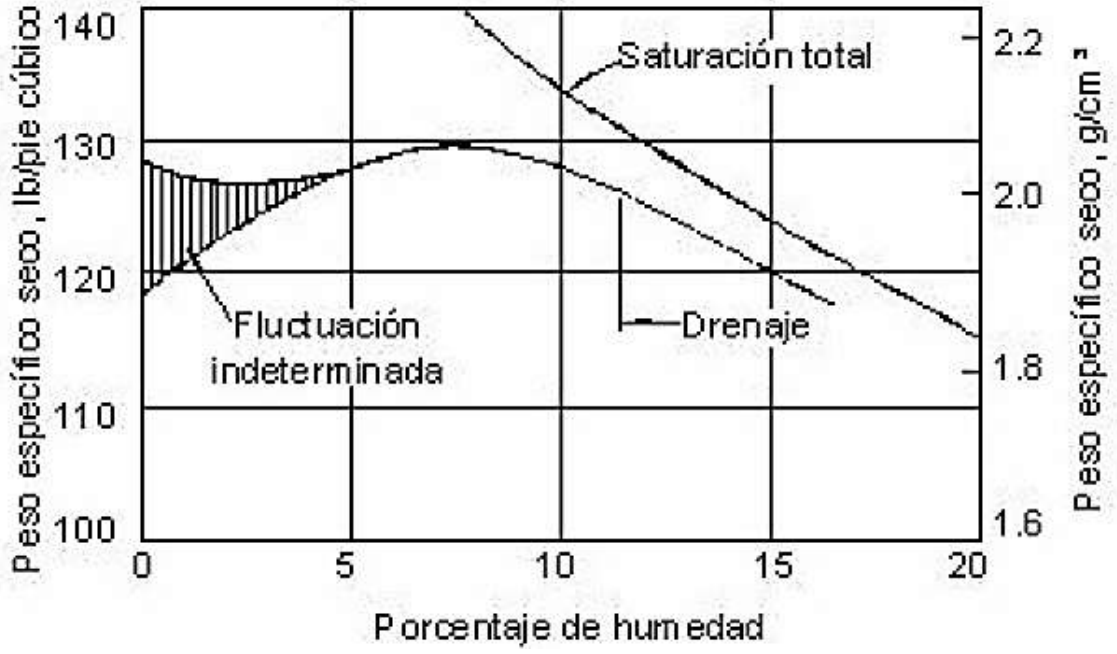


Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

1.2.3.2. Influencia del tipo de suelo y su granulometría.

El tipo de suelo es un factor determinante en la densidad que se logre en un proceso de compactación. Su valor queda determinado en gran medida por características tales como su peso específico, textura, forma de sus partículas, plasticidad, etc. Para este tipo de pruebas, se producen claras diferencias en las curvas humedad densidad seca según se trate de suelos cohesivos o friccionantes. Los primeros presentan una curva con un máximo bien definido, mientras que en los últimos la rama seca de la curva de humedad-peso específico seco no está bien definida. Algunas veces se eleva hacia el máximo peso específico para humedades muy bajas, porque hay poca tensión capilar que se oponga a la nueva posición de los granos. La forma de las curvas se muestra en el gráfico N° 16.

Gráfico N° 16. Curva de humedad – peso específico para una arena media.

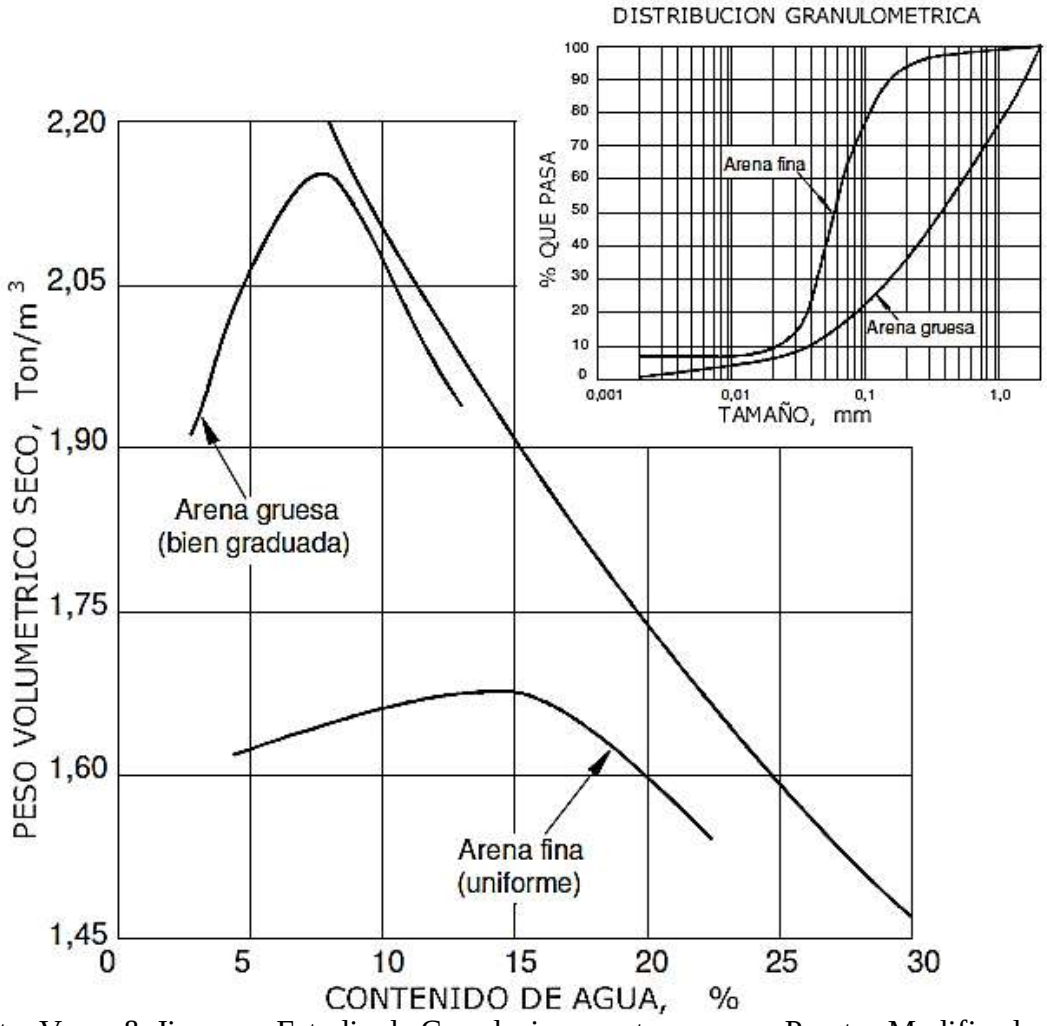


Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones; Sowers & Sowers (1972)

Desde el punto de vista de la graduación Woods observó que generalmente los suelos de graduación cerrada presentan una curva humedad densidad más plana y que los suelos bien graduados presentan una curva con un máximo más pronunciado.

El gráfico N° 17, ilustra el efecto del tipo de suelo en los resultados de compactación lograda en dos arenas no cohesivas diferentes. La ventaja de la arena bien graduada, es que en ella las partículas finas pueden acomodarse en los huecos entre las más grandes.

Gráfico N° 17. Curvas de compactación para dos arenas de diferentes granulometrías con la misma energía de compactación.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

Rico y Del Castillo sostienen que;

...el peso volumétrico seco aumenta al aumentar el porcentaje de gruesos hasta un cierto límite, arriba del cual disminuye. Si el porcentaje de gruesos es constante, pero se cambia la granulometría de la fracción gruesa, el peso volumétrico seco máximo aumenta al mejorar la distribución granulométrica de dicha fracción gruesa. (Rico R., Alfonso; Del Castillo, Hermillo. La ingeniería de suelos en las vías terrestres carreteras calles y aeropistas, 1998)

...diversos investigadores han llegado a la conclusión de que al aumentar la proporción de gruesos en un suelo disminuye la densidad máxima (especialmente cuando la proporción de gruesos en peso es superior al 30% del total), y aumenta la humedad óptima de la fracción fina, por lo cual no es tan fácil pasar de la densidad de laboratorio a la de campo (Maclean y Williams, 1948; Akroyd, 1957; Sherard et al., 1963), (Jiménez Salas, J. A; De Justo Alpañes, J. L. Geotecnia y cimientos, 1975).

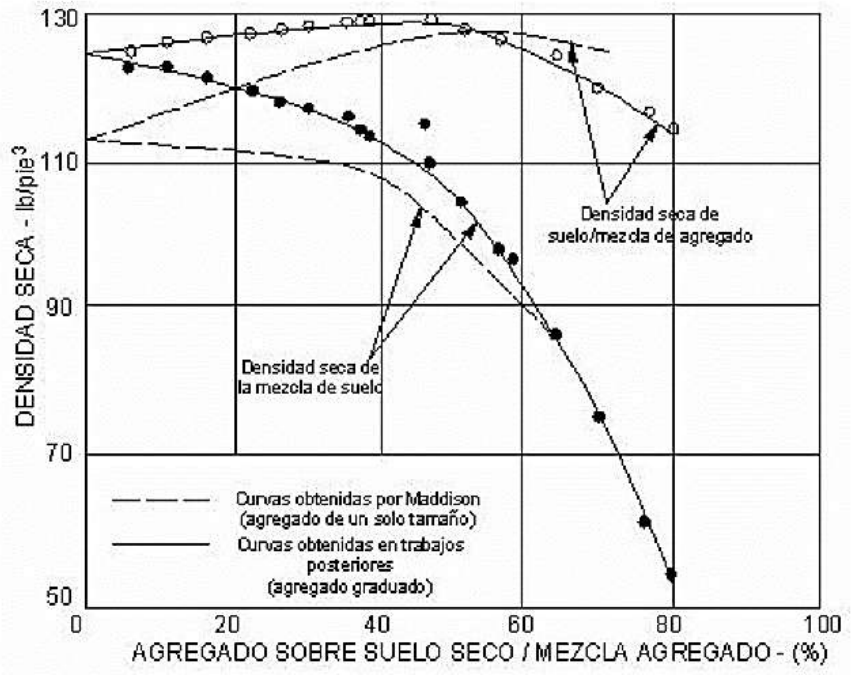
La influencia del contenido de partículas gruesas en la compactación de suelos cohesivos ha sido investigada por Maddison y en trabajos posteriores del Road Research Laboratory.

El estudio de Maddison sobre la influencia de partículas gruesas en la compactación del suelo encontró, que agregar hasta un 25% de agregados de un solo tamaño específico (hasta 2.5 cm) no afecta significativamente la compactación. Sin embargo porcentajes superiores a este límite reducen los pesos volumétricos de manera considerable.

En trabajos posteriores del Road Research Laboratory, donde se usó un agregado graduado entre ¾" y tamiz Nº 7 B.S. (≈2.5cm) se obtuvieron resultados similares a los de Maddison, pero la densidad seca de la mezcla de suelo disminuyó con la adición de incluso pequeñas proporciones de agregado, aunque esta disminución no fue considerable hasta que más de 45% del

agregado fue añadido. La densidad seca de la mezcla del suelo/agregado sólo aumentó ligeramente con el incremento de porcentajes de agregado sobre 50% y para porcentajes mayores disminuyó. Los resultados de ambos estudios se muestran en el gráfico N° 18.

Gráfico N° 18. Compactación de la mezcla de suelo al OCH con diferentes porcentajes de agregado.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

1.2.3.3. La energía específica

Se entiende como tal, a la energía que se aplica al suelo por unidad de volumen durante el proceso de compactación. Para este tipo de pruebas, la energía específica se puede cuantificar a partir de la siguiente expresión:

$$E_e = \frac{N * n * W * h}{V}$$

Donde;

$E_e =$ Energía específica.

$N =$ Número de golpes del pisón compactador por cada una de las capas.

$n =$ Número de capas que se disponen hasta llenar el molde.

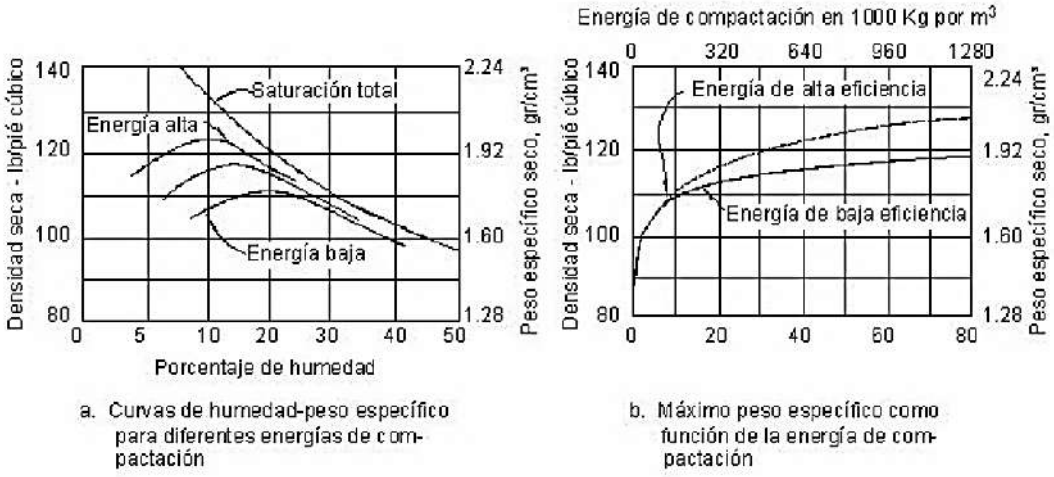
$W =$ Peso del pisón compactador.

$h =$ Altura de caída del pisón al aplicar los impactos al suelo.

$V =$ Volumen del molde total de compactación, igual al volumen total del suelo compactado.

Cuando se compacta un suelo con distintos niveles de energía específica se obtienen curvas como las mostradas en el gráfico N° 19-a. Se puede apreciar que a mayor energía de compactación aplicada se logrará una mayor densidad máxima, y una correspondiente menor humedad óptima. De aquí se desprende que un suelo con exceso de agua no podrá alcanzar una determinada densidad aun cuando se aumente la energía de compactación aplicada, ya que siempre estará limitado por la línea de saturación. También se puede apreciar que en la rama húmeda de las curvas el aumento de energía tiene un pequeño efecto en la densidad seca, pero en la rama seca, el aumento de densidad es considerable.

Gráfico N° 19. Efecto de la energía de compactación en las curvas de humedad – peso específico**.**



Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones; Sowers & Sowers (1972)

La relación entre la energía de compactación y el peso específico seco máximo, no es una relación lineal y se necesita un gran aumento en la energía para producir un pequeño aumento en el peso específico, tal como se ve en el gráfico N° 19-b. La forma como se aplica la energía tiene un efecto significativo en el peso específico; en los suelos no cohesivos, la vibración, que reduce la fricción entre los granos, es particularmente efectiva; en los suelos cohesivos, la presión, que flexa y fuerza los granos a tomar nuevas posiciones, es mejor.

La duración del esfuerzo influye a veces en el peso específico obtenido. En los suelos de grano grueso, el esfuerzo neutro que se opone a la compactación cuando se trabaja con elevados contenidos de humedad, no se puede desarrollar si la energía de compactación se aplica tan lentamente que el agua pueda drenar. En algunas arcillas, la aplicación rápida de la energía de compactación se cree que moviliza la resistencia viscosa del agua y es menos efectiva que si dicha energía se aplica lentamente.

1.2.4. Variables de las pruebas de compactación vibratorias.

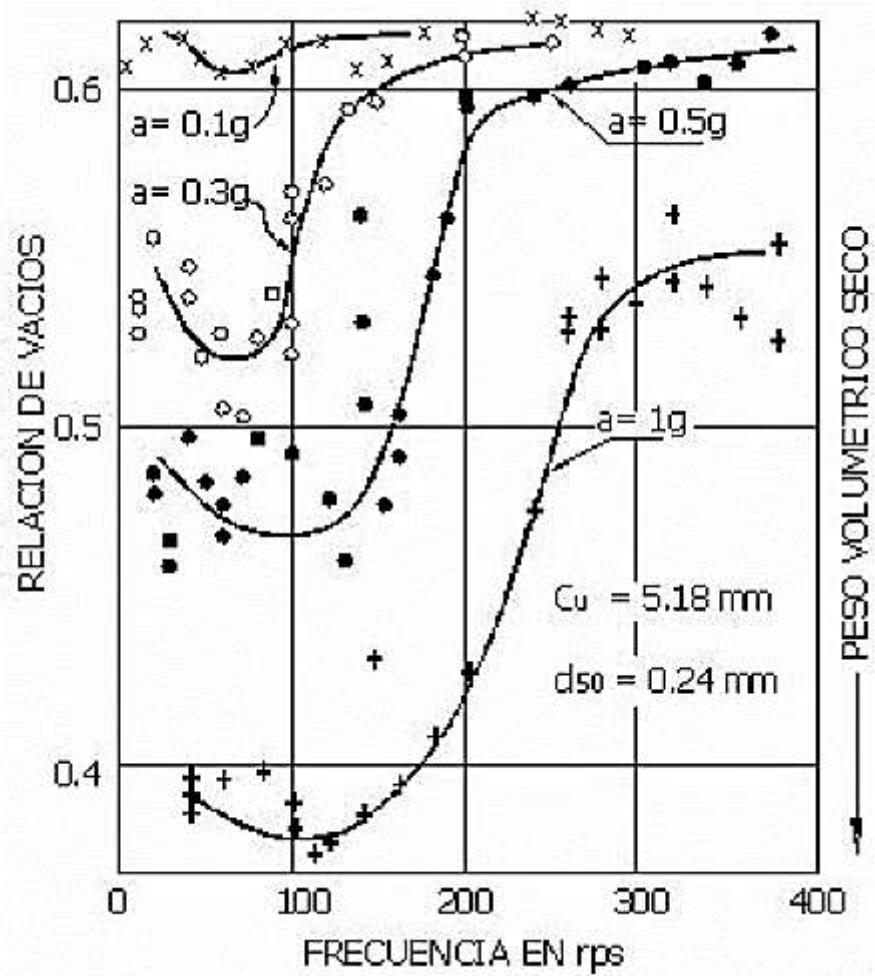
Las pruebas de compactación por vibración en laboratorio comenzaron a emplearse a partir de la segunda mitad del siglo XX. La mayoría de las pruebas utilizan un molde montado sobre una mesa vibratoria al cual se le coloca una sobrecarga encima. Muchos investigadores han tratado de estudiar los factores que influyen en la compactación vibratoria, que son: frecuencia, amplitud y aceleración de la mesa vibratoria; las sobrecargas; el tiempo de vibración; el tamaño del molde; la granulometría del suelo y el contenido de humedad.

1.2.4.1. Influencia de la aceleración, frecuencia y sobrecargas.

Shäffner, estudió la compactación de arenas secas en mesas de vibración. El gráfico N° 20, muestra resultados típicos; puede verse como disminuye la relación de vacíos con la aceleración y como se obtuvieron los máximos pesos volumétricos con frecuencias del orden de 6000 r.p.m.

Resultados análogos han sido reportados por Selig, quién encontró que los máximos pesos volumétricos se obtienen con aceleraciones comprendidas entre 1g y 2g y que cuando crece la presión que se ejerce sobre la arena, se requiere una aceleración mayor para alcanzar un cierto peso volumétrico. (Rico, A; Del Castillo, H. Opt. Cit, 202p)

Gráfico N° 20. Compactación de arenas por vibración. Influencia de la aceleración y la frecuencia.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

1.2.4.2. Influencia de la aceleración y la amplitud.

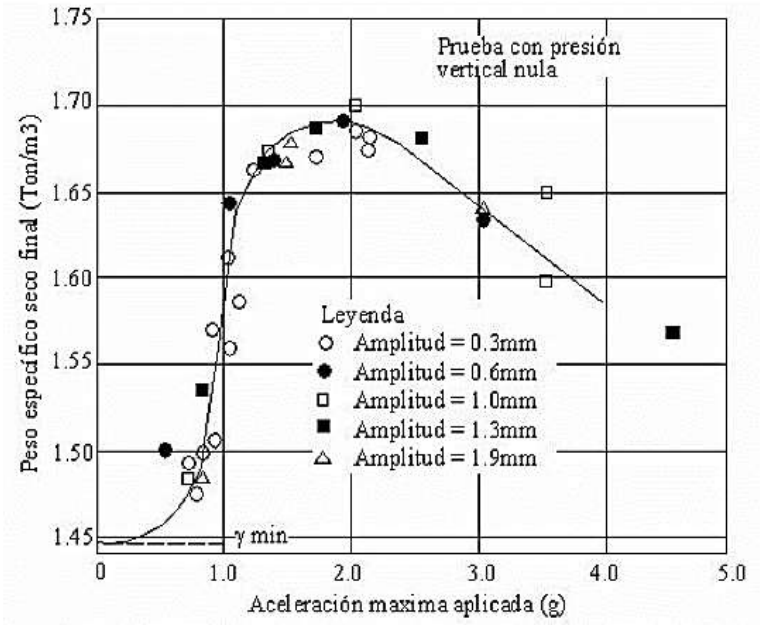
En el gráfico N° 21, obtenida tras colocar un molde con arena seca sin sobrecarga en una mesa vibratoria que producía un movimiento periódico vertical, se muestran resultados típicos de estas pruebas. La arena tenía inicialmente una compacidad relativa cercana a cero.

Se producía una compactación muy pequeña hasta que las aceleraciones se aproximaban a 1g y la mayoría de la compactación se producía para ese valor o muy cerca de él. La máxima compacidad se alcanzaba cuando la aceleración llegaba a 2g, pero un posterior aumento de la aceleración producía una reducción en la compacidad de la arena. (Lambe, T.W.; Whitman, R.V. Mecánica de suelos, 1996)

La figura también muestra que los resultados son independientes de las combinaciones de aceleración y desplazamiento empleadas.

Los resultados de pruebas de este tipo se han interpretado frecuentemente suponiendo que la aceleración máxima es la principal variable que controla la compactación. (Lambe, T.W.; Whitman, R.V. Op. Cit, 249p.)

Gráfico N° 21. Resultados típicos obtenidos en laboratorios de la compactación por vibración.



Fuente: D'Appolonia (1967).

1.2.4.3. Influencia del tipo de suelo

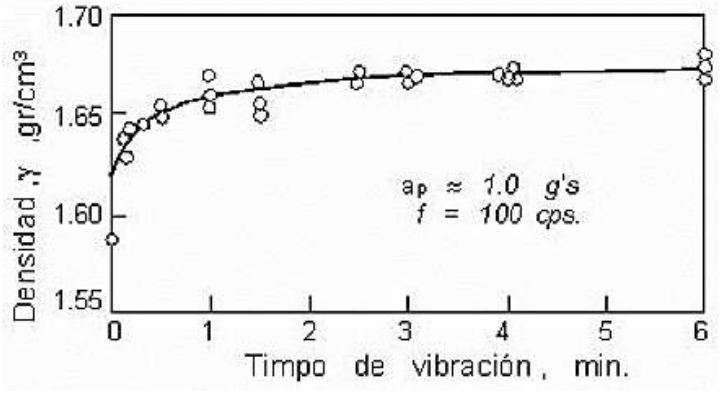
En este procedimiento de compactación, el peso específico límite a que puede llegarse, está regulado por la geometría de las partículas y por el agrupamiento estructural más favorable, que se llama rellenamiento y que corresponde a la relación de vacíos mínima.

La densidad de un material granular depende en gran medida de la forma en que estén dispuestas sus partículas. A igualdad de las demás propiedades, la densidad máxima y mínima son tanto mayores cuanto menos angulosas son las partículas (influye mucho), cuanto mayor es el tamaño, y cuanto mayor es el coeficiente de uniformidad (Koerner, 1970). (Jiménez Salas, J. A; De Justo, J. L. Opt. Cit, 66p.)

1.2.4.4. Tiempo de vibración.

Selig investigó como varía el proceso de densificación con el tiempo de vibración; uno de sus resultados se muestra en el gráfico N° 22, para aceleraciones de 1g's. Se ve que la mayoría de la compactación ocurre en unos pocos segundos; y casi toda en menos de un minuto; además se ve que, pasados los primeros minutos, el valor de densidad tiende a estabilizarse.

Gráfico N° 22. Densidad versus Tiempo

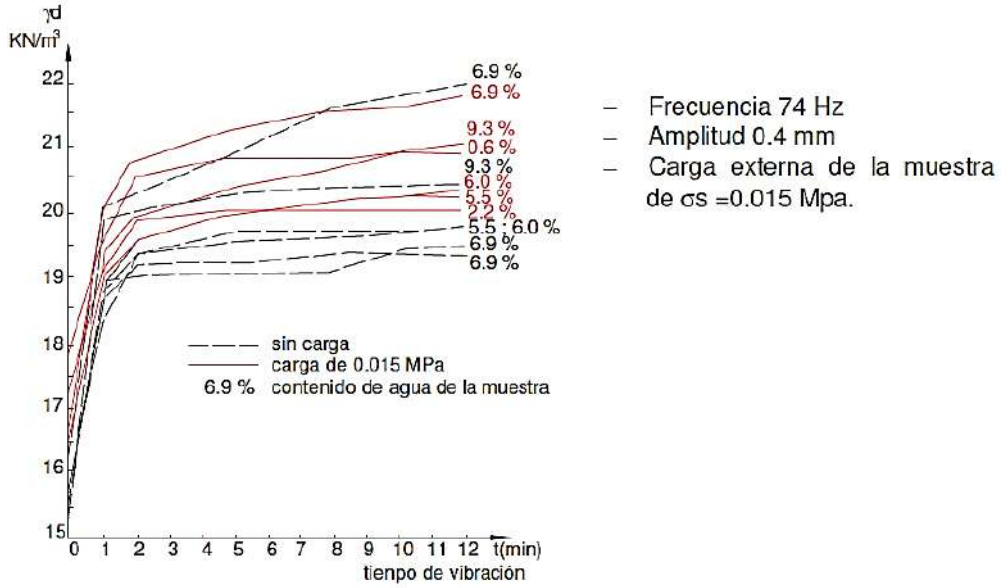


Fuente: Ortigosa & Whitman.

Resultados análogos fueron reportados por Pisarczyk S., quién encontró que el máximo incremento en la compactación del suelo en comparación con la compactación inicial en estado suelto, se obtiene aproximadamente después de tres minutos de vibración. Según este investigador, el incremento en la densidad durante este tiempo es cercano al 90% de la densidad máxima.

Durante los próximos minutos de vibración la eficiencia de la compactación es muy pequeña. La estabilización de la compactación toma lugar después de aproximadamente 6 a 12 minutos (esto depende del contenido de humedad). Para los suelos secos la estabilización de la compactación toma lugar después de aproximadamente 6 minutos de vibración y para suelos húmedos después de aproximadamente 12 minutos de vibración. Los resultados de esta investigación se muestran en el gráfico N° 23.

Gráfico N° 23. Diagrama de relaciones entre el peso específico seco, el tiempo de vibración y el contenido de humedad.



Fuente: Varas & Jimenez; Estudio de Correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares. (2003)

1.2.5. La resistencia la corte de los suelos

En Mecánica de suelos, la resistencia al esfuerzo cortante constituye la característica fundamental a la que se liga la capacidad de los suelos para adaptarse a las cargas que actúen sobre ellos sin fallar.

Las tres razones principales del por qué la resistencia del suelo se liga a su resistencia a los esfuerzos de corte son las siguientes:

- En primer lugar, la resistencia de los suelos a los esfuerzos de tensión es muy baja, que generalmente no tiene importancia para el ingeniero. Por lo común en las estructuras en las cuales el ingeniero hace intervenir el suelo, el esfuerzo básico que actúa es el de corte y de la resistencia a él depende el que la estructura no falle.

- En segundo lugar, la resistencia del suelo a la compresión (pura, naturalmente), es tan alta, que no tiene interés práctico, pues los suelos sometidos a compresión en cualquier caso real fallarán antes por esfuerzos de corte.

- En tercer lugar, la teoría de falla más universalmente utilizada en la Mecánica de Suelos es la teoría de esfuerzo cortante. Esta teoría de falla es la combinación de dos teorías clásicas algo diferentes. La primera, fue establecida en 1773 por el ingeniero militar francés Agustín Coulomb (1736-1806), dice que un material falla cuando el esfuerzo cortante actuante en un elemento plano a través de un suelo alcanza el valor:

$$\tau f = C + \sigma \tan \emptyset$$

Donde;

$\tau f =$ Esfuerzo cortante actuante, final o de falla.

$C =$ Cohesión del suelo.

$\sigma =$ Esfuerzo normal actuante en el plano de falla.

$\emptyset =$ Ángulo de fricción interna del suelo.

Coulomb propuso esta relación como criterio de falla para suelos cohesivos y comprende el caso de los suelos granulares como un caso particular, en el que la resistencia al esfuerzo cortante es cero para un esfuerzo normal nulo $(c = 0)$.

La resistencia al Esfuerzo Cortante, en general es un factor importante para determinar, la compacidad máxima de carga de suelos, la estabilidad de terraplenes y la presión contramuros de retención. Varía con: El tipo de suelo, profundidad y perturbaciones estructurales, también debido a la saturación capilar, contenido de humedad y filtración. La referida resistencia al esfuerzo cortante, se determina en pruebas de laboratorio y campo.

1.3. Definición de términos básicos

- Suelo: Capa de la corteza terrestre, la cual se origina de la desintegración mecánica y descomposición químicas de las rocas preexistentes.

- Tamiz: Herramienta fundamental para ensayos, de laboratorio; es un instrumento, que se compone por un marco rígido, que sujeta una malla de un espaciamiento uniforme, denominado abertura o luz de malla, donde pasan muestras de suelo, según (Bañon & Bevia, 2000).

- Permeabilidad: Propiedad de un suelo de no presentar resistencia al paso de agua, según (Ruíz, 2005).

- Peso específico: Relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua. Tiene fines de clasificación, determinación de la densidad de equilibrio de un suelo y corrección de la densidad en el terreno por la presencia de partículas de agregado grueso, interviene en la mayor parte de los cálculos de mecánica de suelos.

- Cantera: Es la zona donde se extrae materia prima, para emplearse en actividades de construcción, según la explotación utilizada, según (Escobar; 2007).

- Compactación: Es el proceso realizado a través de medios mecánicos que obligan a expulsar el aire de poros, reduciendo los vacíos y produce variaciones en volumen, según (Escobar, 2007). Esto origina un aumento del peso volumétrico de suelo, el

incremento del esfuerzo cortante, reduce su compresibilidad y es más impermeable.

- Comprensibilidad: Propiedad de los suelos, cuando sobre ellos se aplican fuerzas externas que disminuyen el volumen. La compresibilidad y compactación son las causas de asentamiento, según (Sánchez, 1996).

- CBR: El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada.

- Contenido de Humedad: La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua contenida en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (NTP 339.127, 1999).

- Granulometría: Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis granulométrico (ASTM C 136).

- Proctor modificado: El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones, pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada (NTP 339.141, 1999).

- Densidad Seca Máxima: Corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima.

- Humedad Óptima: Porcentaje de humedad para el cual un suelo sometido a una energía de compactación determinada presenta su densidad máxima seca.

- Energía de Compactación: Energía empleada en la compactación de un suelo.

- Correlación: Indica la fuerza y la dirección lineal entre dos variables aleatorias. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra.

- Afirmado: Capa granular compactada de material preparado o natural con gradación granular para que soporten las cargas ejercidas por los esfuerzos de transporte.

- Agregado fino: Material conformado por la deteriorización de rocas. Así mismo, se considera e material pasante de la malla N° 4 (4.75 mm).

- Análisis granulométrico: Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

Las definiciones son términos recopilados del glosario del MTC en referencia en términos de proyectos viales.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

A través del tiempo se han presentado diversos problemas relacionados con la estabilidad de suelos; en el proceso constructivo la información de mecánica de suelos se torna insuficiente para alcanzar la calidad requerida de los proyectos, debido a la poca información técnica que se tiene acerca de dichos suelos.

Actualmente, gracias a la mecánica de suelos se han descubierto las diferentes propiedades que poseen los suelos, y para poder hallar dichas propiedades existen una variedad de ensayos en laboratorio y campo, gracias a dichos ensayos se logra clasificar el tipo de suelo.

El estudio de los suelos otorga un importante aporte a los proyectos ingenieriles ya que a partir de ellos se pueden diseñar cimentaciones para cualquier tipo de estructura, terraplenes, plataformas, presas de tierra y pavimentos, como podemos observar, para poder realizar una obra debemos siempre realizar primero un estudio de mecánica de suelos, ya que todos los suelos son distintos.

En el caso de la conformación de terraplenes o plataformas y pavimentos van directamente involucrados con la compactación de los suelos, el cual es un procedimiento mecánico para disminuir el índice de vacíos, logrando así que la densidad sea mayor con una humedad óptima, lo cual es beneficioso para la ingeniera dando mayor estabilidad y resistencia al corte.

Cuando se presentan suelos considerados malos, la práctica convencional consiste en reemplazar el suelo que se tiene por uno con mejores características o evitarlo construyendo con cimentaciones profundas;

ambas soluciones suelen ser altamente costosas, razón por la cual, se vuelven atractivas las técnicas de mejoramiento o refuerzo de suelos.

En Iquitos se tiene diversas variaciones de la densidad del suelo, las cuales en muy pocas ocasiones son mejoradas y son adaptadas para soportar cargas a las cuales serán sometidas.

El desarrollo del presente estudio tiene la finalidad de correlacionar experimental y analíticamente, algunos de los parámetros que están directamente vinculados a la resistencia de suelos granulares y compactación de las mismas, desarrollándose ensayos tales como: Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál será la relación entre los ensayos Proctor modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cuál será la relación densidad seca – humedad de compactación obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?

¿Cuál será la resistencia al esfuerzo cortante obtenida mediante el ensayo CBR de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?

¿Cuál será el grado de compacidad (compactación) obtenido mediante el ensayo de Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre los ensayos Proctor modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022.

2.3.2. Objetivos específicos

Determinar mediante el ensayo Proctor Modificado la relación densidad seca – humedad de compactación de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022

Determinar mediante el ensayo CBR la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022

Determinar mediante el ensayo de Densidad Relativa el grado de compacidad (compactación) de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022.

2.4. Justificación de investigación

La ciudad de Iquitos, ubicada en la región Amazónica del Perú, enfrenta desafíos significativos en la construcción y mantenimiento de infraestructuras debido a las características únicas de sus suelos. Los suelos granulares (arena cuarzosa y del cauce fluvial), comunes en la zona, presentan propiedades variables que afectan su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y humedad.

La investigación propuesta busca establecer correlaciones entre tres ensayos fundamentales (Proctor modificado, ensayo de CBR y densidad relativa) para evaluar la calidad y estabilidad de los suelos. En consecuencia, se busca desarrollar una metodología para predecir el comportamiento de los suelos granulares en la ciudad de Iquitos, optimizando el diseño y construcción de infraestructura. Esperando resultados de correlaciones significativas entre los ensayos de proctor modificado, CBR y densidad relativa. Proponiendo un modelo predictivo para estimar la resistencia y estabilidad de los suelos granulares.

La investigación contribuirá a mejorar la eficiencia y seguridad en la construcción de infraestructuras en la ciudad de Iquitos, reduciendo costos y tiempos de construcción. Se buscará fomentar el desarrollo sostenible y responsable en la región Amazónica. Los resultados de esta investigación serán de interés para ingenieros civiles y constructores.

2.5. Hipótesis

Existe una correlación significativa los resultados de los ensayos Proctor modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022.

2.6. Variables

2.6.1. Identificación de variables

Variables Independientes X:

Las variables independientes son factores que son manipulados directamente, los cuales repercuten sobre la variable dependiente, en la presente tesis encontramos la siguiente variable independiente:

Suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022

Variables Dependientes Y:

Las variables dependientes son factores que pueden ser medidos y manipulados indirectamente, es decir que dependen de las variables independientes, en nuestro caso encontramos la siguiente variable dependiente:

Estudio de correlaciones entre ensayos Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa.

2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables

Tabla N° 03. Matriz de Operacionalización de Variables

Matriz de Operacionalización			
Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Estudio experimental de correlaciones entre ensayos Proctor modificado, CBR y Densidad Relativa	Estudio correlacional: consiste en evaluar dos variables, siendo su fin estudiar el grado de correlación entre ellas. La investigación correlacional, por tanto, trata de descubrir cómo varía una variable al hacerlo la otra. Ensayo de Proctor modificado: el ensayo Proctor estándar persigue determinar la densidad seca máxima de un suelo y la humedad optima necesaria para alcanzar esta densidad. Ensayo CBR: es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente. Es un ensayo empírico que se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Ensayo Densidad Relativa: es una forma de determinar el grado de compacidad (compactación) de un suelo y se puede emplear tanto para suelos en estado natural como para rellenos compactados artificialmente.	Ensayo Proctor modificado Ensayo CBR Ensayo Densidad Relativa	Densidad seca Granulometría Curva de Compactación Humedad de compactación Grado de compacidad
Suelos granulares	Están compuestos de partículas de grava y arena, son suelos estables cuando se encuentran confinados, no presentan cohesión debido al gran tamaño de las partículas, son suelos permeables y entre las partículas actúan fuerzas gravitacionales producto del peso.	Textura o gradación Estructura Propiedades índices. Superficie específica Composición química	Estado natural del suelo (humedad, densidad) Resistencia mecánica Deformabilidad índice de vacíos Peso específico relativo

Fuente: Elaboración propia, (2024).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El método a usar por su naturaleza es el científico, ya que “constituye un sistema de procedimientos, técnicas, instrumentos para resolver el problema de la investigación, así como comprobar la hipótesis científica”, según Carrasco (2005). La presente investigación emplea el método Experimental, puesto que “son aquellas donde se manipula intencionalmente las variables”, las cuales estarán “bajo control del investigador, en el que hay un grupo de control y experimental”, según Carrasco (2005).

3.1.1. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es: EXPLICATIVO – CORRELACIONAL. Según Hernández et al. (2014): Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de estos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia. (p. 96).

Este tipo de estudios (correlacionales) tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernández et al., 2014, p. 93).

3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación del presente trabajo es aplicada la cual se fundamenta de acuerdo con la bibliografía consultada ya que “Es aplicada cuando se busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.” (Borja, 2012, p.10).

3.1.3. Diseño de Investigación

Por la naturaleza de la investigación es experimental, “ya que se manipula una de las variables y se observa los cambios en la variable de control con lo cual se busca establecer el posible efecto de una causa que se manipula”, según Sampieri (2014).

Esquema del diseño de investigación.

RG1 X O1 (grupo con tratamiento experimental)
RG2 - O2 (grupo de control)

Dónde:

X = Variables Independiente.
O = Variables D. se representan con O porque están en observación y se pueden medir.
R = Selección al Azar se les anticipa una R de random.
G = Presentan los grupos.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población para el desarrollo de la presente investigación está conformada por las canteras Irina Gabriela (ubicada en el Km 18 de la carretera Iquitos a Nauta), y la cantera Astoria (Ubicada frente a la comunidad Astoria, aguas arriba de la ciudad de Iquitos en el margen derecho del río Amazonas) pertenecientes a la ciudad de Iquitos.

3.2.2. Muestra

Para tener una correcta recopilación de datos se tuvo que extraer muestras mediante la exploración de las canteras mencionadas (ver anexo E, panel fotográfico), la cual se encuentran dentro de la ciudad de Iquitos. La muestra para el desarrollo de la presente investigación está conformada por las siguientes canteras; Cantera Irina Gabriela – Carretera Iquitos a Nauta km 18 y Cantera Astoria ubicada en el rio – Rio Amazonas.

Tabla N° 04. Coordenadas UTM de las calicatas exploradas.

ítem	Descripción	Coordenadas UTM - WGS 84		Cantera
		Este	Norte	
1	C - 01	681888	9568061	Irina Gabriela
2	C - 02	681798	9568302	Irina Gabriela
3	C - 03	681673	9568458	Irina Gabriela
4	C - 04	681475	9568284	Irina Gabriela
5	C - 05	681375	9568548	Irina Gabriela
6	C - 06	696020	9594213	Astoria
7	C - 07	695248	9593989	Astoria
8	C - 08	695919	9593495	Astoria
9	C - 09	695233	9593463	Astoria
10	C - 10	695656	9592922	Astoria

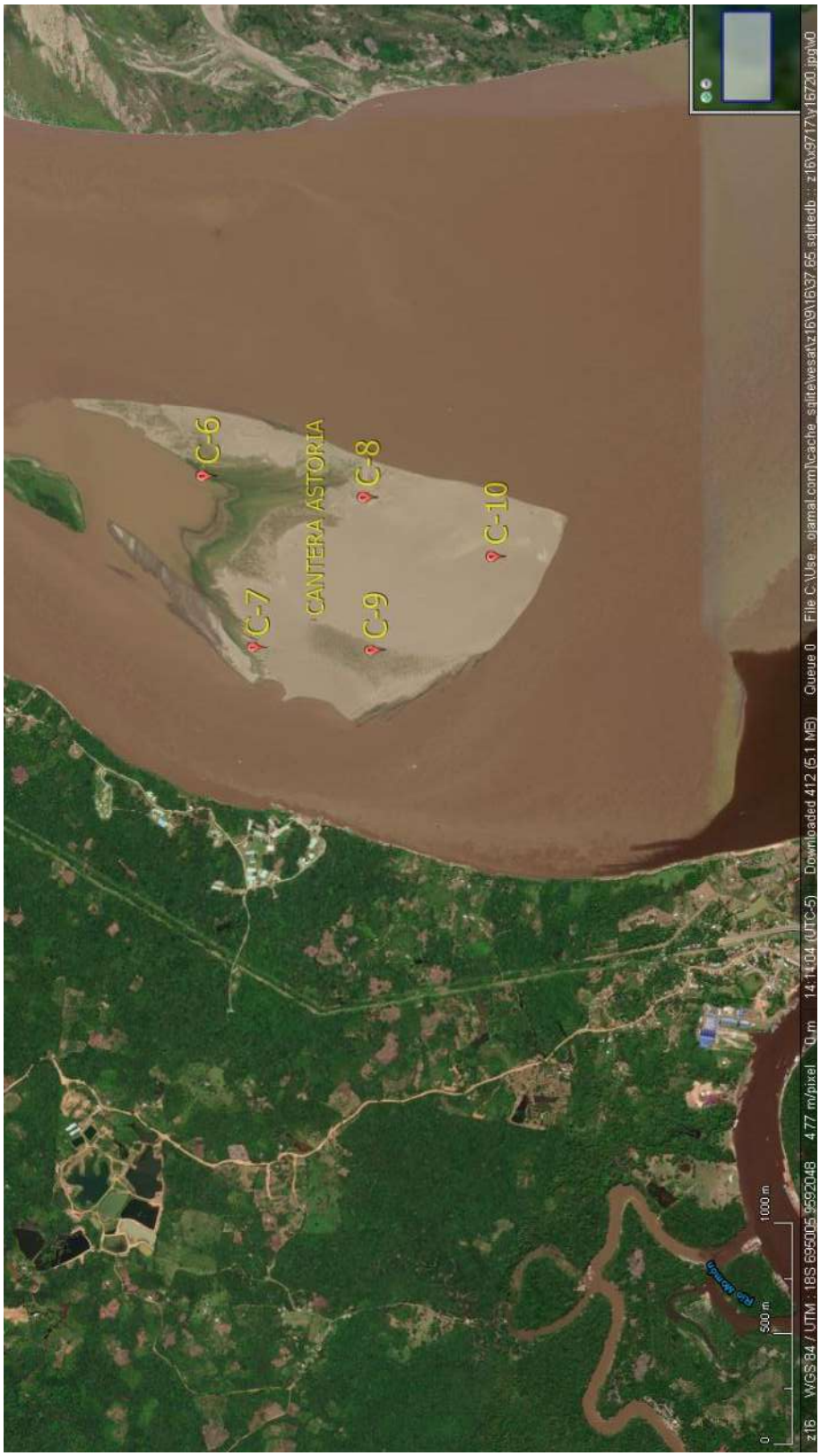
Fuente: Elaboración propia (2024).

Gráfico N° 24. Localización de las calicatas exploradas en la cantera Irina Gabriela.



Fuente: SAS Planet (Imagen satelital).

Gráfico N° 25. Localización de las calicatas exploradas en la cantera Astoria.



Fuente: SAS Planet (Imagen satelital).

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.

Técnicas de recolección de datos

De tal forma, según la naturaleza de la investigación se opta por la observación como técnica de recolección.

La técnica de recolección de datos aplicada es la observación experimental, dado que los valores serán obtenidos en condiciones controladas, pues se realizará modelos de ensayos experimentales para encontrar los valores necesarios para el cálculo e interpretación de los resultados obtenidos. En ese sentido las condiciones para la obtención de datos serán establecidas por las normas y el criterio del investigador, siendo esta una técnica de observación experimental.

Observación directa

La observación directa se realizó mayormente en el proceso que se desarrollado en el laboratorio de suelos. El instrumento a utilizar será la guía de observación, puesto que se aplicarán fichas y/o formatos para recolectar los datos y resultados obtenidos en el proceso experimental. La ficha de registro permitirá llevar un orden adecuado de la cantidad y variación estadística del diseño experimental.

Finalmente, la información recolectada será ordenada y clasificada para su posterior interpretación y análisis.

Ensayos en laboratorio

En la presente investigación fue necesario la identificación de la zona y el reconocimiento de campo de las canteras seleccionadas y así mismo las muestras obtenidas fueron llevados y ensayados en el laboratorio de suelos.

En la presente tesis de investigación se realizaron los diversos ensayos, tanto en campo y en laboratorio, los cuales darán base a la presente investigación, es por ello que se extrajeron muestras que, a continuación, se mencionará los ensayos a realizados:

- Contenido de humedad.
- Granulometría (Clasificación de suelos).
- Límites de consistencia.
- Densidad natural, densidad *in situ* (Cono de Arena).
- Proctor Modificado.
- Ensayo de C.B.R. en laboratorio.
- Densidad Mínima (Densidad Relativa).
- Densidad Máxima por medio de la mesa vibratoria (Densidad Relativa).

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Técnicas de procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó mediante estadística descriptiva, donde se representan los resultados de laboratorio mediante tablas y gráficos. Los cuáles serán procesados con el uso del software Ms Excel.

Durante la elaboración de la investigación se realizó el reconocimiento de campo y se tomó la elección de la muestra a conveniencia. Una vez seleccionada la muestra se procedió a la recolección para su posterior traslado al laboratorio de suelos.

Con respecto al procesamiento de datos por la naturaleza de la investigación se considera a nivel de ingeniería por la precisión y lo objetiva para la determinación de los resultados de laboratorio.

Análisis datos

Para el análisis e interpretación de los datos se empleará la hoja de cálculo Ms Excel: donde se procesará e interpretará los datos numéricos a través de los gráficos y tablas que de ellas se obtienen.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Procesos de laboratorio

En la presente investigación se realizaron diversos ensayos, tanto en campo y en laboratorio, los cuales darán base a la presente investigación, es por ello que se extrajeron muestras por cada cantera explorada (Irina Gabriela – Astoria), a continuación, se mencionará los ensayos realizados:

- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Gravedad específica de los sólidos.
- Densidad in situ (Cono de Arena).
- Proctor Modificado (Método “A”).
- C.B.R. (California Bearing Ratio).
- Densidad Mínima (Densidad Relativa).
- Densidad Máxima por medio de la mesa vibratoria (Densidad Relativa).

4.1.1. Ensayos de Laboratorio

4.1.1.1. Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128

Dicha norma nos hace referencia a determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.074 mm (Nº 200).

El análisis granulométrico por tamizado de las muestras de suelo se realizó según la norma NTP 339.128. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

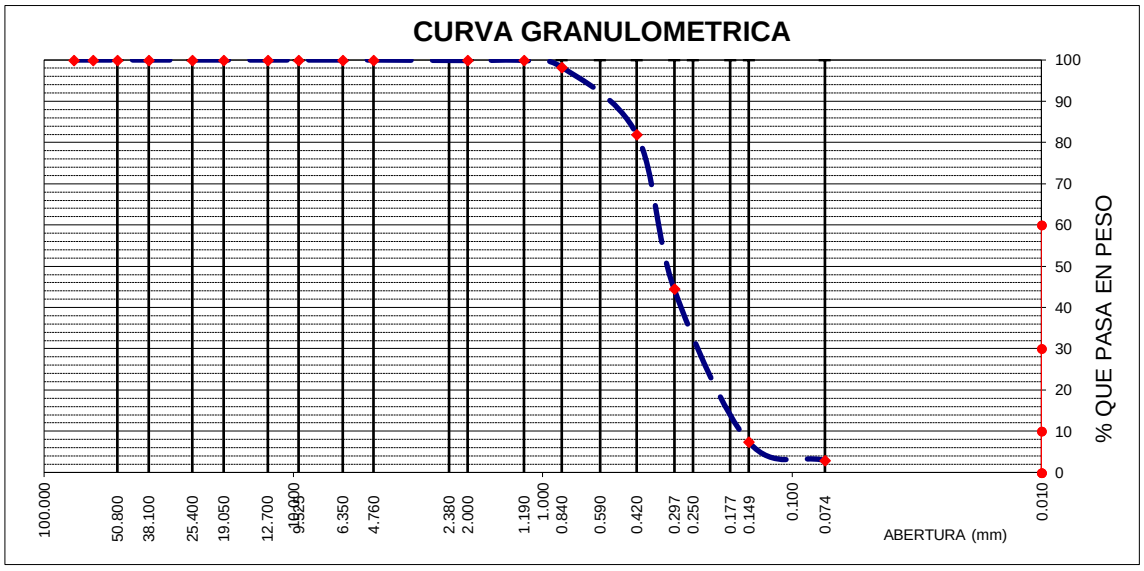
- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18)

Tabla N° 05. Análisis granulométrico por tamizado de la cantera Irina Gabriela.

Distribución granulométrica (% que pasa)						
Tamices ASTM	**Abertura en mm.**	**M-1**	**M-2**	**M-3**	**M-4**	**M-5**
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nº10	2.000	99.88	99.84	99.82	99.86	99.80
Nº20	0.840	98.28	98.25	98.18	98.30	98.04
Nº40	0.420	81.94	79.90	81.41	82.64	81.00
Nº50	0.297	44.45	42.16	38.66	40.08	40.01
Nº100	0.149	7.33	8.27	7.52	7.97	8.61
Nº200	0.074	2.92	3.21	3.07	2.82	3.54
Pasa Nº200						

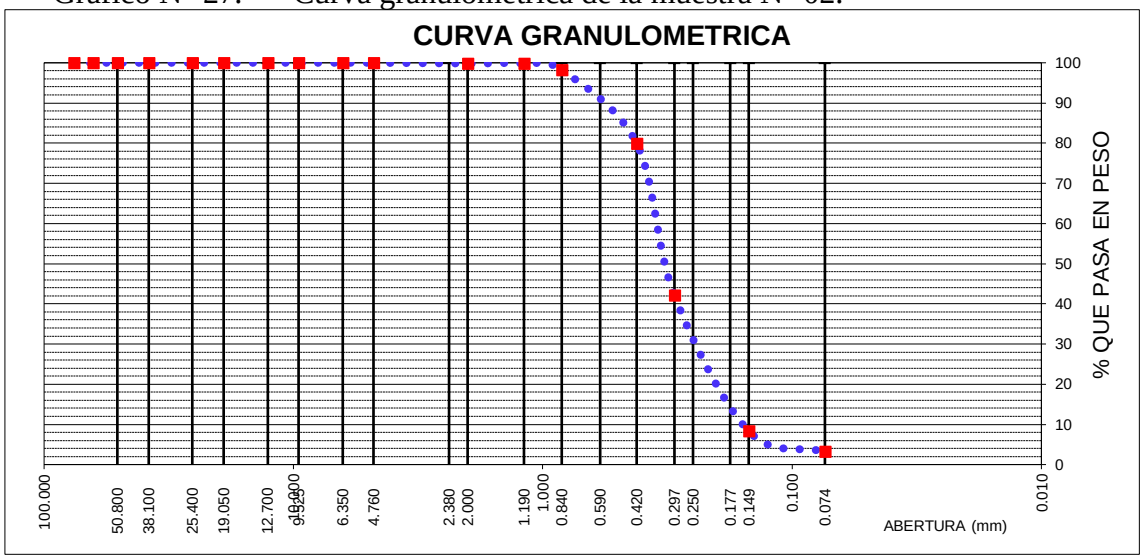
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 26. Curva Granulométrica de la muestra N° 01.



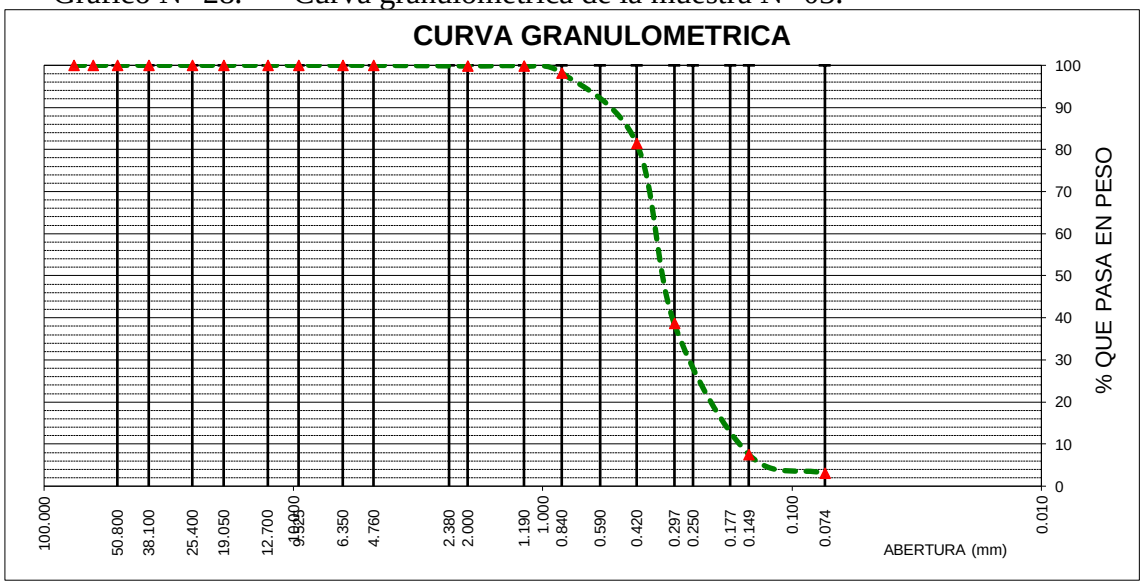
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 27. Curva granulométrica de la muestra N° 02.



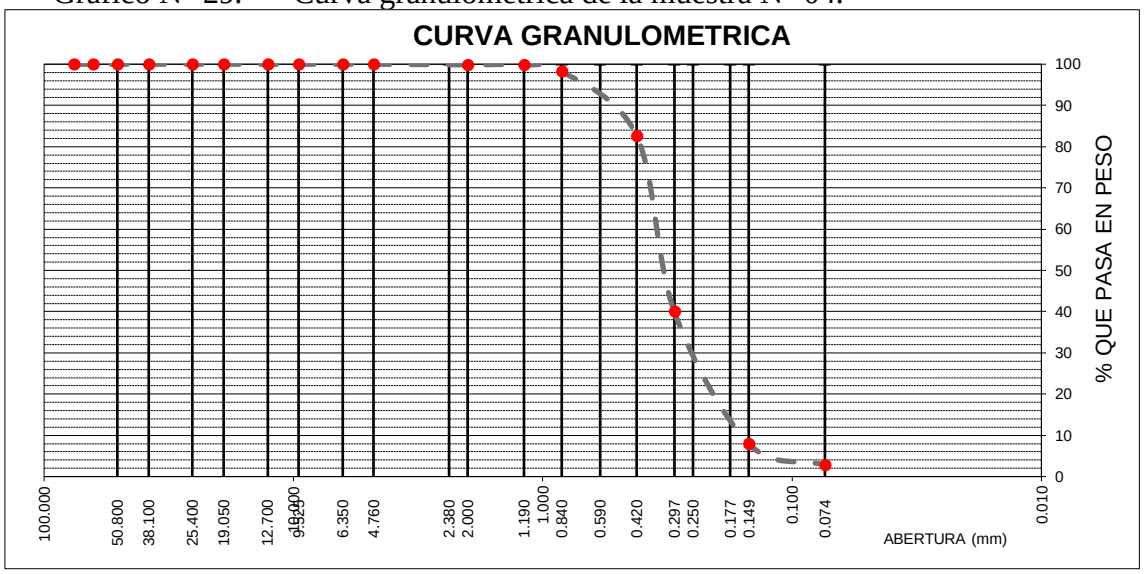
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 28. Curva granulométrica de la muestra N° 03.



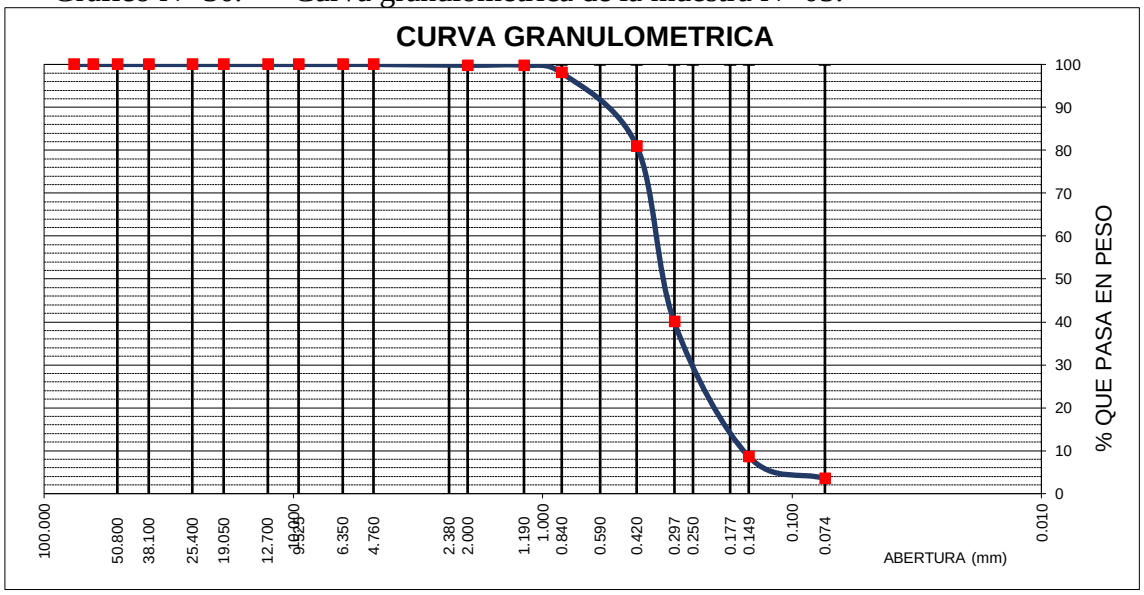
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 29. Curva granulométrica de la muestra N° 04.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 30. Curva granulométrica de la muestra N° 05.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

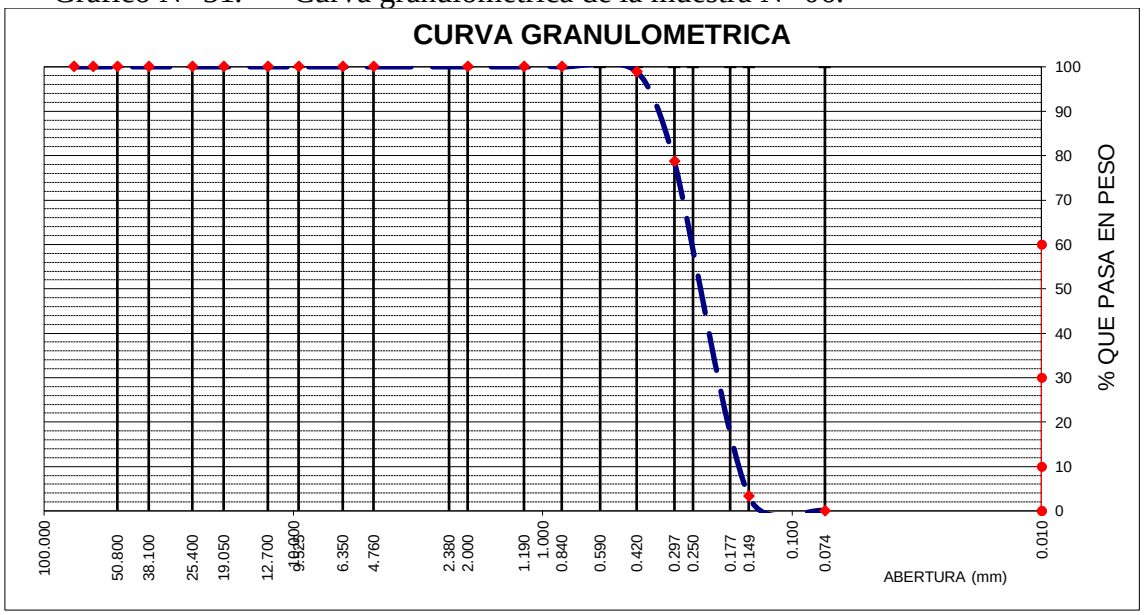
- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

Tabla N° 06. Análisis granulométrico por tamizado de la cantera Astoria.

Distribución granulométrica (% que pasa)						
Tamices ASTM	**Abertura en mm.**	**M-6**	**M-7**	**M-8**	**M-9**	**M-10**
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760					
Nº10	2.000		100.00	100.00	100.00	100.00
Nº20	0.840	100.00	99.99	99.98	99.92	99.81
Nº40	0.420	98.92	98.85	98.61	98.70	98.76
Nº50	0.297	78.76	77.47	74.48	73.08	76.02
Nº100	0.149	3.27	2.63	2.40	2.92	2.83
Nº200	0.074	0.06	0.11	0.21	0.68	0.56
Pasa Nº200						

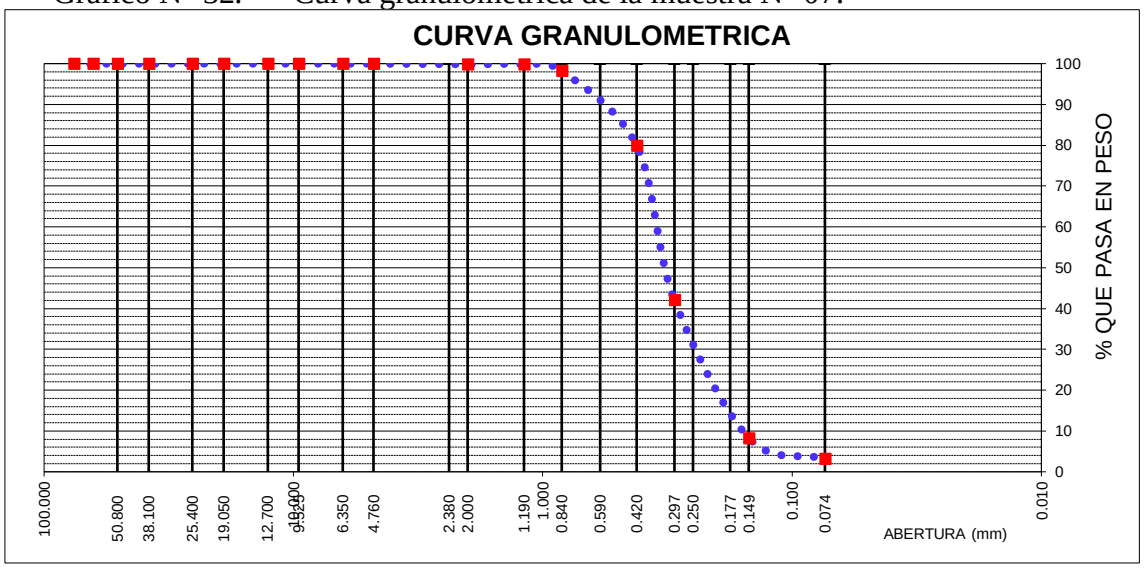
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 31. Curva granulométrica de la muestra N° 06.



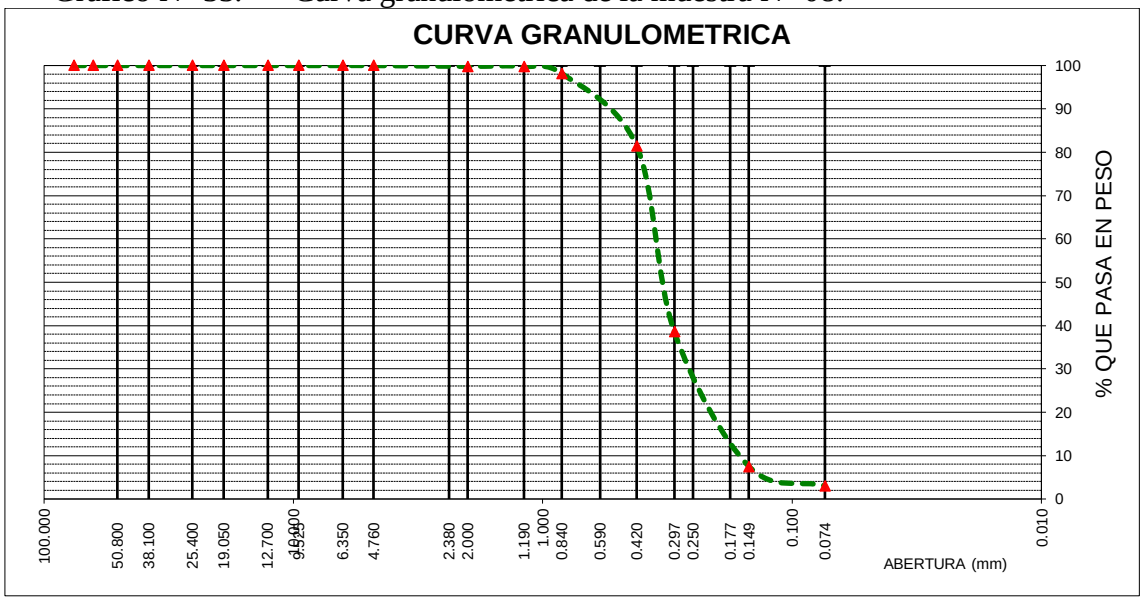
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 32. Curva granulométrica de la muestra N° 07.



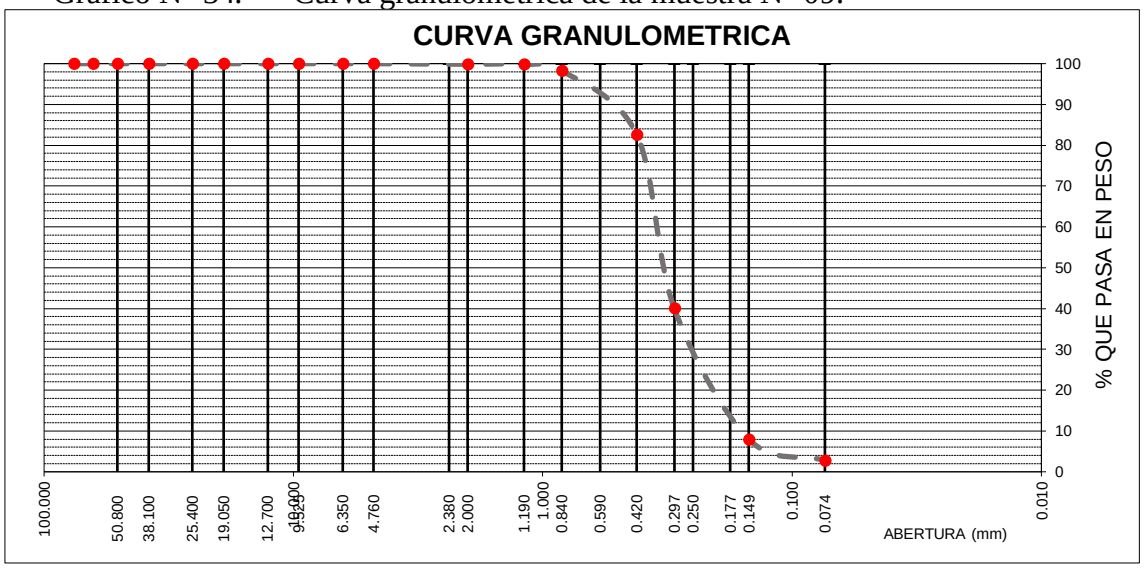
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 33. Curva granulométrica de la muestra N° 08.



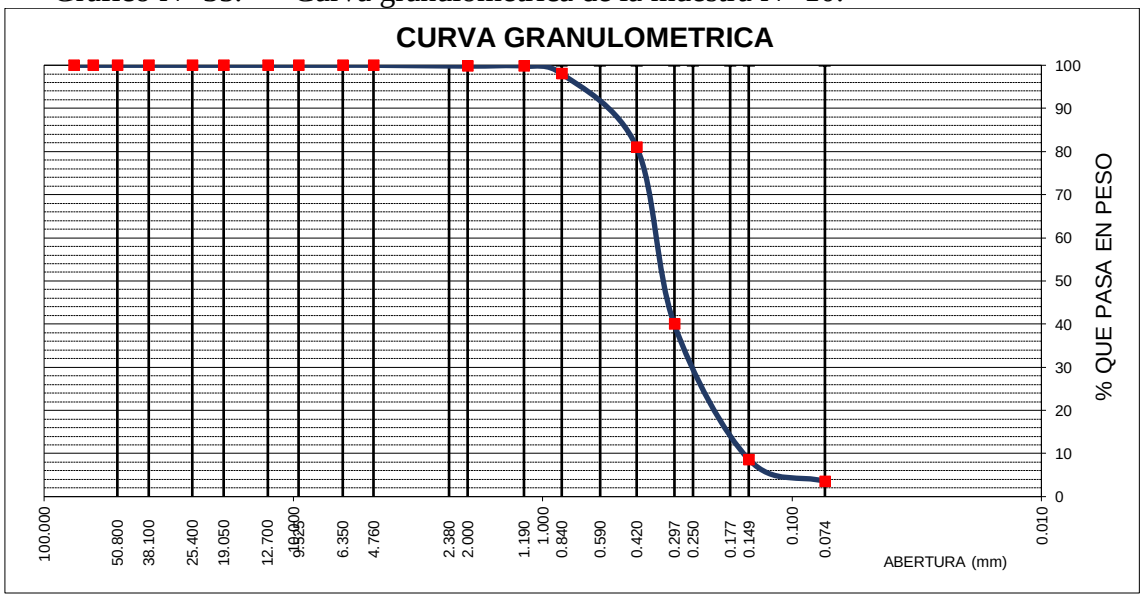
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 34. Curva granulométrica de la muestra N° 09.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Gráfico N° 35. Curva granulométrica de la muestra N° 10.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

4.1.1.2. Límites de Consistencia ASTM D – 4318 / NTP 339.129.

El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos son extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compacidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

El análisis de los Límites de Consistencia de las muestras de suelos se realizó conforme a la norma NTP 339.129.

A continuación, se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18)

Tabla N° 07. Límites de Consistencia de las muestras de la cantera Irina.

Resultados de los Límites de Consistencia					
Límites de consistencia	**M-1**	**M-2**	**M-3**	**M-4**	**M-5**
Límite Líquido	NP	NP	NP	NP	NP
Límite Plástico	NP	NP	NP	NP	NP
Ind. Plástico	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propia, (2024)

- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

Tabla N° 08. Límites de Consistencia de las muestras de la cantera Astoria.

Resultados de los Límites de Consistencia					
Límites de consistencia	**M-6**	**M-7**	**M-8**	**M-9**	**M-10**
Límite Líquido	NP	NP	NP	NP	NP
Límite Plástico	NP	NP	NP	NP	NP
Ind. Plástico	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.3. Gravedad Específica de los Sólidos ASTM D – 854 / AASHTO T – 100.

La gravedad específica de los sólidos de un suelo es la relación directamente proporcional del peso específico de las partículas sólidas del suelo y el peso específico del agua destilada. Se emplea para calcular las relaciones de fases de los suelos (relación de vacíos y grado de saturación).

La gravedad específica puede ser calculada utilizando cualquier relación de peso de suelo (Ws) al peso del agua (Ww), siempre y cuando se consideren los mismos volúmenes (Badillo, 2001).

La gravedad específica de los sólidos de las muestras de suelos se realizó conforme a la norma ASTM D - 854.

A continuación, se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18).

Tabla N° 09. Gravedad específica de los sólidos – Cantera Irina.

N° Muestra	Clasificación		**Gravedad especifica**
	SUCS	AASHTO	
M-1	SP	A-3 (0)	2.683
M-2	SP	A-3 (0)	2.633
M-3	SP	A-3 (0)	2.644
M-4	SP	A-3 (0)	2.609
M-5	SP	A-3 (0)	2.667

Fuente: Elaboración propia, (2024)

- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas.

Tabla N° 10. Gravedad específica de los sólidos – Cantera Astoria.

N° Muestra	Clasificación		**Gravedad especifica**
	SUCS	AASHTO	
M-6	SP	A-3 (0)	2.647
M-7	SP	A-3 (0)	2.614
M-8	SP	A-3 (0)	2.620
M-9	SP	A-3 (0)	2.624
M-10	SP	A-3 (0)	2.676

Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.4. Ensayo de Proctor Modificada, Método “A” – ASTM D – 1557 / NTP 339.141.

Este ensayo indica los procedimientos para la compactación en laboratorio, que se utilizan para determinar las relaciones de contenido de humedad óptimo (OCH) con el peso unitario seco de los suelos (γd), con lo cual se determina la curva de compactación (NTP 339.141).

Este ensayo se desarrolló según norma ASTM D – 1557; a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

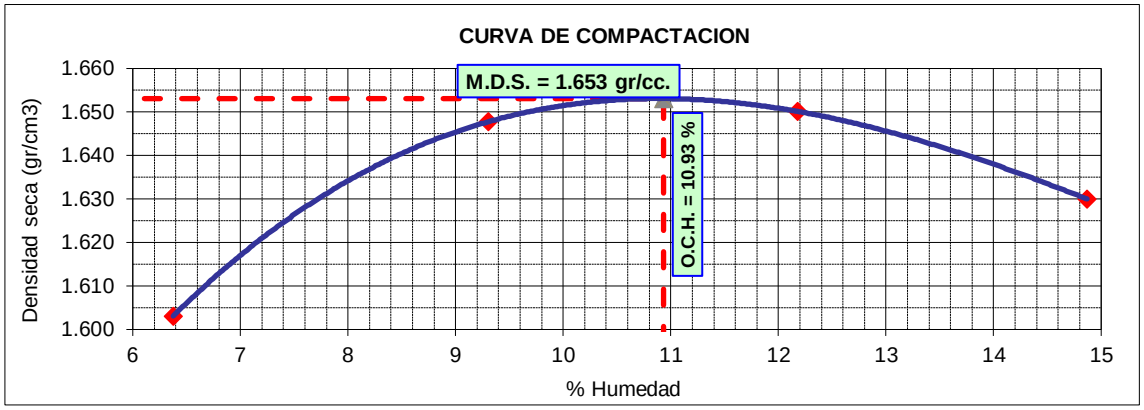
- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18).

Tabla N° 11. Proctor Modificado utilizando el método “A”, cantera Irina.

N° Muestra	Clasificación		Propiedades físicas	
	SUCS	AASHTO	MDSC gr/cm^3	O.C.H %
M-1	SP	A-3 (0)	1.653	10.93
M-2	SP	A-3 (0)	1.722	10.77
M-3	SP	A-3 (0)	1.727	10.93
M-4	SP	A-3 (0)	1.867	13.48
M-5	SP	A-3 (0)	1.732	11.14

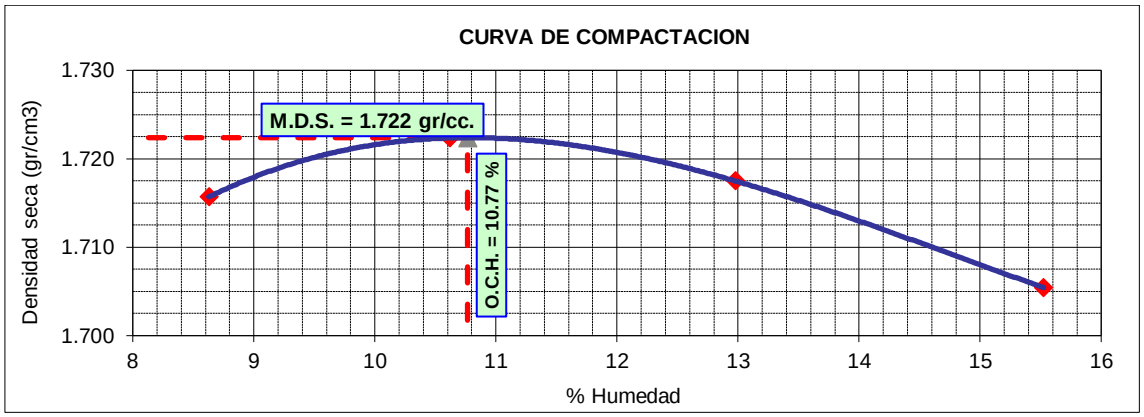
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 36. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-1, Irina Gabriela.



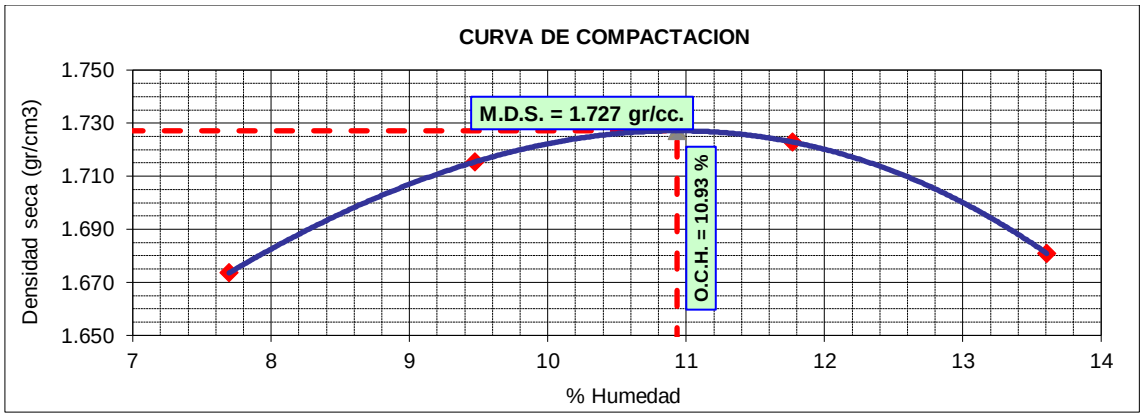
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 37. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-2, Irina Gabriela.



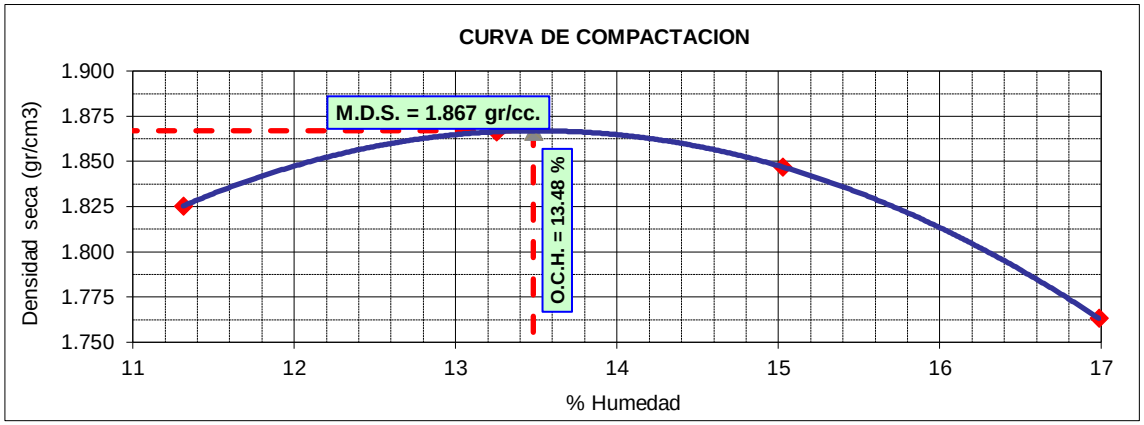
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 38. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-3, Irina Gabriela.



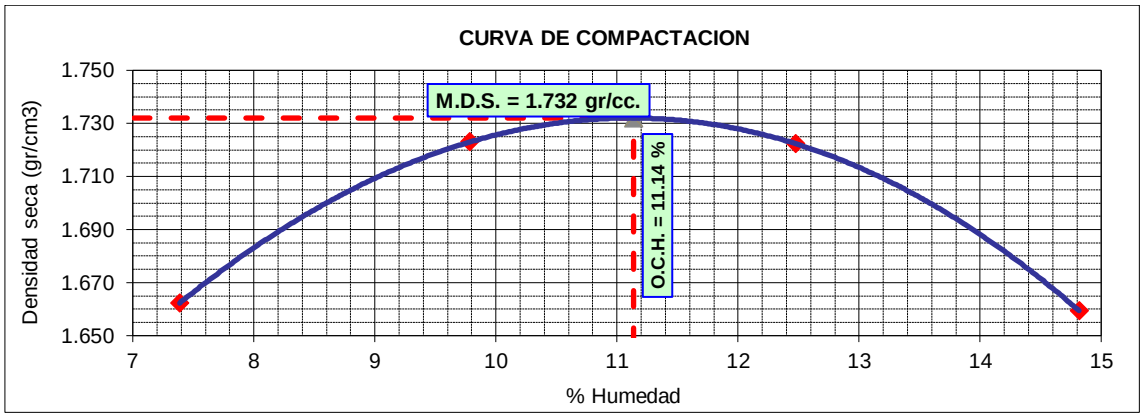
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 39. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-4, Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 40. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-5, Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

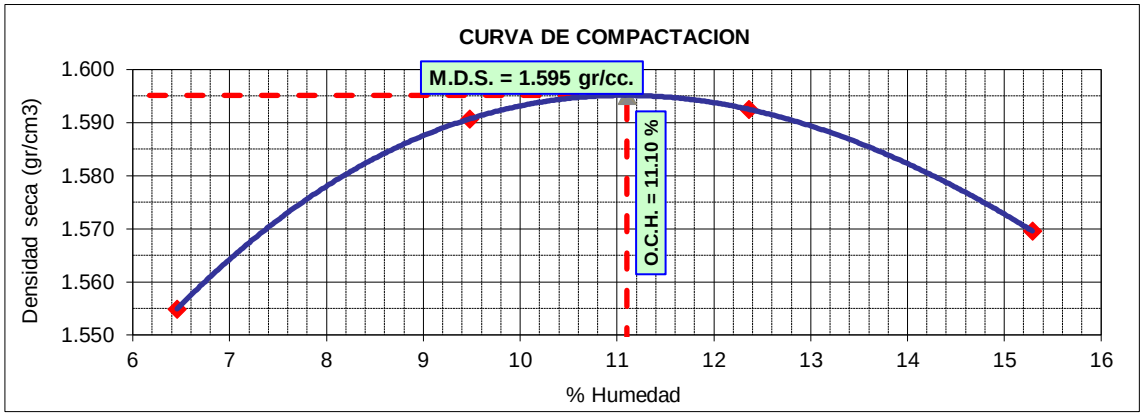
- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

Tabla N° 12. Proctor Modificado utilizando el método “A”, cantera Astoria.

N° Muestra	Clasificación		Propiedades físicas	
	SUCS	AASHTO	MDSC gr/cm^3	O.C.H %
M-6	SP	A-3 (0)	1.595	11.10
M-7	SP	A-3 (0)	1.651	12.40
M-8	SP	A-3 (0)	1.650	11.85
M-9	SP	A-3 (0)	1.698	14.31
M-10	SP	A-3 (0)	1.693	11.05

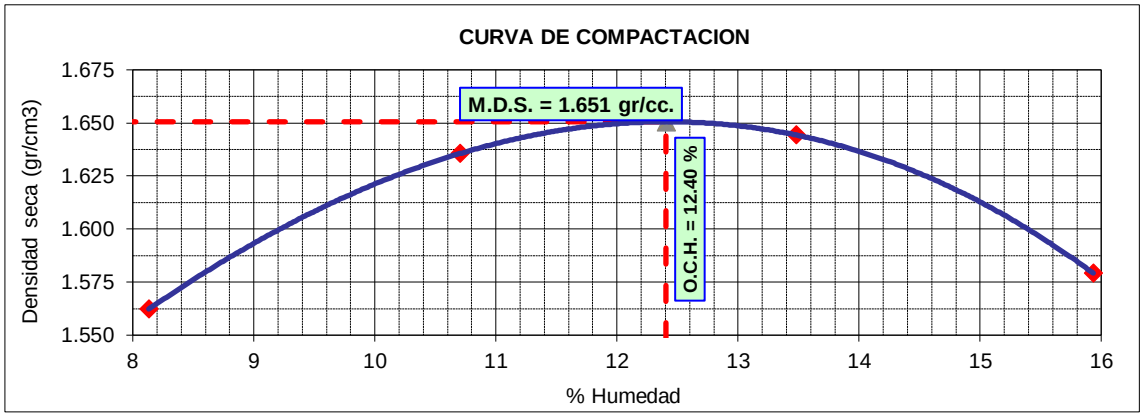
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 41. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-06, Astoria.



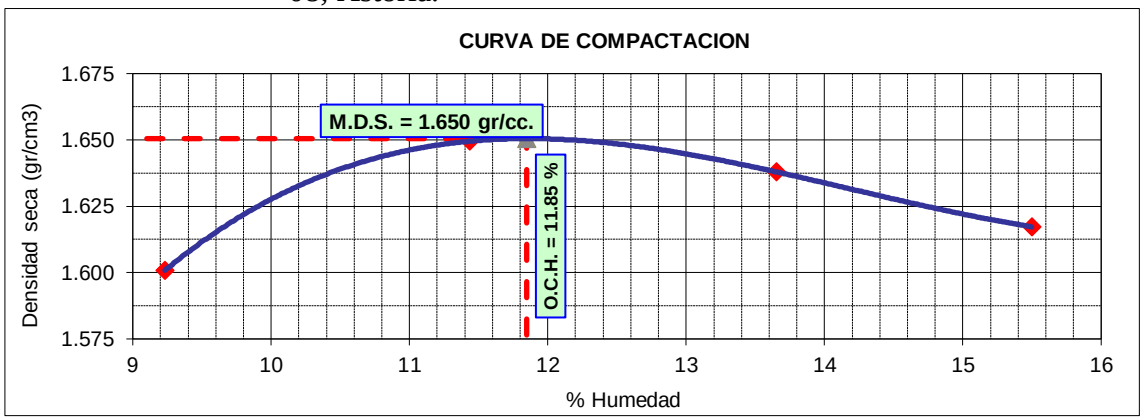
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 42. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-07, Astoria.



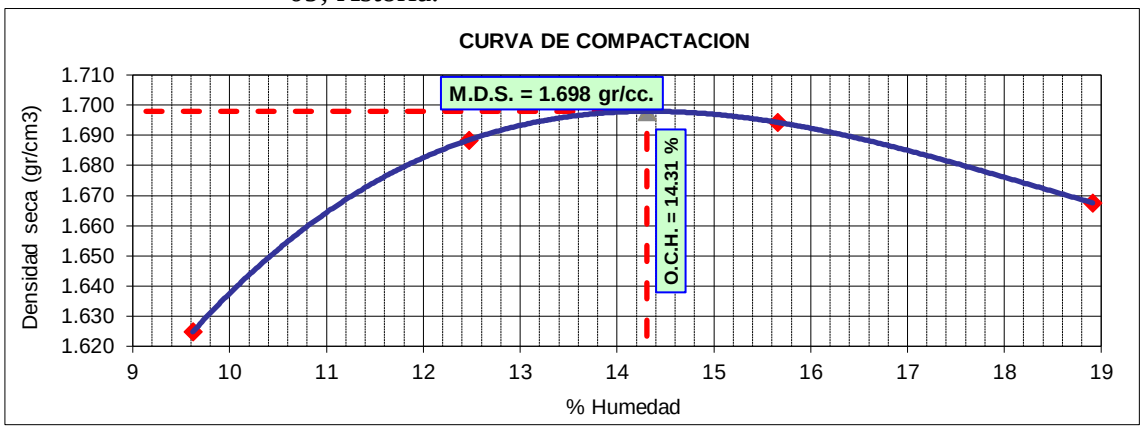
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 43. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-08, Astoria.



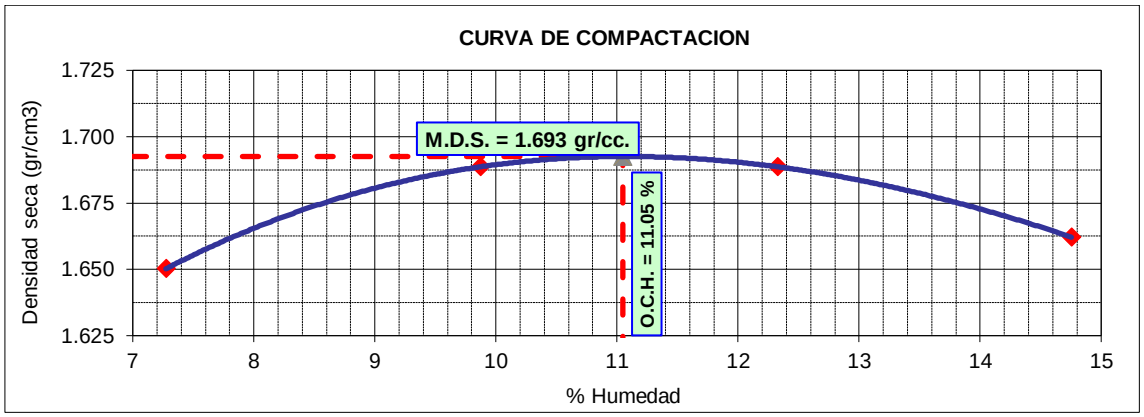
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 44. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-09, Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 45. Curva de compactación del Proctor modificado de la muestra M-10, Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.5. Ensayo de Penetración de C.B.R. ASTM D – 1883.

El C.B.R. es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, pero de la aseveración anterior es evidente que este número no es constante para un suelo dado.

El ensayo se realizó según aplicación de la norma ASTM D – 1883, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

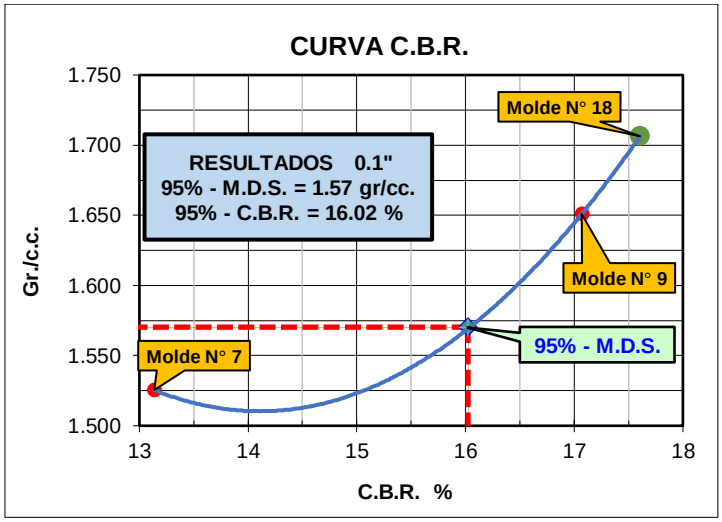
- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18).

Tabla N° 13. Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), de la cantera Irina Gabriela.

N° Muestra	Clasificación		C.B.R$_{0.1"}$ (%)	
	SUCS	AASHTO	95% MDS	100% MDS
M-1	SP	A-3 (0)	16.02	17.60
M-2	SP	A-3 (0)	15.90	25.45
M-3	SP	A-3 (0)	12.40	29.68
M-4	SP	A-3 (0)	21.50	23.09
M-5	SP	A-3 (0)	16.50	18.81

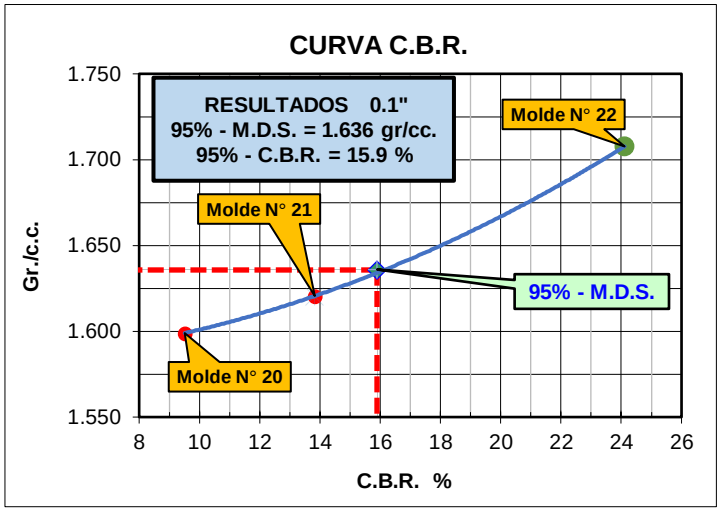
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 46. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-01, Irina Gabriela.



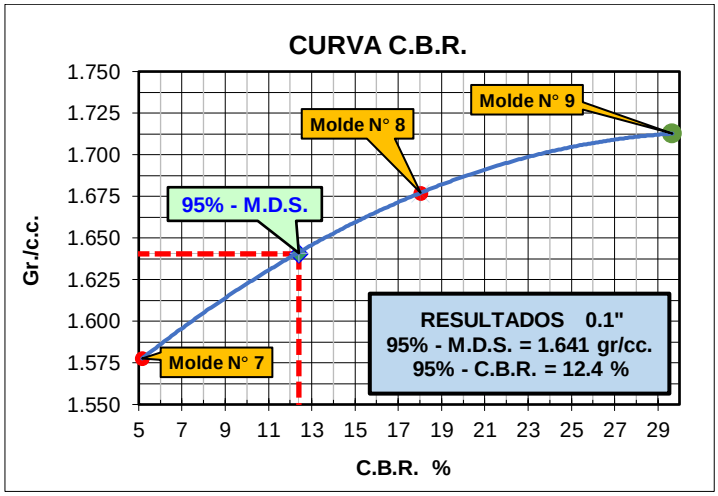
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 47. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-02, Irina Gabriela.



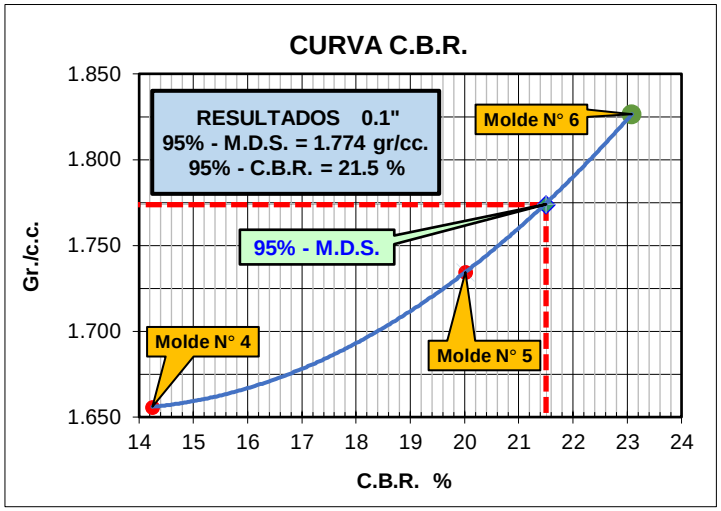
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 48. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-03, Irina Gabriela.



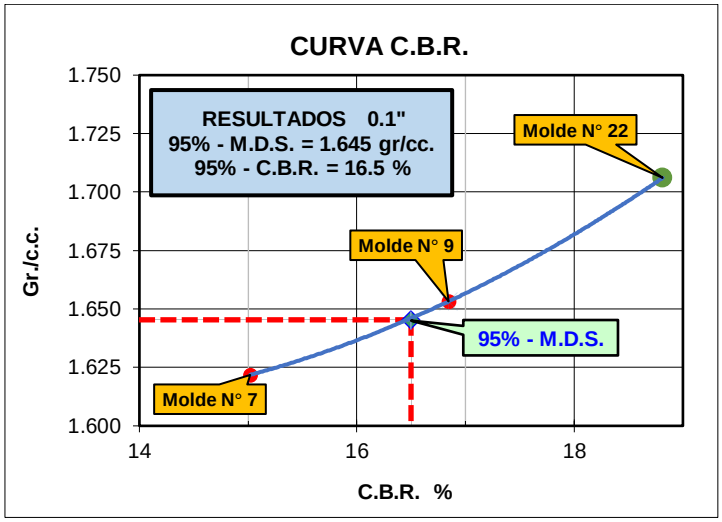
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 49. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-04, Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 50. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-05, Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

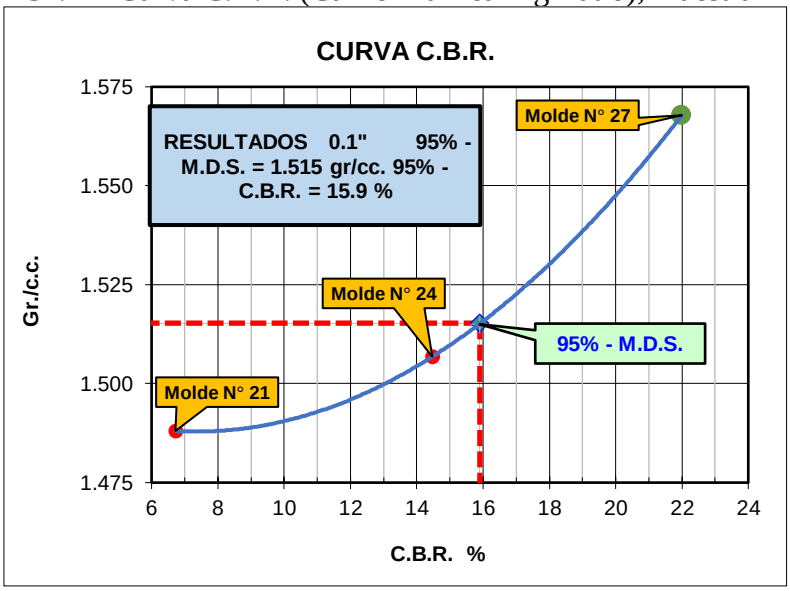
Tabla N° 14. Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), de la cantera Astoria.

N° Muestra	Clasificación		$C.B.R_{0.1"}$ (%)	
	SUCS	AASHTO	95% MDS	100% MDS
M-6	SP	A-3 (0)	15.90	21.99
M-7	SP	A-3 (0)	17.20	28.90
M-8	SP	A-3 (0)	18.50	25.12
M-9	SP	A-3 (0)	17.10	24.66
M-10	SP	A-3 (0)	18.30	21.64

Fuente: Elaboración propia, (2024)

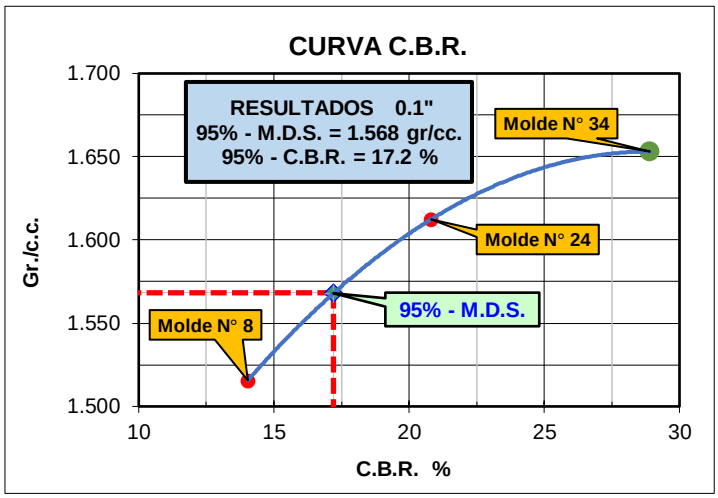
Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-6, Astoria.

Gráfico N° 51. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-06, Astoria.



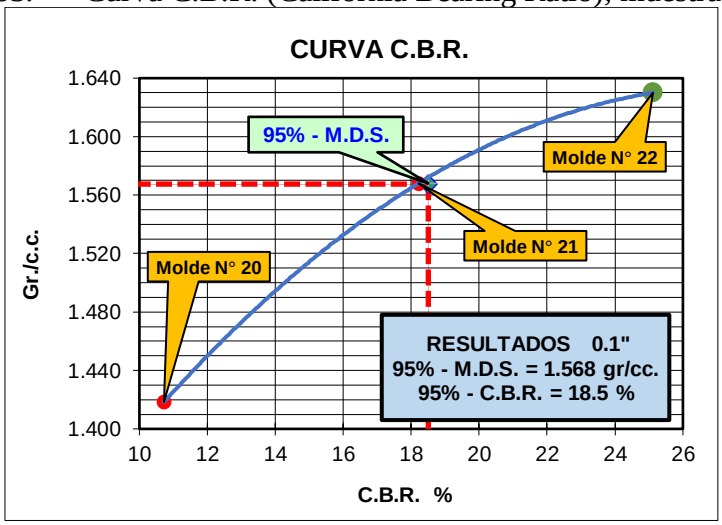
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 52. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-07, Astoria.



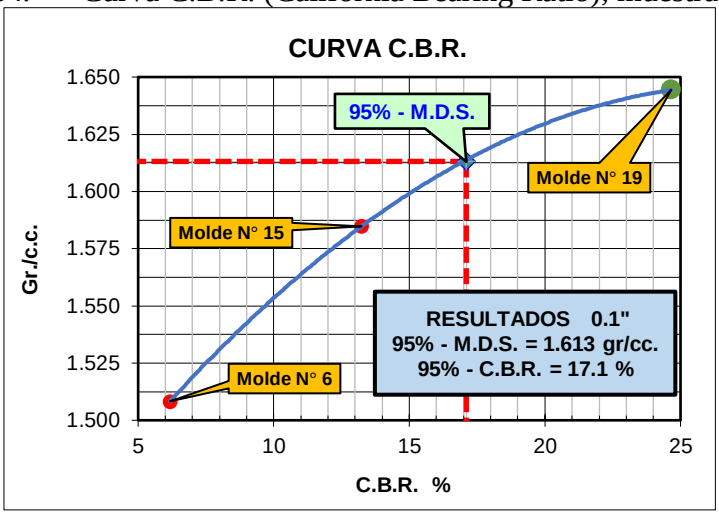
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 53. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-08, Astoria.



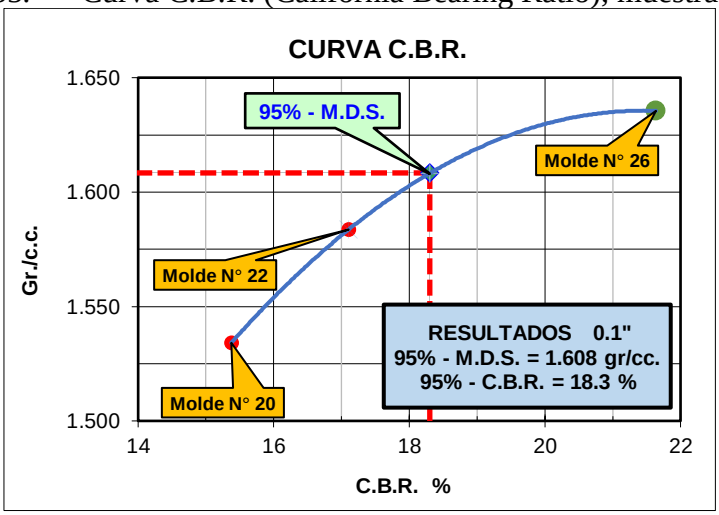
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 54. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-09, Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 55. Curva C.B.R. (California Bearing Ratio), muestra M-10, Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.6. Densidad de campo con Speedy, ASTM D – 1556 / NTP 339.143.

Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado, (NTP 339.143). El ensayo se realizó según los procedimientos establecidos en la norma ASTM D – 1556, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

- Cantera Astoria Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18)

Tabla N° 15. Densidad de campo con Speedy, cantera Irina Gabriela.

N° Muestra	Clasificación		Propiedades físicas (Laboratorio)		Densidad de campo		% de compactación
	SUCS	AASHTO	MDS gr/cm^3	O.C.H %	Densidad húmeda gr/cm^3	Densidad seca gr/cm^3	
M-1	SP	A-3 (0)	1.653	10.93	1.813	1.655	100.10
M-2	SP	A-3 (0)	1.722	10.77	1.895	1.701	98.80
M-3	SP	A-3 (0)	1.727	10.93	1.888	1.717	99.40
M-4	SP	A-3 (0)	1.867	13.48	2.042	1.837	98.40
M-5	SP	A-3 (0)	1.732	11.14	1.913	1.726	99.70

Fuente: Elaboración propia, (2024)

- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

Tabla N° 16. Densidad de campo con Speedy, cantera Astoria.

N° Muestra	Clasificación		Propiedades físicas (Laboratorio)		Densidad de Campo		% de compactación
	SUCS	AASHTO	MDS gr/cm^3	O.C.H %	Densidad húmeda gr/cm^3	Densidad seca gr/cm^3	
M-6	SP	A-3 (0)	1.595	11.10	1.806	1.633	102.40
M-7	SP	A-3 (0)	1.651	12.40	1.863	1.666	100.90
M-8	SP	A-3 (0)	1.650	11.85	1.819	1.645	99.70
M-9	SP	A-3 (0)	1.698	14.31	1.875	1.686	99.30
M-10	SP	A-3 (0)	1.693	11.05	1.830	1.673	98.80

Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.7. Ensayo de determinación de la densidad mínima y máxima ASTM D – 4253 y ADTM D – 4254 (Método A)

La norma establece los métodos de prueba que cubren la determinación de los índices máximos y mínimos de densidad/peso unitario de suelos sin cohesión y libres de drenaje utilizando una mesa de vibración vertical.

Este tipo de ensayo son aplicables a suelos que contengan hasta el 15% de partículas de suelo seco que pasen a través de la malla N°200 (0.074 mm), con la condición de que no sean cohesivos y tengan propiedades drenantes. Además, son aplicables para los suelos que el 100% de peso seco pase por la malla de 3 pulg (75 mm).

Los suelos para este propósito deben ser suelos naturales, sin partículas procesadas, o una mezcla de partículas naturales y procesadas, a condición de que sean drenantes.

Los ensayos se realizaron según norma ASTM D – 4253 y ASTM D – 4254 (Método A), siguiendo los procedimientos que se mencionan en la norma se obtuvieron los siguientes resultados:

- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18).

Tabla N° 17. Determinación de la densidad mínima y máxima ASTM D – 4253//4254, cantera Irina Gabriela.

N° Muestra	Gravedad específica de los sólidos	Relación de vacíos			Determinación de la densidad máxima y mínima			% de Densidad Relativa
					Campo	Laboratorio		
	G_s	e	e_{min}	$e_{máx}$	γ_d gr/cm³	γ_{dmin} gr/cm³	γ_{dmax} gr/cm³	
M-1	2.683	0.621	0.574	0.825	1.655	1.470	1.704	81.38
M-2	2.633	0.548	0.479	0.876	1.701	1.403	1.781	82.59
M-3	2.644	0.540	0.496	0.765	1.717	1.498	1.717	83.61
M-4	2.609	0.420	0.403	0.504	1.837	1.735	1.860	82.55
M-5	2.667	0.545	0.495	0.763	1.726	1.513	1.784	81.23

Fuente: Elaboración propia, (2024)

- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas)

Tabla N° 18. Determinación de la densidad mínima y máxima ASTMD D – 4253//4254, cantera Astoria.

N° Muestra	Gravedad específica de los sólidos	Relación de vacíos			Determinación de la densidad máxima y mínima			% de Densidad Relativa
					Campo	Laboratorio		
	G_s	e	e_{min}	$e_{máx}$	γ_d gr/cm³	γ_{dmin} gr/cm³	γ_{dmax} gr/cm³	
M-6	2.647	0.621	0.588	0.924	1.633	1.376	1.667	90.08
M-7	2.614	0.569	0.540	0.867	1.666	1.400	1.697	91.13
M-8	2.620	0.593	0.569	0.896	1.645	1.382	1.670	92.79
M-9	2.624	0.556	0.530	0.891	1.686	1.387	1.715	92.72
M-10	2.676	0.600	0.565	0.965	1.673	1.362	1.710	91.40

Fuente: Elaboración propia, (2024)

4.1.1.8. Ensayo de corte directo, ASTM D 3080

Tiene por objeto determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada. Este ensayo puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y moldeadas. El ensayo de corte directo permite encontrar los parámetros de resistencia de un suelo (cohesión y ángulo acción).

El estudio de resistencia cortante es fundamental para atender cómo se comporta el suelo al recibir esfuerzos, y de esta manera, para poder analizar los diversos problemas relacionados con su estabilidad; tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

Los resultados del ensayo son aplicables a situaciones de campo donde la consolidación completa ha ocurrido bajo la carga sobre existente, y la falla es alcanzada lentamente de modo tal que los excesos de presiones de poro son disipados.

El ensayo se realizó según los procedimientos establecidos en la norma ASTM D – 3080, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

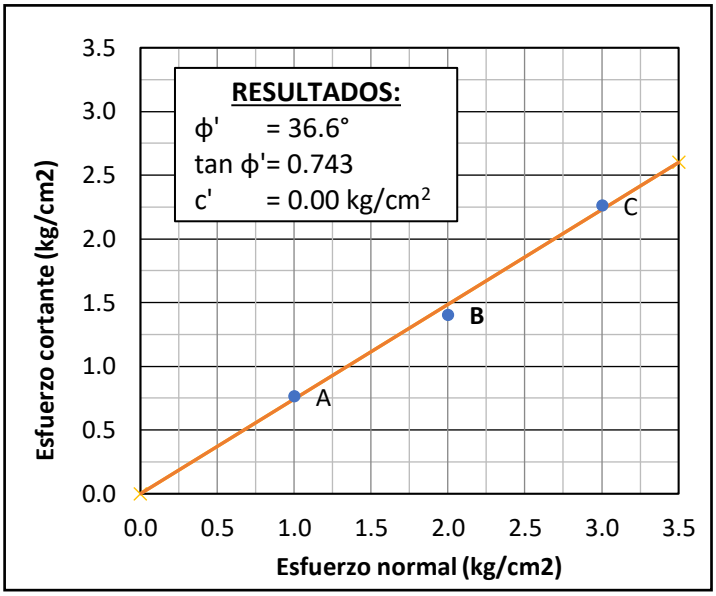
- Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18).

Tabla N° 19. Determinación del ensayo de corte directo ASTM D 3080, cantera Irina Gabriela.

N° Muestra	Proctor Modificado		Densidad Relativa	
	Ángulo de fricción efectiva del suelo ø′ (°)	Cohesión efectiva del suelo c' (kg/cm^2)	Ángulo de fricción efectiva del suelo ø′ (°)	Cohesión efectiva del suelo c' (kg/cm^2)
M-1	36.60	0.00	38.70	0.00

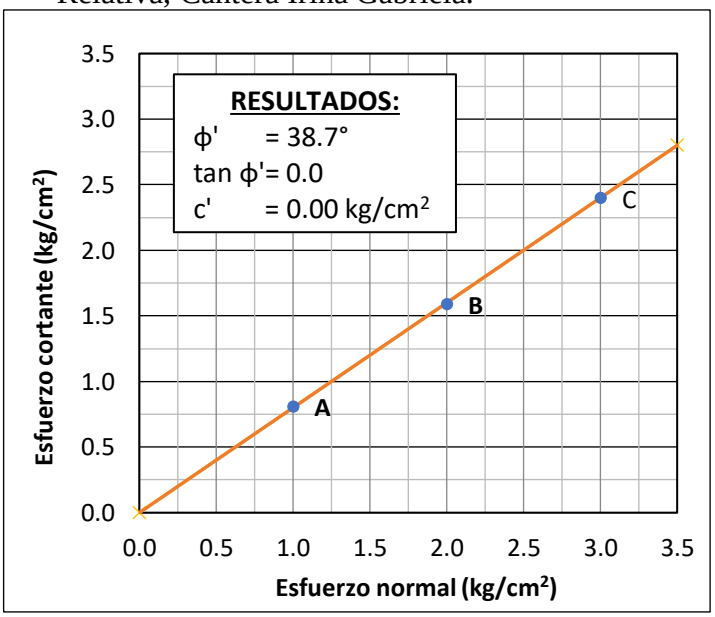
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 56. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores del Proctor modificado, Cantera Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 57. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores de la Densidad Relativa, Cantera Irina Gabriela.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores del Proctor modificado, Cantera Irina Gabriela.

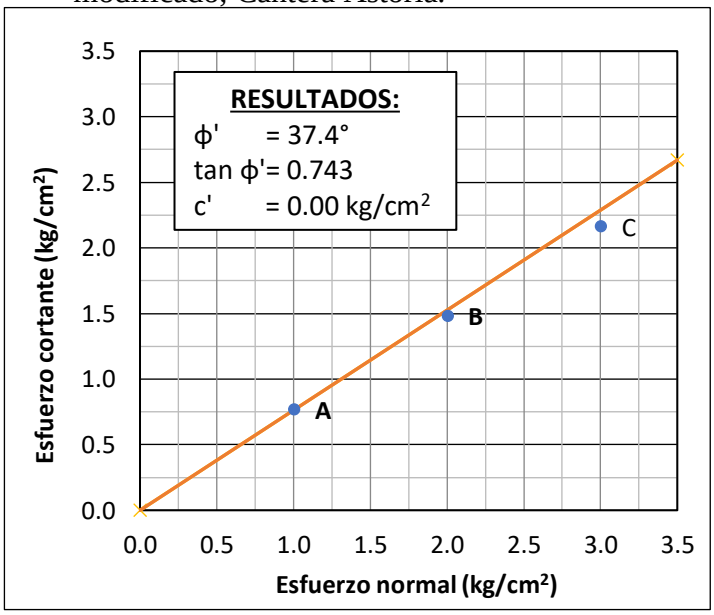
- Cantera Astoria (Frente a la comunidad Astoria – Río Amazonas).

Tabla N° 20. Determinación del ensayo de corte directo ASTM D 3080, cantera Astoria.

N° Muestra	Proctor Modificado		Densidad Relativa	
	Ángulo de fricción efectiva del suelo ø′ (°)	Cohesión efectiva del suelo c’ (kg/cm²)	Ángulo de fricción efectiva del suelo ø′ (°)	Cohesión efectiva del suelo c’ (kg/cm²)
M-6	37.40	0.00	39.20	0.00

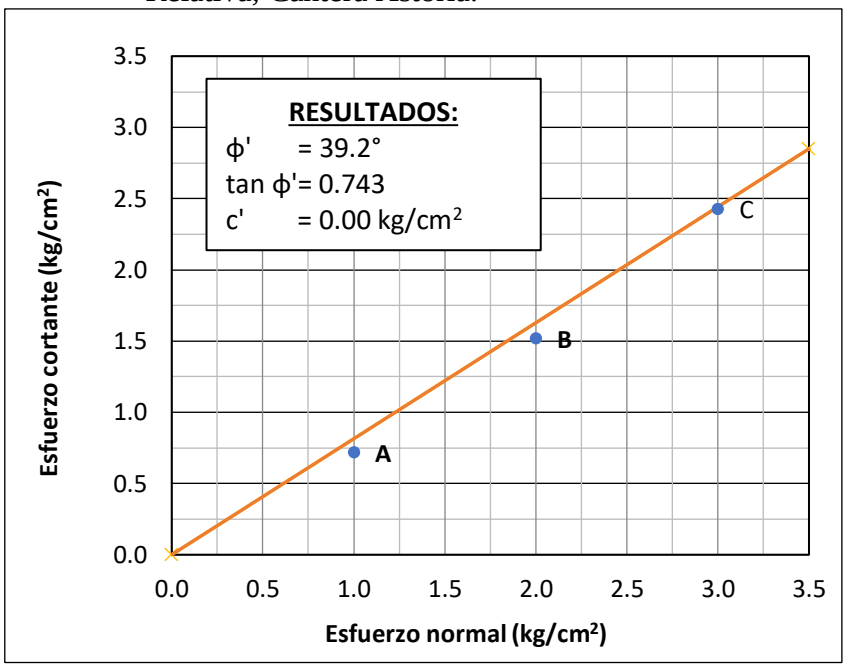
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 58. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores del Proctor modificado, Cantera Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 59. Esfuerzo normal – esfuerzo cortante, con valores de la Densidad Relativa, Cantera Astoria.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo de investigación se estudió las correlaciones entre ensayos de Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos con el fin de evaluar las características físicas y mecánicas de canteras de río (arena gris) y canteras cuarzosas de la ciudad (arena blanca). Para ello se estableció una metodología que permite estimar la densidad relativa de suelos granulares a partir de ensayos convencionales según normativa vigente. Los ensayos realizados se desarrollaron en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la UCP (Universidad Científica del Perú).

5.1. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos de los diferentes ensayos desarrollados dentro la investigación se procede a su posterior evaluación:

- **Evaluación de desarrollo de regresiones y correlaciones del suelo granular de la cantera Irina Gabriela (arena color blanco) y Astoria – río Amazonas (Arena color gris).**

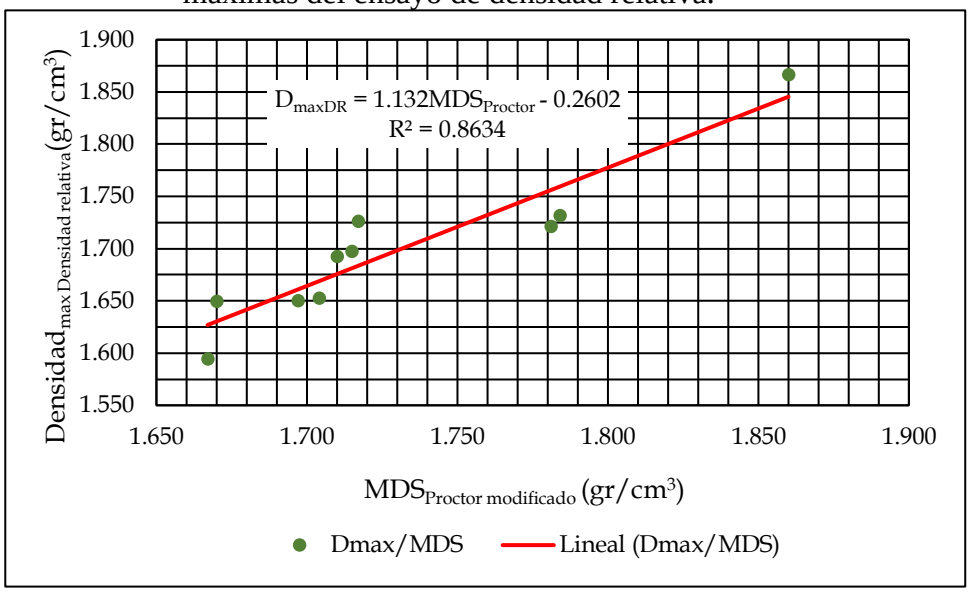
5.1.1. Correlaciones entre los ensayos de Proctor modificado y densidad relativa.

Para estos ensayos se tiene como objetivo establecer correlaciones que permitan determinar la máxima densidad seca (MDS) o el grado de compactación (GC) de un suelo a partir de la DR y viceversa. La base de datos asociada a estos ensayos está compuesta por 10 suelos, con un contenido máximo de finos bajo la malla Nº 200 de 12%.

En un primer análisis se presenta un gráfico de dispersión con las curvas, una de ellas es la relación entre la densidad máxima compactada seca del ensayo Proctor y la densidad máxima vibrada del ensayo de densidad relativa, y la otra es la relación entre la MDS con la densidad mínima del ensayo de DR. Se muestra además los coeficientes de determinación de las curvas de regresión (Ver Gráfico N° 60 y N° 61).

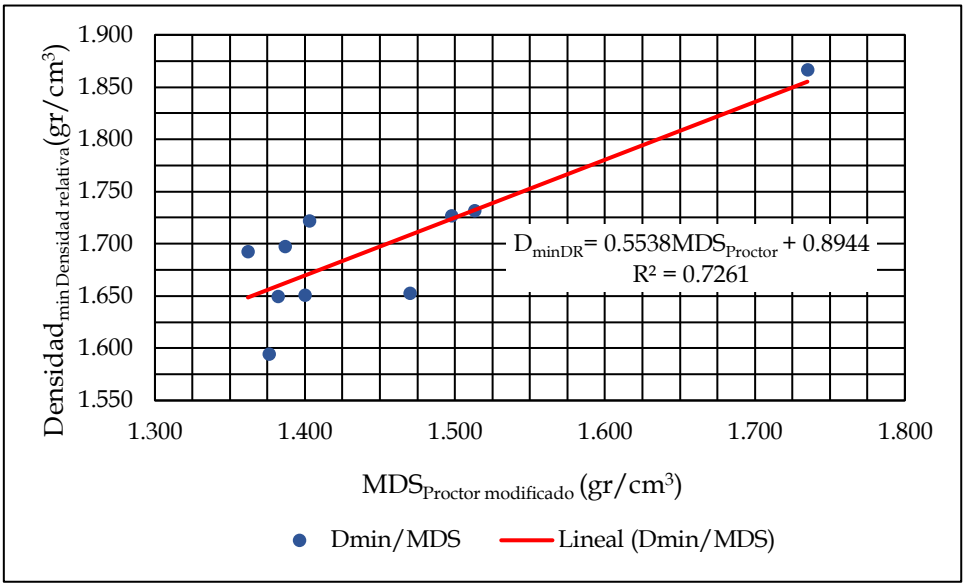
Además, se presenta un gráfico de barras en el cual se pueden visualizar los valores de densidad máxima alcanzados por ambos métodos en los distintos suelos analizados.

Gráfico N° 60. Regresión entre la MDS (Proctor modificado) y las densidades máximas del ensayo de densidad relativa.



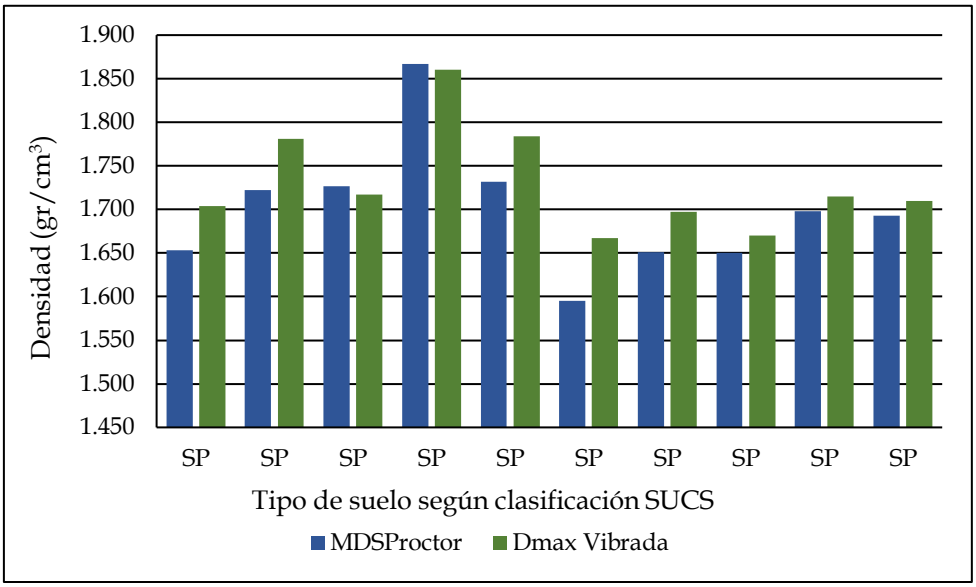
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 61. Regresión entre la MDS (Proctor modificado) y las densidades mínimas del ensayo de densidad relativa.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 62. Comparativo entre la MDS y la D_{max} (Densidad relativa)



Fuente: Elaboración propia, (2024)

5.1.2. Correlaciones y regresiones entre los parámetros del ensayo de DR y variables.

Las relaciones a continuación presentadas se obtuvieron en base a análisis realizados a una muestra de 23 suelos con un contenido de finos menor o igual a 12%.

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo uno, las variables que influyen en un ensayo del tipo vibratorio son la frecuencia, amplitud y aceleración de la mesa vibratoria; las sobrecargas; el tiempo de vibración; el tamaño del molde; la granulometría del suelo y el contenido de humedad. Al normalizar el ensayo, muchas de estas variables se fijan de antemano por lo tanto no tienen mayor incidencia en el proceso. Sin embargo, la granulometría del suelo, el contenido de humedad y la forma de las partículas siguen afectando los resultados.

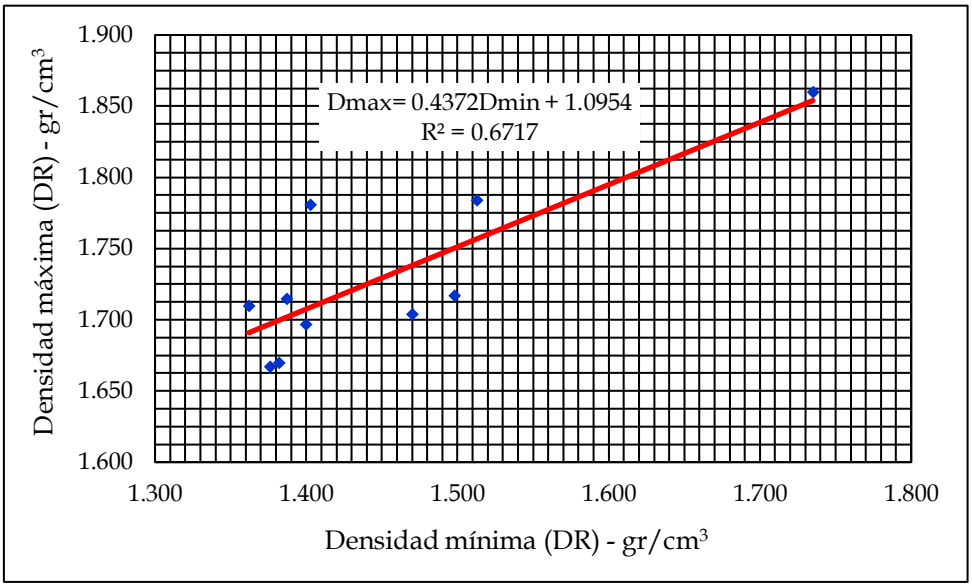
Para la realización del ensayo por el método seco, la humedad del suelo se elimina por secado en horno, por tanto, la única variable que influye es la granulometría.

En primera instancia, se muestra una relación entre la densidad mínima por vaciado y la densidad máxima vibrada, la cual presenta una tendencia de relación lineal entre las variables con un coeficiente de determinación aceptable (Ver Gráfico N° 62)

Para visualizar la incidencia de la granulometría, en el valor de densidad, se presentan curvas de densidad versus el contenido de finos y el de arena para 10 suelos. (Ver Gráfico N° 63 y N° 64).

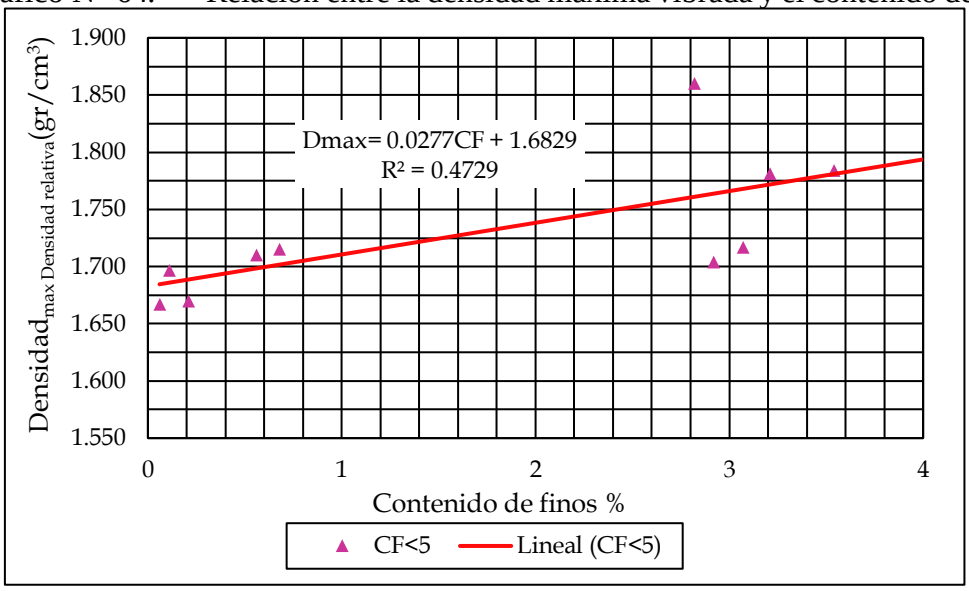
Para concluir, se muestran los valores de densidad máxima vibrada versus la clasificación del suelo según el sistema SUCS, para 10 datos (Ver Gráfico N° 64)

Gráfico N° 63. Regresión entre la densidad máxima versus la densidad mínima (Densidad relativa)



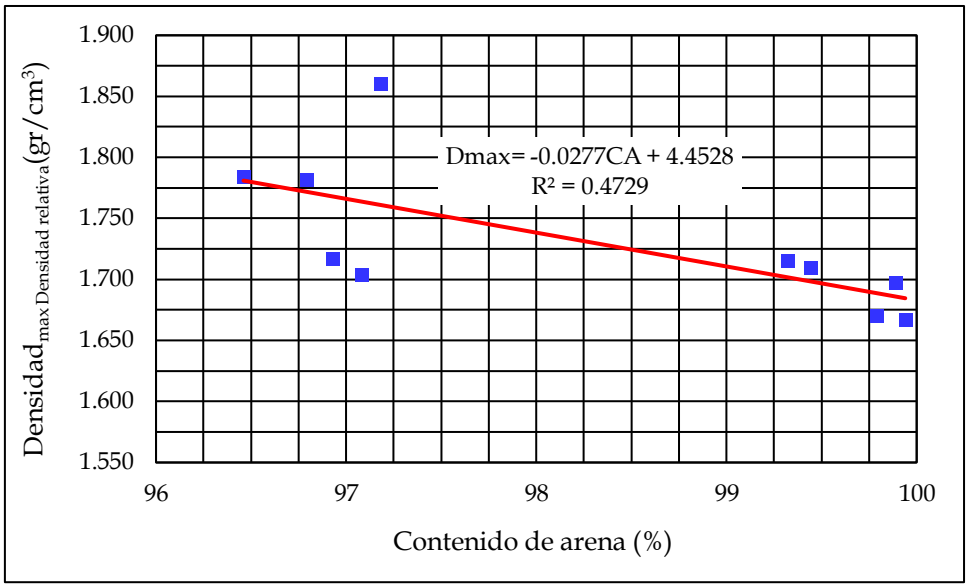
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 64. Relación entre la densidad máxima vibrada y el contenido de finos.



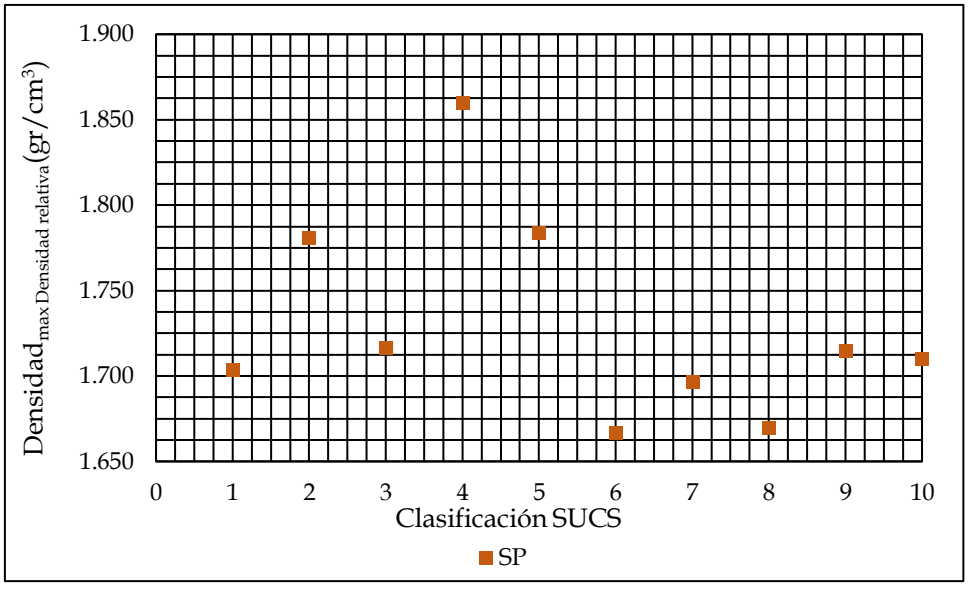
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 65. Relación entre la densidad máxima vibrada y el contenido de arena.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 66. Relación entre la densidad máxima vibrada y la clasificación del suelo.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

5.1.3. Correlaciones y regresiones entre los parámetros del ensayo de Proctor modificado e índices característicos.

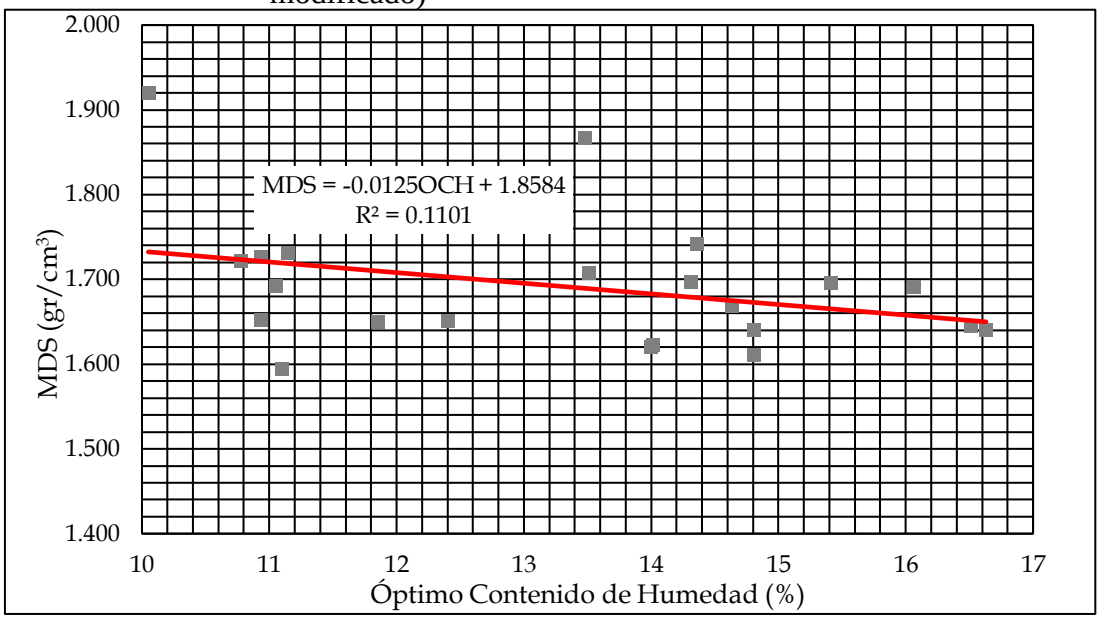
Los resultados mostrados a continuación se obtuvieron en base a análisis realizados de una muestra total de 23 suelos (Ver anexo D).

De acuerdo con lo expuesto en capítulo uno, Proctor encontró que para un suelo dado y usando determinado procedimiento de compactación, existe un contenido óptimo de humedad que produce el máximo peso volumétrico seco que es posible obtener con ese procedimiento de densificación. Por otro lado, K. B. Woods al analizar 1383 suelos de Ohio encontró que todas las densidades máximas ocurrían a un contenido de vacíos de aire cercano al 5%, es decir, la humedad óptima para todos los suelos se ubica cercana a la curva de 95% de saturación. (Woods llegó a estos resultados al superponer la curva de saturación de un suelo con Gs = 2,7 Ver figura 2-2, 9p. De esta Tesis)

Basado en estos antecedentes se espera obtener una curva parecida a la de saturación al graficar la MDS versus la OCH para una cantidad de 23 suelos.

El Gráfico N° 67, muestra los resultados de graficar ambas variables y fue obtenido sobre el total de los datos.

Gráfico N° 67. Relación entre la MDS (Proctor modificado) y el OCH (Proctor modificado)

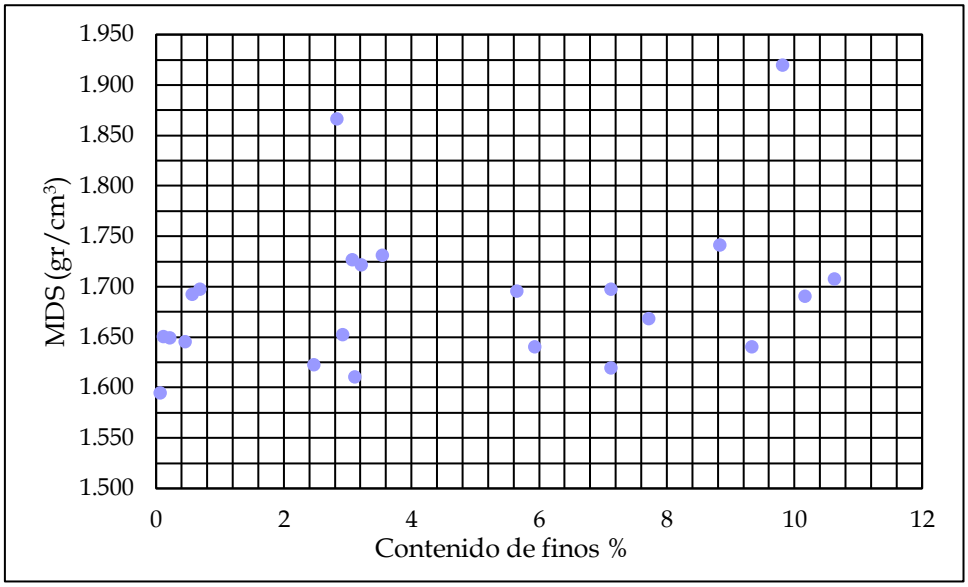


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Pero la humedad no es la única variable incidente en la compactación, sino que existen otros factores que pueden tener una influencia incluso más importante que la humedad en la densidad seca final alcanzada por el suelo, uno de los factores, que resulta ser obvio, es el tipo de suelo.

Para caracterizar un suelo a grandes rasgos, hay que considerar varios parámetros a saber. Uno de estos es la proporción de finos la cual incide directamente en la densidad llenando los vacíos dejados por las partículas más grandes. La incidencia que puede tener la proporción de finos en la MDS alcanzada por el suelo se puede visualizar en el Gráfico N° 68, el cual muestra los resultados de ensayos de 23 suelos.

Gráfico N° 68. Relación entre la MDS y el Contenido de Finos (%).



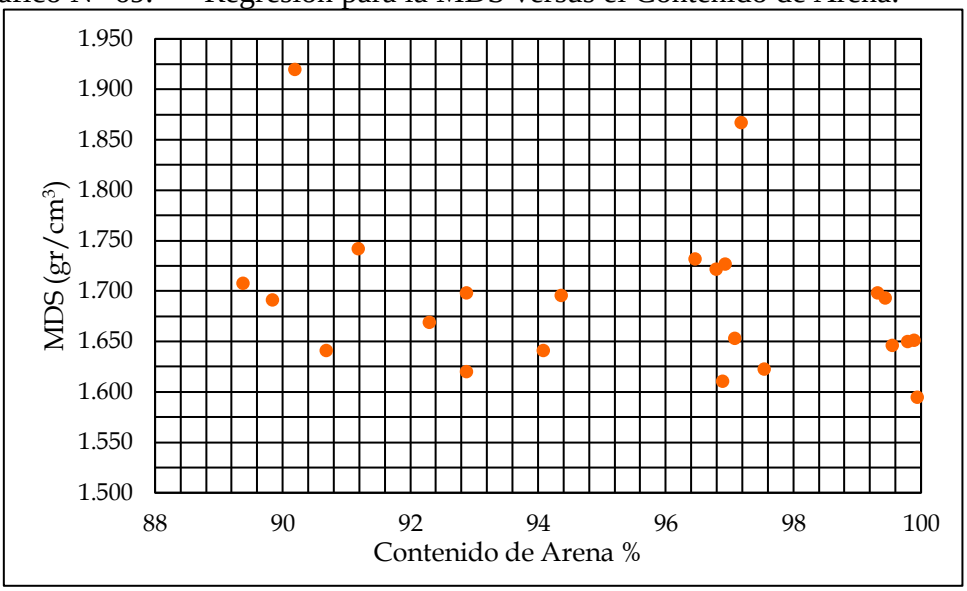
Fuente: Elaboración propia, (2024)

Siguiendo con el análisis de las variables, a continuación, se presenta el gráfico de dispersión encontrado para la MDS versus el porcentaje de material que pasa malla N°4 y queda retenido en malla N°200, denominado contenido de arena.

Esta influye en el peso volumétrico llenando los espacios dentro de la masa dejados por las partículas de mayor tamaño. La arena debe encontrarse en una proporción adecuada para mejorar el valor de densidad, mucha arena podría afectar el valor máximo de densidad debido al elevado esponjamiento que tiene en presencia de humedad, por otro lado, una proporción muy pequeña podría ser insuficiente para llenar los vacíos dejados por las partículas mayores.

En el gráfico N° 69 se muestra la curva de regresión que más se ajusta a los puntos para el total de los datos (23). Se observa una dispersión alta de los puntos y por ende el coeficiente de determinación será muy bajo por lo que no se presentan dichas curvas.

Gráfico N° 69. Regresión para la MDS versus el Contenido de Arena.



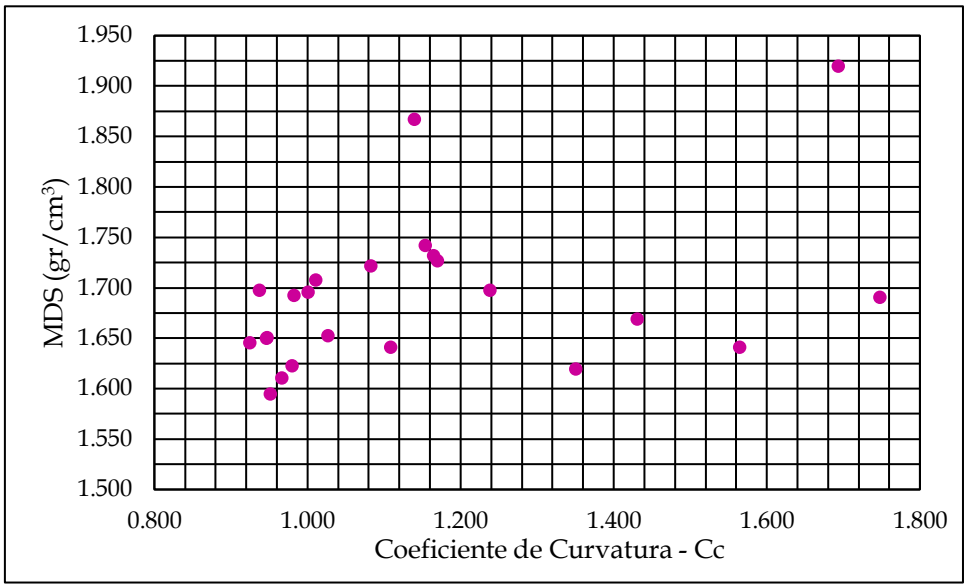
Fuente: Elaboración propia, (2024)

La proporción de finos y arena, por sí solos no son suficientes para garantizar un elevado valor de densidad, sino que estas proporciones deben estar en una combinación óptima que asegure un adecuado relleno de los vacíos.

El sistema de clasificación de suelos SUCS, desarrolla el concepto de graduación del suelo, el que se puede visualizar a través de las curvas granulométricas y de los índices de curvatura (C_c) y uniformidad (C_u). Los suelos bien graduados presentan una curva granulométrica suave, una inflexión en la curva indica que el suelo está compuesto de dos suelos uniformes y es una graduación discontinua o incompleta. Un material bien graduado tiene mejor estabilidad, menor número de vacíos, baja permeabilidad y baja compresibilidad; las partículas se pueden acomodar mejor.

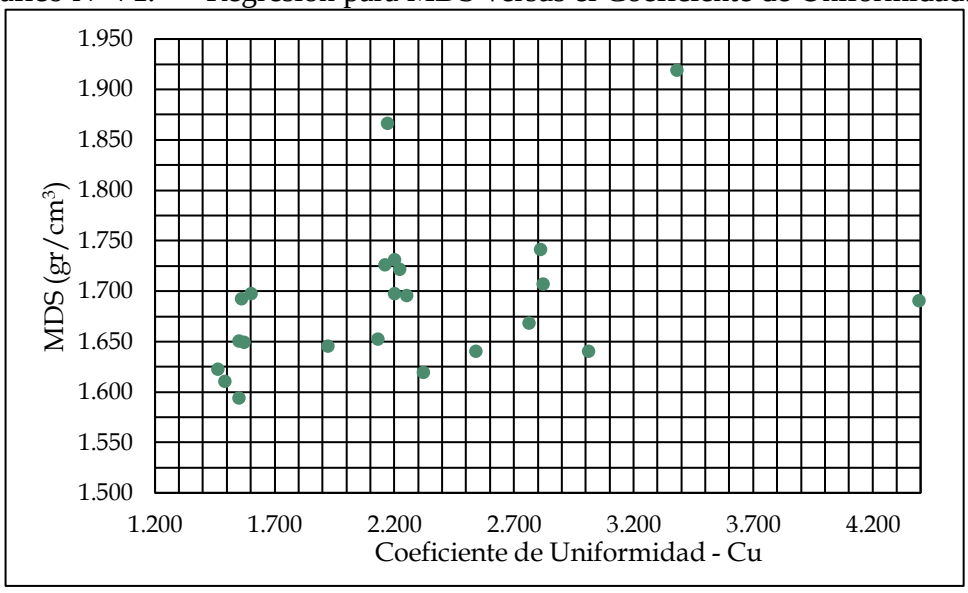
Se muestra a continuación, el gráfico obtenido sobre unas muestras de 23 suelos, en los que se evalúa la graduación de estos.

Gráfico N° 70. Regresión para MDS versus el Coeficiente de Curvatura.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 71. Regresión para MDS versus el Coeficiente de Uniformidad.

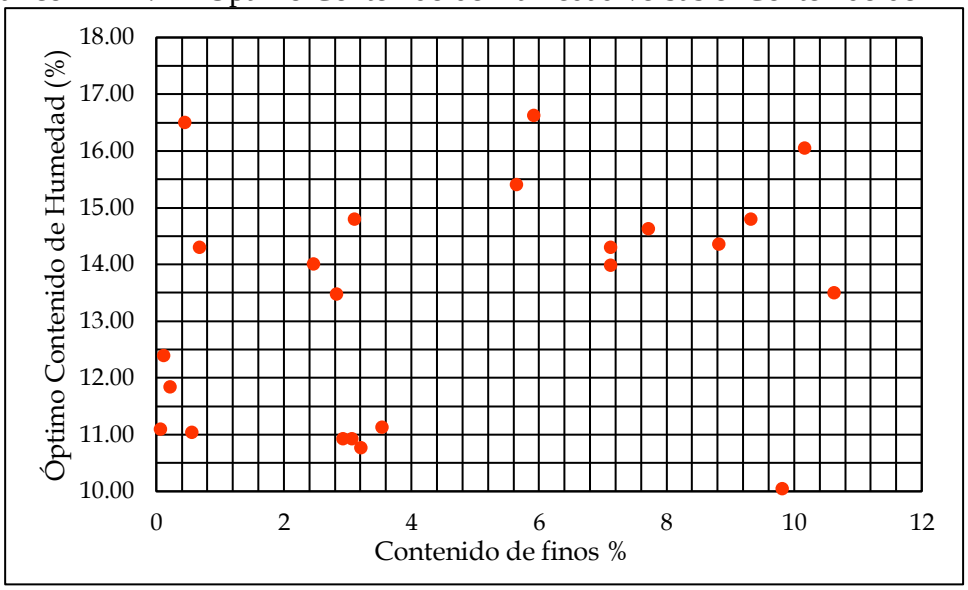


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Como en el ensayo Proctor, la humedad es un factor importante en la densidad que se puede lograr en un determinado suelo, a continuación, se presenta un gráfico para visualizar la influencia del contenido de finos en la humedad óptima.

La curva del óptimo contenido de humedad versus el contenido de finos se obtuvo sobre una muestra de 23 suelos.

Gráfico N° 72. Óptimo Contenido de Humedad versus el Contenido de Finos.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

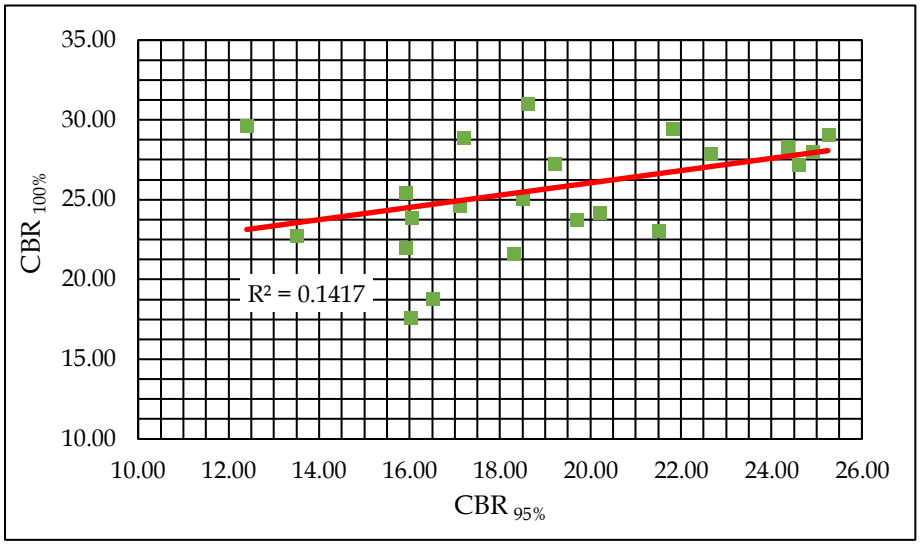
5.1.4. Correlaciones y regresiones entre el $CBR_{0.1"}$ y otras variables.

Los resultados mostrados a continuación se obtuvieron en base a análisis realizados de una muestra total de 23 suelos.

Se presenta en primera instancia la relación obtenida entre las variables $CBR_{95\%}$ versus $CBR_{100\%}$, posteriormente se presentan todas aquellas relaciones entre $CBR_{95"}$ y otras variables, de las cuales se puede obtener alguna información de interés.

La relación entre $CBR_{95\%}$ y $CBR_{100\%}$ se obtuvo en base a una muestra de 23 suelos. En ella se puede ver una clara dispersión entre ambas variables, lo que hace que se obtenga un bajo coeficiente de determinación.

Gráfico N° 73. Dispersión y regresión entre el $CBR_{100\%}$ y el $CBR_{95\%}$

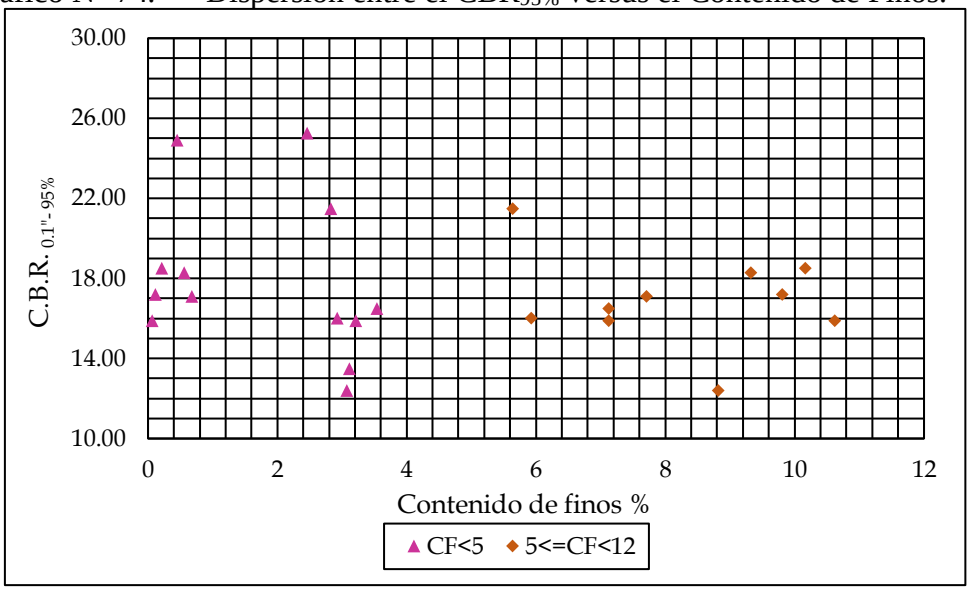


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Dentro de estas variables, se considera que el porcentaje que pasa malla N° 200 influye en el CBR, ya que, por un lado, estas partículas llenan los vacíos dejados por las partículas mayores configurando suelos más densos.

El gráfico N° 74 muestra la dispersión de puntos generada por estas variables. Este se obtuvo sobre la muestra total de suelos, es decir, 23 datos.

Gráfico N° 74. Dispersión entre el $CBR_{95\%}$ versus el Contenido de Finos.

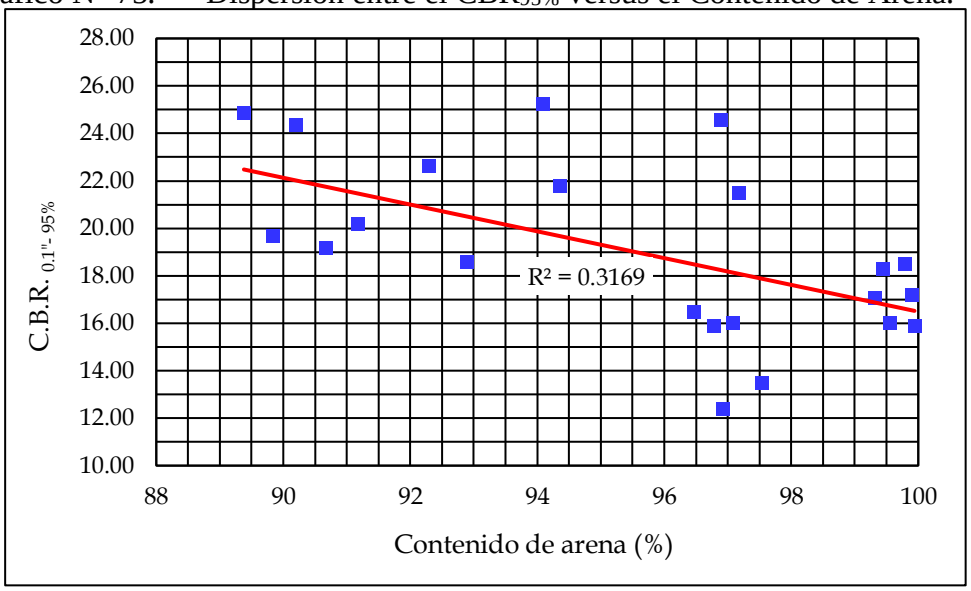


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Siguiendo con el análisis, se presenta el gráfico de dispersión encontrado para el CBR versus el porcentaje de material que pasa malla N°4 y queda retenido en malla N°200, lo que se denomina arena. El gráfico se realizó en base al total de los datos (23).

Esta influye en el CBR indirectamente alterando la densidad al llenar los vacíos dejados por las partículas mayores, conformando suelos más o menos densos y además influye directamente en el CBR mejorando la fricción interna del suelo, en los valores mostrados se encontró una dispersión alta de los puntos y un coeficiente de determinación muy bajo por lo que no se presentan.

Gráfico N° 75. Dispersión entre el $CBR_{95\%}$ versus el Contenido de Arena.

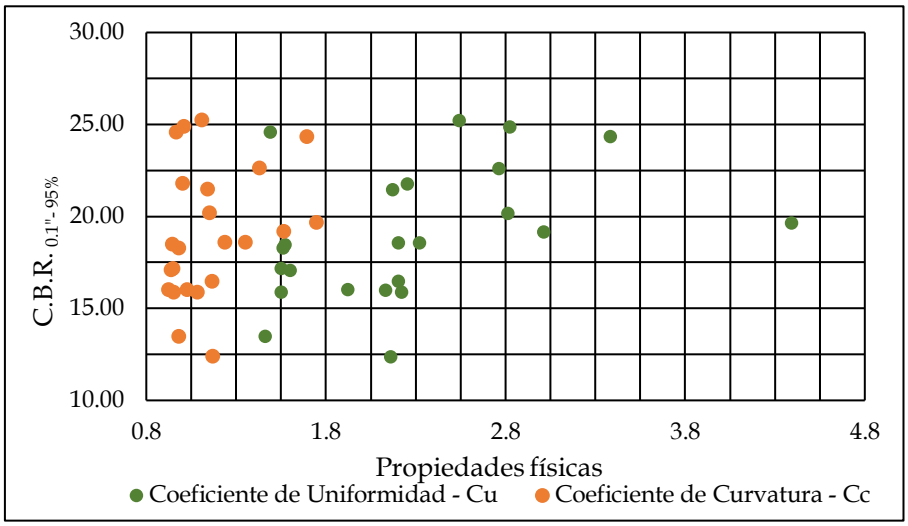


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Como se comenta en el capítulo I, un suelo bien graduado, al tener partículas de todos los tamaños, aumenta la densidad al disminuir los vacíos, con lo que crece su resistencia al corte.

Para este análisis se recurrió a los índices de curvatura (C_c) y uniformidad (C_u) del Sistema de Clasificación Unificado de Suelos SUCS. El gráfico mostrado se obtuvo sobre una muestra de 23 suelos.

Gráfico N° 76. Dispersión para el CBR95% versus las propiedades físicas, Cc – Cu.



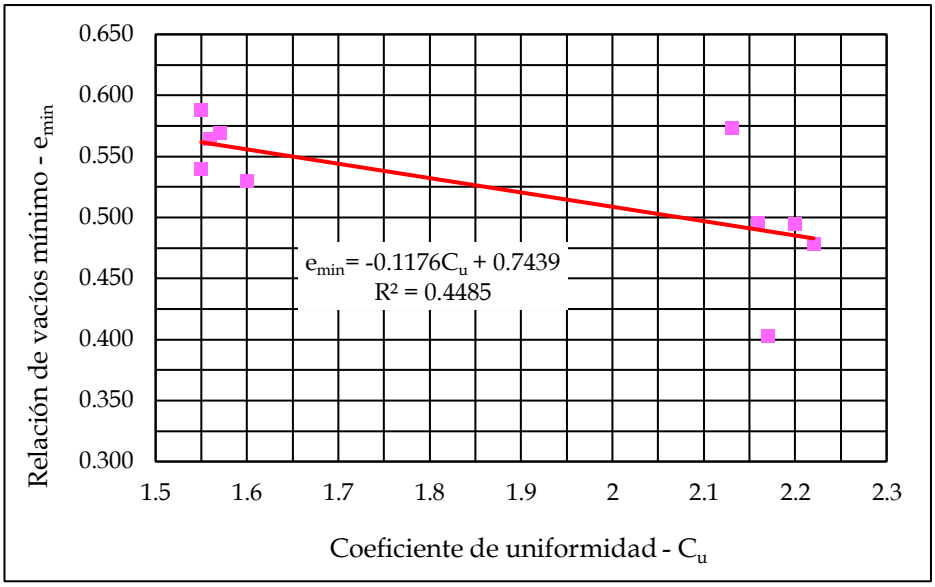
Fuente: Elaboración propia, (2024)

5.1.5. Relación entre los parámetros granulométricos y la relación de vacíos máximo y mínimo.

En las últimas décadas se han venido realizando investigaciones que relacionen a los parámetros granulométricos, tales como el coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc), con respecto a la relación de vacíos mínimo ($e_{mín}$) y relación de vacíos máximo ($e_{máx}$). Sin embargo, Miura et al. (1997), Gomaa & Abdelrahman (2007) al igual que Riquelme y Dorador (2014) llegaron a la conclusión que el coeficiente de uniformidad es el parámetro granulométrico que presenta una mejor relación con respecto a la relación de vacíos mínimo como también a la relación de vacíos máximo.

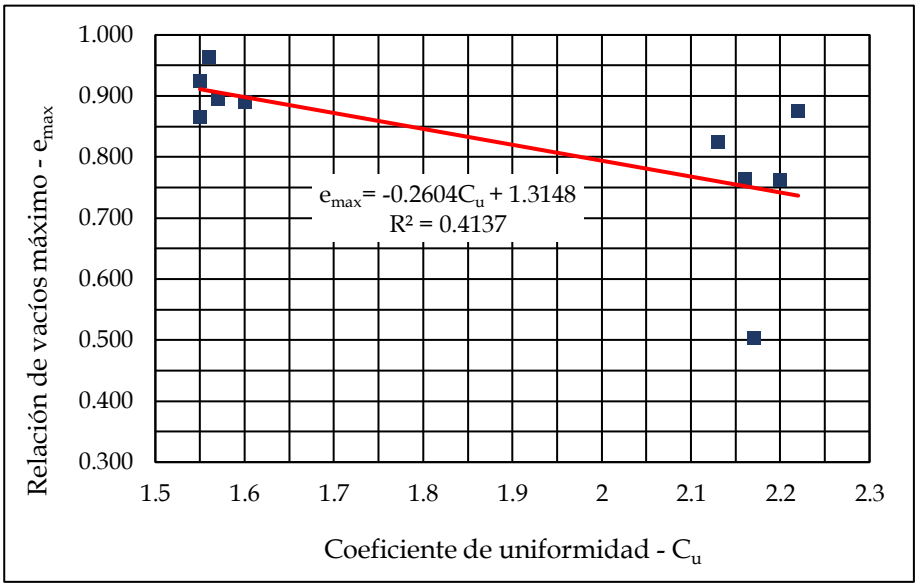
La presente investigación no ha sido ajena a los antecedentes antes mencionados, por lo que a continuación se presenta en los gráficos N° 77 y N° 78, las mismas que muestran la relación del coeficiente de uniformidad con respecto a la relación de vacíos mínimo y máximo en arenas.

Gráfico N° 77. Relación entre el coeficiente de uniformidad y la relación de vacíos mínimo.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

Gráfico N° 78. Relación entre el coeficiente de uniformidad y la relación de vacíos máximo.



Fuente: Elaboración propia, (2024)

En el gráfico N° 77 y N° 78 se puede observar que tanto la relación de vacíos mínimo como la relación de vacíos máximo son inversamente proporcionales al coeficiente de uniformidad, lo cual se interpreta que a medida que el suelo tenga

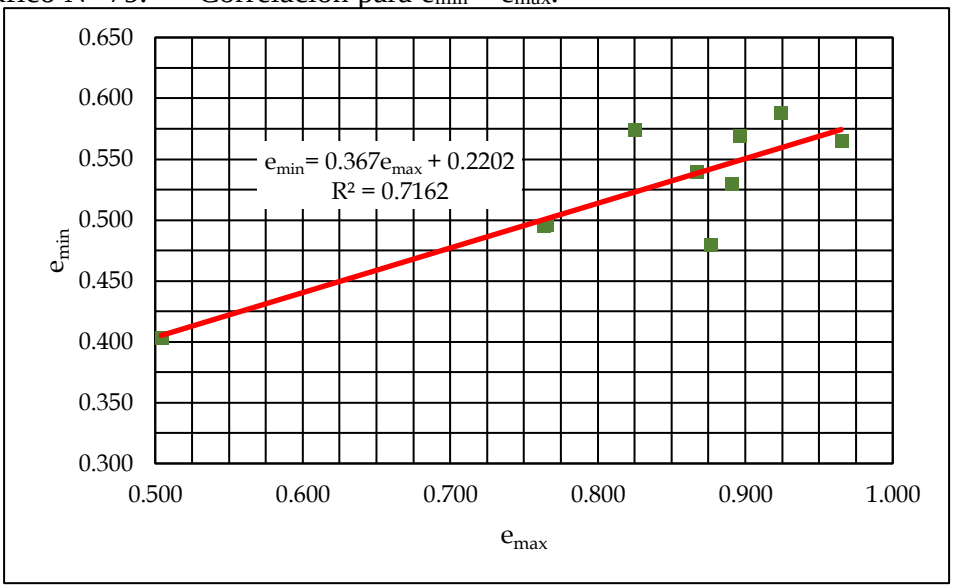
una distribución granulométrica más uniforme, este presentará una menor relación de vacíos mínimo y máximo. Demostrándose así una relación directa entre estos parámetros.

5.1.6. Relación entre la relación de vacíos mínimo y máximo.

Se comprobó que existe una relación directa entre el coeficiente de uniformidad y la relación de vacíos mínima y máxima, sobre todo en el mínimo. Ahora la relación entre sí de estos parámetros ($e_{mín}$ - $e_{máx}$) también ha sido objeto de estudio por varios autores, solo por nombrar algunos de ellos como a Cubrinovski & Ishihara (2002), Bareither et al. (2008), Riquelme y Dorador (2014), en donde realizaron investigaciones al respecto, deduciendo que tanto la relación de vacíos mínimo como la relación de vacíos máximo dependen uno de otro.

En el gráfico N° 79 presentada enseguida, se muestra el gráfico de la relación entre la relación de vacíos mínimo y la relación de vacíos máximo en arenas.

Gráfico N° 79. Correlación para $e_{min} - e_{max}$.

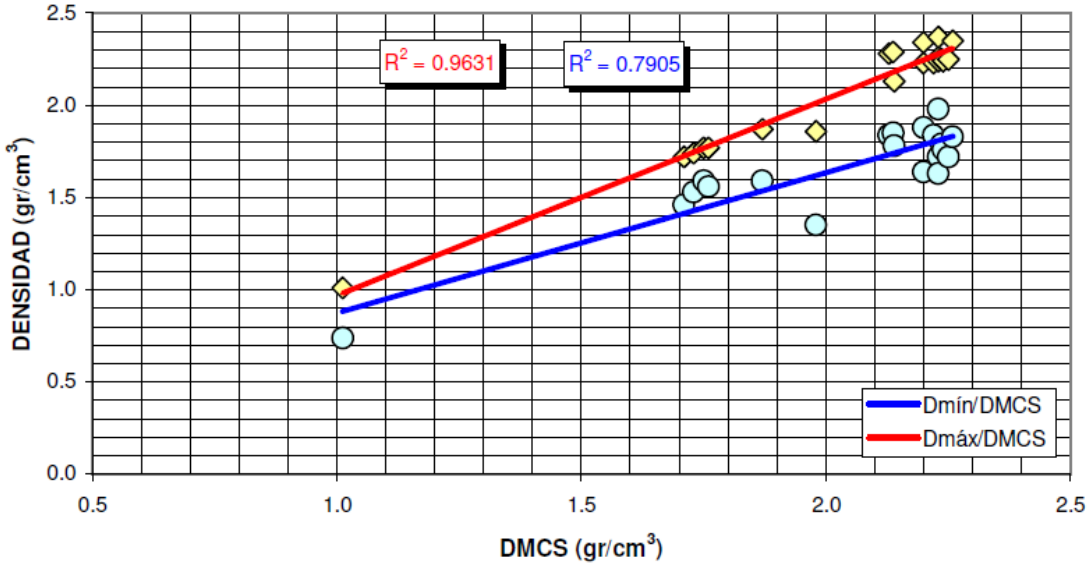


Fuente: Elaboración propia, (2024)

Se puede notar que la relación de vacíos mínimo es directamente proporcional a la relación de vacíos máximo, esto a causa de tener un comportamiento prácticamente lineal tal como se aprecia en el gráfico N°79, validándose de esta manera lo investigado por Cubrinovski & Ishihara (2002), Bareither et al. (2008), Riquelme y Dorador (2014), donde concluyeron que tanto la relación de vacíos mínimo como la relación de vacíos máximo dependen entre sí.

En nuestra investigación se mostraron ya los resultados obtenidos, mientras que (VARAS & JIMÉNEZ, 2003) en su investigación denominada: “Estudio de correlaciones entre ensayes Proctor Modificado, C.B.R. y Densidad Relativa en suelos granulares”; obtuvieron los resultados respecto a la correlación de Proctor Modificado y Densidad Relativa; en las relaciones presentadas en el gráfico N° 80 entre la densidad máxima y mínima obtenidas por vibrado y vaciado respectivamente, se puede apreciar una dispersión pequeña de los puntos y la existencia de una relación directamente proporcional entre las variables.

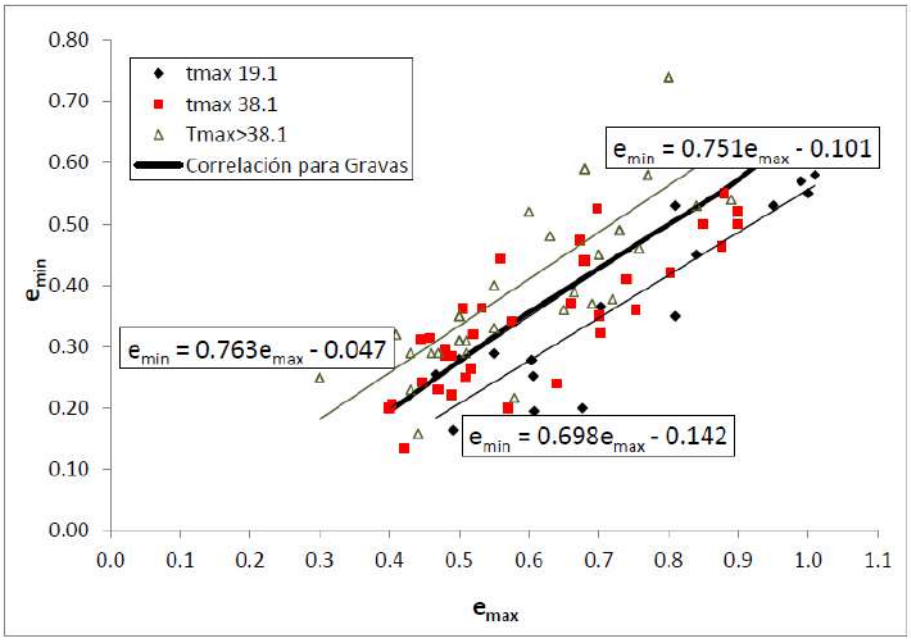
Gráfico N° 80. Curvas de regresión entre la DMCS y las densidades máxima y mínima del ensayo de densidad relativa.



Fuente: Varas & Jiménez, (2003)

En la investigación realizada por (RIQUELME OLIVARES, 2016) en su investigación denominado: “Estudio de correlaciones para densidad relativa y resistencia al corte de suelos granulares gruesos”; utilizando las clasificaciones por tamaño máximo de partículas se proponen correlaciones para $e_{min} – e_{max}$. Se realiza un ajuste lineal (ver gráfico N° 81), de acuerdo a la tendencia identificada, establece una banda, donde el límite superior representa los valores asociados a tamaño máximo de partículas superior a 38.1 mm y el límite inferior representa los valores asociados al tamaño máximo de partículas hasta 19.1 mm. Además, se propone una correlación entre estos parámetros que sea representativa de la banda encontrada.

Gráfico N° 81. Correlaciones para $e_{min} – e_{max}$.



Fuente: Riquelme Olivares, (2016)

5.2. CONCLUSIONES

Una vez aplicado el instrumento de recolección de datos, procesados los mismos y obtenida la información que de ello se generó conjuntamente con los respectivos análisis se obtuvieron las siguientes conclusiones:

5.2.1. Con respecto a las correlaciones entre los ensayos de Proctor Modificado y Densidad relativa.

Se obtuvieron correlaciones entre la MDS y las densidades máxima y mínima por vibrado y vaciado respectivamente, en ellas se observan tendencias lineales de variación (Ver gráfico N° 60 y 61). Las ecuaciones junto con su coeficiente de correlación que se proponen son las siguientes:

$$D_{min} = 0.5538MDS + 0.8944 \qquad R^2 = 0.7261$$

$$D_{max} = 1.132MDS - 0.2602 \qquad R^2 = 0.8634$$

Al comparar la eficiencia del método de compactación por impacto (mecánica) con el método de compactación vibratorio, se determinó que el método vibratorio posee una mayor eficiencia en estos suelos.

5.2.2. De acuerdo a las correlaciones entre los parámetros del ensayo de DR y variables.

Con respecto a la densidad máxima obtenida y mínima se encontró que existe una relación lineal que asocia dichas densidades máximas (Ver gráfico N° 63). La relación propuesta es:

$$D_{max} = 0.4372D_{min} + 1.0954 \qquad R^2 = 0.6717$$

Se encontró la posible existencia de un rango óptimo de contenido de finos, arena para el cual se obtienen las densidades más altas, estas proporciones son las que permiten la relación de vacíos mínima y el rellenamiento.

Las ecuaciones junto con su coeficiente de correlación que se proponen son las siguientes, (Ver gráficos N° 64 y 65):

$$D_{max} = 0.0277CF + 1.6829 \qquad R^2 = 0.4729$$

$$D_{max} = -0.0277CF + 4.4528 \qquad R^2 = 0.4729$$

En relación con la incidencia del tipo de suelo según el sistema SUCS, se determinó que las densidades mayores se obtienen para las arenas por sobre los finos y además se encontró que no hay una clara diferencia entre los suelos bien graduados y los mal graduados, por lo tanto, la densidad máxima no se relaciona con los criterios de clasificación más específicos adoptados por el método SUCS.

5.2.3. Con respecto a las correlaciones entre los parámetros del ensayo de Proctor modificado e índices característicos.

En primera instancia se concluye acerca de las relaciones entre los parámetros del ensayo como son la MDS y el OCH. Posteriormente se concluye de las relaciones obtenidas entre estos parámetros y variables que influyen en el ensayo.

Se encontró que estos parámetros se relacionan por una función lineal decreciente, donde la densidad disminuye a medida que aumenta el OCH. La función que asocia estos parámetros es (Ver gráfico N° 67):

$$MDS = -0.0125OCH + 1.8584 \qquad R^2 = 0.1101$$

La influencia del CF en la MDS no es clara, sin embargo, se afirma que entre un 2% y 12% de CF se obtienen las máximas densidades (Ver gráfico N° 68).

La incidencia del CA en la MDS no fue evidente, sin embargo, se afirma que entre un 88% y 98% de CA se obtienen las densidades más altas, dicho rango podría ser el óptimo (Ver gráfico N° 69).

Para las arenas se encontró que cuando el suelo tiene un Cc mayor a 0.80, el valor de densidad tiende a estabilizarse alrededor de 1.700 gr/cm^3 (Ver gráfico N° 70). Se observó además que para suelos con Cu mayor a 1.30 las densidades quedan comprendidas entre 1.600 gr/cm^3 y 1.750 gr/cm^3 independientemente del Cc (Ver gráfico N° 71). Con respecto a la graduación no hay una clara superioridad de los suelos bien graduados sobre los mal graduados.

5.2.4. Según las correlaciones entre el $CBR_{0.1"}$ y otras variables.

Las conclusiones a continuación presentadas son válidas para suelos con un contenido de finos menor o igual a 5%.

En primera instancia se concluye acerca de las relaciones entre los parámetros que se determinan en el ensayo y posteriormente se presentan las conclusiones referentes a las relaciones entre dichos parámetros y variables que afectan los resultados del ensayo.

Con respecto al $CBR_{100\%}$ y $CBR_{95\%}$ se determinó que los valores de CBR aumentan en cierto porcentaje cuando se calculan para $CBR_{100\%}$ en lugar de $CBR_{95\%}$ (Ver Anexo D). Se encontró además que hay una relación lineal que los asocia y va de forma creciente teniendo un grado de determinación $R^2 = 0.1417$; interpretándose como un grano de asociación baja entre las variables (Ver gráfico N° 73).

El contenido de finos tiene una clara influencia en el CBR provocando un claro descenso de estos, a partir de un 2% a 8% de CF (Ver gráfico N° 74).

Se determinó que el CBR comienza a disminuir gradualmente con el aumento del CA a partir de un cierto porcentaje de CA. Así para CA superiores a 96% no se supera el 14% de CBR (Ver gráfico N° 75).

En relación a la influencia del Cu y el Cc en este ensayo, se descubrió que no hay una superioridad de los suelos bien graduados sobre los mal graduados en relación al CBR, sin embargo, se puede afirmar que para Cu mayores a 1.00 a 2.00 se obtienen CBR menores a 15% independientemente del Cc (Ver gráfico N° 76).

5.2.5. De acuerdo a la relación entre los parámetros granulométricos y la relación de vacíos máximo y mínimo.

Según lo desarrollado específicamente en el Ítem 5.1.5., se ha llegado a la conclusión que la relación de vacíos mínimo ostenta una relación directa con el coeficiente de uniformidad (Ver gráfico N° 77), ya que este presenta una menor dispersión y una mejor tendencia entre sus puntos, convirtiéndolo de esta manera en una característica física influyente en la determinación de la relación de vacíos mínimo. Ahora para poder establecer que tanta relación existe entre una y otra variable, se determinó la relación de las mismas, a través de una correlación lineal.

A continuación, se presenta las correlaciones entre las variables Cu – $e_{mín}$; y Cc - e_{max}, teniendo en consideración que los resultados fueron obtenidos de acuerdo al programa Microsoft Excel.

$$e_{min} = -0.1176Cu + 0.7439 \qquad R^2 = 0.4485$$

$$e_{max} = -0.2604Cu + 1.3148 \qquad R^2 = 0.4137$$

5.2.6. Con respecto a la relación de vacíos mínimo y máximo.

Según a lo desarrollado específicamente en el Ítem 5.1.6., se ha llegado a la conclusión que la relación de vacíos mínimo ostenta una relación directa con la relación de vacíos máximo (Ver gráfico N° 79), al presentar una menor dispersión y una mejor tendencia entre sus puntos, que a su vez está en función al coeficiente de uniformidad (Ver Ítem 5.1.5.), convirtiéndolo así una vez más en una característica física influyente, en este caso para la determinación de la relación de vacíos mínimo. Ahora para poder establecer que tanta relación existe entre $e_{mín}$ y $e_{máx}$, se determinó mediante la teoría de correlación.

A continuación, se muestra la correlación entre las variables $e_{mín}$ y $e_{máx}$, teniendo en cuenta que los resultados fueron obtenidos también de acuerdo al programa Microsoft Excel.

$$e_{min} = 0.367 e_{max} + 0.2202 \qquad R^2 = 0.7162$$

Cabe destacar en el gráfico N° 79, que la variable dependiente Y (e_{min}) tiende a aumentar a medida que la variable independiente X (e_{max}) aumenta, se dice entonces que se trataría de una correlación positiva o directa. (Spiegel & Stephens, 2009, p. 345).

- Los resultados de corte directo en relación a la influencia de la relación de vacíos (e) y la densidad relativa (Dr) en el parámetro de resistencia (ϕ) se pudo corroborar que el ángulo de fricción interna (ϕ) aumenta cuando la relación de vacíos (e) disminuye y la densidad relativa aumenta.

5.3. RECOMENDACIONES

En función de las conclusiones que resultan de esta investigación, se plantea un conjunto de recomendaciones con el fin de validar con mayor relevancia algunos de los resultados obtenidos, y por otro lado ampliar esta interesante investigación. Entre las recomendaciones que se consideran como fundamentales, se tiene:

- Realizar el cuarteo previo ya que siempre existe la posibilidad de la sedimentación al momento de transportarlo al laboratorio y esto generaría cambios en los resultados de la misma muestra.

- Se sugiere ampliar la base de datos para desarrollar uno o varios modelos de correlación más complejos entre los parámetros de suelo tanto el Proctor, Densidad relativa y el CBR, tomando en cuenta la relación entre estos parámetros, su influencia en el comportamiento del suelo y el tipo y naturaleza del suelo.

- Es de vital importancia tomar en cuenta en una próxima investigación de este tipo, la influencia del coeficiente de uniformidad y de curvatura del suelo y así poder resaltar la influencia de la forma y tamaño de los granos en la determinación del parámetro de Densidad Relativa y CBR (California Bearing Ratio).

- Se debe seguir lo establecido en las normas para tener resultados correctos y no modificarlos ya que los mismos se usan para la construcción de cualquier tipo de obra.

- Para el ensayo de Proctor Modificado y la Densidad Relativa, debemos utilizar una sola muestra por cada porcentaje de agua y después

desecharla, ya que en ambos casos las energías destrozan las partículas más débiles y por consiguiente cambia su gradación.

- Determinar las densidades a distintas combinaciones de tiempo y frecuencia de vibrado en materiales granulares con bajo porcentaje de fino, mediante uso de mesa vibratoria, cortando el material a través de tamiz 3/4" (19 mm) y utilizando el molde estandarizado para el ensayo CBR.

- Para obtener un buen ensayo de CBR es recomendable que se efectúe bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

- Tomar en cuenta el tipo de suelo para los ensayos a realizar, en algunos casos deben ser no cohesivos y tener propiedades drenantes como lo fue en la presente investigación.

Referencias bibliográficas

1. BADILLO, J. *Mecánica de suelos.* 3ra. s.l. : Limusa, 2001.

2. BOWLES, J. *Manual de Laboratorio de Suelos en la Ingeniría Civil.* s.l. : Mc. Graw - Hill, Latinoamericana, 2015.

3. BRAJA M, Das. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* 7ma. s.l. : Cengage Learning, 2012.

4. Das, Braja M. *Fundamentos de ingeniería geotécnica.* México : Cengage Learning, 2015.

5. Das, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones.* México : International Thomson Editores, 2001.

6. CARDENAS PIUCOL, Arturo y DONOSO MONTERO, Alex. *Proposición de una Metodología Particular para obtener la Capacidad de Soporte para Suelos Granulares sin Curva de Proctor Definida.* Punta Arenas : s.n., 2008.

7. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.089 Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).* 2da. Lima : s.n., 1998.

8. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.128 Método de ensayo para el análisis granulométrico.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

9. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.129 Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.* 1ra. Lima : s.n., 2019.

10. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.131 Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

11. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.141 Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

12. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.145 Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

13. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.143 Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

14. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.137 Métodos de ensayo estándar para la determinación del índice de densidad y peso unitario máximo de suelos utilizando una mesa vibratoria.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

15. COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE DE GEOTECNIA. *NTP 339.138 Método de ensayo estándar para la determinación del índice de densidad y peso unitario mínimos de suelos y cálculo de densidad relativa.* 1ra. Lima : s.n., 1999.

16. GONZALES DE CELIS, DE BARCIA y SULBARAN & UCAR. *Determinación del Parámetro de Resistencia, ángulo de fricción interna (ϕ) y su relación con los parámetros de densidad Relativa (Dr) y relación de Vacíos (e) en suelos granulares.* s.l. : Revista Ciencia e Ingeniería de la Universidad de los Andes (ULA), 2014.

17. Martínez Astudillo, Yeral Ignacio. *Estudio de la metodología para la ejecucción de ensayos de CBR en suelos granulares con contenido de finos menor al 12%.* Santiago de Chile : s.n., 2020.

18. PURIZACA BENAVENTE, Juan José. *Evaluación y análisis comparativo entre los ensayos de Densidad Máxima por medio de una Mesa Vibratoria y el Ensayo de Compactación Mecánica.* Universidad Católica de Santa María. Arequipa : s.n., 2020.

19. Rico , Alfonso y Del Castillo, Hermilo. *La ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas.* México : Limusa, 1977.

20. Riquelme Olivares, José Ignacio. *Estudio de correlaciones para densidad relativa y resistencia al corte de suelos granulares gruesos.* Santiago de Chile : s.n., 2016.

21. SOWERS G, B. *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones.* s.l. : Limusa, 1972.

22. TERZAGHI, K y PECK, R. *Mecánica de suelos.* 2da. s.l. : El Ateneo, 1978.

23. Terzaghi, Karl y Peck, Ralph B. *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica.* España : El Ateneo, 1973.

24. VARAS MIÑO, Armando y JIMÉNEZ BLANCO, Francisco. *Estudio de correlaciones entre ensayes proctor modificado, CBR y densidad relativa en suelos granulares.* Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2003. Tesis Doctoral.

ANEXO A

- Matriz de Consistencia

TÍTULO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PROCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general ¿Cuál será la relación entre los ensayos Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?	Objetivo general Determinar la relación entre los ensayos Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Hipotesis general Se obtuvo la relación entre los ensayos Proctor Modificado, CBR y Densidad Relativa en suelos granulares empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Variable independiente X Suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	- Densidad seca	Experimental Tipo aplicada Nivel descriptivo comparativo
Problema Especificos ¿Cuál será la relación densidad seca – humedad de compactación obtenida mediante el ensayo Próctor Modificado de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?	Objetivo Especificos Determinar mediante el ensayo Próctor Modificado la relación densidad seca – humedad de compactación de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Hipótesis Especificas Se obtuvo la relación densidad seca – humedad de compactación del ensayo Próctor Modificado de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022		- Granulometría - Curva de compactación	Instrumentos: - Fichas de observación - Documentación, base de datos
¿Cuál será la resistencia al esfuerzo cortante obtenida mediante el ensayo CBR de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?	Determinar mediante el ensayo CBR la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Se obtuvo el valor de la resistencia al esfuerzo cortante del ensayo CBR de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Variable dependiente Y Estudio de correlaciones entre ensayos Próctor Modificado, CBR y Densidad Relativa.	- Resistencia al esfuerzo cortante - Grado de compacidad	Técnicas: Procesamiento y análsis de datos mediante la hoja de cálculo Ms Excel
¿Cuál será el grado de compacidad (compactación) obtenido mediante el ensayo de Densidad Relativa en suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022?	Determinar mediante el ensayo de Densidad Relativa el grado de compacidad (compactación) de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022	Se obtuvo el grado de compacidad (compactación) del ensayo de Densidad Relativa de los suelos granulares usuales empleados en la ciudad de Iquitos, 2022			

ANEXO B

- Ensayos de Mecánica de suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D – 422 / NTP 339.128

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)
  Resultados de la muestra N° 01.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 / NTP 339.128

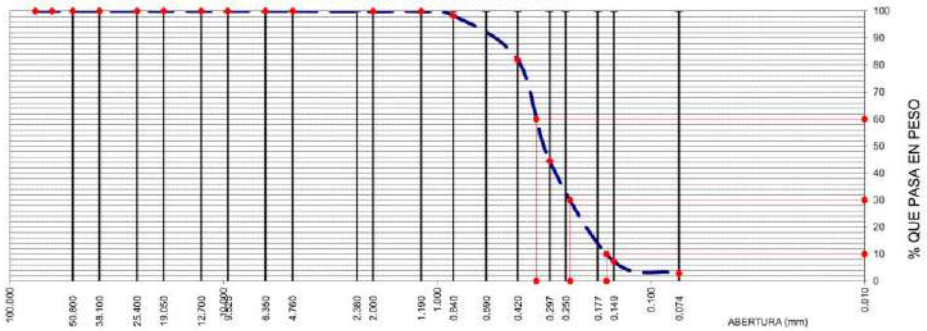
Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	145.63 gr.
Peso de muestra lavada	:	141.38 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760				100.00	
Nº10	2.000	0.18	0.12	0.12	99.88	
Nº20	0.840	2.33	1.60	1.72	98.28	
Nº40	0.420	23.79	16.34	18.06	81.94	
Nº50	0.297	54.60	37.49	55.55	44.45	
Nº100	0.149	54.05	37.11	92.67	7.33	
Nº200	0.074	6.43	4.42	97.08	2.92	
Pasa Nº200		4.25	2.92			

Observaciones		
L. Líquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color blanco, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 2.92 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 02.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

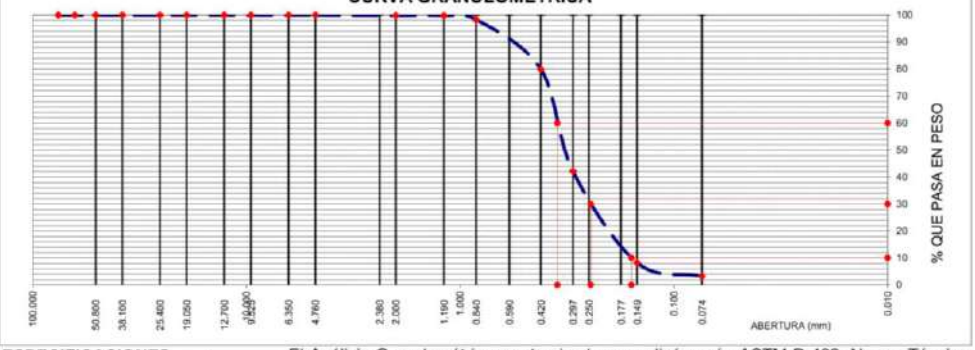
Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	134.53 gr.
Peso de muestra lavada	:	130.21 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
N°4	4.760				100.00	
N°10	2.000	0.22	0.16	0.16	99.84	
N°20	0.840	2.14	1.59	1.75	98.25	
N°40	0.420	24.68	18.35	20.10	79.90	
N°50	0.297	50.77	37.74	57.84	42.16	
N°100	0.149	45.60	33.90	91.73	8.27	
N°200	0.074	6.80	5.05	96.79	3.21	
Pasa N°200		4.32	3.21			

Observaciones		
L. Líquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color blanco, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 3.21 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 03.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

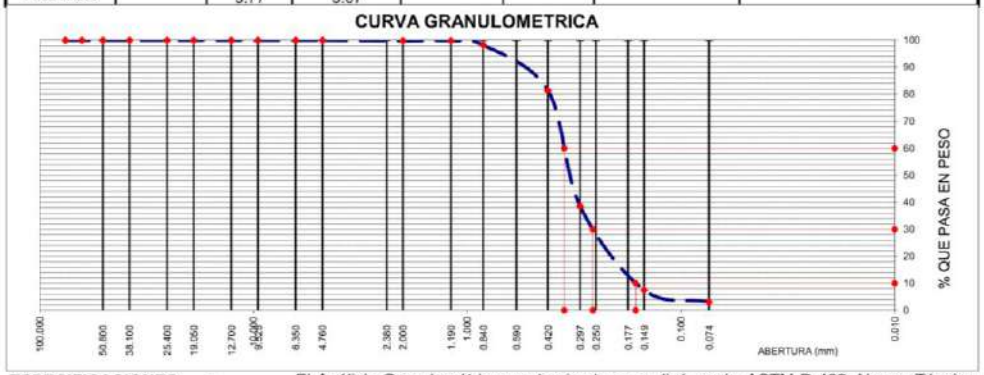
Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	122.77 gr.
Peso de muestra lavada	:	119.00 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760				100.00	
Nº10	2.000	0.22	0.18	0.18	99.82	
Nº20	0.840	2.01	1.64	1.82	98.18	
Nº40	0.420	20.59	16.77	18.59	81.41	
Nº50	0.297	52.49	42.75	61.34	38.66	
Nº100	0.149	38.23	31.14	92.48	7.52	
Nº200	0.074	5.46	4.45	96.93	3.07	
Pasa Nº200		3.77	3.07			

Observaciones		
L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color blanco, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 3.07 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 04.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	125.36 gr.
Peso de muestra lavada	:	121.83 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
N°4	4.760				100.00	
N°10	2.000	0.18	0.14	0.14	99.86	
N°20	0.840	1.95	1.56	1.70	98.30	
N°40	0.420	19.63	15.66	17.36	82.64	
N°50	0.297	53.36	42.57	59.92	40.08	
N°100	0.149	40.25	32.11	92.03	7.97	
N°200	0.074	6.46	5.15	97.18	2.82	
Pasa N°200		3.53	2.82			

Observaciones		
L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color blanco, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).

El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 2.82 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 05.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	125.36 gr.
Peso de muestra lavada	:	120.92 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760				100.00	
Nº10	2.000	0.25	0.20	0.20	99.80	
Nº20	0.840	2.21	1.76	1.96	98.04	
Nº40	0.420	21.36	17.04	19.00	81.00	
Nº50	0.297	51.38	40.99	59.99	40.01	
Nº100	0.149	39.37	31.41	91.39	8.61	
Nº200	0.074	6.35	5.07	96.46	3.54	
Pasa Nº200		4.44	3.54			

Observaciones		
L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color blanco, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 3.54 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)
  Resultados de la muestra N° 06.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

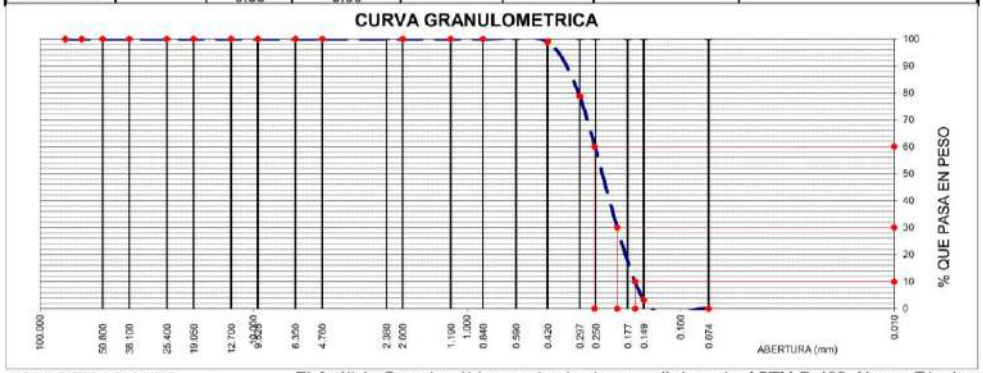
ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	133.61 gr.
Peso de muestra lavada	:	133.53 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760					
Nº10	2.000					
Nº20	0.840				100.00	
Nº40	0.420	1.44	1.08	1.08	98.92	
Nº50	0.297	26.94	20.16	21.24	78.76	
Nº100	0.149	100.86	75.49	96.73	3.27	
Nº200	0.074	4.29	3.21	99.94	0.06	
Pasa Nº200		0.08	0.06			

Observaciones		
L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color gris, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 0.06 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 07.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

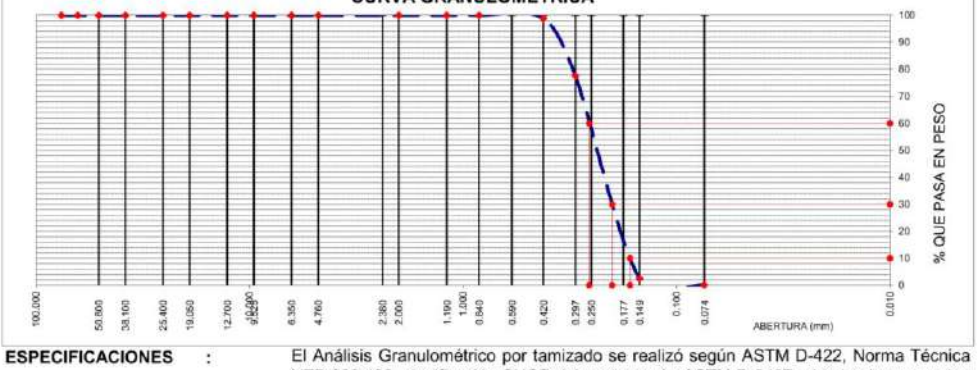
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	131.86 gr.
Peso de muestra lavada	:	131.71 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
Nº4	4.760					
Nº10	2.000				100.00	
Nº20	0.840	0.01	0.01	0.01	99.99	
Nº40	0.420	1.51	1.15	1.15	98.85	
Nº50	0.297	28.19	21.38	22.53	77.47	
Nº100	0.149	98.68	74.84	97.37	2.63	
Nº200	0.074	3.32	2.52	99.89	0.11	
Pasa Nº200		0.15	0.11			

Observaciones

L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color gris, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 0.11 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 08.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	129.90 gr.
Peso de muestra lavada	:	129.63 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
N°4	4.760					
N°10	2.000				100.00	
N°20	0.840	0.03	0.02	0.02	99.98	
N°40	0.420	1.77	1.36	1.39	98.61	
N°50	0.297	31.35	24.13	25.52	74.48	
N°100	0.149	93.63	72.08	97.60	2.40	
N°200	0.074	2.85	2.19	99.79	0.21	
Pasa N°200		0.27	0.21			

Observaciones

L. Líquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color gris, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).

El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 0.21 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 09.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 / NTP 339.128

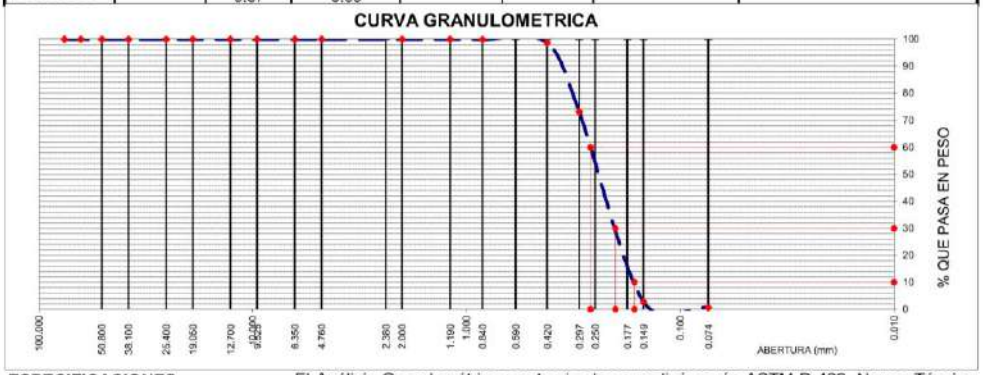
Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	127.36 gr.
Peso de muestra lavada	:	126.49 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
N°4	4.760					
N°10	2.000				100.00	
N°20	0.840	0.10	0.08	0.08	99.92	
N°40	0.420	1.55	1.22	1.30	98.70	
N°50	0.297	32.64	25.63	26.92	73.08	
N°100	0.149	89.35	70.16	97.08	2.92	
N°200	0.074	2.85	2.24	99.32	0.68	
Pasa N°200		0.87	0.68			

Observaciones		
L. Liquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color gris, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 0.68 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 10.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

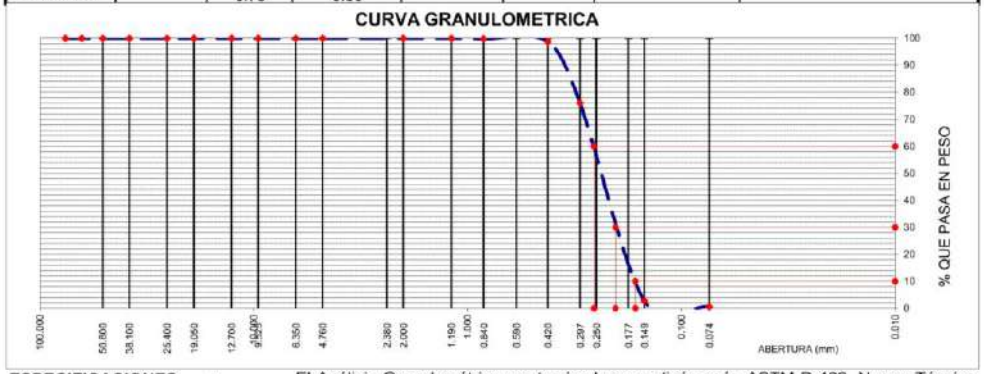
ASTM D - 422 / NTP 339.128

Datos de campo:

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion
Peso de muestra seca	:	130.36 gr.
Peso de muestra lavada	:	129.63 gr.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/4"	6.350					
N°4	4.760					
N°10	2.000				100.00	
N°20	0.840	0.25	0.19	0.19	99.81	
N°40	0.420	1.36	1.04	1.24	98.76	
N°50	0.297	29.65	22.74	23.98	76.02	
N°100	0.149	95.41	73.19	97.17	2.83	
N°200	0.074	2.96	2.27	99.44	0.56	
Pasa N°200		0.73	0.56			

Observaciones		
L. Líquido	:	NP
L. Plástico	:	NP
Ind. Plástico	:	NP
Clas. SUCS	:	SP
Clas. AASHTO	:	A-3 (0)



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : Arena mal graduada, de color gris, húmeda; porcentaje reducido de particulas finas, clasificada como (SP) A-3 (0).
El porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 0.56 %

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D – 4318 / NTP 339.129

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Resultados de la muestra N° 01.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena blanca	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 02.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena blanca	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 03.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena blanca	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 04.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena blanca	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Limite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Limite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 05.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

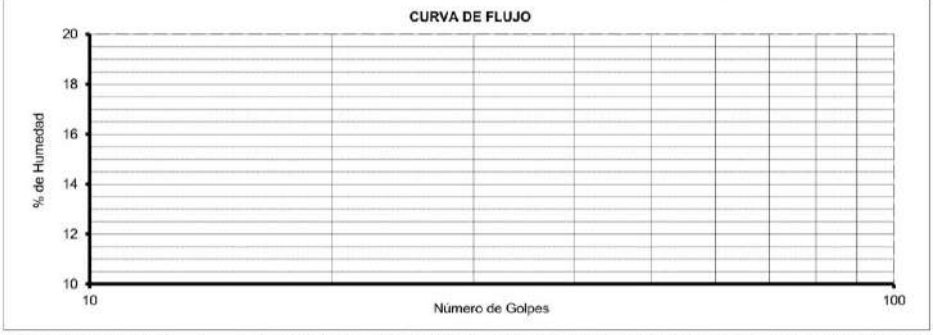
LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena blanca	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Resultados de la muestra N° 06.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			**Resultados**	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena gris	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	**ASTM D 4318 - T 89**		
ENSAYO N°	**1**	**2**	**3**
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	**ASTM D 4318 - T 90**		
ENSAYO N°	**1**	**2**	**3**
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 07.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena gris	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 08.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena gris	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 09.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena gris	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 10.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318 / NTP 339.129

Datos de Campo			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Límite Líquido	NP
Muestra	:	Arena gris	Límite Plástico	NP
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Ind. Plástico	NP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. SUCS	SP
			Clas. AASHTO	A-3 (0)

Límite Líquido	ASTM D 4318 - T 89		
ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			

Límite Plástico	ASTM D 4318 - T 90		
ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso de la Tara			
Peso de agua			
Peso de S. Seco			
% de Humedad			



ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90, NTP 339.129.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a un suelo alterado, fue muestreada e identificada por el personal tecnico responsable.

RESULTADOS : En los ensayos realizados a la muestra no se obtuvieron limites de consistencia.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS ASTM D - 854 / AASHTO T-100

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km 18)

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS
ASTM D-854 / AASHTO T-100

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela		
Muestra	:	Arena blanca		
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18		
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion		
N° de picnometro	(gr)	1	2	3
Peso de tara	(gr)	310.77	297.77	356.98
Peso de tara + muestra seca	(gr)	432.30	424.88	480.93
Muestra seca	(gr)	121.53	127.11	123.95
Peso de picnometro lleno de agua	(gr)	833.22	839.88	869.32
Peso de picnometro + muestra + agua hasta enrase	(gr)	909.58	918.85	946.53
Coeficiente de temperatura[1]		0.99720	0.99730	0.99720
Gravedad especifica	Gs	**2.683**	**2.633**	**2.644**
Temperatura del agua	°C	30.7	30.6	30.7

[1] Tabla 2 Norma ASTM D-854

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Gravedad Especifica de los Solidos, esta especificada según las Normas ASTM D-854 y AASHTO T-100.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fue muestreada, trasladada e identificada por el solicitante.

RESULTADOS : En los ensayos realizados se obtuvieron como resultado la gravedad especifica de los suelos.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS
ASTM D-854 / AASHTO T-100

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela		
Muestra	:	Arena blanca		
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18		
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion		
N° de picnometro	(gr)	4	5	
Peso de tara	(gr)	284.94	306.70	
Peso de tara + muestra seca	(gr)	407.30	407.06	
Muestra seca	(gr)	122.36	100.36	
Peso de picnometro lleno de agua	(gr)	834.00	856.04	
Peso de picnometro + muestra + agua hasta enrase	(gr)	909.58	918.85	
Coeficiente de temperatura[1]		0.99740	0.99790	
Gravedad especifica	Gs	**2.609**	**2.667**	
Temperatura del agua	°C	30.1	28.6	

[1] Tabla 2 Norma ASTM D-854

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Gravedad Especifica de los Solidos, esta especificada según las Normas ASTM D-854 y AASHTO T-100.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fue muestreada, trasladada e identificada por el solicitante.

RESULTADOS : En los ensayos realizados se obtuvieron como resultado la gravedad especifica de los suelos.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS
ASTM D-854 / AASHTO T-100

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)		
Muestra	:	Arena gris		
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria		
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion		
N° de picnometro	(gr)	1	2	3
Peso de tara	(gr)	310.77	297.77	356.98
Peso de tara + muestra seca	(gr)	435.72	421.64	479.82
Muestra seca	(gr)	124.95	123.87	122.84
Peso de picnometro lleno de agua	(gr)	833.22	839.88	869.32
Peso de picnometro + muestra + agua hasta enrase	(gr)	911.10	916.50	945.41
Coeficiente de temperatura[1]		0.99720	0.99720	0.99710
Gravedad especifica	Gs	**2.647**	**2.614**	**2.620**
Temperatura del agua	°C	30.7	30.8	31.0

[1] Tabla 2 Norma ASTM D-854

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Gravedad Especifica de los Solidos, esta especificada según las Normas ASTM D-854 y AASHTO T-100.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fue muestreada, trasladada e identificada por el solicitante.

RESULTADOS : En los ensayos realizados se obtuvieron como resultado la gravedad especifica de los suelos.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS
ASTM D-854 / AASHTO T-100

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)		
Muestra	:	Arena gris		
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria		
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion		
N° de picnometro	(gr)	4	5	
Peso de tara	(gr)	284.94	306.70	
Peso de tara + muestra seca	(gr)	409.30	430.18	
Muestra seca	(gr)	124.36	123.48	
Peso de picnometro lleno de agua	(gr)	834.00	839.04	
Peso de picnometro + muestra + agua hasta enrase	(gr)	911.10	916.50	
Coeficiente de temperatura[1]		0.99730	0.99740	
Gravedad especifica	Gs	**2.624**	**2.676**	
Temperatura del agua	°C	30.3	30.2	

[1] Tabla 2 Norma ASTM D-854

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Gravedad Especifica de los Solidos, esta especificada según las Normas ASTM D-854 y AASHTO T-100.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fue muestreada, trasladada e identificada por el solicitante.

RESULTADOS : En los ensayos realizados se obtuvieron como resultado la gravedad especifica de los suelos.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

PROCTOR MODIFICADO MÉTODO “A” ASTM D - 1557

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Resultados de la muestra N° 01.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

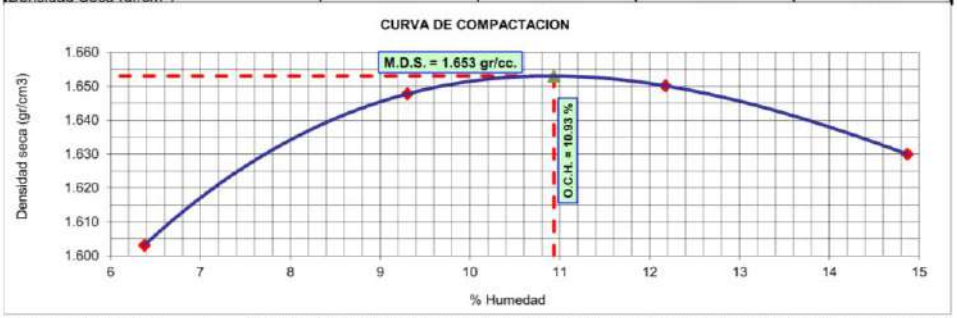
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	1.653 gr/cm³
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	10.93 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5762	5852	5899	5919
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1603	1693	1740	1760
Densidad humeda (gr/cm³)	1.705	1.801	1.851	1.872

2.- Humedad (%)								
Nº Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	105.41	133.53	130.26	114.12	126.91	138.40	137.73	117.05
Recipiente + suelo seco (gr.)	101.47	128.69	123.45	108.79	117.24	129.05	126.71	107.91
Peso de recipiente (gr.)	39.46	53.05	50.07	51.64	38.16	51.92	52.94	46.15
Peso de agua (gr.)	3.94	4.84	6.81	5.33	9.67	9.35	11.02	9.14
Peso de suelo seco (gr.)	62.01	75.64	73.38	57.15	79.08	77.13	73.77	61.76
Humedad (%)	6.35	6.40	9.28	9.33	12.23	12.12	14.94	14.80
Promedio Humedad (%)	6.38		9.30		12.18		14.87	
Densidad Seca (gr/cm³)	**1.603**		**1.648**		**1.650**		**1.630**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.653 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 10.93 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 02.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

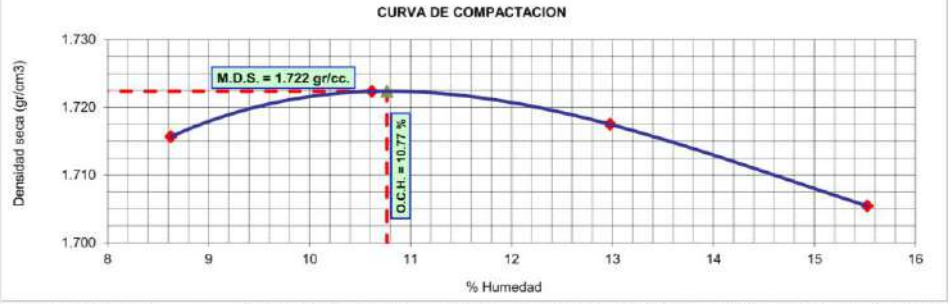
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	1.722 gr/cm^3
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	10.77 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5864	5903	5936	5964
Peso molde (gr.)	4114	4114	4114	4114
Volumen del molde (cm^3)	939	939	939	939
Peso suelo compactado (gr.)	1750	1789	1822	1850
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.864	1.905	1.940	1.970

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	106.62	86.89	117.92	115.66	124.68	137.10	153.02	163.36
Recipiente + suelo seco (gr.)	101.57	83.03	111.45	108.10	115.88	125.90	139.05	147.79
Peso de recipiente (gr.)	43.08	38.25	50.37	37.06	48.07	39.58	47.29	49.39
Peso de agua (gr.)	5.05	3.86	6.47	7.56	8.80	11.20	13.97	15.57
Peso de suelo seco (gr.)	58.49	44.78	61.08	71.04	67.81	86.32	91.76	98.40
Humedad (%)	8.63	8.62	10.59	10.64	12.98	12.97	15.22	15.82
Promedio Humedad (%)	8.63		10.62		12.98		15.52	
Densidad Seca (gr/cm^3)	**1.716**		**1.722**		**1.717**		**1.705**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.722 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 10.77 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 03.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	1.727 gr/cm^3
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	10.93 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5859	5930	5975	5960
Peso molde (gr.)	4163	4163	4163	4163
Volumen del molde (cm^3)	941	941	941	941
Peso suelo compactado (gr.)	1696	1767	1812	1797
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.802	1.878	1.926	1.910

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	145.46	151.88	124.10	126.47	129.49	124.69	120.75	117.90
Recipiente + suelo seco (gr.)	138.89	144.56	117.47	119.62	121.66	116.13	112.04	109.23
Peso de recipiente (gr.)	51.07	52.03	47.52	47.22	54.67	43.84	47.79	45.74
Peso de agua (gr.)	6.57	7.32	6.63	6.85	7.83	8.56	8.71	8.67
Peso de suelo seco (gr.)	87.82	92.53	69.95	72.40	66.99	72.29	64.25	63.49
Humedad (%)	7.48	7.91	9.48	9.46	11.69	11.84	13.56	13.66
Promedio Humedad (%)	7.70		9.47		11.76		13.61	
Densidad Seca (gr/cm^3)	**1.674**		**1.715**		**1.723**		**1.681**	



ESPECIFICACIONE: : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.727 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 10.93 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 04.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	1.867 gr/cm³
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	13.48 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6069	6146	6156	6098
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1910	1987	1997	1939
Densidad humeda (gr/cm³)	2.032	2.114	2.124	2.063

2.- Humedad (%)								
Nº Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	103.37	96.93	98.09	109.86	103.02	97.57	95.28	98.70
Recipiente + suelo seco (gr.)	97.49	91.31	92.96	102.32	95.59	91.32	87.31	91.08
Peso de recipiente (gr.)	45.88	41.28	54.29	45.38	46.22	49.67	39.36	47.16
Peso de agua (gr.)	5.88	5.62	5.13	7.54	7.43	6.25	7.97	7.62
Peso de suelo seco (gr.)	51.61	50.03	38.67	56.94	49.37	41.65	47.95	43.92
Humedad (%)	11.39	11.23	13.27	13.24	15.05	15.01	16.62	17.35
Promedio Humedad (%)	11.31		13.25		15.03		16.99	
Densidad Seca (gr/cm³)	**1.825**		**1.866**		**1.847**		**1.763**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.867 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 13.48 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 05.

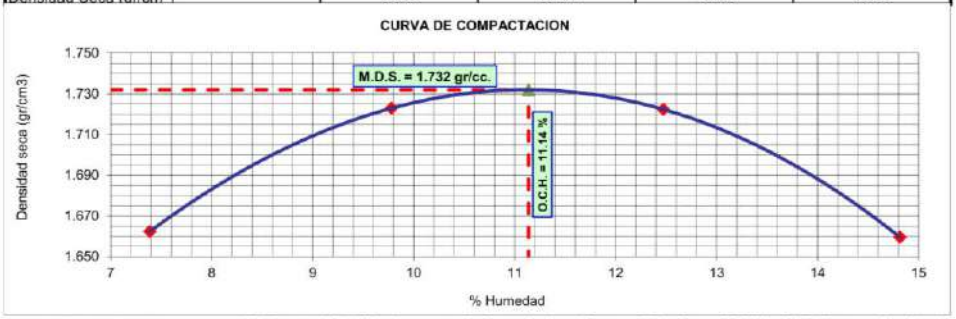
Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	1.732 gr/cm³
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	11.14 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación								
Prueba Nº	1		2		3		4	
Numero de capas	5		5		5		5	
Numero de golpes	56		56		56		56	
Peso suelo + molde (gr.)	5837		5937		5980		5950	
Peso molde (gr.)	4159		4159		4159		4159	
Volumen del molde (cm³)	940		940		940		940	
Peso suelo compactado (gr.)	1678		1778		1821		1791	
Densidad humeda (gr/cm³)	1.785		1.891		1.937		1.905	
2.- Humedad (%)								
Nº Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	109.49	136.48	135.71	134.07	158.08	148.54	137.46	154.44
Recipiente + suelo seco (gr.)	104.91	129.90	127.74	126.19	145.94	137.51	125.82	140.90
Peso de recipiente (gr.)	43.04	40.66	45.74	46.14	48.56	49.14	47.30	49.47
Peso de agua (gr.)	4.58	6.58	7.97	7.88	12.14	11.03	11.64	13.54
Peso de suelo seco (gr.)	61.87	89.24	82.00	80.05	97.38	88.37	78.52	91.43
Humedad (%)	7.40	7.37	9.72	9.84	12.47	12.48	14.82	14.81
Promedio Humedad (%)	7.39		9.78		12.47		14.82	
Densidad Seca (gr/cm³)	**1.662**		**1.723**		**1.722**		**1.659**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.732 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.14 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Resultados de la muestra N° 06.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

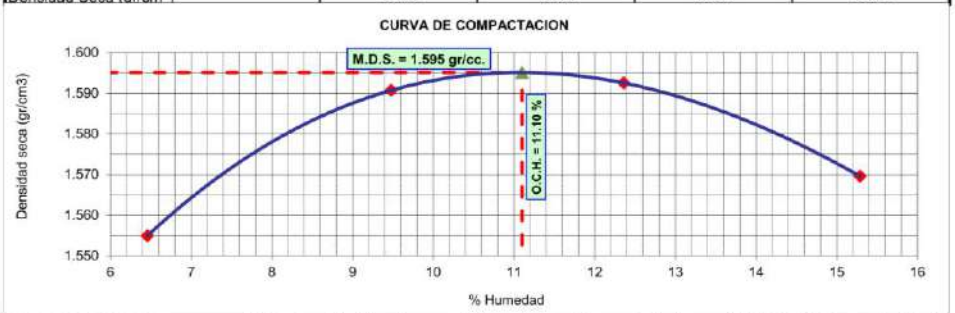
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	1.595 gr/cm^3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	11.10 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5715	5796	5841	5860
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm^3)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1556	1637	1682	1701
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.655	1.741	1.789	1.810

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	138.88	117.61	105.37	101.89	105.74	133.79	133.10	127.69
Recipiente + suelo seco (gr.)	133.56	113.70	99.42	97.04	98.52	124.76	120.59	116.89
Peso de recipiente (gr.)	51.55	52.88	36.79	45.76	39.80	52.08	39.55	45.56
Peso de agua (gr.)	5.32	3.91	5.95	4.85	7.22	9.03	12.51	10.80
Peso de suelo seco (gr.)	82.01	60.82	62.63	51.28	58.72	72.68	81.04	71.33
Humedad (%)	6.49	6.43	9.50	9.46	12.30	12.42	15.44	15.14
Promedio Humedad (%)	6.46		9.48		12.36		15.29	
Densidad Seca (gr/cm^3)	**1.555**		**1.591**		**1.593**		**1.570**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.595 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.1 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 07.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

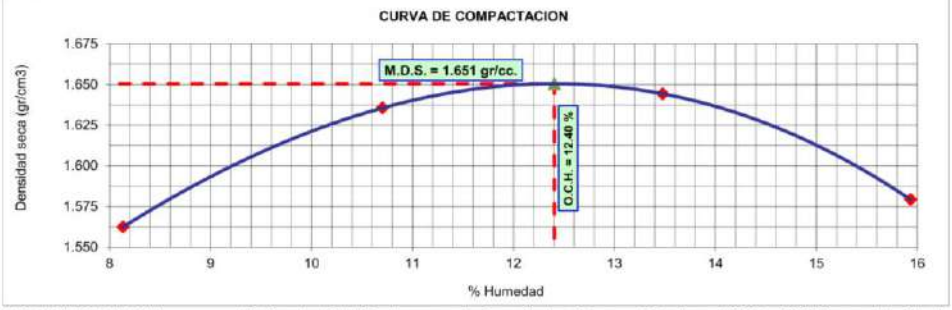
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	1.651 gr/cm^3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	12.40 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5747	5861	5913	5880
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm^3)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1588	1702	1754	1721
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.689	1.811	1.866	1.831

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	129.06	142.40	137.36	132.30	136.30	136.46	147.50	141.02
Recipiente + suelo seco (gr.)	123.05	135.27	127.80	124.16	125.00	126.10	134.85	127.86
Peso de recipiente (gr.)	49.43	47.25	37.98	48.53	40.92	49.46	55.03	45.72
Peso de agua (gr.)	6.01	7.13	9.56	8.14	11.30	10.36	12.65	13.16
Peso de suelo seco (gr.)	73.62	88.02	89.82	75.63	84.08	76.64	79.82	82.14
Humedad (%)	8.16	8.10	10.64	10.76	13.44	13.52	15.85	16.02
Promedio Humedad (%)	8.13		10.70		13.48		15.93	
Densidad Seca (gr/cm^3)	**1.562**		**1.636**		**1.644**		**1.579**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.651 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 12.4 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 08.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	1.650 gr/cm³
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	11.85 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5756	5840	5862	5868
Peso molde (gr.)	4114	4114	4114	4114
Volumen del molde (cm³)	939	939	939	939
Peso suelo compactado (gr.)	1642	1726	1748	1754
Densidad humeda (gr/cm³)	1.749	1.838	1.862	1.868

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	100.42	96.70	85.84	100.04	116.69	95.32	108.07	108.64
Recipiente + suelo seco (gr.)	95.31	91.96	81.78	95.20	108.62	89.30	99.13	99.19
Peso de recipiente (gr.)	39.80	40.77	46.93	52.06	48.69	45.80	41.32	38.34
Peso de agua (gr.)	5.11	4.74	4.06	4.84	8.07	6.02	8.94	9.45
Peso de suelo seco (gr.)	55.51	51.19	34.85	43.14	59.93	43.50	57.81	60.85
Humedad (%)	9.21	9.26	11.65	11.22	13.47	13.84	15.46	15.53
Promedio Humedad (%)	9.23		11.43		13.65		15.50	
Densidad Seca (gr/cm³)	**1.601**		**1.650**		**1.638**		**1.617**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.65 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.85 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 09.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	1.698 gr/cm^3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	14.31 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5839	5950	6007	6029
Peso molde (gr.)	4163	4163	4163	4163
Volumen del molde (cm^3)	941	941	941	941
Peso suelo compactado (gr.)	1676	1787	1844	1866
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.781	1.899	1.960	1.983

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	142.35	145.63	152.77	143.86	136.16	129.30	146.57	138.26
Recipiente + suelo seco (gr.)	134.03	137.22	141.60	133.66	124.36	117.11	130.97	124.52
Peso de recipiente (gr.)	46.99	50.34	51.88	52.01	47.58	40.69	49.44	51.00
Peso de agua (gr.)	8.32	8.41	11.17	10.20	11.80	12.19	15.60	13.74
Peso de suelo seco (gr.)	87.04	86.88	89.72	81.65	76.78	76.42	81.53	73.52
Humedad (%)	9.56	9.68	12.45	12.49	15.37	15.95	19.13	18.69
Promedio Humedad (%)	9.62		12.47		15.66		18.91	
Densidad Seca (gr/cm^3)	**1.625**		**1.688**		**1.694**		**1.668**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.698 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 14.31 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 10.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

Datos de campo:			Resultados	
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	1.693 gr/cm³
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	11.05 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	A-3 (0)

1.- Compactación				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5823	5903	5942	5952
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1664	1744	1783	1793
Densidad humeda (gr/cm³)	1.770	1.855	1.897	1.907

2.- Humedad (%)								
N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	127.49	123.31	128.64	103.20	153.14	134.75	107.49	126.50
Recipiente + suelo seco (gr.)	121.89	118.09	120.72	97.65	141.69	125.58	98.56	116.24
Peso de recipiente (gr.)	45.65	45.60	40.62	41.33	48.60	51.36	37.98	46.76
Peso de agua (gr.)	5.60	5.22	7.92	5.55	11.45	9.17	8.93	10.26
Peso de suelo seco (gr.)	76.24	72.49	80.10	56.32	93.09	74.22	60.58	69.48
Humedad (%)	7.35	7.20	9.89	9.85	12.30	12.36	14.74	14.77
Promedio Humedad (%)	7.27		9.87		12.33		14.75	
Densidad Seca (gr/cm³)	**1.650**		**1.689**		**1.689**		**1.662**	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "C".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.693 gr/cm3, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.05 %.
Según el valor de la humedad óptima obtenida, se recomienda determinar el contenido de materia orgánica de la muestra.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

ENSAYO DE PENETRACIÓN C.B.R. ASTM D - 1883

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Resultados de la muestra N° 01.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.
(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S. :	1.653	gr/cm3
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H. :	10.93	%
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS :	SP	
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO :	A-3 (0)	

Molde	Nº	7		9		18	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12366	12764	12444	12723	12699	13042
Peso del molde	Gr.	8788	8788	8528	8528	8653	8653
Volúmen del suelo	c.c.	2115	2115	2139	2139	2138	2138
Peso del suelo húmedo	Gr.	3578	3976	3916	4195	4046	4389
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.692**	**1.880**	**1.831**	**1.961**	**1.892**	**2.053**
HUMEDAD							
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	140.98	164.68	127.55	178.43	140.94	145.37
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	131.98	142.89	120.22	156.57	131.91	131.25
Peso de la Recipiente	Gr.	49.48	37.04	52.92	48.67	49.06	47.76
Peso del agua	Gr.	9.00	21.79	7.33	21.86	9.03	14.12
Peso del suelo seco	Gr.	82.50	105.85	67.30	107.90	82.85	83.49
Humedad	%	10.91	20.59	10.89	20.26	10.90	16.91
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.525**	**1.559**	**1.651**	**1.631**	**1.706**	**1.756**

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	30.7	1.56	50.4	2.57	64.0	3.26
0.050	1.27	73.5	3.74	110.6	5.63	124.3	6.33
0.075	1.90	122.9	6.26	161.8	8.24	177.7	9.05
0.100	2.54	181.4	9.24	235.7	12.00	243.1	12.38
0.150	3.81	295.2	15.03	355.5	18.10	357.8	18.22
0.200	5.08	402.3	20.48	454.3	23.13	449.2	22.87
0.250	6.35	475.1	24.19	535.8	27.28	538.9	27.44
0.300	7.62	515.0	26.22	571.5	29.10	600.7	30.59

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

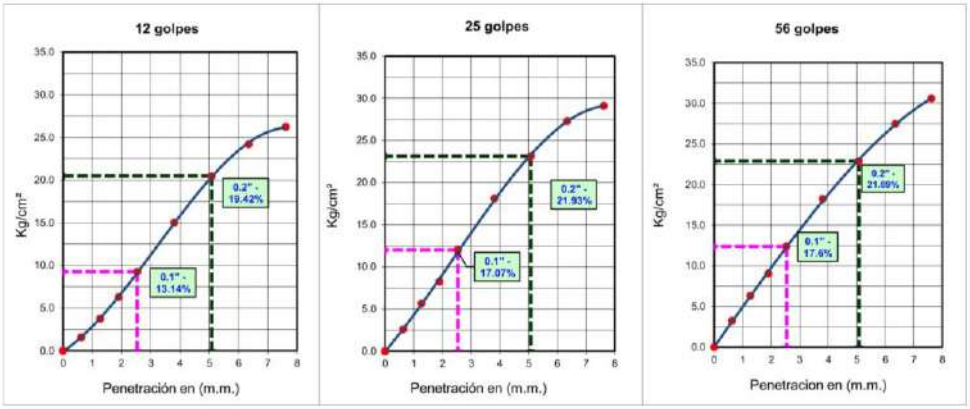
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

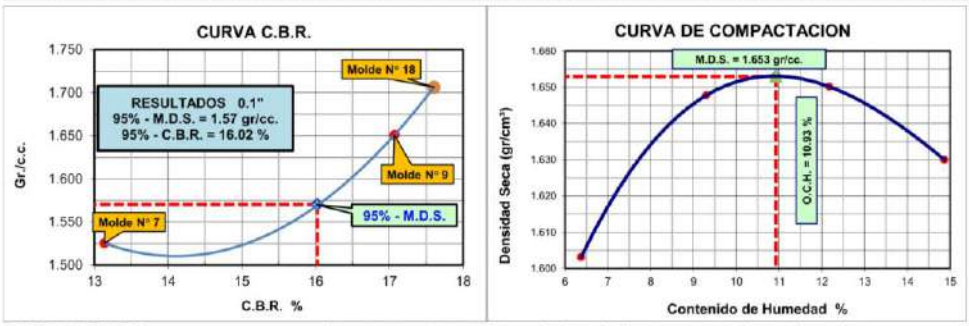
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena blanca	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.653 gr/cc O.C.H. = 10.93 %	0.1"	17.60	16.02	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 02.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Datos de proctor /clasificacion de suelos**		
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	**M. D. S.**	:	1.722 gr/cm3
Muestra	:	Arena blanca	**O. C. H.**	:	10.77 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	**Clas. SUCS**	:	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	**Clas. AASHTO**	:	A-3 (0)

Molde	Nº	20		21		22		
Capas	Nº	5		5		5		
Golpes por capa	Nº	12		25		56		
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12572	12933	12780	13088	12979	13197	
Peso del molde	Gr.	8479	8479	8629	8629	8630	8630	
Volúmen del suelo	c.c.	2332	2332	2341	2341	2332	2332	
Peso del suelo húmedo	Gr.	4093	4454	4151	4459	4349	4567	
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.755**	**1.910**	**1.773**	**1.905**	**1.865**	**1.959**	
HUMEDAD								
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9	
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	115.54	203.31	145.71	196.09	109.58	198.66	
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	108.78	179.18	138.17	174.66	104.50	178.87	
Peso de la Recipiente	Gr.	39.67	45.92	58.17	44.22	49.40	49.06	
Peso del agua	Gr.	6.76	24.13	7.54	21.43	5.08	19.79	
Peso del suelo seco	Gr.	69.11	133.26	80.00	130.44	55.10	129.81	
Humedad	%	9.78	18.11	9.43	16.43	9.22	15.25	
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.599**	**1.617**	**1.621**	**1.636**	**1.708**	**1.700**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	12.7	0.65	22.0	1.12	62.2	3.17
0.050	1.27	55.8	2.84	86.0	4.38	167.8	8.55
0.075	1.90	89.8	4.57	140.7	7.16	266.1	13.55
0.100	2.54	131.4	6.69	191.0	9.72	333.0	16.95
0.150	3.81	203.9	10.38	273.3	13.91	452.2	23.02
0.200	5.08	280.5	14.28	321.3	16.36	544.2	27.71
0.250	6.35	322.7	16.43	332.7	16.94	583.4	29.71
0.300	7.62	348.5	17.74	338.1	17.22	588.6	29.97

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

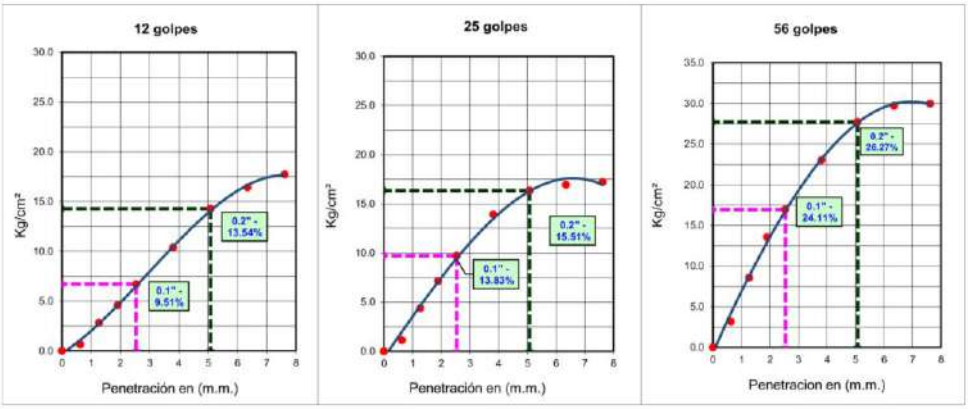
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

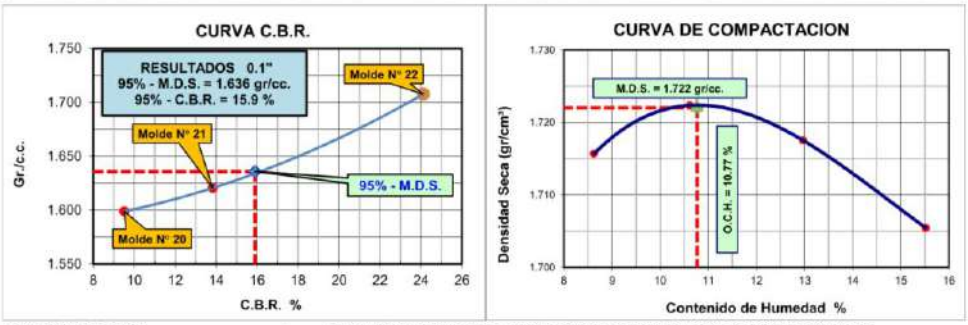
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena blanca	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.722 gr/cc O.C.H. = 10.77 %	0.1"	24.11	15.90	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 03.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S.	:	1.727 gr/cm3
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H.	:	10.93 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS	:	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

Molde	N°	7		8		9		
Capas	N°	5		5		5		
Golpes por capa	N°	12		25		56		
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12469	12680	12552	12729	12569	12759	
Peso del molde	Gr.	8788	8788	8596	8596	8528	8528	
Volúmen del suelo	c.c.	2113	2113	2134	2134	2137	2137	
Peso del suelo húmedo	Gr.	3681	3892	3956	4133	4041	4231	
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.742**	**1.842**	**1.853**	**1.936**	**1.891**	**1.980**	
HUMEDAD								
N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9	
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	143.62	138.49	125.59	121.58	119.88	132.35	
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	134.71	126.39	118.09	111.47	113.08	122.20	
Peso de la Recipiente	Gr.	49.22	47.54	46.74	39.64	47.69	47.14	
Peso del agua	Gr.	8.91	12.10	7.50	10.11	6.80	10.15	
Peso del suelo seco	Gr.	85.49	78.85	71.35	71.83	65.39	75.06	
Humedad	%	10.42	15.35	10.51	14.07	10.40	13.52	
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.578**	**1.597**	**1.677**	**1.697**	**1.713**	**1.744**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	24.0	1.22	69.8	3.55	108.3	5.51
0.050	1.27	43.9	2.24	134.5	6.85	220.5	11.23
0.075	1.90	59.8	3.04	204.8	10.43	324.7	16.53
0.100	2.54	71.2	3.63	249.0	12.68	409.8	20.87
0.150	3.81	85.3	4.34	308.7	15.72	550.8	28.04
0.200	5.08	94.9	4.83	350.2	17.83	634.2	32.29
0.250	6.35	101.2	5.15	389.5	19.83	674.1	34.32
0.300	7.62	106.1	5.40	434.2	22.11	686.7	34.96

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

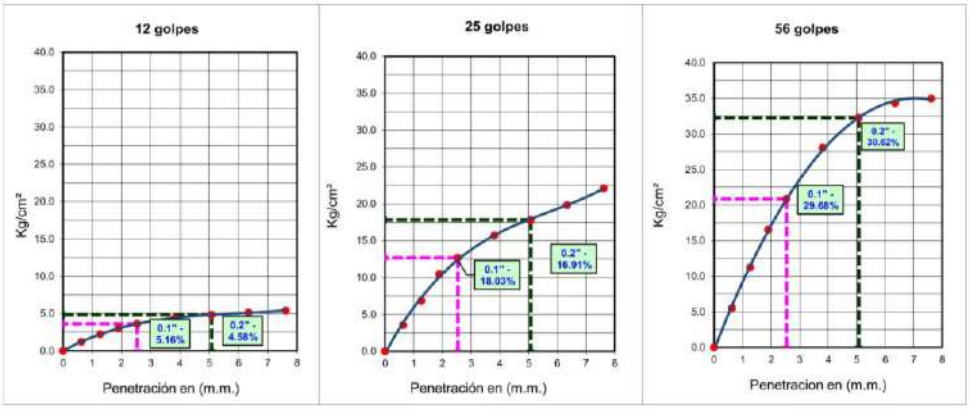
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

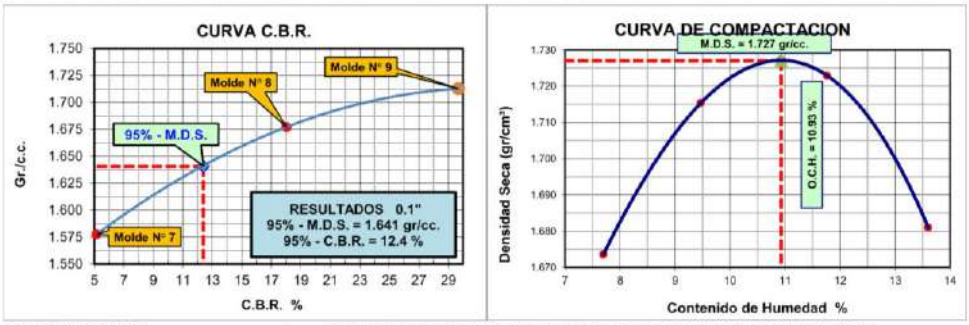
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.
(ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena blanca	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.727 gr/cc O.C.H. = 10.93 %	0.1"	29.68	12.40	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 04.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Datos de proctor /clasificacion de suelos**		
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	**M. D. S.**	:	1.867 gr/cm3
Muestra	:	Arena blanca	**O. C. H.**	:	13.48 %
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	**Clas. SUCS**	:	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	**Clas. AASHTO**	:	A-3 (0)

Molde	Nº	4		5		6		
Capas	Nº	5		5		5		
Golpes por capa	Nº	12		25		56		
Condición de muestra		**Hum. Optima**	**Saturado**	**Hum. Optima**	**Saturado**	**Hum. Optima**	**Saturado**
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12493	12639	12682	12776	12999	13044
Peso del molde	Gr.	8492	8492	8501	8501	8595	8595
Volúmen del suelo	c.c.	2131	2131	2129	2129	2129	2129
Peso del suelo húmedo	Gr.	4001	4147	4181	4275	4404	4449
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.878**	**1.946**	**1.964**	**2.008**	**2.069**	**2.090**
HUMEDAD							
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	111.83	139.91	95.76	141.81	106.96	140.59
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	104.45	127.57	90.33	128.93	100.18	129.50
Peso de la Recipiente	Gr.	49.36	45.73	49.30	39.41	49.07	49.46
Peso del agua	Gr.	7.38	12.34	5.43	12.88	6.78	11.09
Peso del suelo seco	Gr.	55.09	81.84	41.03	89.52	51.11	80.04
Humedad	%	13.40	15.08	13.23	14.39	13.27	13.86
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.656**	**1.691**	**1.734**	**1.756**	**1.826**	**1.836**

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

		Penetracion	Carga		Carga		Carga	
Penetración	**Pulgadas**	**m.m**	**Kg**	**kg/cm2**	**Kg**	**kg/cm2**	**Kg**	**kg/cm2**
0.025		0.63	40.5	2.06	48.3	2.46	63.3	3.22
0.050		1.27	87.3	4.45	122.0	6.21	135.0	6.87
0.075		1.90	140.1	7.13	193.2	9.84	229.1	11.66
0.100		2.54	196.7	10.02	276.4	14.07	318.8	16.23
0.150		3.81	292.4	14.89	461.1	23.48	515.7	26.26
0.200		5.08	377.3	19.21	616.8	31.41	775.3	39.48
0.250		6.35	447.1	22.76	732.2	37.28	963.5	49.06
0.300		7.62	498.5	25.38	797.9	40.63	1090.3	55.51

ANILLO	**CAPACIDAD**	**SOBRECARGA**	**K = 19.64 cm2**

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

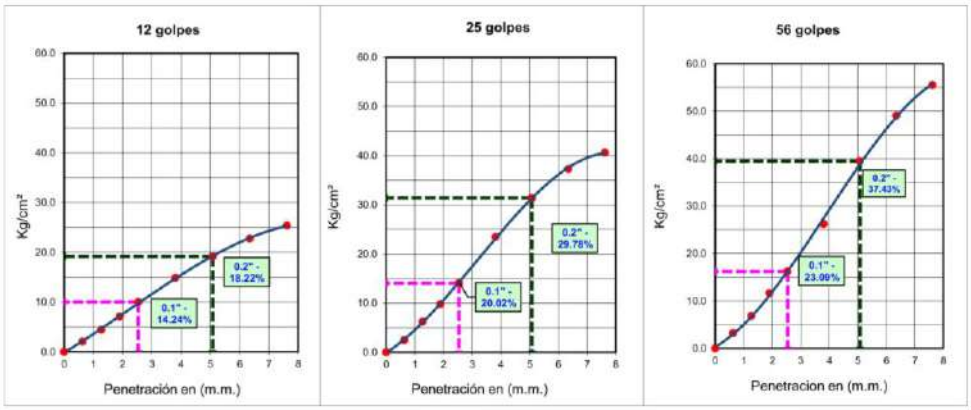
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

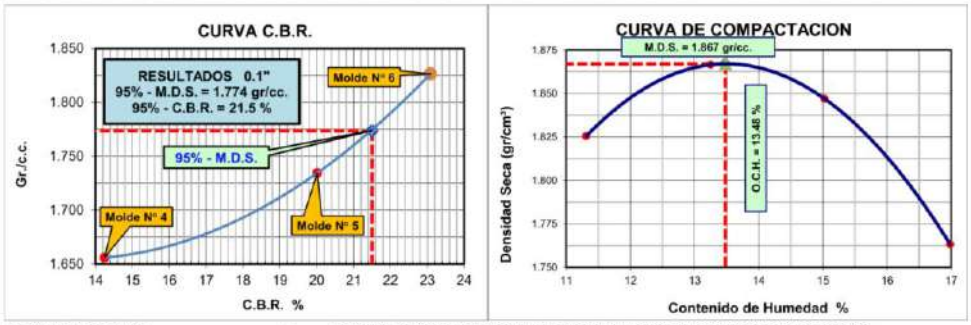
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.
(ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena blanca	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.867 gr/cc O.C.H. = 13.48 %	0.1"	23.09	21.50	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 05.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	M. D. S. :	1.732	gr/cm3
Muestra	:	Arena blanca	O. C. H. :	11.14	%
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Clas. SUCS :	SP	
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO :	A-3 (0)	

Molde		Nº	7		9		22	
Capas		Nº	5		5		5	
Golpes por capa		Nº	12		25		56	
Condición de muestra			Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde		Gr.	12597	12880	12456	12682	12621	12830
Peso del molde		Gr.	8788	8788	8528	8528	8619	8619
Volúmen del suelo		c.c.	2115	2115	2139	2139	2113	2113
Peso del suelo húmedo		Gr.	3809	4092	3928	4154	4002	4211
Densidad húmeda		Gr/c.c.	**1.801**	**1.935**	**1.836**	**1.942**	**1.894**	**1.993**
HUMEDAD								
N° de Recipiente		Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.		Gr.	142.18	165.07	141.84	161.04	135.00	159.11
Peso del suelo seco + Recip.		Gr.	132.57	146.03	131.68	144.22	126.29	144.08
Peso de la Recipiente		Gr.	45.65	39.56	39.96	47.08	47.20	48.04
Peso del agua		Gr.	9.61	19.04	10.16	16.82	8.71	15.03
Peso del suelo seco		Gr.	86.92	106.47	91.72	97.14	79.09	96.04
Humedad		%	11.06	17.88	11.08	17.32	11.01	15.65
Densidad seca		Gr/c.c.	**1.622**	**1.641**	**1.653**	**1.655**	**1.706**	**1.723**

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración	Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025		0.63	27.3	1.39	42.5	2.16	57.8	2.94
0.050		1.27	67.9	3.46	93.5	4.76	111.3	5.67
0.075		1.90	127.6	6.50	153.5	7.82	188.2	9.58
0.100		2.54	207.4	10.56	232.6	11.84	259.8	13.23
0.150		3.81	331.5	16.88	337.3	17.17	464.7	23.66
0.200		5.08	456.9	23.26	425.6	21.67	654.3	33.31
0.250		6.35	547.8	27.89	521.1	26.53	783.2	39.88
0.300		7.62	595.2	30.31	633.2	32.24	881.2	44.87

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

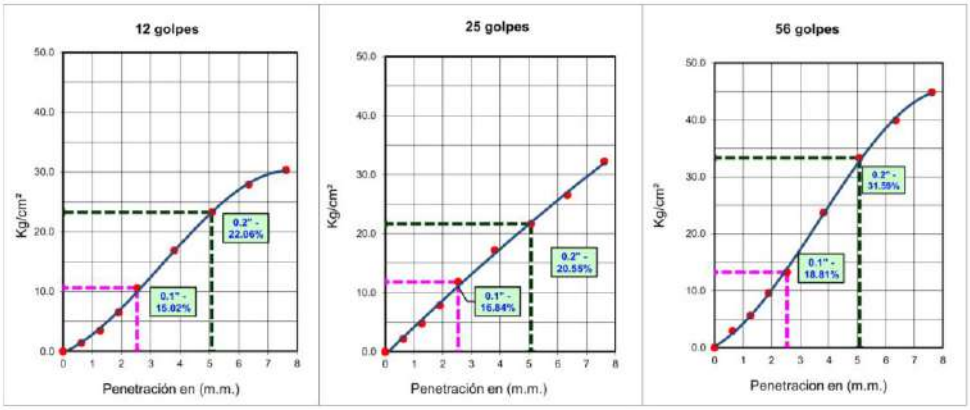
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

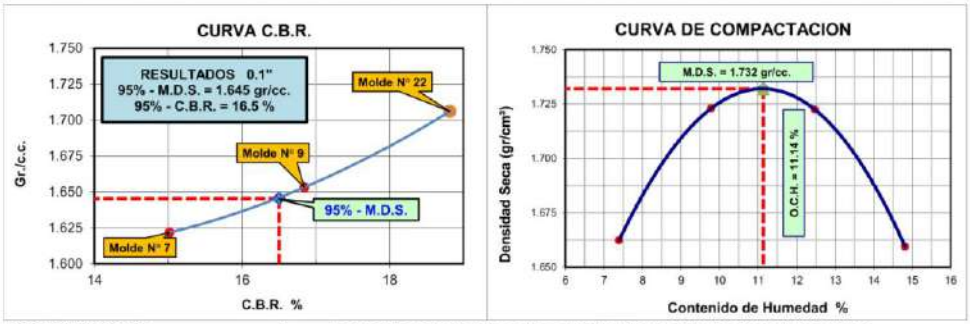
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena blanca	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.732 gr/cc O.C.H. = 11.14 %	0.1"	18.81	16.50	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Resultados de la muestra N° 06.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	:	1.595 gr/cm3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	:	11.10 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	:	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

Molde	N°	21		24		27		
Capas	N°	5		5		5		
Golpes por capa	N°	12		25		56		
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12164	12609	12218	12616	12346	12745	
Peso del molde	Gr.	8636	8636	8643	8643	8629	8629	
Volúmen del suelo	c.c.	2134	2134	2136	2136	2134	2134	
Peso del suelo húmedo	Gr.	3528	3973	3575	3973	3717	4116	
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.653**	**1.861**	**1.674**	**1.860**	**1.741**	**1.928**	
HUMEDAD								
N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9	
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	130.66	155.83	132.04	141.58	140.53	148.91	
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	122.77	135.49	123.00	123.03	132.20	129.63	
Peso de la Recipiente	Gr.	51.57	49.47	41.30	39.62	57.01	39.03	
Peso del agua	Gr.	7.89	20.34	9.04	18.55	8.33	19.28	
Peso del suelo seco	Gr.	71.20	86.02	81.70	83.41	75.19	90.60	
Humedad	%	11.08	23.65	11.06	22.24	11.08	21.28	
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.488**	**1.505**	**1.507**	**1.521**	**1.568**	**1.590**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	24.3	1.24	53.4	2.72	67.1	3.42
0.050	1.27	45.7	2.33	108.7	5.53	145.9	7.43
0.075	1.90	72.5	3.69	159.3	8.11	223.4	11.37
0.100	2.54	92.8	4.73	199.8	10.17	303.7	15.46
0.150	3.81	139.2	7.09	265.2	13.50	426.2	21.70
0.200	5.08	179.5	9.14	320.7	16.33	523.5	26.65
0.250	6.35	219.1	11.16	377.2	19.21	595.2	30.31
0.300	7.62	263.7	13.43	435.7	22.18	632.4	32.20

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

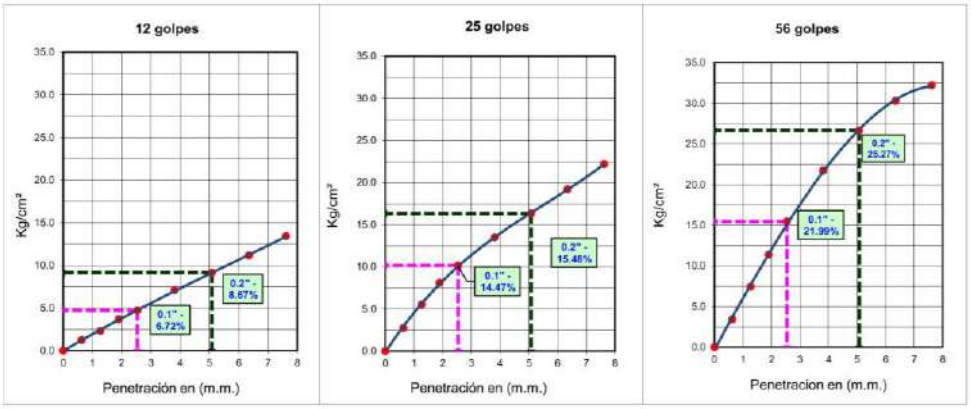
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

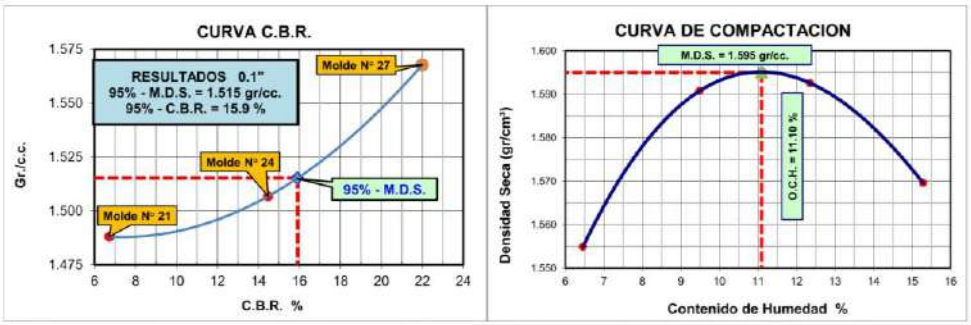
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena gris	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.595 gr/cc O.C.H. = 11.10 %	0.1"	21.99	15.90	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 07.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S. :	1.651	gr/cm3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H. :	12.40	%
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS :	SP	
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO :	A-3 (0)	

Molde	Nº	8		24		34	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12230	12573	12508	12715	12185	12400
Peso del molde	Gr.	8596	8596	8643	8643	8203	8203
Volúmen del suelo	c.c.	2134	2134	2134	2134	2146	2146
Peso del suelo húmedo	Gr.	3634	3977	3865	4072	3982	4197
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.703**	**1.863**	**1.811**	**1.908**	**1.856**	**1.956**
HUMEDAD							
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	141.89	161.13	150.67	149.15	132.16	196.03
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	130.35	143.11	139.81	135.52	123.02	178.99
Peso de la Recipiente	Gr.	36.78	47.44	51.57	52.36	48.50	49.15
Peso del agua	Gr.	11.54	18.02	10.86	13.63	9.14	17.04
Peso del suelo seco	Gr.	93.57	95.67	88.24	83.16	74.52	129.84
Humedad	%	12.33	18.84	12.31	16.39	12.27	13.12
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.516**	**1.568**	**1.612**	**1.639**	**1.653**	**1.729**

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	55.3	2.82	97.4	4.96	134.7	6.86
0.050	1.27	97.9	4.98	174.9	8.91	254.3	12.95
0.075	1.90	157.4	8.01	246.3	12.54	345.5	17.59
0.100	2.54	193.8	9.87	287.4	14.63	399.1	20.32
0.150	3.81	281.2	14.32	370.3	18.85	508.5	25.89
0.200	5.08	374.8	19.08	424.8	21.63	568.2	28.93
0.250	6.35	447.9	22.81	467.9	23.82	595.8	30.34
0.300	7.62	521.3	26.54	507.2	25.82	629.3	32.04

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

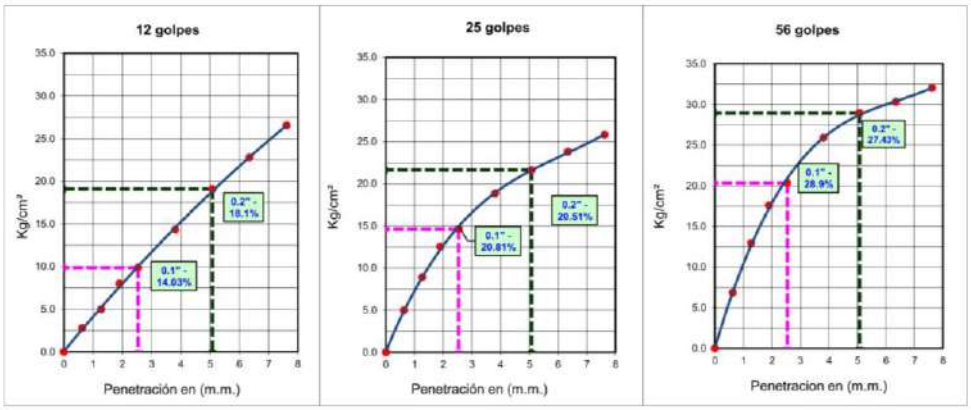
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

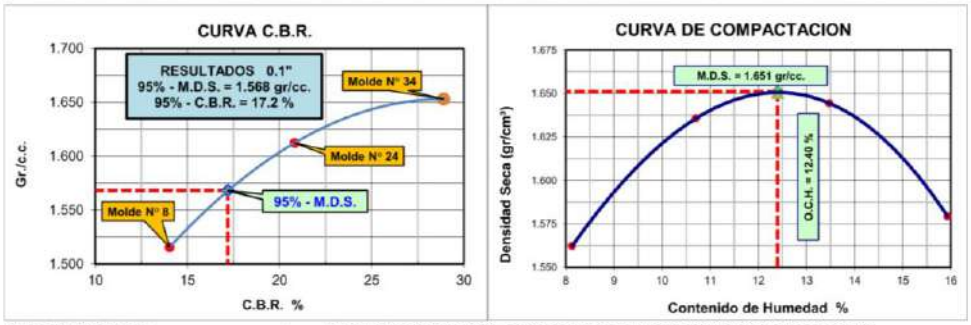
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena gris	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.651 gr/cc O.C.H. = 12.40 %	0.1"	28.90	17.20	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 08.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S. :	1.650	gr/cm3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H. :	11.85	%
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS :	SP	
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO :	A-3 (0)	

Molde		Nº	20		21		22	
Capas		Nº	5		5		5	
Golpes por capa		Nº	12		25		56	
Condición de muestra			Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde		Gr.	12159	12898	12723	13091	12866	13226
Peso del molde		Gr.	8479	8479	8629	8629	8630	8630
Volúmen del suelo		c.c.	2332	2332	2341	2341	2332	2332
Peso del suelo húmedo		Gr.	3680	4419	4094	4462	4236	4596
Densidad húmeda		Gr/c.c.	**1.578**	**1.895**	**1.749**	**1.906**	**1.817**	**1.971**
HUMEDAD								
N° de Recipiente		Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.		Gr.	112.75	132.02	97.05	142.72	99.86	138.30
Peso del suelo seco + Recip.		Gr.	105.20	114.63	91.65	126.49	94.32	122.02
Peso de la Recipiente		Gr.	38.18	39.58	44.85	49.97	45.95	40.22
Peso del agua		Gr.	7.55	17.39	5.40	16.23	5.54	16.28
Peso del suelo seco		Gr.	67.02	75.05	46.80	76.52	48.37	81.80
Humedad		%	11.27	23.17	11.54	21.21	11.45	19.90
Densidad seca		Gr/c.c.	**1.418**	**1.539**	**1.568**	**1.573**	**1.630**	**1.644**

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración	Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025		0.63	29.2	1.49	43.4	2.21	115.1	5.86
0.050		1.27	65.0	3.31	99.4	5.06	216.3	11.01
0.075		1.90	105.5	5.37	172.9	8.80	282.5	14.39
0.100		2.54	148.1	7.54	251.6	12.81	346.8	17.66
0.150		3.81	214.9	10.94	382.1	19.45	428.9	21.84
0.200		5.08	271.1	13.80	479.2	24.40	494.1	25.16
0.250		6.35	316.6	16.12	509.7	25.95	533.3	27.15
0.300		7.62	351.6	17.90	514.2	26.18	544.7	27.74

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

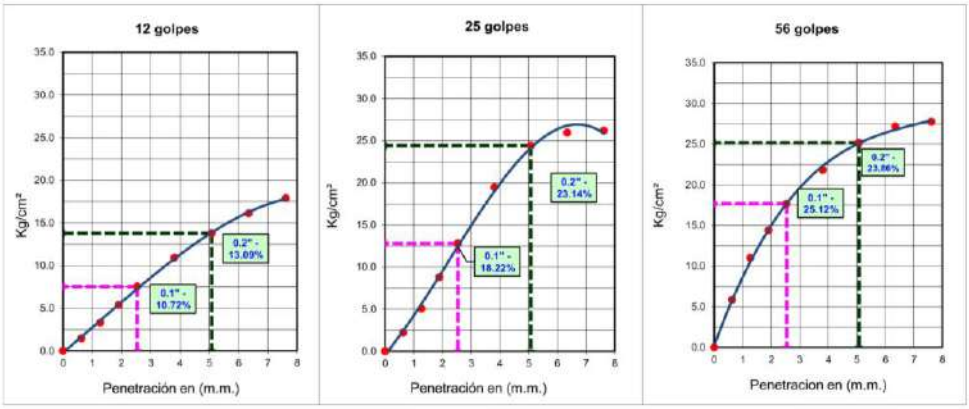
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

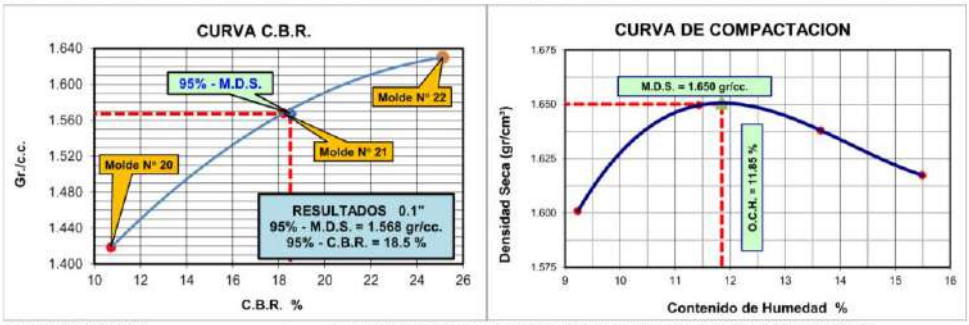
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena gris	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.650 gr/cc O.C.H. = 11.85 %	0.1"	25.12	18.50	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 09.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S. :	1.698	gr/cm3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H. :	14.31	%
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS :	SP	
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO :	A-3 (0)	

Molde	Nº	6		15		19		
Capas	Nº	5		5		5		
Golpes por capa	Nº	12		25		56		
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12339	12546	12418	12584	12656	12747	
Peso del molde	Gr.	8618	8618	8602	8602	8699	8699	
Volúmen del suelo	c.c.	2147	2147	2119	2119	2119	2119	
Peso del suelo húmedo	Gr.	3721	3928	3816	3982	3957	4048	
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.733**	**1.829**	**1.800**	**1.879**	**1.867**	**1.910**	
HUMEDAD								
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9	
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	130.44	118.93	163.17	141.78	148.42	143.76	
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	118.70	106.48	150.17	126.84	135.24	131.00	
Peso de la Recipiente	Gr.	39.82	39.43	54.68	47.32	37.89	56.66	
Peso del agua	Gr.	11.74	12.45	13.00	14.94	13.18	12.76	
Peso del suelo seco	Gr.	78.88	67.05	95.49	79.52	97.35	74.34	
Humedad	%	14.88	18.57	13.61	18.79	13.54	17.16	
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.508**	**1.543**	**1.585**	**1.582**	**1.644**	**1.630**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	18.6	0.95	45.0	2.29	77.4	3.94
0.050	1.27	39.6	2.02	100.1	5.10	158.2	8.05
0.075	1.90	61.1	3.11	144.2	7.34	234.8	11.96
0.100	2.54	85.3	4.34	182.8	9.31	340.5	17.34
0.150	3.81	125.1	6.37	244.1	12.43	480.8	24.48
0.200	5.08	165.8	8.44	288.7	14.70	588.9	29.98
0.250	6.35	201.9	10.28	333.2	16.97	636.4	32.40
0.300	7.62	236.1	12.02	382.4	19.47	617.1	31.42

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

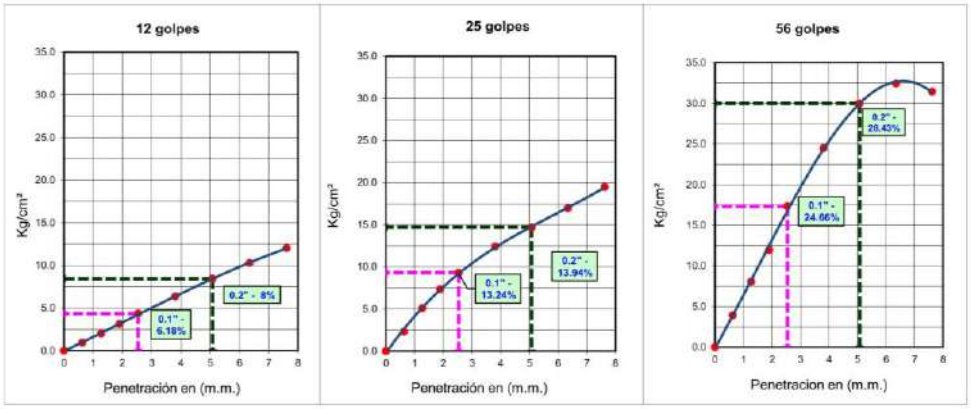
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

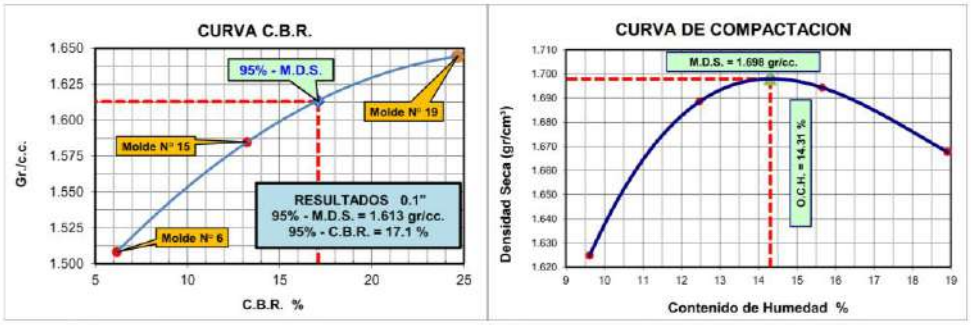
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena gris	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.698 gr/cc O.C.H. = 14.31 %	0.1"	24.66	17.10	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 10.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:			Datos de proctor /clasificacion de suelos		
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	M. D. S.	:	1.693 gr/cm3
Muestra	:	Arena gris	O. C. H.	:	11.05 %
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Clas. SUCS	:	SP
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	Clas. AASHTO	:	A-3 (0)

Molde	Nº	20		22		26		
Capas	Nº	5		5		5		
Golpes por capa	Nº	12		25		56		
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	11475	11726	12331	12698	12926	13194	
Peso del molde	Gr.	8470	8470	8619	8619	9058	9058	
Volúmen del suelo	c.c.	1764	1764	2111	2111	2131	2131	
Peso del suelo húmedo	Gr.	3005	3256	3712	4079	3868	4136	
Densidad húmeda	Gr/c.c.	**1.703**	**1.845**	**1.758**	**1.932**	**1.815**	**1.941**	
HUMEDAD								
N° de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9	
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	130.79	196.07	129.39	194.64	127.93	179.14	
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	122.46	173.46	121.45	170.44	120.10	158.32	
Peso de la Recipiente	Gr.	46.82	54.48	49.44	37.22	48.93	39.76	
Peso del agua	Gr.	8.33	22.61	7.94	24.20	7.83	20.82	
Peso del suelo seco	Gr.	75.64	118.98	72.01	133.22	71.17	118.56	
Humedad	%	11.01	19.00	11.03	18.17	11.00	17.56	
Densidad seca	Gr/c.c.	**1.534**	**1.551**	**1.584**	**1.635**	**1.636**	**1.651**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo dias	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2	Carga Kg	Carga kg/cm2
0.025	0.63	60.4	3.08	74.2	3.78	80.4	4.09
0.050	1.27	115.1	5.86	141.5	7.20	157.0	7.99
0.075	1.90	164.0	8.35	189.5	9.65	235.6	12.00
0.100	2.54	212.3	10.81	236.2	12.03	298.8	15.21
0.150	3.81	273.0	13.90	295.3	15.04	414.0	21.08
0.200	5.08	314.2	16.00	335.4	17.08	499.4	25.43
0.250	6.35	346.6	17.65	356.8	18.17	569.8	29.01
0.300	7.62	366.5	18.66	385.7	19.64	615.8	31.35

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

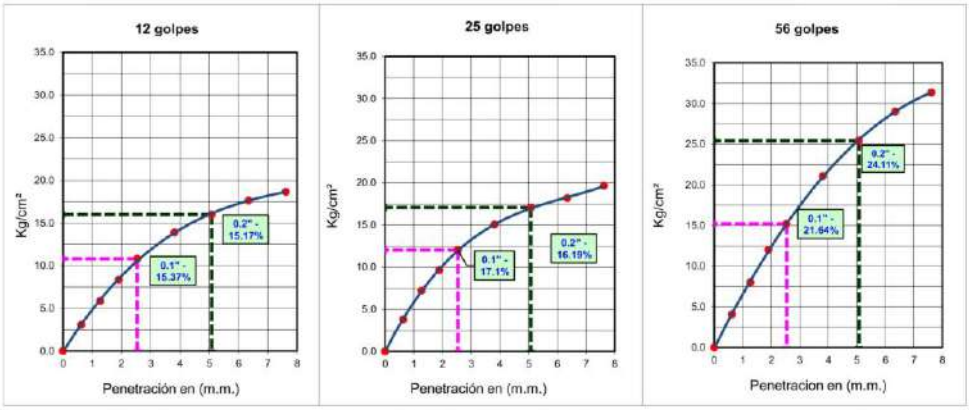
V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

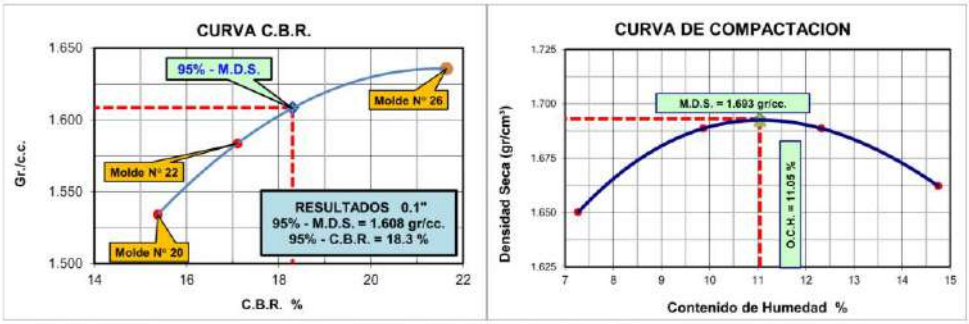
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:			**Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883**			
Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)	Condición de la Muestra			4 días de saturación
Muestra	:	Arena gris	Sobrecarga			10.00 lbs.
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria	Hinchamiento promedio			NO EXPANSIVO
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion	C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
Datos de Proctor	:	M.D.S. = 1.693 gr/cc O.C.H. = 11.05 %	0.1"	21.64	18.30	

GRAFICOS DE ENSAYO DE C.B.R.



GRAFICOS DE INTERPRETACION DE ENSAYO DE C.B.R. / GRAFICO DE CURVA DE COMPACTACION - PROCTOR



OBSERVACIONES: : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por los tesistas.

V°B° Br. Javier Enrique Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY ASTM D - 1556

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
UCP	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERISDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY
ASTM D-1556

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

1.- ENSAYO			
DESCRIPCION	1	2	3
Peso de frasco + arena en cono	6620	7002	6825
Peso de frasco + arena que sobro	3020	3204	3068
Peso de arena en cono	1625	1625	1625
Densidad de la arena en cono	1.424	1.424	1.424
Volumen de muestra	1387	1526	1497
Peso de la muestra humeda	2515	2891	2827
Contenido de Humedad con Speedy	9.6	11.4	10.0
Densidad húmeda	1.813	1.895	1.888
Densidad seca	1.655	1.701	1.717
2.- PORCENTAJE DE COMPACTACION			
Maxima Densidad Seca - Proctor modificado	1.653	1.722	1.727
Optimo Contenido de Humeda - Proctor modificado	10.93	10.77	10.93
Densidad Seca obtenida In Situ	**1.655**	**1.701**	**1.717**
Porcentaje de Compactacion	**100.1%**	**98.8%**	**99.4%**

ESPECIFICACIONES : Los ensayos se realizaron según Norma Tecnica ASTM D 1556 y determinacion de la humedad con SPEEDY de acuerdo a la norma ASTM 4944 - AASTHO T 127.

V°B° Br. Javier Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asersor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERISDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY

ASTM D-1556

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

1.- ENSAYO			
DESCRIPCION	**4**	**5**	
Peso de frasco + arena en cono	6728	6814	
Peso de frasco + arena que sobro	3127	3057	
Peso de arena en cono	1625	1625	
Densidad de la arena en cono	1.424	1.424	
Volumen de muestra	1388	1497	
Peso de la muestra humeda	2834	2864	
Contenido de Humedad con Speedy	11.2	10.8	
Densidad húmeda	2.042	1.913	
Densidad seca	1.837	1.726	
2.- PORCENTAJE DE COMPACTACION			
Maxima Densidad Seca - Proctor modificado	1.867	1.732	
Optimo Contenido de Humeda - Proctor modificado	13.48	11.14	
Densidad Seca obtenida In Situ	**1.837**	**1.726**	
Porcentaje de Compactacion	**98.4%**	**99.7%**	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos se realizaron según Norma Tecnica ASTM D 1556 y determinacion de la humedad con SPEEDY de acuerdo a la norma ASTM 4944 - AASTHO T 127.

V°B° Br. Javier Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asersor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
UCP	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERISDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY

ASTM D-1556

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

1.- ENSAYO			
DESCRIPCION	**1**	**2**	**3**
Peso de frasco + arena en cono	6975	6888	6825
Peso de frasco + arena que sobro	3190	3184	3087
Peso de arena en cono	1625	1625	1625
Densidad de la arena en cono	1.424	1.424	1.424
Volumen de muestra	1517	1460	1484
Peso de la muestra humeda	2740	2720	2699
Contenido de Humedad con Speedy	10.6	11.8	10.6
Densidad húmeda	1.806	1.863	1.819
Densidad seca	1.633	1.666	1.645
2.- PORCENTAJE DE COMPACTACION			
Maxima Densidad Seca - Proctor modificado	1.595	1.651	1.650
Optimo Contenido de Humeda - Proctor modificado	11.10	12.40	11.85
Densidad Seca obtenida In Situ	**1.633**	**1.666**	**1.645**
Porcentaje de Compactacion	**102.4%**	**100.9%**	**99.7%**

ESPECIFICACIONES : Los ensayos se realizaron según Norma Tecnica ASTM D 1556 y determinacion de la humedad con SPEEDY de acuerdo a la norma ASTM 4944 - AASTHO T 127.

V°B° Br. Javier Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERISDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY

ASTM D-1556

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

1.- ENSAYO			
DESCRIPCION	**4**	**5**	
Peso de frasco + arena en cono	6834	6697	
Peso de frasco + arena que sobro	2964	2854	
Peso de arena en cono	1625	1625	
Densidad de la arena en cono	1.424	1.424	
Volumen de muestra	1577	1558	
Peso de la muestra humeda	2956	2850	
Contenido de Humedad con Speedy	11.2	9.4	
Densidad húmeda	1.875	1.830	
Densidad seca	1.686	1.673	
2.- PORCENTAJE DE COMPACTACION			
Maxima Densidad Seca - Proctor modificado	1.698	1.693	
Optimo Contenido de Humeda - Proctor modificado	14.31	11.05	
Densidad Seca obtenida In Situ	**1.686**	**1.673**	
Porcentaje de Compactacion	**99.3%**	**98.8%**	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos se realizaron según Norma Tecnica ASTM D 1556 y determinacion de la humedad con SPEEDY de acuerdo a la norma ASTM 4944 - AASTHO T 127.

V°B° Br. Javier Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asersor de tesis Ingeniero Civil

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Ensayo de corte directo con valores del Proctor Modificado. Resultados de la muestra N° 01.

Institución:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

Datos de campo:

N° de exploración	: Irina	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	: M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	: Proctor	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	: Diciembre 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

Datos de muestra:

Espécimen	A	B	C
Diámetro	6.00 cm	6.00 cm	6.00 cm
Altura inicial	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Peso muestra húmeda	129.47 gr	129.51 gr	129.17 gr
Peso muestra seca	116.70 gr	116.87 gr	116.50 gr
Densidad húmeda inicial	1.83 gr/cc	1.83 gr/cc	1.83 gr/cc
(Densidad natural)	PROMEDIO DE DENSIDAD INICIAL: 1.83 gr/cc		
Densidad seca inicial	1.65 gr/cc	1.65 gr/cc	1.65 gr/cc
Humedad inicial	10.94 %	10.82 %	10.88 %
Esfuerzo Normal	1.0 kg/cm2	2.0 kg/cm2	3.0 kg/cm2
Esfuerzo Cortante Máximo	0.77 kg/cm2	1.40 kg/cm2	2.26 kg/cm2

Ángulo de fricción efectiva del suelo	:	**ϕ' = 36.6°**
Cohesión efectiva del suelo	:	**c' = 0.00 kg/cm2**

ESPECIFICACIONES : El ensayo del corte directo en muestra de suelo, esta especificada según la Norma ASTM D-3080.

OBSERVACIONES : Muestra fue trasladada al laboratorio por el solicitante.

Institución:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D-3080

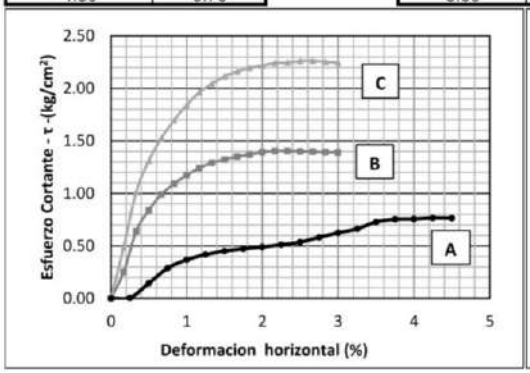
N° de exploración	Irina	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	Proctor	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	Diciembre 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

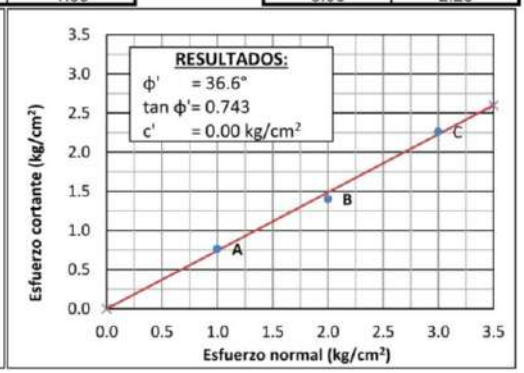
Aplicación de esfuerzo cortante

A	
Esfuerzo normal = 1 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.25	0.00
0.50	0.15
0.75	0.29
1.00	0.37
1.25	0.42
1.50	0.45
1.75	0.47
2.00	0.49
2.25	0.51
2.50	0.54
2.75	0.58
3.00	0.62
3.25	0.66
3.50	0.73
3.75	0.75
4.00	0.76
4.25	0.77
4.50	0.76

B	
Esfuerzo normal = 2 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.25
0.33	0.64
0.50	0.84
0.67	0.99
0.83	1.09
1.00	1.17
1.17	1.24
1.33	1.29
1.50	1.32
1.67	1.35
1.83	1.37
2.00	1.39
2.17	1.40
2.33	1.40
2.50	1.40
2.67	1.40
2.83	1.39
3.00	1.39

C	
Esfuerzo normal = 3 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.49
0.33	1.02
0.50	1.31
0.67	1.53
0.83	1.70
1.00	1.84
1.17	1.96
1.33	2.04
1.50	2.11
1.67	2.16
1.83	2.20
2.00	2.22
2.17	2.24
2.33	2.25
2.50	2.26
2.67	2.26
2.83	2.25
3.00	2.25





Ensayo de corte directo con valores de la Densidad Relativa. Resultados de la muestra N° 01.

Institución:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

Datos de campo:

N° de exploración	: Irina	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	: M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	: DR	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	: Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

Datos de muestra:

Espécimen	A	B	C
Diámetro	6.00 cm	6.00 cm	6.00 cm
Altura inicial	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Peso muestra húmeda	133.23 gr	133.20 gr	133.15 gr
Peso muestra seca	120.14 gr	120.06 gr	120.11 gr
Densidad húmeda inicial	1.88 gr/cc	1.88 gr/cc	1.88 gr/cc
(Densidad natural)	PROMEDIO DE DENSIDAD INICIAL: 1.88 gr/cc		
Densidad seca inicial	1.70 gr/cc	1.69 gr/cc	1.70 gr/cc
Humedad inicial	10.90 %	10.94 %	10.86 %
Esfuerzo Normal	1.0 kg/cm2	2.0 kg/cm2	3.0 kg/cm2
Esfuerzo Cortante Máximo	0.81 kg/cm2	1.59 kg/cm2	2.40 kg/cm2

Ángulo de fricción efectiva del suelo	:	**$\phi' = 38.7°$**
Cohesión efectiva del suelo	:	**c' = 0.00 kg/cm2**

ESPECIFICACIONES : El ensayo del corte directo en muestra de suelo, esta especificada según la Norma ASTM D-3080.

OBSERVACIONES : Muestra fue trasladada al laboratorio por el solicitante.

Institución:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D-3080

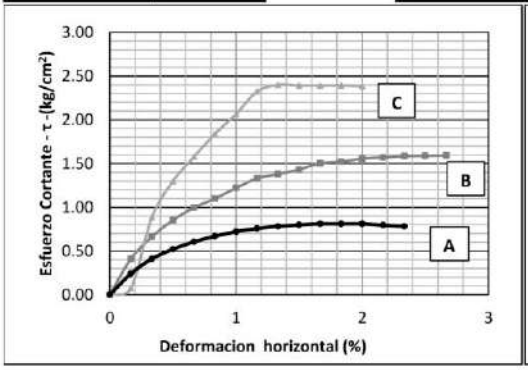
N° de exploración	Irina	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	DR	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

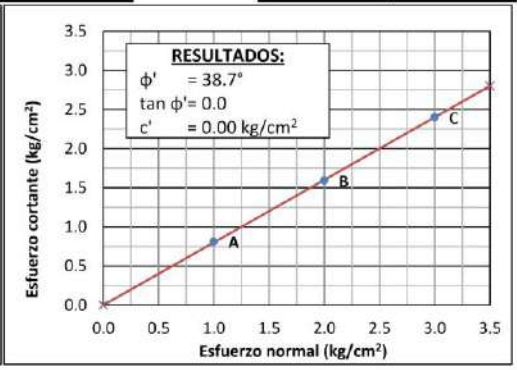
Aplicación de esfuerzo cortante

A	
Esfuerzo normal = 1 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.24
0.33	0.41
0.50	0.52
0.67	0.60
0.83	0.67
1.00	0.72
1.17	0.76
1.33	0.78
1.50	0.80
1.67	0.81
1.83	0.81
2.00	0.81
2.17	0.80
2.33	0.78

B	
Esfuerzo normal = 2 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.41
0.33	0.66
0.50	0.85
0.67	1.00
0.83	1.10
1.00	1.22
1.17	1.33
1.33	1.38
1.50	1.43
1.67	1.50
1.83	1.52
2.00	1.56
2.17	1.57
2.33	1.58
2.50	1.59
2.67	1.59

C	
Esfuerzo normal = 3 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.07
0.33	0.88
0.50	1.30
0.67	1.58
0.83	1.84
1.00	2.07
1.17	2.32
1.33	2.40
1.50	2.39
1.67	2.39
1.83	2.39
2.00	2.38





- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Ensayo de corte directo con valores del Proctor Modificado. Resultados de la muestra N° 06.

Institución:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

Datos de campo:

N° de exploración	Astoria	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	Proctor	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

Datos de muestra:

Espécimen	A	B	C
Diámetro	6.00 cm	6.00 cm	6.00 cm
Altura inicial	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Altura final	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Peso muestra húmeda	125.74 gr	125.50 gr	125.49 gr
Peso muestra seca	113.11 gr	112.60 gr	112.51 gr
Densidad húmeda inicial	1.78 gr/cc	1.78 gr/cc	1.78 gr/cc
(Densidad natural)	PROMEDIO DE DENSIDAD INICIAL: 1.78 gr/cc		
Densidad seca inicial	1.60 gr/cc	1.60 gr/cc	1.60 gr/cc
Humedad inicial	11.17 %	11.46 %	11.54 %
Esfuerzo Normal	1.0 kg/cm2	2.0 kg/cm2	3.0 kg/cm2
Esfuerzo Cortante Máximo	0.77 kg/cm2	1.49 kg/cm2	2.16 kg/cm2

Ángulo de fricción efectiva del suelo	:	**$\phi' = 37.4°$**
Cohesión efectiva del suelo	:	**$c' = 0.00$ kg/cm2**

ESPECIFICACIONES : El ensayo del corte directo en muestra de suelo, esta especificada según la Norma ASTM D-3080.

OBSERVACIONES : Muestra fue trasladada al laboratorio por el solicitante.

Institución:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D-3080

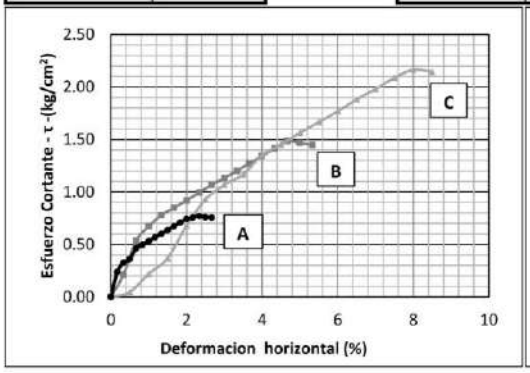
N° de exploración	Astoria	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	M-1	Límite Plástico	NP			
Profundidad	Proctor	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado
Fecha de ensayo	Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			drenado
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

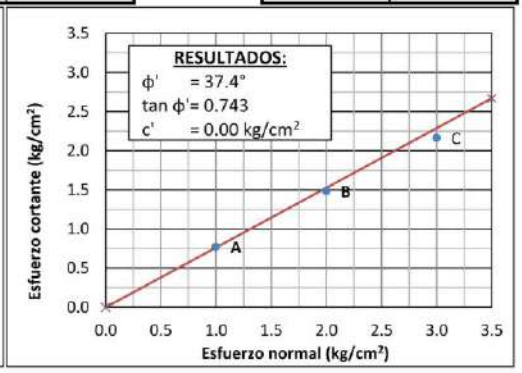
Aplicación de esfuerzo cortante

A	
Esfuerzo normal = 1 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo cortante (kg/cm²)
0.17	0.24
0.33	0.33
0.50	0.36
0.67	0.46
0.83	0.50
1.00	0.53
1.17	0.57
1.33	0.60
1.50	0.64
1.67	0.67
1.83	0.71
2.00	0.74
2.17	0.76
2.33	0.77
2.50	0.76
2.67	0.76

B	
Esfuerzo normal = 2 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo cortante (kg/cm²)
0.33	0.21
0.67	0.53
1.00	0.67
1.33	0.78
1.67	0.85
2.00	0.92
2.33	0.99
2.67	1.07
3.00	1.13
3.33	1.20
3.67	1.27
4.00	1.34
4.33	1.41
4.67	1.49
5.00	1.47
5.33	1.45

C	
Esfuerzo normal = 3 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo cortante (kg/cm²)
0.50	0.05
1.00	0.22
1.50	0.37
2.00	0.68
2.50	0.93
3.00	1.07
3.50	1.17
4.00	1.35
4.50	1.45
5.00	1.56
5.50	1.67
6.00	1.77
6.50	1.88
7.00	1.98
7.50	2.09
8.00	2.16
8.50	2.14





Ensayo de corte directo con valores de la Densidad Relativa. Resultados de la muestra N° 06.

Institución:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

Datos de campo:

N° de exploración	:	Astoria	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	:	M-1	Límite Plástico	NP			
Condición	:	DR	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	:	Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			
			Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
						especimen B:	0.10 mm/min
						especimen C:	0.10 mm/min

Datos de muestra:

Espécimen	A	B	C
Diámetro	6.00 cm	6.00 cm	6.00 cm
Altura inicial	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Altura final	2.50 cm	2.50 cm	2.50 cm
Peso muestra húmeda	128.47 gr	128.50 gr	128.51 gr
Peso muestra seca	115.46 gr	115.34 gr	115.21 gr
Densidad húmeda inicial	1.82 gr/cc	1.82 gr/cc	1.82 gr/cc
(Densidad natural)	PROMEDIO DE DENSIDAD INICIAL: 1.82 gr/cc		
Densidad seca inicial	1.63 gr/cc	1.63 gr/cc	1.63 gr/cc
Humedad inicial	11.27 %	11.41 %	11.54 %
Esfuerzo Normal	1.0 kg/cm2	2.0 kg/cm2	3.0 kg/cm2
Esfuerzo Cortante Máximo	0.72 kg/cm2	1.52 kg/cm2	2.43 kg/cm2

Ángulo de fricción efectiva del suelo	:	**$\phi' = 39.2°$**
Cohesión efectiva del suelo	:	**c' = 0.00 kg/cm2**

ESPECIFICACIONES : El ensayo del corte directo en muestra de suelo, esta especificada según la Norma ASTM D-3080.

OBSERVACIONES : Muestra fue trasladada al laboratorio por el solicitante.

Institución:	Proyecto de tesis:		
	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022.		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes** **Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D-3080

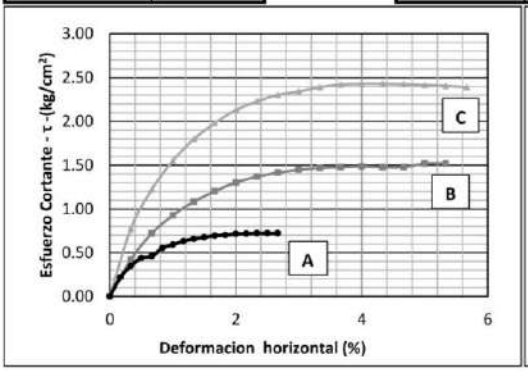
N° de exploración	Astoria	Límite Líquido	NP	Estado de muestra:		Alterado
N° de muestra	M-1	Límite Plástico	NP			
Condición	DR	Ind. Plástico	NP	Tipo de ensayo:		Consolidado drenado
Fecha de ensayo	Diciembre de 2022	Clas. SUCS	SP			
		Clas. AASHTO	A -3 (0)	Velocidad	especimen A:	0.10 mm/min
					especimen B:	0.10 mm/min
					especimen C:	0.10 mm/min

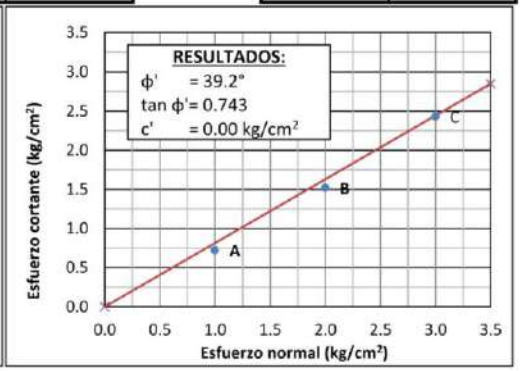
Aplicación de esfuerzo cortante

A	
Esfuerzo normal = 1 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.17	0.22
0.33	0.35
0.50	0.44
0.67	0.46
0.83	0.55
1.00	0.59
1.17	0.63
1.33	0.66
1.50	0.68
1.67	0.69
1.83	0.70
2.00	0.71
2.17	0.72
2.33	0.72
2.50	0.72
2.67	0.72

B	
Esfuerzo normal = 2 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.33	0.42
0.67	0.72
1.00	0.93
1.33	1.08
1.67	1.20
2.00	1.30
2.33	1.37
2.67	1.41
3.00	1.45
3.33	1.47
3.67	1.48
4.00	1.49
4.33	1.48
4.67	1.48
5.00	1.52
5.33	1.52

C	
Esfuerzo normal = 3 kg/cm2	
Deformacion horizontal (%)	**Esfuerzo cortante (kg/cm²)**
0.33	0.77
0.67	1.22
1.00	1.55
1.33	1.80
1.67	1.98
2.00	2.13
2.33	2.23
2.67	2.30
3.00	2.34
3.33	2.39
3.67	2.42
4.00	2.43
4.33	2.43
4.67	2.43
5.00	2.42
5.33	2.41
5.67	2.39





ANEXO C

- Ensayo de Densidad Relativa

ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA ASTM D – 4253 Y ASTM D – 4254 (MÉTODO A)

- Procedencia: Cantera Irina Gabriela (Carretera Iquitos a Nauta km18)

Resultados de la muestra N° 01.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20496	20520	20524
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	4106	4130	4134
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.464	1.472	1.474
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.470**	
Indice minima de peso unitario	kN/m3		**14.415**	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20496	20520	20524
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.722	1.559	1.535
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.815	0.698	0.694
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	0.907	0.861	0.841
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2413	2421	2425
Peso del suelo vibrado	gr.	4106	4130	4134
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.702	1.706	1.705
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.704**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m3		**16.712**	
DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS				
Gravedad especifica de los solidos		2.683	2.683	2.683
Densidad seca In Sito promedio		1.655	1.655	1.655
Densidad seca mínima		1.464	1.472	1.474
Densidad máxima seca		1.702	1.706	1.705
Relacion de vacios **e**		0.621	0.621	0.621
Relacion de vacios e_{min}		0.577	0.573	0.574
Relacion de vacios e_{max}		0.833	0.822	0.821

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.655
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.704
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.470
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**81.38**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 02.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20355	20311	20313
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3965	3921	3923
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.413	1.398	1.398
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.403**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m3		**13.761**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20655	20683	20643
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.840	1.765	1.689
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.757	0.839	0.744
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	1.083	0.926	0.945
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2380	2409	2406
Peso del suelo vibrado	gr.	4265	4293	4253
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.792	1.782	1.768
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.781**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m3		**17.462**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.633	2.633	2.633
Densidad seca In Sito promedio	1.701	1.701	1.701
Densidad seca mínima	1.413	1.398	1.398
Densidad máxima seca	1.792	1.782	1.768
Relacion de vacios **e**	0.548	0.548	0.548
Relacion de vacios e_{min}	0.469	0.478	0.489
Relacion de vacios e_{max}	0.863	0.884	0.883

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.701
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.781
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.403
Densidad relativa (D.R.)	%	**82.59**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 03.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20597	20557	20621
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	4207	4167	4231
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.500	1.485	1.508
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.498**	
Indice mínima de peso unitario	kN/m3		**14.689**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20606	20650	20674
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.768	1.657	1.699
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.855	0.738	0.705
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	0.913	0.919	0.994
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2412	2410	2396
Peso del suelo vibrado	gr.	4216	4260	4284
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.748	1.767	1.788
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.768**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m3		**17.335**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.644	2.644	2.644
Densidad seca In Sito promedio	1.717	1.717	1.717
Densidad seca mínima	1.500	1.485	1.508
Densidad máxima seca	1.748	1.767	1.788
Relacion de vacios **e**	0.540	0.540	0.540
Relacion de vacios e_{min}	0.512	0.496	0.479
Relacion de vacios e_{max}	0.763	0.780	0.753

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.717
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.768
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.498
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**83.61**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 04.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	21266	21253	21254
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	4876	4863	4864
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.738	1.734	1.734
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.735**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m3		**17.017**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20845	20831	20826
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.820	1.762	1.939
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.822	0.783	0.817
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	0.998	0.979	1.122
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2396	2399	2373
Peso del suelo vibrado	gr.	4455	4441	4436
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.860	1.851	1.870
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.860**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m3		**18.241**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.609	2.609	2.609
Densidad seca In Sito promedio	1.837	1.837	1.837
Densidad seca mínima	1.738	1.734	1.734
Densidad máxima seca	1.860	1.851	1.870
Relacion de vacios **e**	0.420	0.420	0.420
Relacion de vacios e_{min}	0.403	0.410	0.395
Relacion de vacios e_{max}	0.501	0.505	0.505

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.837
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.860
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.735
Densidad relativa (D.R.)	%	**82.55**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 05.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Irina Gabriela
Muestra	:	Arena blanca
Ubicación	:	Carretera Iquitos a Nauta km 18
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20634	20617	20649
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	4244	4227	4259
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.513	1.507	1.518
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.513**	
Indice minima de peso unitario	kN/m3		**14.834**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20714	20724	20738
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.480	1.356	1.605
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.578	0.622	0.799
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	0.902	0.734	0.806
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2414	2445	2432
Peso del suelo vibrado	gr.	4324	4334	4348
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.791	1.773	1.788
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.784**	
Indice máximo de peso unitario	kN/m3		**17.496**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.667	2.667	2.667
Densidad seca In Sito promedio	1.726	1.726	1.726
Densidad seca mínima	1.513	1.507	1.518
Densidad máxima seca	1.791	1.773	1.788
Relacion de vacios **e**	0.545	0.545	0.545
Relacion de vacios e_{min}	0.489	0.505	0.491
Relacion de vacios e_{max}	0.763	0.770	0.757

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.726
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.784
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.513
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**81.23**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

- Procedencia: Cantera Astoria (Río Amazonas)

Resultados de la muestra N° 06.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
Nº de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20252	20253	20245
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3862	3863	3855
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.377	1.377	1.374
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.376**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m^3		**13.494**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20362	20393	20385
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.648	1.945	1.614
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.583	0.975	0.613
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	1.065	0.970	1.001
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2383	2401	2395
Peso del suelo vibrado	gr.	3972	4003	3995
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.667	1.667	1.668
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.667**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m^3		**16.350**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.647	2.647	2.647
Densidad seca In Sito promedio	1.633	1.633	1.633
Densidad seca mínima	1.377	1.377	1.374
Densidad máxima seca	1.667	1.667	1.668
Relacion de vacios **e**	0.621	0.621	0.621
Relacion de vacios e_{min}	0.588	0.588	0.587
Relacion de vacios e_{max}	0.923	0.922	0.926

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.633
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.667
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.376
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**90.08**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 07.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20332	20293	20325
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3942	3903	3935
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.405	1.391	1.403
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.400**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m^3		**13.727**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20412	20463	20435
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.692	1.894	1.672
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.578	0.834	0.663
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	1.114	1.060	1.009
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2374	2384	2394
Peso del suelo vibrado	gr.	4022	4073	4045
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.694	1.708	1.690
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.697**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m^3		**16.646**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.614	2.614	2.614
Densidad seca In Sito promedio	1.666	1.666	1.666
Densidad seca mínima	1.405	1.391	1.403
Densidad máxima seca	1.694	1.708	1.690
Relacion de vacios **e**	0.569	0.569	0.569
Relacion de vacios e_{min}	0.543	0.530	0.547
Relacion de vacios e_{max}	0.860	0.879	0.863

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.666
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.697
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.400
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**91.13**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 08.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes, Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
N° de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20283	20276	20243
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3893	3886	3853
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.388	1.385	1.374
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.382**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m^3		**13.555**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20332	20393	20386
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.767	1.805	1.676
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.558	0.853	0.653
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	1.209	0.952	1.023
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2356	2404	2391
Peso del suelo vibrado	gr.	3942	4003	3996
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.673	1.665	1.671
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.670**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m^3		**16.374**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.62	2.62	2.62
Densidad seca In Sito promedio	1.645	1.645	1.645
Densidad seca mínima	1.388	1.385	1.374
Densidad máxima seca	1.673	1.665	1.671
Relacion de vacios **e**	0.593	0.593	0.593
Relacion de vacios e_{min}	0.566	0.574	0.568
Relacion de vacios e_{max}	0.888	0.891	0.907

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.645
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.670
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.382
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**92.79**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 09.

Institucion:	Proyecto de tesis:		
UCP	**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022**		
	Realizado en: **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP**	Realizado por: **Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento**	Fecha de ensayo: **Diciembre de 2022**

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
Nº de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20283	20287	20276
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3893	3897	3886
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.388	1.389	1.385
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.387**	
Indice mínima de peso unitario	kN/m^3		**13.606**	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20465	20544	20473
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.805	1.666	1.723
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.638	0.852	0.668
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	1.167	0.814	1.055
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2364	2430	2385
Peso del suelo vibrado	gr.	4075	4154	4083
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.724	1.709	1.712
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.715**	
Indice máximo de peso unitario	kN/m^3		**16.818**	
DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS				
Gravedad especifica de los solidos		2.624	2.624	2.624
Densidad seca In Sito promedio		1.686	1.686	1.686
Densidad seca mínima		1.388	1.389	1.385
Densidad máxima seca		1.724	1.709	1.712
Relacion de vacios **e**		0.556	0.556	0.556
Relacion de vacios e_{min}		0.522	0.535	0.533
Relacion de vacios e_{max}		0.891	0.889	0.894

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.686
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.715
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.387
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**92.72**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

Resultados de la muestra N° 10.

Institucion:	Proyecto de tesis: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y DENSIDAD RELATIVA EN SUELOS GRANULARES USUALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2022		
	Realizado en: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU - UCP	Realizado por: Br. Javier Reyes Br. Jack Sarmiento	Fecha de ensayo: Diciembre de 2022

ENSAYO DE DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
ASTM D-4253 Y ASTM D-4254 (METODO A)

Nombre de Cantera	:	Cantera Rio Amazonas (Astoria)
Muestra	:	Arena gris
Ubicación	:	Playa frente a la comunidad de Astoria
Profundidad	:	Acopio de zona de exploracion

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA				
Nº de ensayo		1	2	3
Peso del molde + suelo	gr.	20214	20203	20211
Peso del molde	gr.	16390	16390	16390
Peso del suelo	gr.	3824	3813	3821
Altura del molde	cm	15.06	15.06	15.06
Diametro del molde Ø	cm	15.40	15.40	15.40
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen del molde	cm3	2805	2805	2805
Densidad seca mínima	gr./cm3	1.363	1.359	1.362
Densidad seca mínima promedio	gr./cm3		**1.362**	
Índice mínima de peso unitario	kN/m^3		**13.352**	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA				
Método : vía seca				
Peso del molde + suelo	gr.	20481	20493	20474
Espesor de la placa de sobrecarga	cm	1.20	1.20	1.20
Promedio de lecturas de diales iniciales	cm	1.720	1.697	1.771
Promedio de lecturas de diales finales	cm	0.805	0.698	0.659
Diferencia de lecturas ($\Delta_{lecturas}$)	cm	0.915	0.999	1.112
Area del molde	cm2	186.27	186.27	186.27
Volumen de muestra	cm3	2411	2396	2375
Peso del suelo vibrado	gr.	4091	4103	4084
Densidad máxima seca	gr./cm3	1.697	1.713	1.720
Densidad máxima seca promedio	gr./cm3		**1.710**	
Índice máximo de peso unitario	kN/m^3		**16.767**	

DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE VACIOS			
Gravedad especifica de los solidos	2.676	2.676	2.676
Densidad seca In Sito promedio	1.673	1.673	1.673
Densidad seca mínima	1.363	1.359	1.362
Densidad máxima seca	1.697	1.713	1.720
Relacion de vacios **e**	0.600	0.600	0.600
Relacion de vacios e_{min}	0.577	0.562	0.556
Relacion de vacios e_{max}	0.963	0.969	0.965

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA		
Densidad seca In Sito promedio	gr./cm3	1.673
Densidad seca máxima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.710
Densidad seca mínima de laboratorio promedio	gr./cm3	1.362
Densidad relativa (D.R.)	**%**	**91.40**
Condicion de compacidad relativa		**Muy denso**

V°B° Br. Javier E. Reyes Cardenas Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Br.Jack Edward Sarmiento Morris Bachiller en Ingenieria Civil	V°B° Ing. Liliana Bautista Serpa Asesor de tesis Ingeniero Civil

ANEXO D

- Base de datos de ensayos de laboratorio de la UCP.

Suelo	Proctor Modificado (gr/cm^3)			Densidad Relativa (gr/cm^3)			C.B.R$_{0.1"}$(%)		Clasificación		Límites de consistencia		
	MDH	OCH	MDS				100% M.D.S	95% M.D.S	SUCS	ASHTOO	LL	LP	IP
*1	1.834	10.93	1.653	1.655	1.470	1.704	17.60	16.02	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
2	1.907	10.77	1.722	1.701	1.403	1.781	25.45	15.9	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
3	1.916	10.93	1.727	1.717	1.498	1.717	29.68	12.40	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
4	2.119	13.48	1.867	1.837	1.735	1.860	23.09	21.50	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
5	1.925	11.14	1.732	1.726	1.513	1.784	18.81	16.50	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
**6	1.772	11.1	1.595	1.633	1.376	1.667	21.99	15.90	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
7	1.856	12.4	1.651	1.666	1.400	1.697	28.9	17.2	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
8	1.846	11.85	1.65	1.645	1.382	1.670	25.12	18.50	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
9	1.941	14.31	1.698	1.686	1.387	1.715	24.66	17.1	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
10	1.880	11.05	1.693	1.673	1.362	1.710	21.64	18.30	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
***11	1.914	16.63	1.641				29.14	25.25	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
12	1.850	14.01	1.623				22.79	13.50	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
13	1.939	13.51	1.708				27.99	24.9	SP-SM	A-2-4 (0)	NP	NP	NP
14	1.992	14.36	1.742				24.19	20.2	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
15	1.957	15.41	1.696				29.47	21.8	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
16	1.941	14.31	1.698				31.04	18.6	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
17	1.847	13.99	1.62				31.04	18.6	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
18	2.113	10.05	1.92				28.34	24.36	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
19	1.963	16.06	1.691				23.75	19.69	SP-SM	A-2-4 (0)	NP	NP	NP
20	1.918	16.51	1.646				23.89	16.04	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP
21	1.913	14.63	1.669				27.93	22.65	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
22	1.884	14.8	1.641				27.29	19.2	SP-SM	A-3 (0)	NP	NP	NP
23	1.849	14.8	1.611				27.21	24.6	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP

*Resumen de ensayos de la cantera Irina Gabriela.

**Resumen de ensayos de la cantera Astoria.

***Resumen de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos - UCP (Recolección de datos desde el año 2015 - 2019).

Suelo	Propiedades físicas			Relación de vacíos			DR	Distribución granulométrica del suelo (% que pasa)							
N°	C_u	C_c	G_s	e	e_{min}	e_{max}	%	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	%CA
*1	2.13	1.026	2.683	0.621	0.574	0.825	81.38	100.00	99.88	98.28	81.94	44.45	7.33	2.92	97.08
2	2.22	1.082	2.633	0.548	0.479	0.876	82.59	100.00	99.84	98.25	79.9	42.16	8.27	3.21	96.79
3	2.16	1.169	2.644	0.540	0.496	0.765	83.61	100.00	99.82	98.18	81.41	38.66	7.52	3.07	96.93
4	2.17	1.139	2.609	0.420	0.403	0.504	82.55	100.00	99.86	98.3	82.64	40.08	7.97	2.82	97.18
5	2.20	1.164	2.667	0.545	0.495	0.763	81.31	100.00	99.80	98.04	81.00	40.01	8.61	3.54	96.46
**6	1.55	0.951	2.647	0.621	0.588	0.924	90.08			100.00	98.92	78.76	3.27	0.06	99.94
7	1.55	0.947	2.614	0.569	0.540	0.867	91.13		100.00	99.99	98.85	77.47	2.63	0.11	99.89
8	1.57	0.946	2.62	0.593	0.569	0.896	92.79		100.00	99.98	98.61	74.48	2.4	0.21	99.79
9	1.60	0.937	2.624	0.556	0.530	0.891	92.72		100.00	99.92	98.7	73.08	2.92	0.68	99.32
10	1.56	0.982	2.676	0.600	0.565	0.965			100.00	99.81	98.76	76.02	2.83	0.56	99.44
***11	2.54	1.108	2.608					100.00	99.88	98.26	84.94	49.73	13.29	5.92	94.08
12	1.46	0.979	2.629					100.00	99.99	99.9	98.46	88.15	5.29	2.46	97.54
13	2.82	1.010	2.608					100.00	99.83	99.14	91.98	83.79	38.26	10.62	89.38
14	2.81	1.153	2.658					100.00	99.69	97.67	82.51	57.23	15.81	8.82	91.18
15	2.25	1.000	2.485					100.00	99.99	98.51	81.8	56.29	11.71	5.64	94.36
16	2.20	1.238	2.560					100.00	99.99	99.81	98.47	91.58	20.98	7.12	92.88
17	2.32	1.350	2.555					100.00	99.99	99.81	98.47	91.58	20.98	7.12	92.88
18	3.38	1.693	2.677					100.00	99.99	99.64	92.77	75.02	18.53	9.81	90.19
19	4.39	1.747	2.554					100.00	99.97	98.95	84.82	52.38	15.05	10.16	89.84
20	1.92	0.924	2.621					100.00	99.96	99.38	78.36	58.04	7.79	0.45	99.55
21	2.76	1.430	2.636					100.00	99.93	99.87	96.41	85.84	25.43	7.71	92.29
22	3.01	1.564	2.600					100.00	99.83	99.23	95.98	83.36	22.92	9.32	90.68
23	1.49	0.966	2.663						100.00	99.98	99.6	94.65	7.96	3.11	96.89

*Resumen de ensayos de la cantera Irina Gabriela.

**Resumen de ensayos de la cantera Astoria.

***Resumen de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos - UCP (Recolección de datos desde el año 2015 - 2019).

ANEXO E

- Panel Fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

FOTO N° 01: Vista panorámica de la cantera Astoria – río Amazonas.



FOTO N° 02: Calicatas exploradas en la cantera Astoria para ser trasladadas al laboratorio de la UCP.



FOTO N° 03: Calicatas exploradas en la cantera Irina Gabriela para ser trasladadas al laboratorio de la UCP.



FOTO N° 04: Ensayo de cuarteo de las muestras representativas para los ensayos subsecuentes.



FOTO N° 05: Juegos de tamices estandarizados para el análisis granulométrico de las muestras.



FOTO N° 06: Secado de muestras en el horno a temperaturas controladas.



FOTO N° 07: Ensayo de tamizado de las muestras de suelos para clasificación.



FOTO N° 08: Pesado de las muestras retenidas en cada tamiz para su posterior cálculo.



FOTO N° 09: Verificación y calibración de pesos del matraz para el ensayo de gravedad específica de los sólidos.



FOTO N° 10: Incorporación de la muestra de suelo seco en el matraz.



FOTO N° 11: Operación de la bomba de vacíos para extraer el aire atrapado en la muestra.



FOTO N° 12: Registro de temperatura para el cálculo de corrección para la gravedad específica de los sólidos.



FOTO N° 13: Preparación y humedecimiento de las muestras para el ensayo de Proctor Modificado.



FOTO N° 14: Desarrollo del ensayo de Proctor Modificado llenando las capas respectivas de muestra de suelo.



FOTO N° 15: Compactación de las capas de suelos; cada capa con 25 golpes y ejerciendo con el pistón de impacto.



FOTO N° 16: Preparación de muestras para el ensayo de C.B.R.



FOTO N° 17: Aplicación de las diferentes energías o números de golpes para las diferentes densidades (12, 25 y 56 golpes).



FOTO N° 18: Enrasado y eliminación de la muestra excedente para su posterior pesado.



FOTO N° 19: Desmontaje del disco separador.



FOTO N° 20: Registro del peso de las muestras de suelo ensayadas.



FOTO N° 21: Inmersión de los diferentes especímenes y moldes para tener registro del suelo si presenta expansión.



FOTO N° 22: Preparación del equipo para el ensayo de C.B.R.



FOTO N° 23: Registro del ensayo de penetración de las muestras de suelo.



FOTO N° 24: Compactación mecánica de suelo con material extraído de la cantera Irina Gabriela.



FOTO N° 25: Densidad de campo in-situ con el cono de arena.



FOTO N° 26: Verificación de la humedad de la muestra de suelo con el Speedy.

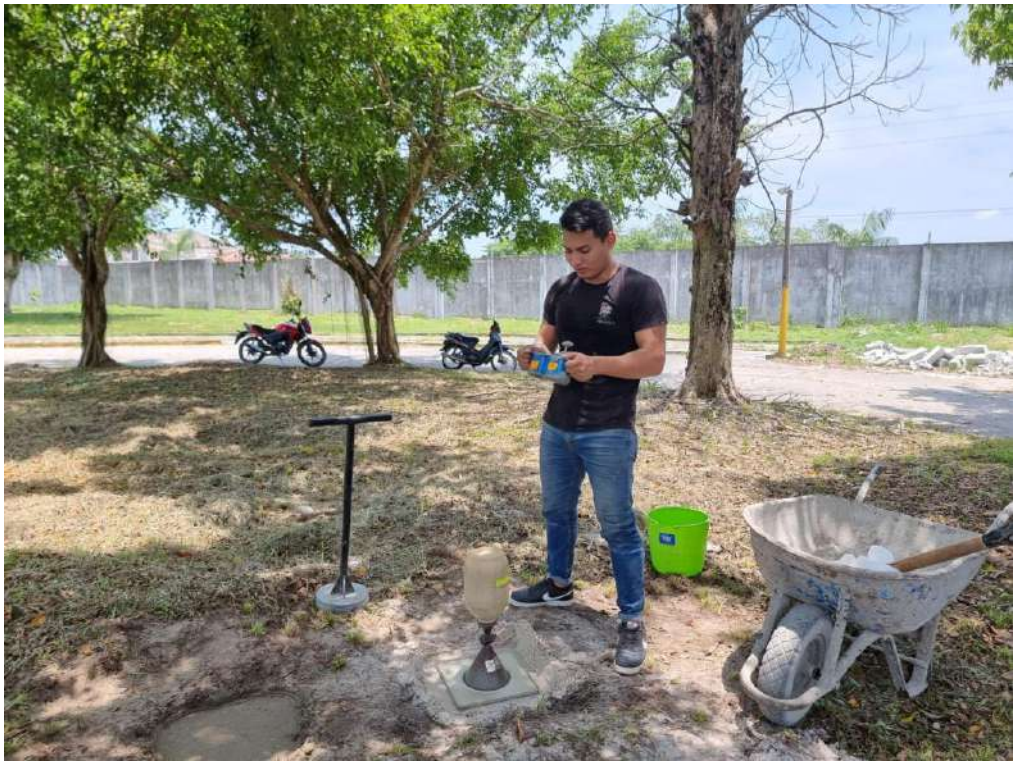


FOTO N° 27: Compactación mecánica con material extraído de la cantera Astoria.



FOTO N° 28: Registro de humedad y desarrollo del ensayo de densidad de cono de arena in-situ.



FOTO N° 29: Tablero y control de vibración para el ensayo de máxima densidad seca con mesa vibratoria.



FOTO N° 30: Dispositivo usado para medir las diferencias en elevación entre las superficies superiores del molde la base de la sobrecarga después de la densificación.



FOTO N° 31: Verificación del tablero de control y colocación del molde en la mesa de vibración.



FOTO N° 32: Colocación del molde en la base de la mesa de vibración para desarrollar el ensayo.



FOTO N° 33: Ejecución del ensayo de densidad mínima.



FOTO N° 34: Limpieza y enrasamiento de la muestra para su posterior traslado a la mesa de vibración.



FOTO N° 35: Colocación del aro superior del molde para el acomodo de las pesas de sobrecarga.



FOTO N° 36: Ensamblaje final para la ejecución del ensayo de densidad máxima en la mesa vibratoria.



FOTO N° 37: Registro de las lecturas finales de los indicadores después del ensayo.



FOTO N° 38: Vista del molde, mesa vibratoria y placas de sobrecarga después de las lecturas realizadas.



FOTO N° 39: Muestra de suelo después del ensayo ejecutado en la mesa de vibración.

