



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Biosólido de PTAR para la estabilización de suelo arcilloso de
subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco,
2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORAS:

Condori Bustamante, Laurethe Margaret (ORCID: [0000-0002-0323-1619](https://orcid.org/0000-0002-0323-1619))

Florez Ttito, Ruth Mery (ORCID: [0000-0002-2773-1087](https://orcid.org/0000-0002-2773-1087))

ASESOR:

Dr. Ing. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: [0000-0002-5043-6510](https://orcid.org/0000-0002-5043-6510))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA — PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi papito Dios por su infinito amor y por poner en mi vida a las personas y herramientas necesarias para seguir esta hermosa carrera, lo que me permitió superar todas las dificultades en harás de concretar este anhelo tan deseado. Al amor de mi vida Freddy, a mis hermosos hijos Asenath y Benjamin, a mi papito Justo y mi mamita Justina, a mi bella hermana Isabéls y mi cuñado Christian, por su amor incondicional y sus constantes palabras de aliento sin los cuales no hubiera sido posible la realización de esta investigación.

Laurethe Margaret

Dedico con todo mi corazón mi tesis A mis padres: Norberto y Pastora por forjarme como la persona que soy actualmente; muchos de mis logros la debo a mi madre, tu bendición a diario me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en agradecimiento de tu amor, te amo madre. A mi novio Edgar que me brindó su apoyo incondicional para el logro de esta meta.

Ruth Mery

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios porque su amor es para siempre y sus promesas son eternas. Agradecer a mis papitos por el amor y los valores inculcados a lo largo de mi vida, a mi esposo y mis hijos por ser el motor y el motivo de todos mis logros, a mi hermana y cuñado por ser una fuente inagotable de buenas vibras, a mi amiga y compañera de tesis Ruth por ser mi apoyo durante este tiempo, a mi amigo Johel por el apoyo incondicional desde que lo conozco, y a todas las personas que me ayudaron de alguna forma en cumplir esta meta.

Laurethe Margart

Dios, tu bondad y amor no tienen fin, me permitiste sonreír ante todos mis logros. A mi novio que estuvo a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosos, me tuviste paciencia, muchas gracias amor. A mis hermanos Alex, Rivel, Yanet y Carina, que son mi ejemplo a seguir en la vida, gracias por los alientos, tengo la suerte de tenerlos A mi lado. Y para finalizar, a mi amiga Laurethe por todas las excelentes ayudas, juntas logramos este sueño, gracias por ser así, una hermosa persona.

Ruth Mery

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	22
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	23
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	24
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	27
3.5. PROCEDIMIENTOS	30
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	68
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	68
IV. RESULTADOS	69
V. DISCUSIÓN	88
VI. CONCLUSIONES	93
VII. RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS	98
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. <i>Numero de calicatas para exploración del suelo</i>	24
Tabla 02. <i>Numero de especímenes para la muestra</i>	25
Tabla 03. <i>Resumen del número de especímenes</i>	26
Tabla 04. <i>Calicatas</i>	36
Tabla 05. <i>Resultado del ensayo de granulometría</i>	39
Tabla 06: <i>Contenido de Humedad</i>	40
Tabla 07. <i>Resumen de los resultados del Limite Líquido</i>	42
Tabla 08. <i>Resumen de los resultados del Limite Plástico</i>	43
Tabla 09. <i>Resumen de los resultados del Índice de Plasticidad</i>	44
Tabla 10. <i>Pruebas para la clasificación del suelo natural</i>	45
Tabla 11. <i>Resumen – densidad natural</i>	46
Tabla 12. <i>Resumen De Pruebas (Proctor Estándar)</i>	46
Tabla 13. <i>Resumen de Pruebas (Compresión No Confinada)</i>	48
Tabla 14. <i>Resumen de Pruebas de Cohesión</i>	50
Tabla 15. <i>Resumen de Pruebas (CBR)</i>	52
Tabla 16. <i>Resumen de Pruebas (Corte Directo)</i>	53
Tabla 17. <i>Dosificación del Espécimen de 3% de Biosólido para los Ensayos</i>	54
Tabla 18. <i>Dosificación del Espécimen de 6% de Biosólido para los Ensayos</i>	54
Tabla 19. <i>Dosificación del Espécimen de 9% de Biosólido para los Ensayos</i>	55
Tabla 20. <i>Dosificación del Espécimen de 12% de Biosólido para los Ensayos</i>	55
Tabla 21. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Proctor Estándar)</i>	58
Tabla 22. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Compresión no Confinada)</i>	59
Tabla 23. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Cohesión)</i>	61
Tabla 24. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Limite Liquido)</i>	62
Tabla 25. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Limite Plástico)</i>	63
Tabla 26. <i>Resumen de pruebas con biosólido (índice de plasticidad)</i>	63
Tabla 27. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (CBR)</i>	65
Tabla 28. <i>Resumen de Pruebas con biosólido (Corte Directo)</i>	67
Tabla 29. <i>Prueba de Normalidad</i>	69
Tabla 30. <i>Prueba de Homogeneidad de los Datos</i>	70

Tabla 31. <i>Resumen de los Resultados por cada Indicador para el valor P</i>	71
Tabla 32. <i>ANOVA- Densidad Máxima Seca</i>	72
Tabla 33. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido - Densidad Máxima Seca</i>	72
Tabla 34. <i>ANOVA- Densidad Máxima Húmeda</i>	74
Tabla 35. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido - Densidad Máxima Húmeda</i>	74
Tabla 36. <i>ANOVA- Resistencia a la compresión</i>	76
Tabla 37. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido - Resistencia a la compresión</i>	76
Tabla 38. <i>ANOVA- Cohesión</i>	78
Tabla 39. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido - Cohesión</i>	78
Tabla 40. <i>ANOVA- Límite Líquido</i>	80
Tabla 41. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido – Límite Líquido</i>	80
Tabla 42. <i>ANOVA- Índice de Plasticidad</i>	82
Tabla 43. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido – Índice de Plasticidad</i>	82
Tabla 44. <i>ANOVA- CBR</i>	84
Tabla 45. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido – CBR</i>	84
Tabla 46. <i>ANOVA- Resistencia al Esfuerzo Cortante</i>	86
Tabla 47. <i>Determinación del óptimo % de Biosólido – Resistencia al Esfuerzo Cortante</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo– Cusco	13
Figura 2. Diagrama de la Operación de la Línea de Líquidos y Gases PTAR San Jerónimo	13
Figura 3. Biosólido	14
Figura 4. Suelo arcilloso	15
Figura 5. Estructura de pavimento (subrasante)	15
Figura 6. Rodillo Pata de Cabra: Estabilización por Compactación	17
Figura 7. Tipos de pavimento	19
Figura 8. Materiales para el CBR	19
Figura 9. Aparato manual para el límite líquido (cuchara casagrande)	20
Figura 10. Límite plástico	20
Figura 11. Cohesión	21
Figura 12. Solicitud de especificaciones técnicas de Biosólido de PTAR San Jerónimo – Cusco	30
Figura 13: Solicitud de la cantidad de 30 kilos de Biosólido de PTAR.	31
Figura 14. Recojo del Biosólido de la PTAR San Jerónimo- Cusco	32
Figura 15. Materiales para el calcinado	33
Figura 16. Calcinado del biosólido	33
Figura 17. Trituración del Biosólido calcinado	34
Figura 18. Tamizado del biosólido por la malla N°40	34
Figura 19. Límite Líquido del Biosólido.	35
Figura 20. Límite Plástico del Biosólido.	35
Figura 21. Ubicación de la zona de estudio	36
Figura 22. Realización de calicatas	37
Figura 23. Toma de muestras	37
Figura 24. Análisis granulométrico - suelo natural.	38
Figura 25. Contenido de humedad - suelo natural	40
Figura 26. Límite líquido - suelo natural	42
Figura 27. Límite Plástico - suelo natural	43
Figura 28. Densidad natural	45

Figura 29. Proctor Estandar- preparacion de la muestra- suelo natural.....	47
Figura 30. Proctor estándar compactado, pasado y llevado al horno	47
Figura 31. Resistencia a la compresión no confinada- suelo natural	49
Figura 32. Cohesión - suelo natural.....	50
Figura 33. Procedimientos para ensayo de CBR- suelo natural	51
Figura 34. Ensayo de corte directo - suelo natural	53
Figura 35 . Ensrizado y toma de muestra.....	56
Figura 36. Procedimiento de Proctor estándar con 3,6,9,12 % de Biosólido.....	57
Figura 37. Secado y pesado de muestras	57
Figura 38. Compresión No Confinada con 3,6,9,12 % de Biosólido.....	59
Figura 39. Muestras para la Cohesión con 3,6,9,12 % de Biosólido	60
Figura 40. Cohesión con 3,6,9,12 % de Biosólido	60
Figura 41. Ensayo de Limite Líquido con 3,6,9,12 % de Biosólido	61
Figura 42. Limite plástico con 3,6,9,12 % de Biosólido	63
Figura 43. Procedimiento del Ensayo CBR con 3,6,9,12 % de Biosólido.....	64
Figura 44. Moldes depues de realizar el ensayo de penetracion	65
Figura 45. Moldes antes de realizar el ensayo de Corte Directo.....	66
con 3, 6, 9 y 12% de Biosólido	66
Figura 46. Ensayo de corte directo	67
Figura 48: Densidad Máxima Húmeda - % de Biosólido.....	75
Figura 49. Resistencia a la Compresión - % de Biosólido	77
Figura 50. Cohesión - % de Biosólido	79
Figura 51. Limite Líquido - % de Biosólido	81
Figura 52. Limite Plástico - % de Biosólido.....	83
Figura 53. CBR - % de Biosólido	85
Figura 54. Resistencia al Esfuerzo Cortante - % de Biosólido	87
Grafico 1. Curva Granulometrica – especimen 1	39
Grafico 2. Contenido de humedad especimen 1.....	41
Grafico 3. Limite liquido especimen 2.....	42
Grafico 4. Limite plastico especimen 2.....	44
Grafico 5. Carta de plasticidad	44
Grafico 6. Densidad máxima seca espécimen 3.....	48

Grafico 7. Esfuerzo Vs deformación - espécimen 2.....	49
Grafico 8. CBR espcimen 1.....	52
Grafico 9. Esfuerzo normal Vs esfuerzo cortante - espécimen 3	53
Grafico 10. Proctor estandar - con 9% de biosolido especimen 12.....	58
Grafico 11. Esfuerzo Vs deformación - con 9% de biosolido especimen 12	59
Grafico 12. Limite liquido con 9% de biosolido especimen 12	62
Grafico 13. Limite plastico con 9% de biosólido espécimen 12	63
Grafico 14. CBR con 9 % de biosolido espcimen 11	65
Grafico 15. Esfuerzo normal Vs esfuerzo cortante – con 9% de biosólido especimen 12.....	67

RESUMEN

El presente trabajo de investigación usó como alternativa el Biosólido de PTAR para estabilizar suelo arcilloso de subrasante, en diferentes dosificaciones; cuyo objetivo general fue, Determinar en qué medida el Biosólido de PTAR influye en la estabilización de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. El tipo de investigación por enfoque es cuantitativo y por propósito, aplicada; el nivel de investigación fue explicativo de diseño cuasi experimental; la población estuvo constituida por las vías urbanas de suelos arcillosos del distrito de san Sebastián, la muestra fue conformada por la calle Intirraymi y para el muestreo se realizó 3 calicatas cada 1800 m² para un total de 120 especímenes. El procedimiento fue la sustitución del suelo natural por el Biosólido en dosificaciones de 3%, 6%, 9% y 12%. Los ensayos realizados fueron Proctor Estándar, resistencia a la compresión, límites de consistencia (LL y IP), CBR y corte directo; en base a estos resultados se determinó la dosificación optima que fue de 9% de biosólido. En conclusión, se determinó que mejoró en las Propiedades físicas y mecánicas; Parámetros de consistencia y al Esfuerzo Cortante en la estabilización de suelo arcillo de subrasante con un porcentaje de 9%; en consecuencia, los resultados fueron favorables.

Palabras clave: Estabilización de suelo arcilloso, Biosólido, CBR, Límites de Atterberg, Resistencia al Esfuerzo Cortante.

ABSTRACT

The present research work used the WWTP Biosolids as an alternative to stabilize subgrade clay soil, in different dosages; whose general objective was, To determine to what extent the WWTP Biosolid influences the stabilization of clay subgrade soil for pavement, Intirraymi street, San Sebastián-Cusco, 2022. The type of research by approach is quantitative and by purpose, applied; the level of investigation was explanatory of quasi-experimental design; The population consisted of urban roads with clay soils in the district of San Sebastián, the sample was made up of Intirraymi street and for the sampling, 3 test pits were carried out every 1800 m² for a total of 120 specimens. The procedure was the replacement of the natural soil by the Biosolid in dosages of 3%, 6%, 9% and 12%. The tests carried out were Standard Proctor, compressive strength, consistency limits (LL and IP), CBR and direct shear; Based on these results, the optimal dosage was determined, which was 9% biosolid. In conclusion, it was determined that the physical and mechanical properties improved; Consistency parameters and Shear Effort in the stabilization of subgrade clay soil with a percentage of 9%; consequently, the results were favorable.

.Keywords: Clay soil stabilization, Biosolids, CBR, Atterberg Limits, Shear Strength.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial en los últimos años la necesidad de nuevas infraestructuras viales ha ido en aumento, debido a que el uso de ellas genera desarrollo para sus habitantes, con ello también se genera la necesidad de contar con suelos más estables que garanticen la durabilidad y calidad de las estructuras viales; En países como los Estados Unidos de Norteamérica, India, Colombia y Ecuador, donde parte de su territorio está compuesto por suelos blandos y expansivos (arcillas), plantearon diferentes alternativas de solución para estabilizar suelos a nivel de la subrasante con métodos alternativos e innovadores como el uso de lodos aceitosos, adición de escoria de acero, cenizas volante etc. esta necesidad surgió debido a los problemas que ocasionan las propiedades que poseen los suelos arcillosos como un alto índice de plasticidad, baja resistencia, susceptibilidad a cambios volumétricos en presencia de humedad, un CBR bajo; lo cual genera fenómenos que afecta la durabilidad, funcionabilidad y estética de las estructuras, llegando en algunos casos a situaciones en donde se generan pérdidas considerables en la infraestructura y económica (Gañas y Saldaña, 2020, p. 31).

En el Perú encontramos una variedad de suelos blandos y expansivos entre ellas las arcillas, este tipo de suelo ocasiona una serie de inconvenientes al nivel de la subrasante al momento y después de la construcción de las infraestructuras viales, esto debido a las propiedades que posee este tipo de suelos, los cuales no cumplen con los requisitos necesarios, a esto también se suma el constante cambio climático del país, este problema ha afectado a cada rincón de país llevándolo a la necesidad de buscar nuevas alternativas que le den solución a la problemática, que sean cada vez más eficientes y amigables con el medio ambiente, como son el uso de valvas de molusco, polvo de caucho, bolsas de polietileno, cascarillas de arroz, etc. (Linares, Aguilar y Rojas, 2020, p. 34).

El MTC del Perú en el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, capítulo IX ilustra diferentes metodologías para la estabilización de estos suelos, los cuales fueron usados como antecedentes para nuevas investigaciones, como alternativa de solución a estos problemas (Manual de Carreteras/Ministerio de Transporte y

Comunicaciones, N°10-2014-MTC/14, 2014, pp 92-111).

En Cusco, se ha identificado que gran parte de la región está compuesta por suelos inestables entre ellos suelos arcillosos, lo que ocasiona problemas, en el proceso constructivo así como en las vías ya terminadas, esto debido a su escasa capacidad de soporte y mala calidad debido a la estructura que posee este tipo de suelos, por lo que es importante mejorar la estabilidad de estos suelos para tener vías más seguras y duraderas, teniendo en cuenta que el crecimiento demográfico de la población va en aumento, por lo que se necesita contar con más construcciones de infraestructura vial.

De ello también surgió la necesidad de investigar el uso de residuos, como alternativas de estabilización nuevas e innovadoras tal es el caso del biosólido proveniente de la PTAR, que de otra forma se convierten en despojos, que afectan al medio ambiente y la salud de la población, el cual podría ser usado en la construcción de infraestructuras viales, lo cual sería un aporte de suma importancia para la ingeniería civil y para el medio ambiente.

De lo mencionado anteriormente se desprende el **problema general**: ¿En qué medida el Biosólido de PTAR influye en la estabilización de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. Y los problemas específicos son; **Pe1**: ¿cómo el biosólido de PTAR influye en la densidad máxima seca de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-cusco, 2022?. **Pe2**: ¿En qué medida el biosólido de PTAR influye en la densidad húmeda de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. **Pe3**: ¿De qué manera el biosólido de PTAR influye en la resistencia a la compresión de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. **Pe4**: ¿Cuánto influye el biosólido de PTAR en el cohesión de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. **Pe5**: ¿Cuánto influye el biosólido de PTAR en el límite líquido de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. **Pe6**: ¿De qué manera influye el biosólido de PTAR en el índice de plasticidad de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, san Sebastián-cusco, 2022?. **Pe7**: ¿En qué medida el biosólido de PTAR influye en

el CBR de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?. **Pe8:** ¿Cuánto influye el biosólido de PTAR en la resistencia al esfuerzo cortante de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022?.

La **justificación** de la investigación se da en términos **ambientales** puesto que se trata de convertir un resto en un aditivo útil para la construcción. Desde una perspectiva **práctica** de la investigación esta se justifica porque el biosólido de PTAR servirá para estabilizar el suelo natural de una estructura vial, lo cual permitirá el uso de una nueva materia prima para la ingeniería civil a un costo nulo. Por otro lado, tomando en cuenta la parte **social** esta investigación busca beneficiar de manera directa a 80 familias que se ubican a lo largo de la calle Intirraymi y de manera indirecta a las familias de la asoc. Villa Alparcona, sector de Capac Mocco y la comunidad de Quillahuta, ya que ellos también hacen uso de la vía para su ingreso y desplazamiento.

De esta manera, el **objetivo general** de la presente investigación es: Determinar en qué medida el biosólido de PTAR influye la estabilización de suelo arcillo de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Por otro lado, los **objetivos específicos** son; **Oe1:** Evaluar como el biosólido de PTAR influye en la densidad máxima seca de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe2:** Determinar en qué medida el biosólido de PTAR influye en la densidad máxima húmeda de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe3:** Calcular de qué manera el biosólido de PTAR influye en la resistencia a la compresión de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe4:** Valorar cuanto influye el biosólido de PTAR en la cohesión de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe5:** Medir cuanto influye el biosólido de PTAR en el Límite Líquido de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe6:** Deducir de qué manera influye el biosólido de PTAR en el Índice de Plasticidad de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe7:** Identificar en qué medida el

biosólido de PTAR influye en el CBR de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **Oe8:** Estimar cuanto influye el biosólido de PTAR en la resistencia al esfuerzo cortante de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Como **hipótesis general** se plantea: El biosólido de PTAR influye positivamente en la estabilización de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. Asimismo, las **hipótesis específicas** son; **He1:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la densidad máxima seca de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He2:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la densidad máxima húmeda de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He3:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia a la compresión de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He4:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la cohesión de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He5:** El biosólido de PTAR influye positivamente en el Límite Líquido de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He6:** El biosólido de PTAR influye positivamente en el Índice de Plasticidad de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He7:** El biosólido de PTAR influye positivamente en el CBR de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022. **He8:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia al esfuerzo cortante de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedente internacional tenemos a:

Jurado y Clavijo (2016) Tesis, ***“Mejorar Las Características Físicas Y Mecánicas Del Material De Subrasante De La Zona De Talleres Y Cocheras De La PLMQ, Sector Quitumbe”*** de la universidad Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, que tuvo como **objetivo** el mejoramiento de las características físicas y mecánicas de la subrasante para Talleres y Cocheras de la PLMQ con la adición de diferentes porcentajes de cemento tipo MH (6%, 9%, 12% y 15%). La **metodología** en la investigación fue de tipo experimental, como **resultados** se obtuvo que para un suelo limo areno arcilloso de baja plasticidad, tipo CL-ML según SUCS (suelo fino), el índice de plasticidad disminuyó su valor en un 67.2% con respecto al suelo natural, la disminución para el IP se dio en todas las dosificaciones; la densidad máxima seca incremento hasta un 1.8%; así como también, la densidad máxima húmeda incremento en un 3.74% con respecto a la muestra de suelo natural; la cohesión del suelo mejoro en 780% este resultado con respecto a la cohesión del suelo natural, por otro lado la resistencia a la compresión aumento hasta en un 1673% con respecto a la muestra de suelo natural, todos con una dosificación de 15% de cemento tipo MH. Por lo que se **concluyó** que el porcentaje óptimo para el mejoramiento de este suelo es la adición de cemento tipo MH a un 15%.

Ospina, et al. (2020), Revista de Investigación, ***“Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero”***. Colombia, cuyo **objetivo** fue evaluar el comportamiento de suelo con contenido de arcilla, esto a partir de la mezcla de escoria de acero con suelo arcilloso, mediante la comparación de criterios de calidad de la subrasante óptima para una estructura vial. La **metodología** es de tipo experimental cuantitativo. Cuyos **resultados** mostraron que la escoria de acero es eficiente en suelos cohesivos, esto por contener oxido de calcio, lo cual fue beneficioso para esta investigación, se trabajó con dosificaciones de 25%, 50% y 75%, reduciendo así la plasticidad del suelo hasta en un 0%, e incremento el valor del CBR del suelo en un 278.92% con un 75% de adición de escoria de acero. Por lo que se **concluyó** que la escoria de acero, es excelente para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de una subrasante con

material arcilloso. Ya que con una dosificación de 75% se logró mejorar bastante el CBR y el IP, pero los autores recomiendan que la dosificación óptima después de realizar los ensayos es de 25%, esto debido a que no fue considerable la disminución en la resistencia a la compresión, la resistencia al corte e índice de plasticidad con respecto a las demás dosificaciones, pero sí es notorio el incremento en el índice CBR y la densidad.

Sanjay (2012) tesis cuyo título es **“Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers”** Universidad Estatal de Luisiana EE. UU, cuyo **objetivo** fue enfocarse en la estabilización de subrasante cuyas estructuras son muy débiles y que presentan humedad, fuera de los límites del contenido de humedad óptimo, incluso hasta el límite líquido del suelo para dar solución a la situación más extremo que se presente in situ. **La metodología** que se aplicó para esta tesis es de tipo experimental. Los **resultados** fueron obtenidos mediante la adición de cemento en un 0%, 4%, 6% y 8% con respecto al peso del suelo, de esta adición en porcentajes se obtuvo una densidad máxima seca que fue de 0.7%, 0.2% y 4%. Y un contenido de humedad óptima de 0%. Por lo que se **concluyó** que la estabilización de la subrasante con la adición de cemento en sus diferentes porcentajes mejoro considerablemente.

Camacho, *et al*, (2006) Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, **“Evaluación de Aditivos Usados en el Tratamiento de Arcillas Expansivas”**. Universidad Militar Nueva Granada Colombia, cuyo **objetivo** fue disminuir las propiedades de la arcilla altamente expansiva con la adición de cal (CL), cenizas volantes (CV) y aceite sulfonado (GS) en cantidades de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de cal y cenizas volantes respectivamente, y de 2ml, 4ml, 6ml, 8ml y 10ml de aceite sulfonado. **La metodología** aplicada fue de tipo experimental. Cuyos **resultados** obtenidos para el caso de la muestra tratada con aceite sulfonado (GS) con una dosificación de 2 ml, el límite líquido (LL) disminuyo en un 30.73% con respecto al suelo natural, con respecto a las demás dosificaciones de aceite sulfonado no se logra mejora alguna en el LL; para el índice de plasticidad (IP) con la adición de 2 ml de aceite sulfonado logra disminuir en un 33.99%. Por otro lado, con la adición del 50 % de cenizas volante, el LL logra disminuir en un 55.99% y el IP en un

56.46%. Para la adición de cal en un 10% el LL disminuye en un 74.48% y su IP disminuye en un 94.66% con respecto a la muestra de suelo natural. Con los resultados se **Concluyó** que los tres aditivos reducen de manera significativa los valores del límite líquido e Índice de Plasticidad, siendo la cal el aditivo que más se destaca teniendo disminuciones de 74.48% Y 94.66% de LL e IP respectivamente en una dosificación de 10%, mejorando así las propiedades de las arcillas expansivas con respecto al suelo natural.

Alarcon, *et al*, (2020) Revista Ingeniería de construcción, "**Stabilization of soils through the use of oily sludge**". Colombia, que tuvo como **objetivo** el estabilizar suelos granulares y arcillosos a nivel de la subrasante de una estructura vial mediante el uso de lodos aceitosos. **La metodología** usada fue experimental, cuyos **resultados** obtenidos de la estabilización de material de subrasante, con la adición de lodo aceitoso en 2%, 4%, 6% y 8%, el Índice de Plasticidad con una adición del 8% de lodo aceitoso disminuyo hasta en un 6% con respecto al suelo natural, en el ensayo de compactación se halló una densidad seca de 1.92 gr/cm³ en la muestra de suelo natural y al adicionarle lodo aceitoso en los diferentes porcentajes este tuvo una variación poco significativa, por otro lado se determinó el CBR teniendo una tendencia ascendente hasta de un 37% con la adición del 4% de lodo aceitoso y a partir del 6% y 8% una disminución del CBR. Tomando en cuenta que la capacidad de soporte de la subrasante para pavimentos es de suma importancia, de lo mencionado anteriormente se **concluyó** que el porcentaje de lodo aceitoso recomendado para estabilizar la subrasante es del 4% el cual logra un aumento de la resistencia del 37% con respecto al suelo natural.

Liet, *et al*, (2016) Revista Procedia Engineering titulado, "**Behaviour of Expansive Soils Stabilized with Hydrated Lime and Bagasse Fibres**" Australia, el cual tuvo dos principales **objetivos**; lograr reducir los residuos industriales derivados de fibras de bagazo (trituration de caña de azúcar) con dosificaciones de 0.5%, 1% y 2%, y mejorar la resistencia de los suelos expansivo con la combinación de fibra de bagazo (BF) y cal hidratada (L) con las siguientes dosificaciones de 0.5%BF+2.5%L, 0.5%BF+4.5%L, 0.5%BF+6.25%L y 0.5%BF+9%L, respectivamente. De la caracterización del suelo se obtuvo una arcilla de alta

plasticidad (CH). **La metodología** usada fue experimental, como **resultado** para la resistencia a la compresión no confinada con la adición de 2%BF este aumento en un 40.66% en comparación del suelo expansivo, con los otros dos porcentajes, hubo un incremento poco relevante para esta dosificación y con la combinación de fibra de bagazo y cal hidratada aumento en 181.48% en comparación del suelo natural con una dosis de 0.5%BF+6.25%L y con las otras combinaciones aumento ligeramente para la resistencia. Por lo que se **concluyó** que los valores de la resistencia a la compresión de los suelos expansivos tratados incrementaron con la combinación de 0.5% de fibras de bagazo y 6.25% de cal hidratada. Por lo que podemos decir que la adición de ambos elementos al suelo natural si aporta una mejora con respecto a la resistencia a la compresión.

Reshid (2014) tesis que lleva como título **“Stabilization of expansive soils with lime”** Universidad Addis Ababa Etiopía, cuyo **objetivo** fue que mediante el uso de la estabilización química de un suelo arcilloso se busca incrementar la capacidad portante de dicho suelo a nivel de la subrasante, de la misma manera se busca controlar su expansión, contracción y finalmente disminuir su plasticidad con el uso de la cal hidratada. **La metodología** usada en la investigación fue experimental, realizándose así los ensayos de Límites de Atterberg, Resistencia a la compresión no confinada y CBR, añadiéndole al suelo natural cal hidrata en dosificaciones de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12%. Y como **resultados**, se obtuvo que, el límite líquido e índice de plasticidad presentaron una disminución en un 28.81% y 54.39% respectivamente con una dosificación del 12% de cal hidratada, esto con respecto a la muestra sin adición de cal; para el CBR el suelo natural tuvo un valor de 2%, y al añadirle cal se tuvo un incremento en un 30%, 65%, 125%, 195%, 345% para dosificaciones de 4%, 6%, 8%, 10%,12%, respectivamente; por otro lado la máxima densidad seca presento una disminución en todas las dosificaciones. Por lo que se **concluyó** que con una dosificación de cal al 12% el CBR aumenta en un 345% con respecto al CBR del suelo natural y el LL e IP disminuyeron, la dosificación de 12% logro incrementar la capacidad portante y disminuir el IP del suelo expansivo.

Murat (2016) Revista Procedía Engineering, **“Improvement of bearing capacity of a soft soil by the addition of fly ash”**. Turquía, como **objetivo** tuvo la mejora

de la capacidad de carga de un suelo blando (del área de Elmadag) mediante el uso de cenizas volantes clase C (de la central térmica de Soma) cuya composición tiene óxido de calcio y óxido de magnesio. **La metodología** usada fue de tipo experimental. Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión y CBR cuyos **resultados** se presentan de la siguiente manera, para la resistencia a la compresión se sustituyó con dosificaciones de 3%, 5%, 7% y 10%; la cual tuvo un incremento bastante notable en un 266.67% para la dosificación del 10% de ceniza volante, para el CBR utilizaron porcentajes de 3%, 5%, 7%, 10%, 15% y 20%, de los cuales se obtuvo un aumento de 1286.67% con respecto al suelo blando, con una sustitución del 20% de ceniza volante y para las demás dosificaciones presentó un ligero aumento, donde se **concluyó** que a medida que se fue aumentando el contenido de ceniza volante el CBR y la resistencia a la compresión incrementó favorablemente con una dosificación de 20% y 10% de cenizas volantes, respectivamente.

George y Esenwa (2014) artículo cuyo título lleva ***“Mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells”***, Nigeria, que tuvo como **objetivo** dar a conocer las propiedades físicas de estabilización con residuos de conchas de bígara trituradas, **La metodología** de la investigación fue de tipo experimental. Como **resultados** se tuvo que de las 9 dosificaciones de residuo de conchas de bígara trituradas mezcladas con suelo natural (arcilloso) presentó un aumento en el valor del CBR en las dosificaciones 60%, 70% y 80%, las cuales incrementaron en 4,8%, 9,4% y 14,0% respectivamente, esto con respecto al CBR inicial del suelo natural. por lo que se **concluyó** que los cambios con respecto a sus propiedades de resistencia mejoraron ligeramente con dosificaciones $\leq 48\%$ y adquiriendo un mayor valor en el CBR con dosificaciones $\geq 60\%$ con lo que podemos decir que con estas dosificaciones de residuo de conchas de bígara se logra el objetivo de la investigación.

Mehmet y Nilay (2015), cuyo artículo tiene como título, ***“stabilization of clayey subgrade with waste pumice for road infrastructure”*** Turquía, el cual presentó como **objetivos**; mejorar la estabilidad, la resistencia, las propiedades físicas y químicas con la ayuda del aditivo piedra pómez. **La metodología** usada fue

experimental. Los ensayos realizados en esta investigación fueron: límites de Atterberg, resistencia a la compresión no confinada y CBR, para lo que se sustituyó piedra pómez en un 10%, 15%, 20%, 30% 40% y 50% respecto al peso de las muestras de arcilla, cuyos **Resultados** para el límite líquido e índice de plasticidad disminuyeron con una dosificación de 50% de piedra pómez, en un 79.37% y 42.55% respectivamente, respecto al suelo natural; el CBR mostro aumento en un 321.05% con una dosificación de 40% de piedra pómez con respecto al suelo natural y la resistencia a la compresión aumento hasta en un 115.53% con 30% de sustitución de piedra pómez, por lo que se **concluyó** que para el límite líquido, índice de plasticidad, CBR y resistencia a la compresión mejora sustancialmente en las siguientes dosificaciones de 50%, 50%, 40% y 30% de piedra pómez, respectivamente.

J. Singh (2017) y J. Singh (2017) artículo titulado “***Soil Stabilization of Clayey Soil using Shredded Rubber Tyre***”, de India, cuyo **objetivo** fue mejorar las propiedades del suelo utilizando neumáticos de caucho triturado en diferentes tamaños (10mm, 20mm, 30mm) de ancho y (20mm, 40mm, 60mm) de largo. El porcentaje utilizado fue de 1%, 2% y 3%. **La metodología** para este trabajo fue experimental. A partir de la investigación se obtuvo los siguientes **resultados**, para un suelo clasificado como CL de baja plasticidad, el valor de la densidad seca máxima se redujo en un 1.54% con respecto al suelo virgen, con una dosificación de 1% (caucho triturado de 10mm x 20mm) y para las otras dos dosificaciones la reducción fue a un más notoria. Por otro lado, para la resistencia a la compresión no confinada, se tuvo una mejora en un 7.83% con respecto al suelo virgen, esto para una combinación de 1% (caucho triturado de 10mm x 20mm), en las otras dos combinaciones se logró un ligero incremento con la adición de caucho. Por lo que se **concluyó** que el valor óptimo de la dosificación del neumático de caucho triturado es del 1% del tamaño de 10mm x 20mm para mejorar las propiedades de la subrasante.

Como antecedentes nacionales tenemos a:

Bravo y López (2021) tesis cuyo título es ***“Mejoramiento De Las Propiedades Mecánicas De Suelos Arcillosos Empleando Valvas De Molusco Y Vidrio En La Ciudad De Talara, Piura”*** Universidad Peruanas De Ciencias Aplicadas, cuyo **objetivo** fue mejorar las propiedades mecánicas de suelos con material arcilloso para edificaciones mediante los ensayos se pudo determinar la mezcla óptima, en esta investigación se usó PV (polvo de vidrio) y PCA (polvo de valvas de molusco) como aditivos para estabilizar la subrasante con las siguientes mezclas (M), M1 = 7%PV + 3%PCA; M2 = 7%PV + 6%PCA; M3 = 7%PV + 10%PCA; M4 = 7%PV + 12%PCA; M5 = 7%PV + 15%PCA. **La metodología** usada en la investigación fue de tipo experimental. Los **resultados** obtenidos a partir de los ensayos realizados se dieron de la siguiente manera: para el límite líquido con la M4 disminuyó hasta en un 29.51%; el índice de plasticidad disminuyó hasta en un 42.67% con la M5; la DMS tuvo un incremento hasta en un 3.53% lo cual fue bastante notorio con la M2; el ángulo de fricción mejoró de 28.9° hasta en 32°; por otro lado, La cohesión mejoró en un 100% ambas para la M2, todos estos resultados con respecto al suelo natural. Con lo que se **concluyó** que para la M2 (7%PV+6%PCA) los valores del LL, IP, disminuyeron y para la DMS, cohesión incrementaron sus valores al añadirle las conchas de abanico y vidrio, lo cual mejoró las condiciones del suelo.

Álvarez y Gutiérrez (2019) Trabajo de Investigación cuyo título es ***“Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica”***, Lima Universidad Peruanas De Ciencias Aplicadas, cuyo **objetivo** fue tener un suelo arcilloso seguro para la construcción carreteras, terraplenes, etc. como también se buscó mejorar la resistencia al corte y capacidad de soporte (CBR) adicionando al suelo natural el polvo de caucho reciclado con diferentes mezclas, presentando la siguiente simbología S100 (suelo arcilloso); S100/C1.5; S100/C2.5; S100/C3.5 (C = % de polvo de caucho) y con estas adiciones mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcillo, el cual podrá ser aplicado en la subrasante para la construcción de una carretera. **La metodología** usada en trabajo de investigación es de tipo Experimental. Los **resultados** con respecto a la resistencia del Esfuerzo de Corte este presentó un desplazamiento horizontal de 2.5mm, para la mezcla S100/C3.5 se presentó un

incremento de un 35.19 % en comparación al suelo natural, esto para un esfuerzo normal aplicado de 49kPa; para un esfuerzo normal es de 98.1kPa tuvo un aumento de un 20% y cuando el esfuerzo normal es de 196.1kPa presenta un incremento de 9.46%, con respecto al suelo natural. Por otro lado, la Cohesión fue aumentando mientras se le agregaba más polvo de caucho, incrementando hasta en un 64%, en comparación con la cohesión del suelo natural. Para el ángulo de fricción se tiene que mientras más polvo de caucho se le añade al suelo natural el ángulo de fricción disminuye tomando la mezcla óptima para la cohesión que fue de C3.5 este presenta un valor igual a 19°, que en comparación del ángulo de fricción del suelo natural disminuyó en 9.1%, lo que indica que el resultado fue todo lo contrario al de la cohesión. Y finalmente para el CBR con las mezclas de suelos natural y C1.5, C 2.5, C3.5 mejoró en un 56%, 172% y 194% respectivamente en comparación al CBR del suelo natural. Por lo que se **concluyó** que con los ensayos realizados se logró pasar de una subrasante inadecuada a una regular con una mezcla de S100/C3.5. Lo cual permite usar el polvo de caucho para la mejora de la subrasante de una carretera, tomando en cuenta los resultados de la investigación.

Como antecedente local tenemos a:

Huilcaya y Vidal (2017) tesis cuyo título es ***“Influencia Del Porcentaje Optimo De Inclusión De Biosólidos, De La PTAR San Jerónimo Cusco, En Las Propiedades Físico – Mecánicas De Ladrillos King Kong De 18 Huecos Y Pilas De Albañilería Según La NTP E.070”*** Universidad Andina Del Cusco, cuyo **objetivo** fue determinar la influencia del biosólido de PTAR para el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos Kong Kong de 18 huecos, la adición de biosólido tuvo una dosificación de 0%,5%,10%,15% y 20%, de los cuales se buscó el porcentaje óptimo. **La metodología** usada en la investigación fue de tipo experimental cuantitativa. **Los resultados** mostraron que a un 10 % de adición de biosólido la resistencia a la compresión es de 115.854 kg/cm² el cual es el más alto de todos los porcentajes usados, con respecto a la absorción en todas las muestras con diferentes porcentajes no excede el 22% lo cual cumple con lo estipulado en la NTP E 0.70. por lo que se **concluyó** que al determinar el porcentaje óptimo de biosólido de PTAR se mejoró la resistencia a la compresión y la absorción se encuentra dentro parámetros estipulados en la NTP E 0.70.

Como **Bases Teóricas** podemos indicar que; **PTAR:** (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) denomina así porque dentro de su infraestructura se realiza el proceso de depuración de las aguas residuales, que al completar el proceso del tratamiento estas puedan ser vertidas a los cuerpos de agua y serán aptas para el uso agrícola y otros usos, lo cual es una parte importante en la sostenibilidad del desarrollo de esta área, porque no solo se hace uso del agua ya tratada sino que también de sus derivados como son los lodos que al ser tratados y estabilizados nos proporcionan el biosólido, el cual es una materia rica en nutrientes para el suelo, cabe mencionar que también durante el proceso se produce el gas metano el cual puede ser ampliamente aprovechado, Collivignarelli *et al.* (2019).



Figura 1. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo– Cusco

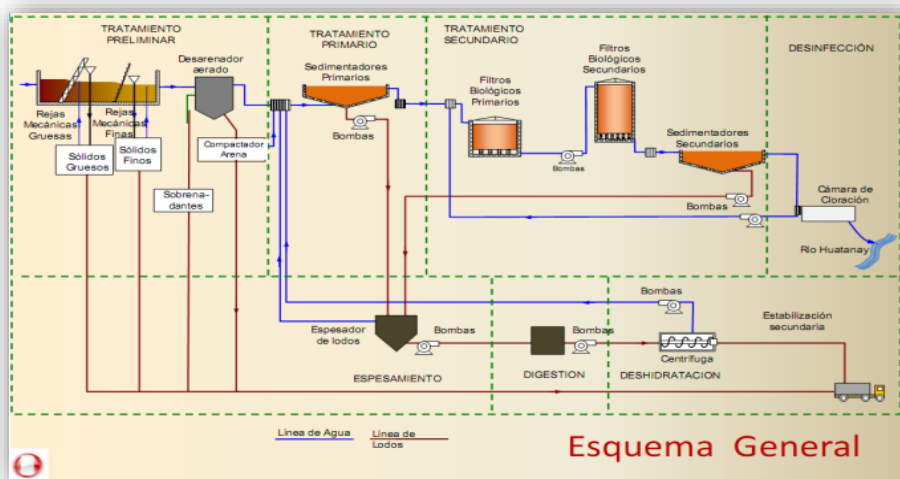


Figura 2. Diagrama de la Operación de la Línea de Líquidos y Gases PTAR San Jerónimo

Biosólido: son lodos orgánicos estabilizados provenientes del tratamiento de aguas residuales, la estabilización se hace para bajar los niveles de patogenicidad, para que este pueda ser reaprovechada como acondicionador de suelos degradados. Pueden clasificarse de la siguiente manera: Biosólido de Clase A: Se usan en los suelos sin restricciones sanitarias; Biosólido de Clase B: se usan en los suelos bajo restricciones sanitarias y esto dependerá de la localización del suelo y/o tipo de cultivo (D.S 015-2017- Vivienda, p 35)

Según Marguí *et al.* (2016), el Biosólido es aquel resto orgánico que resulta de los diferentes procesos de tratamiento que ha recibido las aguas residuales en la PTAR.

Por otro lado, Ashekuzzaman *et al.* (2019) indica que los Biosólidos son sólidos orgánicos derivados de procesos de tratamiento de aguas residuales, para ser utilizados de forma positiva ya que contienen nutrientes como también energía u otros valores.



Figura 3. Biosólido

Suelo: es un material trifásico es decir está compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa conformada por partículas diferentes por lo que existen suelos de múltiples estructuras (Serrano y Padilla, 2019, p 03).

Los suelos arcillosos: La arcilla está compuesta fundamentalmente silicato de aluminio hidratado, lo que permite que tenga una consistencia plástica y puede ser modelada, cuando presenta agua entre sus partículas este resulta pegajoso, más cuando este se encuentra seco tiene una textura muy fina y suave esto es porque la arcilla está formada por partículas diminutas que miden menos de 0.005 mm de diámetro. Las arcillas poseen propiedades impermeables lo que no permite el paso del agua o el aire, debido a esta propiedad el agua se estanca con mucha facilidad

por lo que es importante contar con un sistema de drenaje adecuado, ya que después de las lluvias el agua queda retenida en la superficie lo que puede ocasionar daños a las estructuras, como a la salud de la población (Beltrán y Copado, 2011, p. 07).



Figura 4. Suelo arcilloso

Subrasante: Terreno natural sobre el cual descansa la estructura del pavimento, este debe poseer materiales con características aceptables y un compactado por capas que constituya una estructura estable capaz de soportar todas las cargas de diseño transmitidas del efecto del tránsito mediante las capas superiores de una pavimentación. Las características que debe tener el suelo por debajo de la subrasante a una profundidad no menor de 0.60m es un $CBR \geq 8\%$ para ser considerado estable, Ahora si este tuviera un $CBR < 3\%$ se considera como una subrasante pobre o inadecuada por lo que es necesario estabilizar el suelo, existen antecedentes con alternativas de solución como son: la estabilización mecánica, estabilización química, elevación de la rasante, estabilización con geosintéticos, eligiéndose la más conveniente técnica y económica (Reglamento Nacional De Edificaciones, CE010.pavimntos urbanos. p 96).

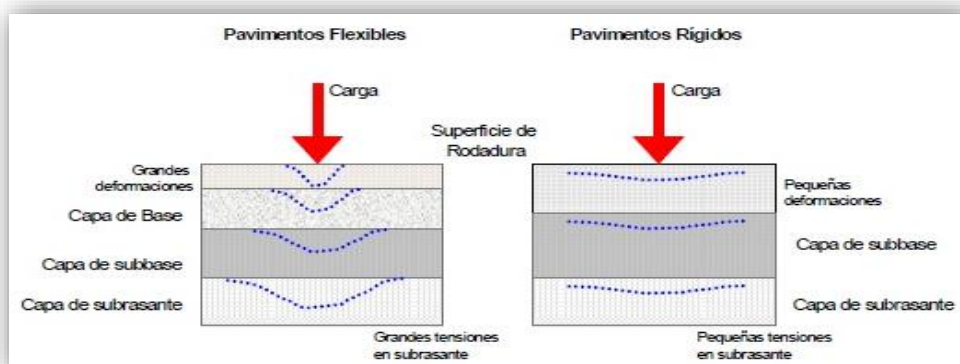


Figura 5. Estructura de pavimento (subrasante)

Estabilización de suelos: Es la mejora de las propiedades y características de un suelo en el cual se busca incrementar la resistencia, durabilidad y reducir la susceptibilidad al agua, mediante procesos mecánicos y también con la incorporación de productos naturales, químicos o sintéticos. Las estabilizaciones de una subrasante inadecuada o pobre más comunes son: estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos (Manual de Carreteras/Ministerio de Transporte y Comunicaciones, N° 10-2014-MTC/14, 2014, p 92).

Estabilización Física: Según Rivera *et al.* (2020) Es aquella estabilización que modifica las propiedades del suelo produciendo cambios físicos y darle nuevas características a la estructura. Entre los tipos de estabilización físicos se encuentra los geotextiles (hechas por fibras sintéticas como el poliéster), las geomallas (hechas por polietileno de alta densidad), entre otros (párr. 12).

Si al material se le acomoda granulométricamente por medio de adición de otro material, esto ocasionara que el material tenga una mayor fricción entre sus partículas y una cohesión de la masa del suelo. Por lo que la estabilización física busca incrementar la fricción, cohesión y como también la impermeabilidad (Higuera, Gómez y Pardo, 2012, p 24).

Estabilización con Residuos sólidos, los desechos producidos por las áreas municipales son más comunes hoy en día. Estos desechos básicamente están constituidos por papel, vidrio, madera, plásticos, caucho, desechos de vegetales, metales y otros desechos con contenido principal de materia orgánica. La eliminación y disposición final de estos desechos producidos a grandes escalas son un desafío para conservar el medio ambiente, como son los vertederos y rellenos sanitarios. Sin embargo, en los últimos años, se ha demostrado que muchos de estos materiales son eficientes en la estabilización de suelos (Ikeagwuani y Nwonu, 2019, p 427).

Estabilización Mecánica: Se realizan por medio de los siguientes procedimientos; Estabilización por compactación que consiste en mejorar el suelo sobre el cual se va a construir una infraestructura esto sin cambiar su estructura ni composición inicial, es decir que se debe disminuir la cantidad de vacíos en el suelo, lo cual aumenta su densidad y mejora la distribución de las fuerzas actuantes sobre el

suelo para así evitar posibles asentamientos y tener una mayor estabilidad. Estabilización por cambio de granulometría: Consiste en mejorar el suelo mezclándolo con uno o más materiales con el fin de tener un material de calidad con relación a la plasticidad y la granulometría del suelo. Por otro lado, la Estabilización con geosintéticos, aumenta la capacidad portante del material del pavimento, de igual manera incrementa la vida útil de la vía y mejora las propiedades mecánicas de la estructura del pavimento (Quezada, 2017, p 12).

Una buena compactación puede aumentar la resistencia al corte de los suelos y a su vez esta acción disminuirá la compresibilidad y la permeabilidad, es por esta razón que este tipo de estabilización se usa desde tiempos muy remotos, por lo general se realiza una serie de pruebas de compactación en laboratorios antes de la construcción de un pavimento, esto con el fin de obtener una curva de compactación (Kawai y Kawakatsu 2016, p 276).



Figura 6. Rodillo Pata de Cabra: Estabilización por Compactación

Estabilización química consiste en mejorar el suelo natural con la incorporación de elementos químicos que proporcionen al suelo propiedades aptas para la ingeniería, brindándole más resistencia y disminuyendo su plasticidad, frente a la acción de las cargas vehiculares y los efectos del clima. El uso de aditivos aumenta en la subrasante su capacidad portante sin deformación. En el diseño para una estabilización con aditivos químicos se debe tomar en cuenta las variaciones que presentara el suelo estabilizado como la permeabilidad, compresibilidad, durabilidad, resistencia (Junco, 2011, 04?).

Estabilización De Subrasante: Es aquella que brinda una plataforma uniforme no deformable bien compactada. La cual consiste en la incorporación de un aditivo o material al suelo donde descansara la estructura del pavimento, este puede ser de

material granular, elementos químicos, sustitución de material o por medio de compactación, los cuales aporten con el objetivo de lograr el cumplimiento de los requisitos del diseño estructural del pavimento (Gavilanes, 2015, p 32).

Consecuentemente se planteó el uso del biosólido como un estabilizador ideal para materiales finos (arcilla) de media o baja plasticidad.

La estabilización de subrasante mediante aditivos: Para ello primero se realiza la Selección y uso de aditivos, esta selección dependerá mucho del tipo de suelo que se quiere estabilizar, también dependerá de la disponibilidad del aditivo como de las fuentes más cercanas del sitio. Los aditivos elegidos deben tener la capacidad de ser implementados en diversos entornos. La eficacia del uso de aditivos debe evaluarse antes del tratamiento. Los valores de capacidad de carga son los datos más importantes para evaluar la subrasante. La mayoría de los suelos a nivel de la subrasante que ocasionan problemas son los suelos arcillosos, conocidos como un tipo de suelo que tiene malas propiedades técnicas. Para mejorar esta condición se ha realizado una serie de estudios que contempla la adición de materiales de desecho tales como residuos de vidrio, valvas de molusco, escoria fina de acero, lodos aceitosos, cemento de horno, fibras de bagazo, residuos de fibra de coco, humo de sílice, nanosílice y cenizas volantes. En general, la mayoría de los aditivos mezclada con suelo problemático puede evaluarse en términos de sus propiedades de resistencia esto en función tanto del porcentaje de dosificación del aditivo en la mezcla y el tiempo de curado (Daud, Jalil, Celik y Albayrak, 2019, p 04).

Pavimento: Estructuras compuesta por capas, las cuales consisten en: una carpeta de rodadura y las capas inferiores de material granular tratada, las cuales descansan sobre la subrasante; este diseño se realiza para distribuir y transferir las cargas vehiculares, para lo cual se debe usar materiales de mayor CBR en las capas superiores así la estructura protege el suelo natural (Becerra, 2012, p 04).



Figura 7. Tipos de pavimento

Ensayo de CBR: Una vez clasificado el tipo de suelo utilizando el sistema AASHTO y SUCS, se procede a elaborar un perfil estratigráfico en cada zona de estudio, luego se determinará el ensayo para establecer el CBR de diseño, que debe tener una máxima densidad seca de 95% y 2.54 mm de penetración de carga. En el diseño de la subrasante para determinar el valor del CBR, se debe tomar en cuenta lo siguiente: para los sectores con 6 o más valores de CBR realizados, se tomará el promedio total de los valores analizados por cada sector que posean características iguales y para sectores con valores de CBR < 6%, el CBR de diseño en la subrasante debe tomar bajo los siguientes criterios: Si son parecidos se tomará el valor promedio de los resultados; Si los valores no son parecidos ni similares, se tomará el más bajo o sino subdividir con el fin de agrupar sub-sectores para luego determinar el valor promedio. Las longitudes de los subsectores tienen que ser no menor a los 100m. Cuando ya se haya definido el valor del CBR de diseño, se determina para cada sector que posea características homogéneas. (Manual de Carreteras, 2013, pp.39-40)



Figura 8. Materiales para el CBR

Límites de Atterberg

Definen los rangos en el contenido de humedad de un suelo, el cual se comportará como un sólido, líquido y plástico.

- **Límite Líquido:** Se define como el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como un líquido. El ensayo consiste en el uso de la copa de Casagrande, donde el corte de la ranura en el centro en V de la pasta de suelo se somete a una caída de la copa una altura de 1cm (Harun et al, 2014, pp.530-536).

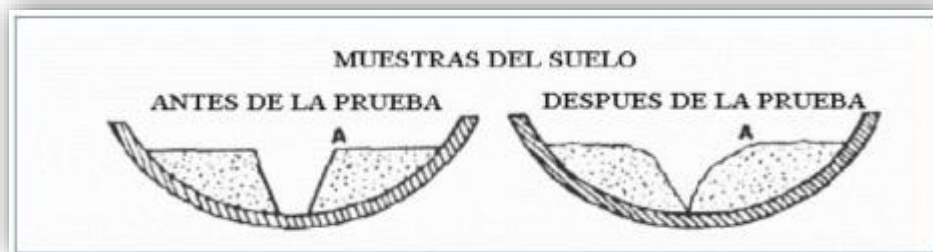


Figura 9. Aparato manual para el límite líquido (cuchara Casagrande)

- **Límite Plástico:** se determina con la elaboración de hilos a partir de la muestra de suelo, de un diámetro de 1/8" aproximadamente sin que este se desmorone (Habiba, 2017, pp.365-370).

Para Hossne y Salazar (2004, pp. 69-80), el límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo, se define como el contenido de agua, en porcentaje con el cual el suelo, al ser enrollado sobre una placa de vidrio en piezas de 0.0032 m de diámetro, se desmorona.

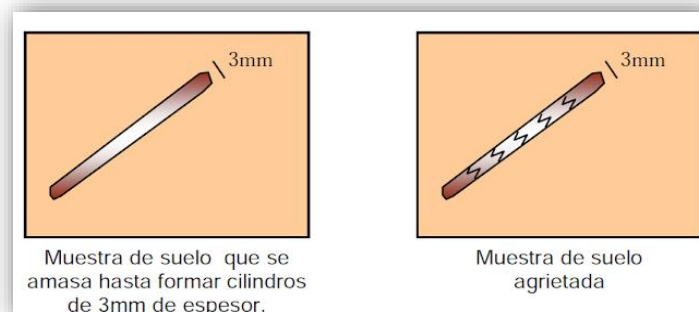


Figura 10. Límite plástico

Índice de Plasticidad: El índice se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Harun et al, 2014, pp.530-536).

$$IP = LL - LP$$

Cohesión: Son partículas del terreno que se mantienen unidas con fuerzas internas, para que el suelo este estable debe estar entre 10 y 15, así como también tiene que estar en un estado de consistencia (Bravo y Lopez, 2021).

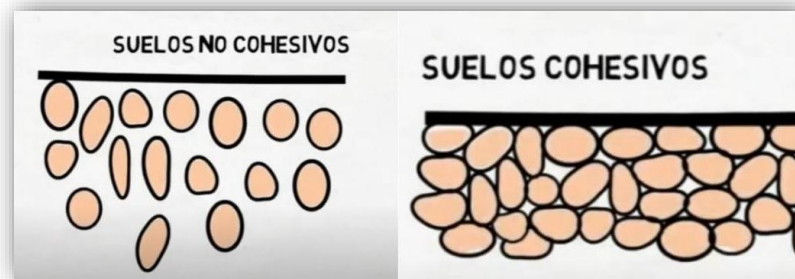


Figura 11. Cohesión

Esfuerzo Cortante: Es la resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal (Sencico, 2016).

Densidad: Se refiere a la porción de masa por unidad de volumen de una sustancia (suelo), es decir que entre más cantidad de masa tenga un cuerpo en el mismo volumen, mayor será la densidad (Camones, 2016).

Resistencia: Capacidad de soporte de un suelo cuando está sometido a fuerzas axiales, la forma más común de incrementar la resistencia de suelos es mediante la compactación mecánica. Las maneras más comunes de estabilizar suelos y por ende mejorar su resistencia son las siguientes: estabilización mecánica, compactación estabilización mediante el uso de productos químicos, naturales o sintéticos, Vibro flotación, Precarga, y Drenaje (Beltrán y Copado, 2011 p. 13).

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo De Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014). El tipo de investigación está dividido por enfoque y propósito:

Por **Enfoque** se tiene: Cuantitativos, esto se da cuando las variables pueden ser medibles, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico; Cualitativos, este tipo de investigación utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación y finalmente Mixtos, es la suma de ambos.

Por **Propósito** tenemos: Básica, el cual tiene como propósito generar nuevos conocimientos sobre un objetivo o hecho; y Aplicada, Tiene como propósito dar solución a una investigación (p 04).

Según lo citado anteriormente la presente investigación es: por **enfoque** del tipo **cuantitativo** por que la variable independiente biosólido de PTAR y la variable dependiente estabilización de suelo arcilloso son de carácter y **por propósito** es del tipo **Aplicada** porque utilizara teorías conocidas para conocer nuevas aplicaciones.

3.1.2. Nivel De Investigación

Según Hernández, Roberto, Fernández, Carlos, y Baptista, María. (2014). Tiene diferentes alcances en las distintas etapas de su desarrollo los cuales son; Nivel Explorativo: Son aquellas investigaciones que no tienen mucha información, de un tema poco estudiado o novedoso; Nivel Descriptivo: buscar dar información de los conceptos o variables en estudio de manera conjunta o independiente; Nivel Correlacional: es la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular y Nivel Explicativo: Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (pp. 91-95). De acuerdo a la definición anteriormente descrita el trabajo de investigación es de

Nivel Explicativo por que explica que adicionando componentes biosólidos de PTAR va generar un efecto en la estabilidad del suelo (causa y efecto).

3.1.3. Diseño De Investigación

Según Hernández, Roberto, Fernández, Carlos, y Baptista, María. (2014). Indica que el Diseño es la estrategia que se desarrolla para obtener información requerida para una investigación y de esta manera responder al planteamiento el cual está dividido en dos sub diseños: Experimental: es el estudio en el que se llega a manipular una o más variables independientes de manera intencional, con el fin de analizar los efectos sobre de las variables dependientes a consecuencia de la manipulación controlada por el investigador. Se clasifican en: Experimental Puro: Se considera a aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna; Cuasi Experimental: de manera deliberada se manipula al menos una variable independiente esto con el fin de observar la influencia sobre una o más variables dependientes; y Pre experimental: Corresponden a un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad (pp 128-151).

El diseño de investigación también se describe como un plan general de investigación el cual busca dar respuestas claras a las posibles preguntas que surjan en el transcurso de toda la investigación (Suarez, Sáenz y Mero, 2016, p 73). Teniendo en cuenta lo citado anteriormente el trabajo presente trabajo de investigación tiene un **Diseño Cuasi Experimental** debido a que se manipulo la variable independiente (dosificación de biosólido) y además la muestra es no aleatoria.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

- **Variable independiente:** Biosólido de PTAR

Definición conceptual: Es el producto que resulta de la estabilización de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales (EPS Seda Cusco S.A., 2019)

- **Variable dependiente:** Estabilización de suelo arcilloso de subrasante para pavimento.

Definición conceptual: Según el Manual de Carreteras, es el proceso que permite mejorar propiedades físicas y mecánicas del suelo natural (Manual de Carreteras, N° 10-2014-MTC/14, 2014, p 92).

La matriz de operacionalización se encuentra en el anexo número 2.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. POBLACIÓN: Es el conjunto de personas o elementos sobre los que se investiga o hacen estudios (López, 2004, párr.4).

La población de la presente investigación estuvo constituida por todas las vías urbanas con suelo arcilloso del distrito de San Sebastián- Cusco.

3.3.2 MUESTRA: Esta definida por el subconjunto de la población debidamente seleccionada (López, 2004, párr.5).

La muestra para la presente investigación fue **no aleatoria**, la cual se respalda en el Reglamento Nacional de Edificaciones II.2. Componentes estructurales, CE 010 Pavimento urbanos, que clasifica a la vía (calle Intirraymi - San Sebastián - Cusco) en estudio como un tipo de vía local, por lo que los puntos de investigación (calicatas) se tomaron cada 1800 m², teniendo en cuenta que la vía tiene un área de 4100 m² y según lo estipulado en el RNE, se debe realizar 3 calicatas como mínimo para los puntos de investigación.

Tabla 01. *Numero de calicatas para exploración del suelo*

TIPO DE VIA	NUMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones – CE 010 Pavimentos urbanos

De las muestras extraídas y en combinación con las dosificaciones del Biosólido de PTAR se obtuvo los siguientes especímenes:

Tabla 02. *Numero de especímenes para la muestra*

	Densidad Max. seca (g/cm ³)	Densidad Max. Humedad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Cohesión (kg/cm ²)	Limite Liquido (%)	Índice de plasticidad (%)	CBR (%)	Resistencia al Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
D0 = Suelo natural	3	3	3	3	3	3	3	3
D1= 3 % de Biosólido	3	3	3	3	3	3	3	3
D2= 6 % de Biosólido	3	3	3	3	3	3	3	3
D3= 9 % de Biosólido	3	3	3	3	3	3	3	3
D4= 12 % de Biosólido	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 03. Resumen del número de especímenes

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS CON % DE INCLUSIÓN DE BIOSÓLIDO				
	0%	3%	6%	9%	12%
PORCENTAJE DEL BIOSÓLIDO	0%	3%	6%	9%	12%
DENSIDAD MAXIMA SECA	3	3	3	3	3
DENSIDAD MAXIMA HÚMEDA	3	3	3	3	3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	3	3	3	3	3
COHESIÓN	3	3	3	3	3
LIMITE LIQUIDO	3	3	3	3	3
INDICE DE PLASTICIDAD	3	3	3	3	3
CBR	3	3	3	3	3
RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	3	3	3	3	3
TOTAL	120				

Fuente: Elaboración propia

Por lo que la muestra está constituida por 120 especímenes.

3.3.3. MUESTREO: Es el conjunto de reglas, métodos y procedimientos que se utiliza para determinar a los componentes de la muestra de una población (López, 2004, párr.6).

Tipos de muestreo; se dividen en dos: probabilístico y no probabilístico:

Muestreo no Probabilístico: es aquel tipo de muestreo donde no todas las unidades que contiene la población tendrá la posibilidad de ser elegida; se dividen en tres grupos: **a) Conveniencia:** El investigador toma la decisión según sus objetivos, los elementos que conformaran la muestra; **b) Por Juicio:** El investigador adecua su investigación de acuerdo a los criterios que tiene; **c) Por Cuota:** El investigador elije la muestra tomando en cuenta algunos variables a estudiar como la raza, religión, etc.

El muestreo de tipo no probabilístico se define por la selección de ciertas características y criterios que el investigador considere en el momento que lleve a cabo la investigación. Se clasifica por conveniencia debido a que está basado fundamentalmente en la accesibilidad y proximidad de los sujetos a investigar, lo

que les permitirá seleccionar los casos más accesibles para los investigadores (Otzen y Manterola, 2017, pp 228-230).

La investigación presento un tipo de muestreo **no probabilístico por conveniencia**, esto porque no depende de una formula estadística, si no por elección de las tesis, basadas en el manual de ensayo de materiales - MTC E 101 (muestreo de suelos y Rocas) y ASTM D 420 (Standard Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes).

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICA: Es el mecanismo que permite al investigador recolectar información necesaria para dar respuesta a sus preguntas de investigación. Las técnicas de recolección de datos se pueden mencionar como: la Observación (ver o experimentar), la encuesta (realizar preguntas), la entrevista (conversar, dialogar) y las sesiones en profundidad (sesiones de grupo observar) (Tamayo y Silva, 2016, p. 02).

Según Orellana y Sánchez (2006) La técnica de observación se define como el estudio directo del lugar de investigación, el análisis en el momento que se realiza el experimento (p 211).

La investigación uso la **técnica de la observación**, debido a que se realizó una investigación experimental con el suelo natural agregando % de Biosólido para obtener la estabilidad del suelo natural.

3.4.2. INSTRUMENTO: es el documento donde se plasma la información, vía mediante el cual se determina la técnica de recolección de información (Tamayo y Silva, 2016, p. 09).

De acuerdo a lo citado anteriormente el instrumento que se usó en la investigación fueron las **fichas técnicas**:

- Ficha técnica N° 1: Densidad Máxima seca (Anexo N° 4)
- Ficha técnica N° 2: Densidad Máxima húmeda (Anexo N° 5)
- Ficha técnica N° 3: Resistencia a la compresión (Anexo N°6)
- Ficha técnica N° 4: Cohesión (Anexo N° 7)

- Ficha técnica N° 5: Limite liquido (Anexo N° 8)
- Ficha técnica N° 6: Índice de plasticidad (Anexo N° 9)
- Ficha técnica N° 7: CBR (Anexo N° 10)
- Ficha técnica N° 8: Resistencia al esfuerzo cortante (Anexo N° 11)

3.4.2.1. Validez: Es aquel que se utiliza si un instrumento mide lo que debe medir, es decir, si realmente dicha herramienta mide la variable que se quiere medir (Tamayo y Silva, 2016, p.28).

La validación es un proceso que consiste en poner a prueba un instrumento a través de un par de tácticas, cuya calificación y recomendaciones para realizar modificaciones al diseño de la misma estará a cargo de expertos con vasta experiencia en el tema a investigar, lo cual garantizará mayor posibilidad de alcanzar los resultados requeridos por los investigadores (Rojas, 2011, p 281).

La validez en la investigación se realizó por Juicio de expertos, para ello se contó con 3 expertos en el tema cada uno con su respectivo CIP, donde se obtuvo una nota aprobatoria mayor a 0.5 (nota promedio 0.81) para dicha validez, de esta manera se dio confiabilidad a la investigación.

- **Experto 1:** Ing. Hugo Cuba Benavente **CIP:** 128589 (Anexos N° 4 al 11)
- **Experto 2:** Ing. Sergio Iván Liendo Vargas **CIP:** 65074 (Anexos N° 4 al 11)
- **Experto 3:** Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito **CIP:** 806532 (Anexos N° 4 al 11)

3.4.2.2. Confiabilidad: se refiere que al aplicar repetidamente al mismo sujeto un determinado procedimiento este produzca iguales resultados, lo cual está relacionado con los datos que recoge el instrumento (Tamayo y Silva, 2016, p.27).

La confiabilidad de los resultados de una investigación puede valorarse como confiables cuando estos tengan un grado alto de validación, por lo que este término se usa más cuando se está dando desarrollo los instrumentos de una investigación, con la validez se establece que un instrumento es reproducible y consistente, por lo que se concluye que dichos instrumentos son confiables (Villasis, Marquez, Zurita, Miranda y Escamilla, 2018, p 446).

La confiabilidad se garantizó con el **certificado de calibración** de todos los equipos

que se usó en el trabajo de investigación.

- Certificado N°1: Equipo Multiuso – Resistencia a la Compresión (Anexo 12, certificado físico)
- Certificado N° 2: Equipo de Corte Directo- Cohesión (Anexo 13, certificado físico)
- Certificado N° 3: Cazuela Casagrande Manual (Anexo 14, certificado físico)
- Certificado N° 4: Equipo Multiuso - CBR (Anexo 12, certificado físico)
- Certificado N° 5: Equipo de Corte Directo – Resistencia al Esfuerzo Cortante (Anexo 13, certificado físico)
- Certificado N° 6: Balanza con precisión de 0.01g – 1000g (Anexo 15, certificado físico)
- Certificado N° 7: Balanza con precisión de 0.1g – 6200g (Anexo 16, certificado físico)
- Certificado N° 8: Horno de 5°C - 200°C (Anexo 17, certificado físico)

3.5. PROCEDIMIENTOS

Etapa I: Recolección y Descripción del material Biosólido de PTAR

El 12 de enero se solicitó las especificaciones técnicas del Biosólido para conocer los parámetros de acreditación que esta contiene, respuesta que llegó al cabo de 14 días hábiles desde la fecha de ingreso de la solicitud, las especificaciones técnicas del biosólido se encuentran en el anexo N° 18.

**SOLICITO: Las Especificaciones Técnicas De
Biosólido De La PTAR San Jerónimo-Cusco**

Señor: Ingeniero Franklin Pérez Ruibal
Jefe del Departamento de Aguas Residuales de la PTAR-San Jerónimo-Cusco



Yo, **Ruth Mery Florez Ttito**, con DNI: **47290262**, y **Laurethe Margaret Condori Bustamante**, con DNI: **44026032**, ambas bachilleres en ingeniería civil, con domicilio en Av. Uruguay J-4 – Cusco, con el debido respeto nos presentamos y exponemos.

Que debido a la tesis que venimos realizando cuyo título lleva por nombre **“Biosólido de PTAR para la estabilización de suelos arcilloso de subrasante para pavimento”** para la obtención del título profesional de ing. Civil en la universidad Cesar Vallejo – Lima. Como figura en el título en nuestra investigación haremos uso del Biosólido que produce la PTAR de San Jerónimo – Cusco. Por lo que solicitamos a su despacho su apoyo en facilitarnos las **especificaciones técnicas del Biosólido** (propiedades físicas, parámetros, límites permisibles, contenido de minerales y elementos químicos, etc.) Que produce la PTAR de San Jerónimo –Cusco, ya que es un requisito primordial para la continuación de nuestra investigación para de esta manera darle un nuevo uso al Biosólido producido en la PTAR lo cual no solo aportara con el medio ambiente si no también como una nueva materia prima para el uso de la ingeniería civil.

Sin otro particular me suscribo de usted, esperando su pronta respuesta por ser de beneficio social.

Cusco, 12 de Enero de 2022



Ruth Mery Florez Ttito
DNI: 47200262



Laurethe Margaret Condori Bustamante
DNI: 44026032

Figura 12. Solicitud de especificaciones técnicas de Biosólido de PTAR San Jerónimo – Cusco.

Para la adquisición del Biosólido se presentó una solicitud en las oficinas de SEDACUSCO el 11 de febrero del 2022 el cual ingreso con exp. N° 0980, para luego ser derivado a la PTAR – San Jerónimo- Cusco, La respuesta de la PTAR a la solicitud del requerimiento del Biosólido fue positiva e inmediata, coordinando para el recojo de biosólido el día lunes 14 de febrero en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales- San Jerónimo, para el recojo se usaron 4 baldes grandes con sus respectivas tapas, estas se llenaron con el material al ras del balde, una vez llenos se procedió a tapar para luego ser transportadas al lugar de incineración.

SOLICITO: La cantidad de 30 kilos de Biosólido de PTAR

Señor: **Ingeniero Franklin Pérez Ruibal**
Jefe Del Departamento De Aguas Residuales De la PTAR – Seda Cusco

SEDACUSCO

TRAMITE DOCUMENTARIO

11 FEB. 2022

EXP. N° 0980


FIRMA: _____ HORA: _____

Yo, **Ruth Mery Florez Ttito**, con DNI: **47290262**, y **Laurethe Margaret Condori Bustamante**, con DNI: **44026032**, ambas bachilleras en ingeniería civil, con domicilio en Av. Uruguay J-4 – Cusco, con el debido respeto nos presentamos y exponemos.


Que debido a la tesis que venimos realizando cuyo título lleva por nombre **“Biosólido de PTAR para la estabilización de suelos arcilloso de subrasante para pavimento”** para la obtención del título profesional de ing. Civil en la universidad Cesar Vallejo – Lima. Como figura en el título en nuestra investigación haremos uso del Biosólido que produce la PTAR de San Jerónimo – Cusco. Por lo que solicitamos a su despacho su apoyo en facilitarnos la adquisición de 30 kg de **Biosólido** Que produce la PTAR de San Jerónimo –Cusco, ya que es un requisito primordial para la continuación de nuestra investigación para de esta manera darle un nuevo uso al Biosólido producido en la PTAR lo cual no solo aportara con el medio ambiente si no también como una nueva materia prima para el uso de la ingeniería civil.

Sin otro particular me suscribo de usted, esperando su pronta respuesta por ser de beneficio social.

Cusco, 10 de Febrero de 2022



Ruth Mery Florez Ttito
DNI: 47200262



Laurethe Margaret Condori Bustamante
DNI: 44026032

Figura 13: Solicitud de la cantidad de 30 kilos de Biosólido de PTAR.



Figura 14. Recojo del Biosólido de la PTAR San Jerónimo- Cusco

Etapa II: secado y calcinado del Biosólido

El proceso de secado duro unas 3 horas aproximadamente por cada 0.030 m³ llegando a una temperatura de 350°C para quitar toda el agua contenida en el Biosólido, a partir de este punto tomo aproximadamente casi 1 hora para llegar al punto de calcinación de materia orgánica a una temperatura de 500 °C (la temperatura para eliminar materia orgánica fue recomendada por los especialistas de la PTAR en función a las especificaciones técnicas); para este proceso se utilizó una cazuela metálica de 4 mm de espesor, una fragua a carbón con ventilador eléctrico; el **calcinado del biosólido** en su totalidad duro aproximadamente 12 horas. Una vez calcinado se procedió con la trituración del Biosólido ya frio con un apisonador, esto con el fin de obtener partículas más finas, ya en el laboratorio se realizó la **granulometría del biosólido** esto con el fin de determinar la caracterización de material en estudio, para este ensayo se tomó una muestra representativa de biosólido calcinado y triturado de 500 gramos al cual se le realizó el lavado, pasando en su totalidad por la malla N° 200, Por lo que el biosólido tiene la caracterización de un limo.



Figura 15. Materiales para el calcinado



Figura 16. Calcinado del biosolido



Figura 17. Trituración del Biosólido calcinado



Figura 18. Tamizado del biosólido por la malla N°40.

Así mismo se realizó los **límites de atterberg (LL y LP)** teniendo como resultado de que el biosólido de PTAR no presenta limite liquido ni limite plástico; porque al realizar el ensayo de LL este comenzó a fracturarse, lo mismo sucedió al realizarle el ensayo de LP no pudiéndose hacer los cilindros que indica la norma; observando así que el biosólido tiene la apariencia de una arena fina, esto mediante un análisis visual; tal como se muestra en las figuras 19 y 20.



Figura 19. Limite Liquido del Biosólido.



Figura 20. Limite Plastico del Biosólido.

Etapa III: Elaboración de Calicatas y Muestra de suelo Natural

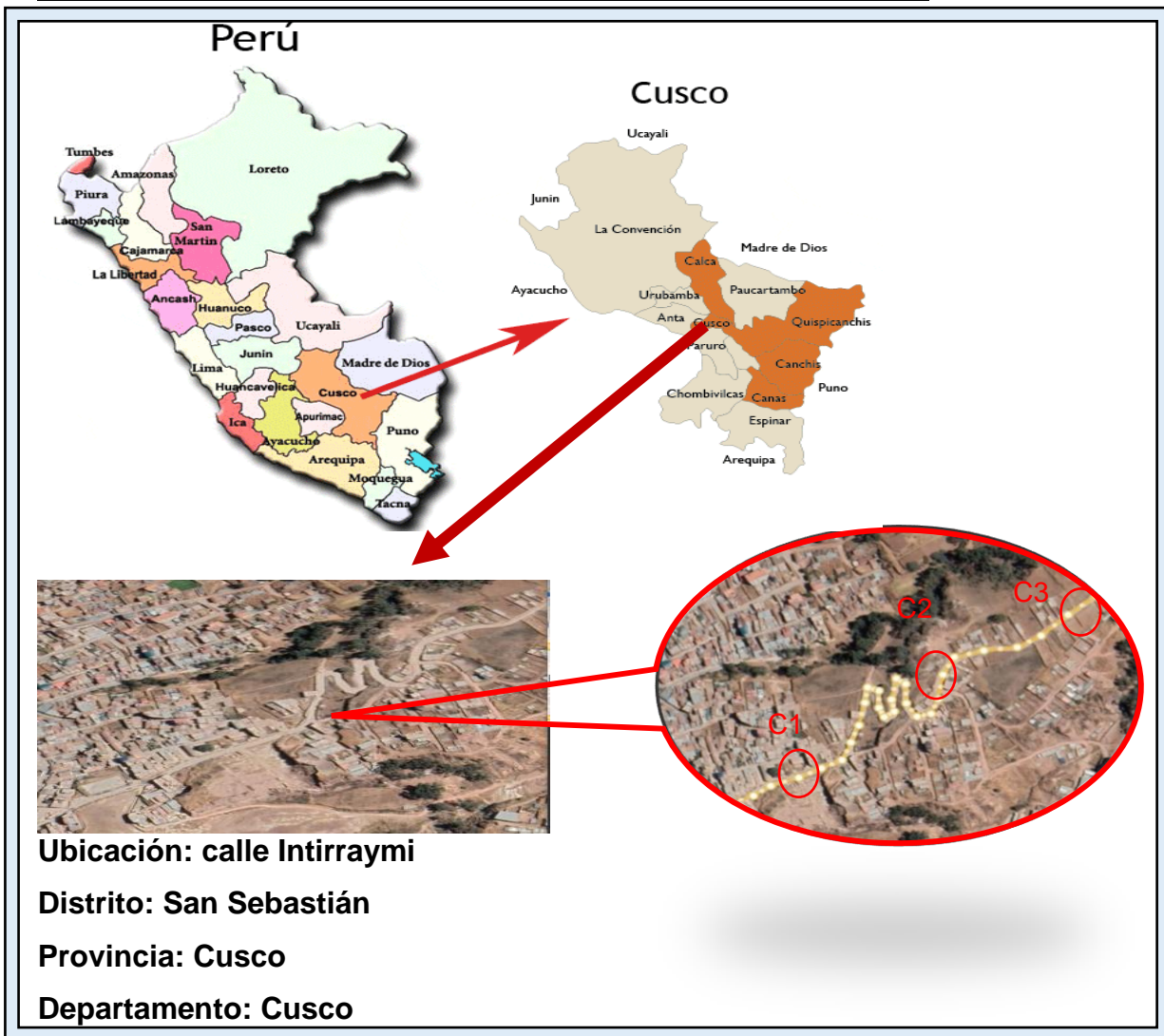


Figura 21. Ubicación de la zona de estudio

Para la realización de las **calicatas** se tomó en cuenta lo estipulado en el reglamento nacional de edificaciones CE 010 pavimentos urbanos, el cual de acuerdo al tipo de vía se debe realizar 1 calicatas por cada 1800 m², por ser una vía local y en cumplimiento de lo mencionado en el reglamento se realizó como mínimo 3 calicatas descritas de la siguiente manera, de donde se extrajo 250 kg aproximadamente de muestra de cada calicata.

Tabla 04. Calicatas

NUMERO DE CALICATA	PROFUNDIDAD	MARGEN	PROGRESIVA
C-1	1.50 m	Derecho	0+100
C-2	1.50 m	Izquierdo	0+450
C-3	1.50 m	Izquierdo	0+800

FUENTE: elaboración propia



Figura 22. Realización de calicatas

Para la **toma de muestra** se usó sacos plastificados para que no pierda la humedad natural, este procedimiento se realizó tomando en cuenta el manual de ensayo de materiales del MTC-E 101.



Figura 23. Toma de muestras

Etapa IV: Ensayo de Laboratorio para suelo natural

Una vez obtenidas las muestras de suelos se procedio con la realizacion del:

- Analisis Granulometrico

Realizado por tamizado en el laboratorio, tomando como muestra representativa 500 g de suelo arcilloso, de acuerdo al analisis visual se procedio con el lavado de la muestra utilizando el tamiz N° 200, terminado este proceso se llevo la muestra que fue retenida en el tamiz N° 200 al horno para su secado, esto durante 24 horas a una temperatura constante de 105 °C. Con la muestra seca se procedio con el tamizado manual en los tamices N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200.

El ensayo se realizo basado en la norma del **MTC E-107**,cuyos datos se muestran el la tabla 05, datos que fueron procesados para la caracterizacion del suelo natural.



Figura 24. Analisis granulometrico - suelo natural.

Tabla 05. Resultado del ensayo de granulometría

Tamiz	Abertura(mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-
3/8"	9.500	-	-	-
1/4"	6.300	-	-	100.0
N°4	4.750	0.85	0.17	99.83
N°10	2.000	1.64	0.50	99.50
N°20	0.850	2.08	0.91	99.09
N°40	0.425	1.71	1.26	98.74
N°60	0.250	1.62	1.58	98.42
N°140	0.150	4.14	2.41	97.59
N°200	0.75	17.86	5.98	94.02
Bandeja	0.010	469.84	100.00	0.00
TOTAL		499.74	100.00	

Fuente: Laboratorio de Geotecnia y Materiales. - INGEOMAT

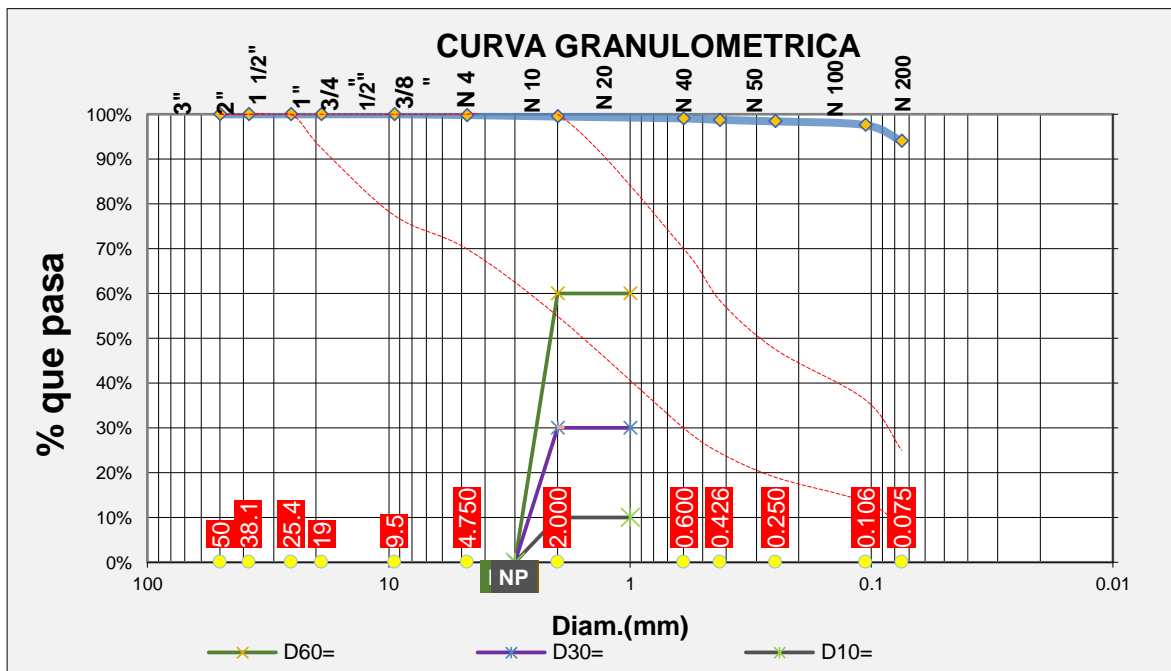


Grafico 1. Curva Granulometrica – especimen 1

D60=	NP	Cu=	NP
D30=	NP	Cc=	NP
D10=	NP		

- Contenido de Humedad

Para este ensayo se uso una porcion de suelo con valores mayores a 20 gramos, el cual fue colocada en una capsula (tarada y rotulada) para ser pesada en una bascula debidamente calibrada y ser llevada al horno durante 24 horas a una temperatura constante de 105°C, pasadas las 24 horas se peso nuevamente para determinar el contenido de humedad del suelo, los resultados se muestran en la tabla 06 y grafico 2.

La norma que se uso para este procedimiento fue: MTC E-108 y la NTP 339-127.



Figura 25. Contenido de humedad - suelo natural

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Tabla 06: Contenido de Humedad

Ítems	Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
01	N° de capsula	P-1	P-2	P-3
02	Peso de capsula	25.41 g	23.16 g	24.00 g
03	Peso de caps. Muestra húmeda	84.54 g	86.61 g	84.86 g
04	Peso de caps. Muestra seca	75.31 g	76.52 g	75.17 g
05	Peso de agua	9.23 g	10.09 g	9.69 g
06	Peso de muestra seca	49.9 g	53.36 g	51.17 g
07	Contenido de agua	18.50 %	18.91 %	18.94%

Fuente: Laboratorio de Geotecnia y Materiales. – INGEOMAT

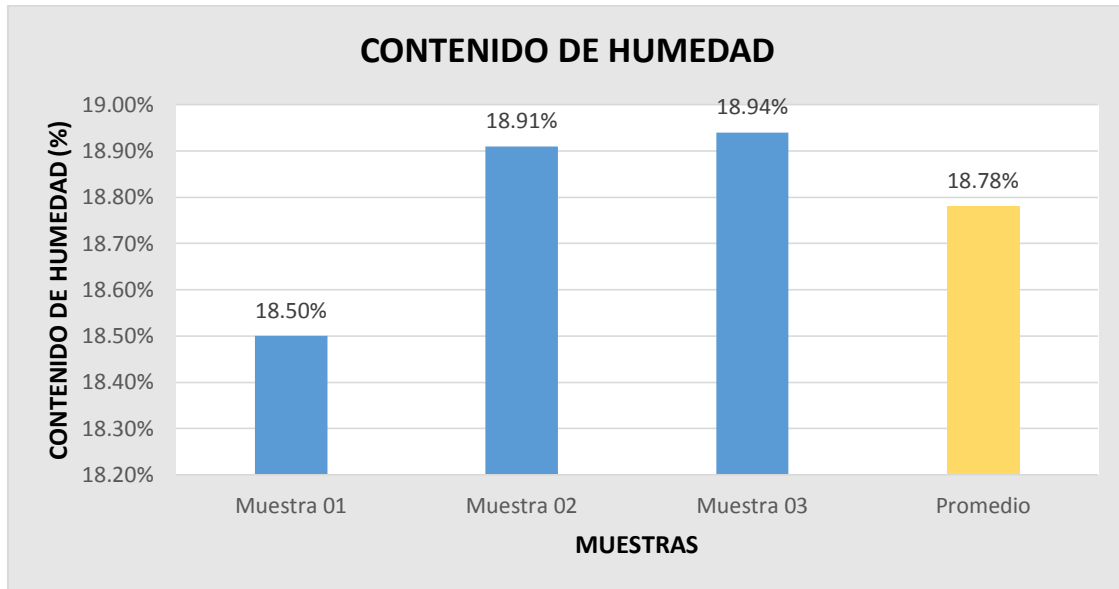


Grafico 2. Contenido de humedad

- Limite Liquido (LL)

El siguiente procedimiento se baso en la norma **MTC E-110**, la cual indica que para realizar el ensayo de limite líquido, la muestra de suelo seca se debe tamizar por la malla N° 40 descartando el material que quedo retenida en ella, para cada ensayo de limite liquido se usó 150 g de suelo (seco y tamizado) a la cual se le agrego agua hasta llegar a la consistencia deseada, para finalmente ser colocada en la copa de Casagrande esparciéndola hasta una profundidad de 10mm sin dejar burbujas, luego con un acanalador se hizo una ranura trazando un arco, posteriormente se dio giros al manubrio hasta que las dos mitades de la muestra se unieron a una longitud de 13mm aproximadamente, dicha muestra se colocó en una capsula (tarada y rotulada) y fue pesada, para luego ser llevada al horno durante 24 horas, los datos registrados se encuentran en la tabla 07, correspondientes a los 3 especímenes de suelo natural.

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

N = números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,

Wn = contenido de humedad del suelo,



Figura 26. Limite liquido - suelo natural

Tabla 07. Resumen de los resultados del Limite Líquido

ENSAYO	N° DE ESPECIMEN			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Contenido de Humedad (%)	24.02	25.18	23.54	24.25
Limite Liquido (%)	23.33	23.48	23.29	23.37

Fuente: Elaboración Propia

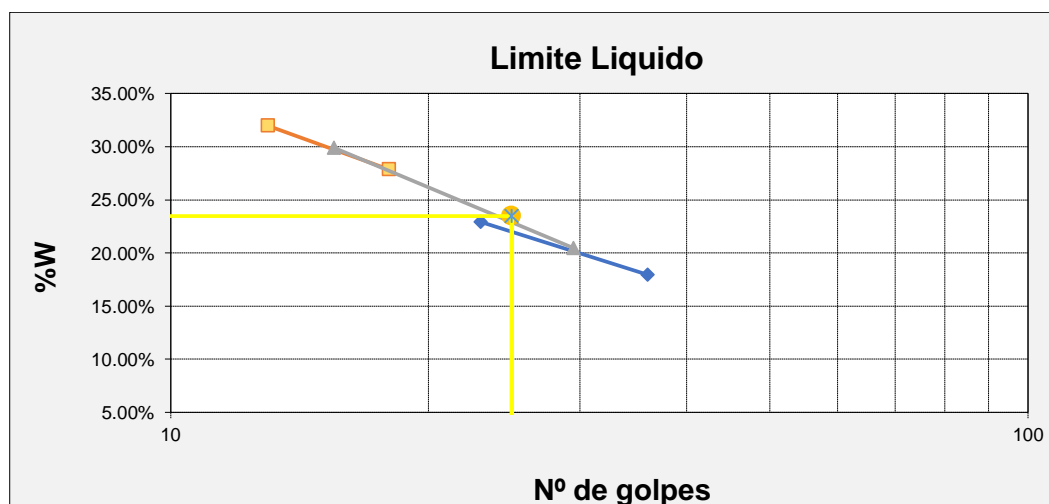


Grafico 3. Limite liquido especimen 2

- Limite Plastico

El siguiente ensayo de procedio de acuerdo a la norma **MTC E-111**, se tomaron muestras de suelo seco y tamizado (malla N° 40) de 20 gramos para cada repeticion, se le agrego agua hasta formar una masa que fue facil de manipular, de la cual se tomo una porcion pequena para formar los cilindros, luego con la ayuda de un vidrio esmerilado sobre el cual se procedio a formar los cilindros con los dedos hasta que se desmorono debido a la perdida de humedad, los diametros de los cilindros fueron superiores a los 3.2mm, una vez que se termino de realizar los cilindros con todas las repeticiones segun norma, se procedio a pesar y despues fue llevado al horno para su secado y porterior pesado, los datos se encuentran en la tabla 08.



Figura 27. Limite Plástico - suelo natural

Tabla 08. Resumen de los resultados del Limite Plástico

	N° DE ESPECIMEN			
ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Limite Plástico (%)	18.29	18.33	18.22	18.28

Fuente: Elaboración Propia

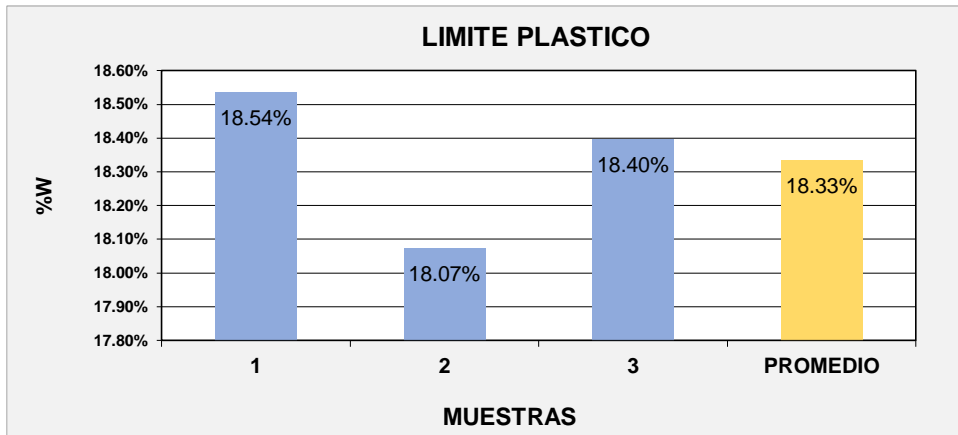


Grafico 4. Limite plastico especimen 2

- **Índice de plasticidad**, para determinar este valor se procedió a hacer la diferencia entre el límite líquido (LL) y limite plástico (LP) del suelo arcilloso (MTC E -111).

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL: Limite líquido

LP: Limite plástico

LL y LP; son números enteros.

Tabla 09. Resumen de los resultados del Índice de Plasticidad

N° DE ESPECIMEN				
ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Indicé de plasticidad (%)	5.04	5.15	5.07	5.09

Fuente: Elaboración Propia

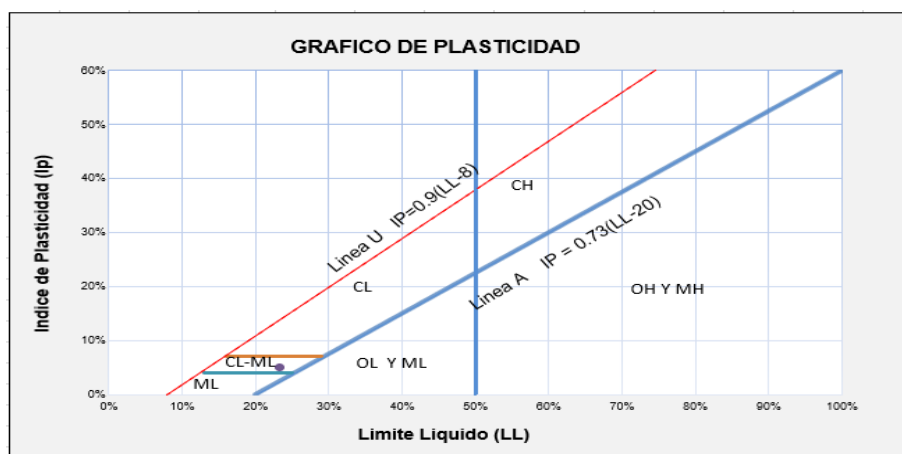


Grafico 5. Carta de plasticidad

- Caracterización del suelo natural

De acuerdo a los ensayos que se realizaron el suelo en estudio resulto ser un suelo arcillo limoso de baja plasticidad, esto según la clasificación SUCS.

Tabla 10. Pruebas para la clasificación del suelo natural

Prueba	Resultado
Contenido de Humedad (%)	18.78
Granulometría (% Grava)	0.17
Granulometría (% Arena)	5.81
Granulometría (% Fino)	94.02
Clasificación SUCS (Símbolo y Nombre)	(CL –ML) Arcilla limosa de baja Plasticidad

FUENTE: Elaboración Propia

- Densidad Natural

Para la determinación de la densidad natural, se extrajo una muestra inalterada del suelo la cual fue transportada al laboratorio según las especificaciones de la norma MTC E-104, ya en el laboratorio se procedió a tallar la muestra de suelo inalterado en un cilindro ($V=45.73 \text{ cm}^3$) con la ayuda de una espátula, teniendo el volumen del cilindro y el peso de la muestra se determinó la densidad del suelo natural, de la cual se obtuvo una densidad natural de 1.84 g/cm^3 .



Figura 28. Densidad natural

Tabla 11. Resumen – densidad natural

DENSIDAD NATURAL	N° de espécimen			
	1	2	3	Promedio
Volumen del cilindro cm ³ = 45.73				
Peso de muestra (g)	83.98	84.51	84.33	
Densidad Natural ($\rho = m/ v$ g/cm ³)	1.84	1.85	1.84	1.843

Fuente: Elaboración Propia

- Densidad Máxima Seca y Densidad Máxima Húmeda

Se realizó el ensayo de Proctor estándar el cual se desarrolló en el laboratorio de acuerdo a la norma MTC **E-116 (NTP 339.142)**, el ensayo inicio con la toma de las dimensiones del molde, teniendo este un diámetro de 104.5 mm (4”) el cual corresponde al método A (para suelos finos) según la norma (MTC E-116, NTP 339.142), luego se procedió a pesar el molde con su respectiva base, cuyo peso fue de 3.795 kg. Por otro lado, se separó 2.50 kilogramos de suelo para cada repetición (previamente secado y tamizado en la malla N° 4), a dicha muestra se le fue agregándole agua lo más cercano posible a la humedad optima estimada, una vez bien mezclada se procedió a dividir la muestra en 5 partes lo más equitativo posible y cada porción se puso al molde para compactar dando 25 golpes por cada capa, una vez terminada la compactación se retiró el collarín y se procedió a enrasar con una barra cilíndrica sin ejercer presión sobre la muestra compactada, luego se pesó, ya pesado se preparó dos capsulas debidamente rotuladas y pesadas para la toma de muestra del compactado uno de la parte superior del molde y de la otra de la parte inferior, las muestras tomadas fueron llevadas al horno para su secado durante 24 horas ,de esta manera se realizó las 5 repeticiones recomendadas en la norma para cada espécimen.

Tabla 12. Resumen De Pruebas (Proctor Estándar)

ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR	De N° de espécimen			
	1	2	3	Promedio
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.91	1.90	1.93	1.92
Densidad Máxima Húmeda (g/cm ³)	2.22	2.23	2.24	2.23

Fuente: Elaboración Propia



Figura 29. Proctor Estandar- preparacion de la muestra- suelo natural



Figura 30. Proctor estándar compactado, pasado y llevado al horno.

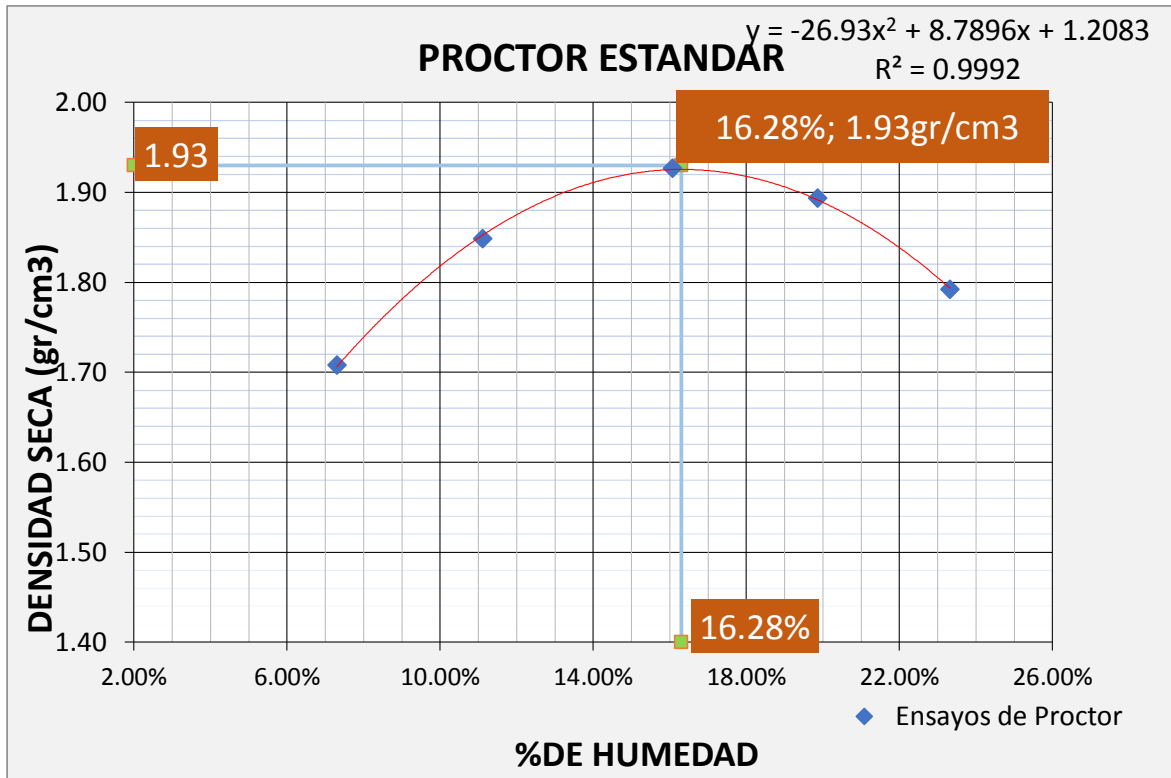


Grafico 6. Densidad máxima seca espécimen 3

- Resistencia a la compresión no confinada

Este ensayo se realizó en base a la norma **MTC E-121 (NTP 339.167- ASTM D 2166-91)**; para este ensayo se usó un molde cilíndrico al cual se le tomó las medidas interiores del molde para determinar el volumen de la probeta ($V = 90.21 \text{ cm}^3$), teniendo en cuenta que la altura de la probeta debe ser de dos veces su diámetro, por otro lado se pesó una muestra de suelo de 170 gramos aproximadamente el cual se procedió a remoldear dentro del molde cilíndrico, hasta que se obtuvo la masa requerida ($m = \rho \cdot v$), una vez terminado se retiró la probeta con sumo cuidado para luego ser pesado y ser llevado al equipo de compresión de manera centrada. El tiempo de la prueba fue de 10 min por espécimen.

Tabla 13. Resumen de Pruebas (Compresión No Confinada)

COMPRESION NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS	De N° de especímenes			
	1	2	3	Promedio
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	0.62	0.65	0.64	0.64

Fuente: Elaboración Propia



Figura 31. Resistencia a la compresión no confinada- suelo natural

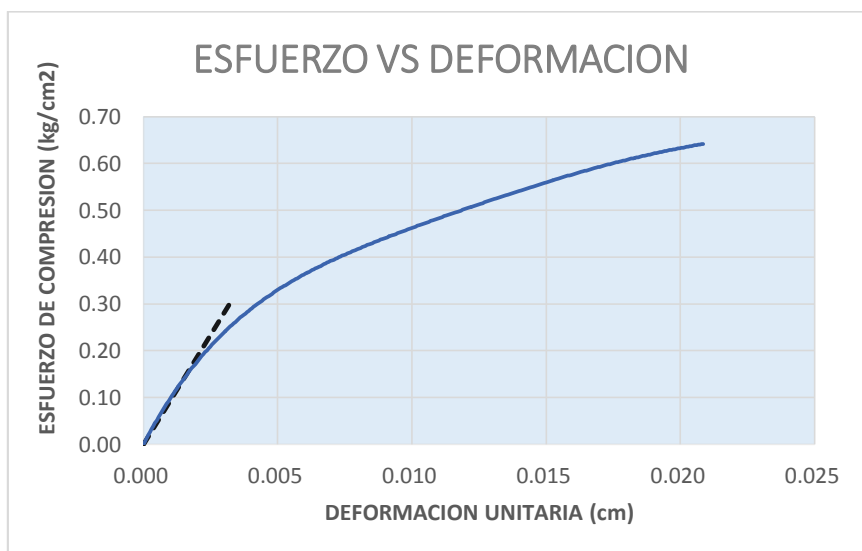


Grafico 7. Esfuerzo Vs deformación - espécimen 2

- Cohesión

Para determinar la cohesión se realizó el ensayo de Corte Directo de acuerdo a la Norma **UNE 103 401-98/ ASTM D 6528**, para este ensayo se realizó el remoldeo usando un cilindro de 5.11 de diámetro y 2.23 de altura, el cual una vez listo se procedió a desmoldar con sumo cuidado, para después ser llevado a la caja metálica y luego al equipo de corte directo para proceder con la lectura de las deformaciones horizontales y verticales cada 30 segundos, con los datos de los resultado se procedió a determinar el valor de la cohesión para la muestra de suelo, para una mayor precisión se realizó tres pruebas para cada muestra de suelo natural.



Figura 32. Cohesión - suelo natural

Tabla 14. Resumen de Pruebas de Cohesión

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL	N° de Espécimen			
	1	2	3	Promedio
CORTE DIRECTO				
Cohesión (kg/cm ²)	0.25	0.26	0.28	0.26

FUENTE: Elaboración Propia

- CBR

Para el ensayo de CBR, se tomó en cuenta la norma **MTC E 132 y NTP 339.145** para ensayos en laboratorio, el cual se comenzó con el preparado de los moldes estos tenían que encajar perfectamente con el collarín, también se procedió al preparado del papel filtro del mismo diámetro del molde y tener listo el disco espaciador, luego se pesó solo los moldes para CBR con sus respectivas bases.

Por otra parte se procedió a pesar 6 kilogramos de muestra de suelo (seco y tamizado), luego se procedió a compactar 5 capas de suelo a 55, 26 y 12 golpes por cada muestra, teniendo así 3 moldes de CBR por espécimen, terminado el compactado se retiró el collarín y se enrazo con la ayuda de un tubo sin hacer presión sobre el compactado, luego se desmonto y se volvió a montar la muestra de manera invertida para ser pesada; para la inmersión se colocó la placa perforada con vástago y sobre esta se colocó un anillo, se sumergió en agua también se colocó el trípode con sus respectivos diales, la lectura se tomó cada 24 horas, los especímenes estuvieron sumergidos durante 96 horas esto según norma para suelos finos, pasadas las 96 horas se procedió a pesar las muestras saturadas y después se hizo el ensayo de penetración en el equipo de CBR.



Figura 33. Procedimientos para ensayo de CBR- suelo natural

Tabla 15. Resumen de Pruebas (CBR)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CBR	N° Espécimen			
	1	2	3	Promedio
CBR (100%M.D.S. y 0.01" de penetración)	4.93	4.88	4.87	4.89
CBR (95% M.D.S. y 0.01" de penetración)	3.80	4.20	4.26	4.09

Fuente: Elaboración Propia

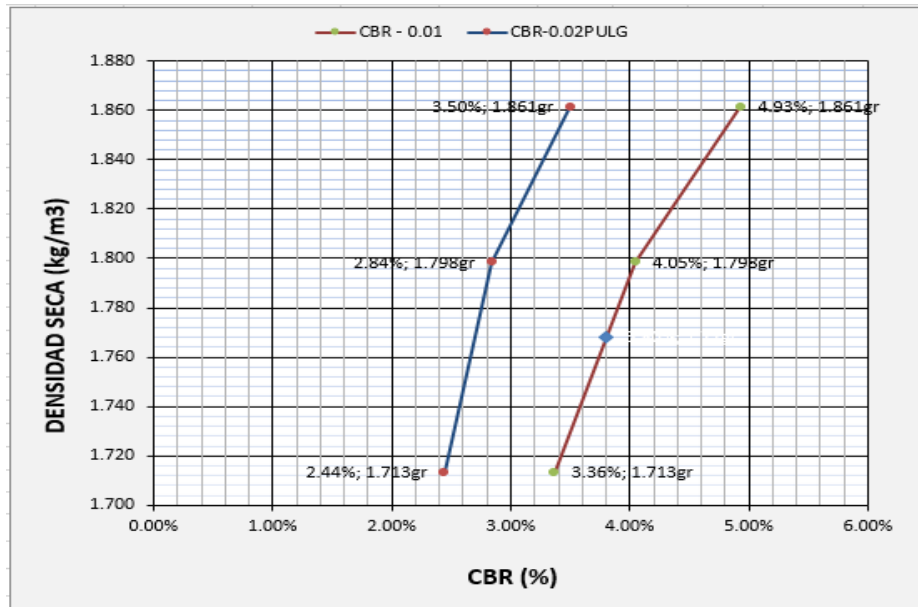


Grafico 8. CBR espécimen 1

- Resistencia al esfuerzo Cortante

Se realizó el ensayo del Corte Directo, tomando en cuenta la norma **UNE 103 401-98/ASTM D 6528**, para lo cual se realizó probetas a partir de la muestra inalterada del suelo, luego fueron llevada al equipo de corte directo, la probeta se colocó en la caja metálica y con sumo cuidado se colocó en el equipo de corte directo una vez asegurada la caja, se colocó el deformímetro vertical, también se procedió a colocar la cargas verticales de 4, 8 y 12 kilogramos para cada probeta, luego se procedió al encendido del equipo las lecturas se tomaron cada 30 segundo, para este ensayo se usó el método de corte directo no consolidado no drenado (UU).

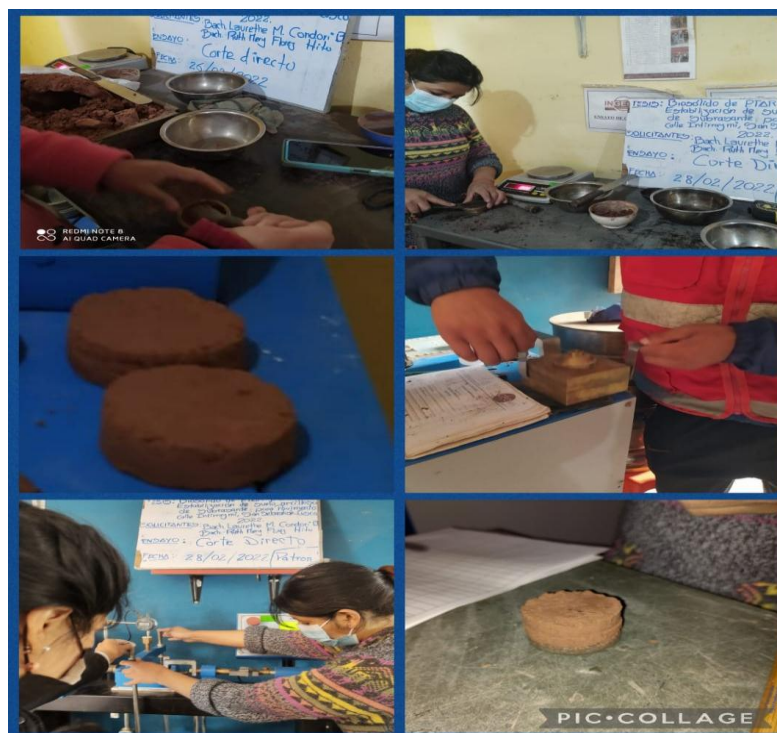


Figura 34. Ensayo de corte directo - suelo natural

Tabla 16. Resumen de Pruebas (Corte Directo)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CORTE DIRECTO	N° de Espécimen			
	1	2	3	Promedio
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	0.288	0.295	0.311	0.298

FUENTE: Elaboración Propia

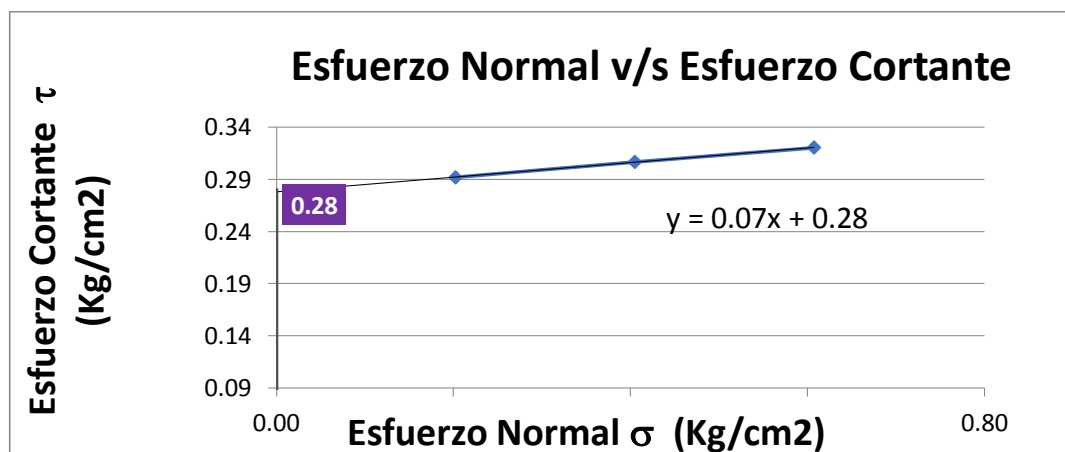


Grafico 9. Esfuerzo normal Vs esfuerzo cortante - espécimen 3

Etapa V: Ensayos de laboratorio de los Especímenes con la sustitución del Biosólido PTAR.

En esta Etapa se realizó la sustitución de un porcentaje de suelo por el de biosólido, en las siguientes dosificaciones 3 %, 6%, 9%, 12 %, para cada espécimen como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 17. Dosificación del Especimen de 3% de Biosólido para los Ensayos

N° DE VECES	INDICADOR	%	PESO DEL BIOSÓLIDO	PESO DEL SUELO	PESO TOTAL / N° MUESTRA
03	Densidad Máxima Seca	3%	1125 g	36375g	37500g
03	Densidad Máxima Húmeda		1125g	3675g	37500g
03	Resistencia a la Compresión		15.3g	494.7g	510g
03	Cohesión		27g	873g	900g
03	CBR		1620g	52380g	54000g
03	Resistencia al Esfuerzo Cortante		27g	873g	900g
03	Limite Límite (LL)			54g	1746g
03	Limite Plástico (LP)		5.4g	164.6g	180g
	Índice de Plasticidad		IP = LL – LP		

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 18. Dosificación del Especimen de 6% de Biosólido para los Ensayos

N° DE VECES	INDICADOR	%	PESO DEL BIOSÓLIDO	PESO DEL SUELO	PESO TOTAL / N° MUESTRA
03	Densidad Máxima Seca	6%	2250g	35250g	37500g
03	Densidad Máxima Húmeda		2250g	35250g	37500g
03	Resistencia a la Compresión		30.6g	479.4g	510g
03	Cohesión		54g	846g	900g
03	CBR		3240g	50760g	54000g
03	Resistencia al Esfuerzo Cortante		54g	846g	900g
03	Limite Límite (LL)			108g	1692g
03	Limite Plástico (LP)		10.8g	169.2g	180g
	Índice de Plasticidad		IP = LL – LP		

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 19. Dosificación del Espécimen de 9% de Biosólido para los Ensayos

N° DE VECES	INDICADOR	%	PESO DEL BIOSÓLIDO	PESO DEL SUELO	PESO TOTAL / N° MUESTRA
03	Densidad Máxima Seca	9%	3375g	34125g	37500g
03	Densidad Máxima Húmeda		3375g	34125g	37500g
03	Resistencia a la Compresión		45.9g	464.1g	510g
03	Cohesión		81g	819g	900g
03	CBR		4860g	49140g	54000g
03	Resistencia al Esfuerzo Cortante		81g	819g	900g
03	Limite Límite (LL)		162g	1638g	1800g
03	Limite Plástico (LP)		16.2g	163.8g	180g
	Índice de Plasticidad		IP = LL – LP		

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 20. Dosificación del Espécimen de 12% de Biosólido para los Ensayos

N° DE VECES	INDICADOR	%	PESO DEL BIOSÓLIDO	PESO DEL SUELO	PESO TOTAL / N° MUESTRA
03	Densidad Máxima Seca	12%	4500 g	33000 g	37500g
03	Densidad Máxima Húmeda		4500g	33000g	37500g
03	Resistencia a la Compresión		61.2g	448.8g	510g
03	Cohesión		108g	792g	900g
03	CBR		6480g	47520g	54000g
03	Resistencia al Esfuerzo Cortante		108g	792g	900g
03	Limite Límite (LL)		216g	1584g	1800g
03	Limite Plástico (LP)		21.6g	158.4g	180g
	Índice de Plasticidad		IP = LL – LP		

FUENTE: Elaboración Propia.

- Densidad Máxima Seca y Densidad Máxima Húmeda MTC E-116 (NTP 339.142)

Una vez determinados los pesos correspondientes de cada dosificación se procedió al mezclado del suelo natural con los distintos porcentajes de Biosólido.

Para determinar la densidad máxima seca y húmeda para ello se realizó el ensayo del Proctor Estándar, siguiendo el procedimiento de la norma MTC E 116, el cual ya se describió en el ensayo para suelo natural. En esta etapa se hizo la sustitución del suelo por un porcentaje de biosólido el cual fue mezclado en una bandeja uniformemente, luego se realizó la división del suelo en 5 partes iguales, para luego ser colocados en el molde del Proctor Estándar en 5 capas, cada capa se compacto con 25 golpes, después de la compactación de la última capa se procedió a remover el collar y la base del molde.



Figura 35 . Ensrizado y toma de muestra

Luego cuidadosamente se enraso la muestra compactada de la parte inferior y superior del molde para formar una superficie plana sin vacíos. Luego se procedió a colocar en las capsulas (taradas y codificados) una porción de muestra compactada tanto de la parte inferior y superior, una vez terminado este paso se llevó al horno para su secado durante 24 horas a una temperatura de 105 C°, cumplido el tiempo de secado se procedió a pesar la capsula más el suelo seco, este procedimiento se realizó con 5 repeticiones de acuerdo a norma por cada espécimen y dosificación.



Figura 36. Procedimiento de Proctor estándar con 3,6,9,12 % de Biosólido



Figura 37. Procedimiento de secado y pesado de muestras con Biosólido.

Tabla 21. Resumen de Pruebas con biosólido (Proctor Estándar)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PROCTOR ESTANDAR	Porcentaje de Biosólido			
	3%	6%	9%	12%
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.97	2.01	2.08	1.98
Densidad Máxima Húmeda (g/cm ³)	2.25	2.25	2.33	2.25

FUENTE: Elaboración Propia

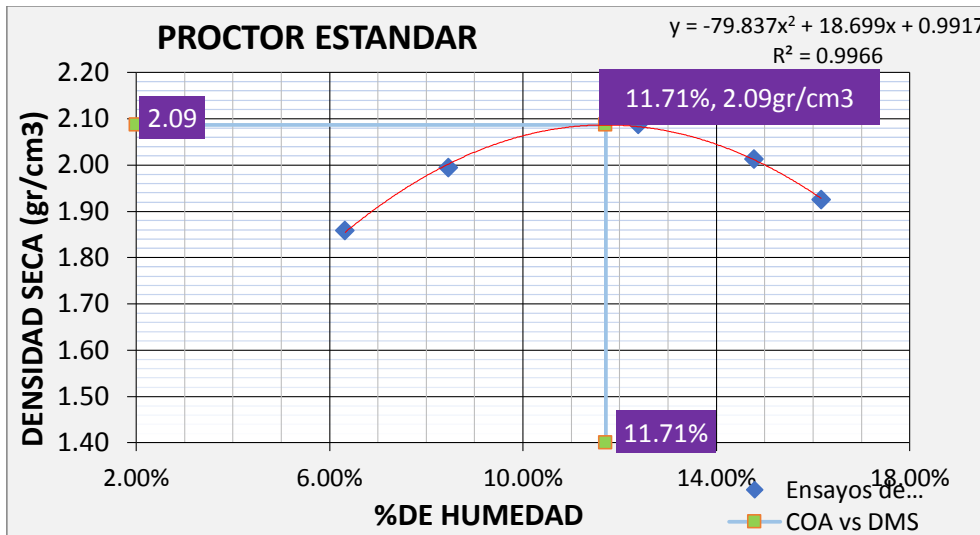


Gráfico 10. Proctor estándar - con 9% de biosólido espécimen 12

- Resistencia a la compresión (NTP 339.167)

Este ensayo se realizó en base a la norma MTC E-121 (NTP 339.167- ASTM D 2166-91) para este ensayo se usó un molde cilíndrico al cual se le tomó las medidas interiores del molde para determinar el volumen de la probeta, teniendo en cuenta que la altura de la probeta debe ser de dos veces su diámetro, por otro lado se pesó una muestra de suelo de 170 gramos aproximadamente al cual se sustituyó 5.1g de Biosólido (3%) por peso del suelo, luego se procedió con el remoldeado haciendo uso del molde cilíndrico (V = 90.21 cm³), una vez terminado se retiró la probeta del molde con sumo cuidado para luego ser pesado y ser llevado al equipo de compresión no confina.

De la misma manera se realizó los procedimientos para las siguientes dosificaciones de 6%, 9% y 12% de Biosólido, 3 especímenes por dosificación.

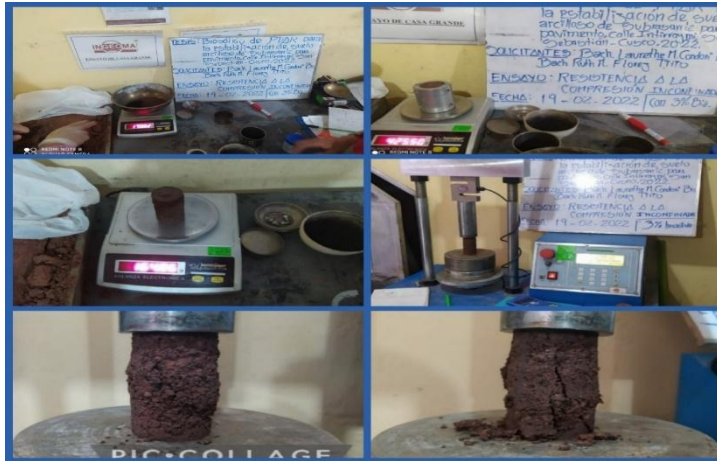


Figura 38. Compresión No Confinada con 3,6,9,12 % de Biosólido

Tabla 22. Resumen de Pruebas con biosólido (Compresión no Confinada)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL	Porcentaje de Biosólido			
COMPRESIÓN NO CONFINADA	3%	6%	9%	12%
Esfuerzo de Compresión (g/cm ²)	0.70	0.81	0.94	0.73

Fuente: Elaboración Propia

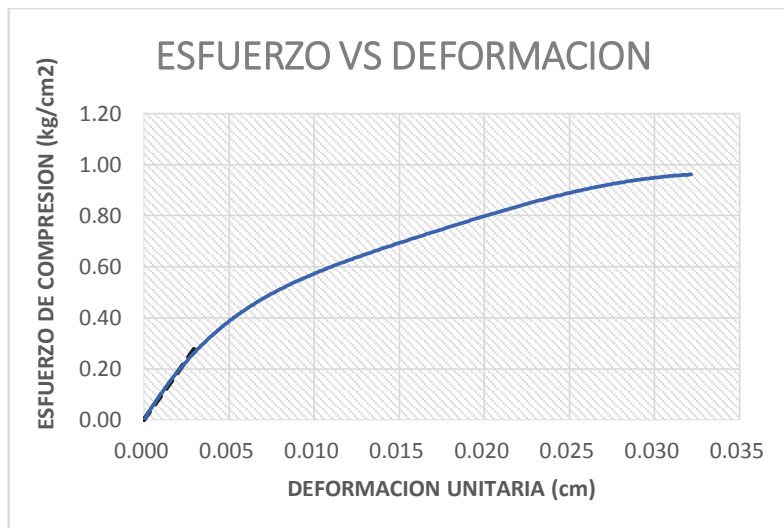


Grafico 11. Esfuerzo Vs deformación - con 9% de biosolido especimen 12

- COHESIÓN (UNE 103 401-98/ ASTM D 6528)

Para determinar la Cohesión se realizó el ensayo de corte directo el método (UU) no consolidado no drenado, para este ensayo se realizó probetas a partir de la muestra inalterada del suelo de 100 g cada una, a la cual se sustituyó 3 g de Biosólido (3%) por peso del suelo quedando 97 g de suelo natural, el cual se mezcló

uniformemente para luego ser colocados al molde cilíndrico para este ensayo se realizaron 3 probetas por espécimen, luego fueron llevadas al equipo de corte directo para dar inicio al ensayo.

De la misma manera se realizó los procedimientos para las otras dosificaciones de 6%, 9% y 12% de Biosólido.



Figura 39. Muestras para la Cohesión con 3,6,9,12 % de Biosólido



Figura 40. Cohesión con 3,6,9,12 % de Biosólido

Tabla 23. Resumen de Pruebas con biosólido (Cohesión)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL	Porcentaje de Biosólido			
CORTE DIRECTO	3%	6%	9%	12%
Cohesión (kg/cm ²)	0.33	0.37	0.42	0.37

FUENTE: Elaboración Propia

- Limite líquido (MTC E-110)

Siguiendo el procedimiento estipulado en la Norma MTC E 110. Se tomó una muestra representativa ya seca y tamizada de 145.5 g de suelo natural al cual se le agrego 4.5 g (3 %) de biosólido haciendo un total de 150 g, esto con el fin de cumplir con los parámetros de muestra representativa estipulada en la norma, el cual se colocó en un recipiente al que se le añadió agua mezclándolo uniformemente, luego se colocó una porción dentro de la copa de Casagrande a una profundidad de 10mm y con el acanalador se dividió en dos mitades e inmediatamente se dio vueltas con el manubrio a una velocidad constante, hasta que las dos mitades quedaron en contacto en la base a una distancia de 13mm aproximadamente por cada ensayo. Luego se registró el número de golpes con el que cerró la ranura, para después colocar la muestra en una capsula tarada y codificada la cual se llevó al horno durante 24 horas. Estas pruebas se realizaron para un cierre de 40 a 30 golpes, 30 a 20 golpes, 20 a 15 golpes y de 15 a 10 golpes de acuerdo a norma, este procedimiento se repitió para cada espécimen y dosificación. (3%, 6%, 9%, 12 %).

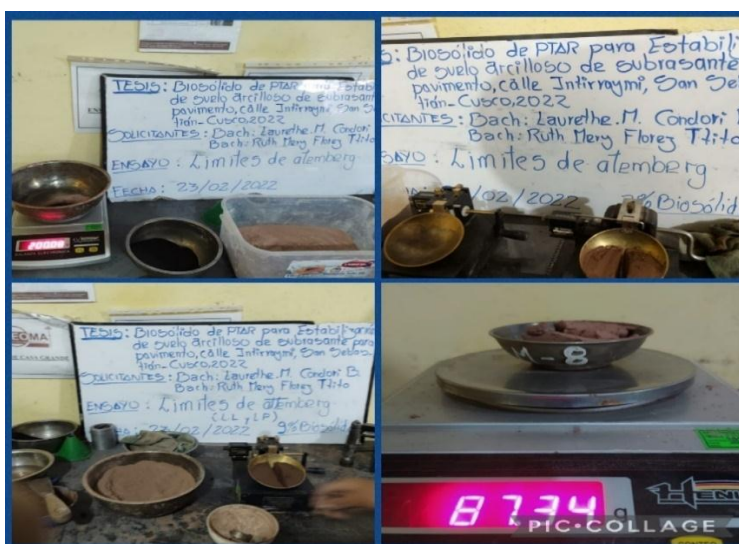


Figura 41. Ensayo de Limite Líquido con 3,6,9,12 % de Biosólido

Tabla 24. Resumen de Pruebas con biosólido (Limite Liquido)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL	Porcentaje de Biosólido			
LIMITE LIQUIDO	3%	6%	9%	12%
Limite Liquido (%)	22.41	21.16	19.71	21.07

FUENTE: Elaboración Propia

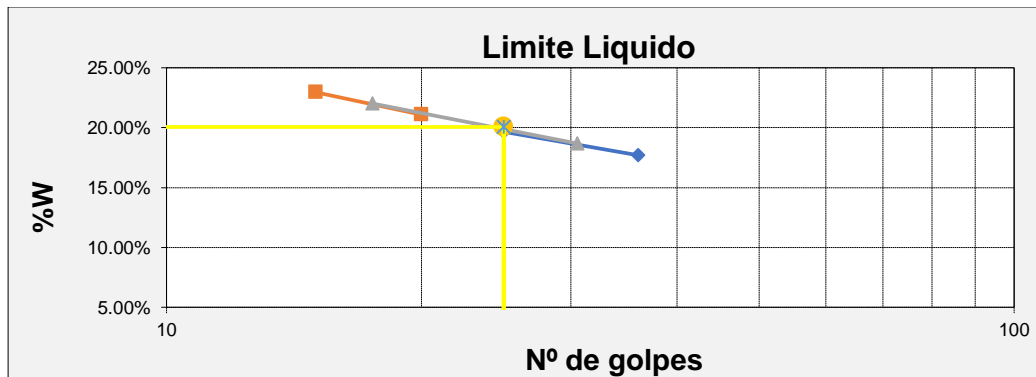


Gráfico 12. Limite liquido con 9% de biosólido espécimen 12

- Limite Plástico (MTC E-111)

Tomando en cuenta los procedimientos que están en la Norma MTC E 111. se tomo una muestra representativa de 20g, al cual se le sustituyó 0.6g de Biosólido (3%) quedando 19.4g de suelo natural, luego se amaso con agua hasta que se formó una bola que fue fácil de manipular, luego se cogió pedazos más pequeños para formar cilindros de suelo sin que se pegue demasiado a los dedos de unos 3mm (1/8”) de diámetro aproximadamente, rodándolos en un vidrio esmerilado hasta que la muestra empezó a desmoronarse o a agrietarse, posterior a este proceso se colocó en capsulas codificadas y se pesaron, luego se colocaron al horno a unos 105 C° durante 24 horas con 3 repeticiones por espécimen y dosificación.



Figura 42. Limite plástico con 3,6,9,12 % de Biosólido

Tabla 25. Resumen de Pruebas con biosólido (Limite Plástico)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL LIMITE PLÁSTICO	Porcentaje de Biosólido			
	3%	6%	9%	12%
Limite Plástico (%)	17.92	17.56	16.64	17.24

FUENTE: Elaboración Propia

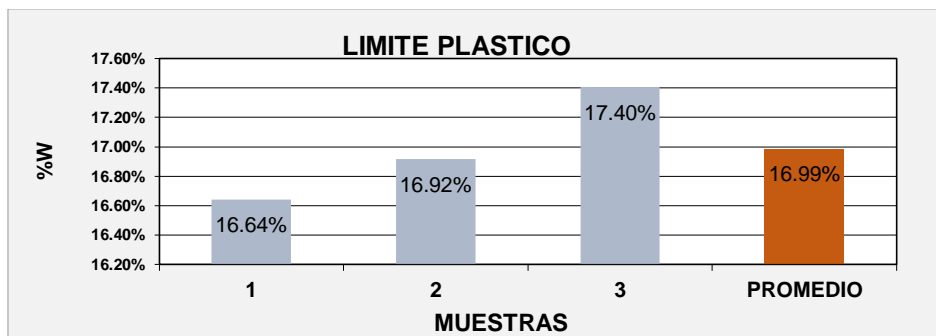


Grafico 13. Limite plastico con 9% de biosólido espécimen 12

- Índice de Plasticidad (MTC E-111)

Se obtiene realizando la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

Tabla 26. Resumen de pruebas con biosólido (Índice de plasticidad)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO	Porcentaje de Biosólido			
	3%	6%	9%	12%
Índice Plasticidad (%)	4.49	3.60	3.07	3.83

FUENTE: Elaboración Propia.

- CBR (MTC E 132 - NTP 339.145)

Para el ensayo del CBR se inició con el preparado y pesado de los moldes con sus respectivas bases , por otra parte se procedió a pesar 6 kilogramos de muestra de suelo a al cual se sustituyó 180g de Biosólido (3%) del peso del suelo quedando 5820g de suelo natural, luego se procedió al compactado de 5 capas en total por cada muestra, se realizaron 3 CBR de 55, 26 y 12 golpes por capas, terminado el compactado se retiró el collarín y se enrazo con la ayuda de un tubo circular, luego se desmonto y se volvió a montar la muestra de manera invertida para ser pesada nuevamente, para la inmersión se colocó la placa perforada con vástago y sobre esta se colocó un anillo, se sumergió en agua también se colocó el trípode con sus respectivos diales, la lectura se tomó cada 24 horas, los especímenes estuvieron sumergidos durante 96 horas esto según norma, pasadas las 96 horas se procedió a pesar las muestras saturadas y después se hizo el ensayo de penetración en el equipo de CBR. De la misma manera se realizó los procedimientos para las otras dosificaciones de 6%, 9% y 12% de Biosólido.



Figura 43. Procedimiento del Ensayo CBR con 3,6,9,12 % de Biosólido



Figura 44. Moldes después de realizar el ensayo de penetración

Tabla 27. Resumen de Pruebas con biosólido (CBR)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CBR	Porcentaje de biosólido			
	3%	6%	9%	12%
CBR (100% M.D.S. y 0.01" de penetración)	6.51	7.74	9.42	7.44
CBR (95% M.D.S. y 0.01" de penetración)	4.91	6.82	8.33	6.07

FUENTE: Elaboración Propia

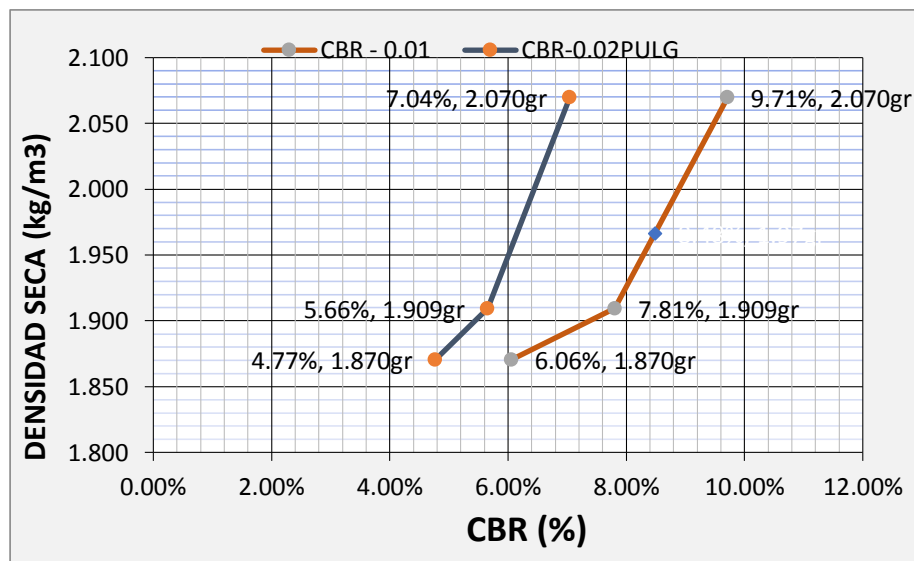


Gráfico 14. CBR con 9 % de biosólido espécimen 11

- Resistencia al esfuerzo Cortante (UNE 103 401-98/ ASTM D 6528)

Para la Resistencia al esfuerzo Cortante se realizó probetas a partir de la muestra inalterada del suelo de 100 g cada una, a la cual se sustituyó 3g de Biosólido (3%) por peso del suelo quedando 97g de suelo natural, se mezcló uniformemente para luego ser colocados al molde cilíndrico para este ensayo se realizaron 3 probetas, luego fueron llevadas al equipo de corte directo, la probeta se colocó en la caja metálica y con sumo cuidado se colocó en el equipo de corte directo una vez asegurada la caja, se colocó el deformímetro vertical, también se colocó la cargas verticales de 4, 8 y 12 kilogramos para cada probeta. Luego se procedió al encendido del equipo las lecturas se tomaron cada 30 segundo, este procedimiento tuvo 3 repeticiones por espécimen de acuerdo a norma y de la misma manera para las siguientes dosificaciones de 6%, 9% y 12% de Biosólido.



Figura 45. Moldes antes de realizar el ensayo de Corte Directo con 3, 6, 9 y 12% de Biosólido



Figura 46. Ensayo de corte directo

Tabla 28. Resumen de Pruebas con biosólido (Corte Directo)

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CORTE DIRECTO	Porcentaje de Biosólido			
	3%	6%	9%	12%
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	0.363	0.418	0.483	0.418
Angulo de Fricción (°)	3.88	3.51	3.26	3.00

FUENTE: Elaboración Propia

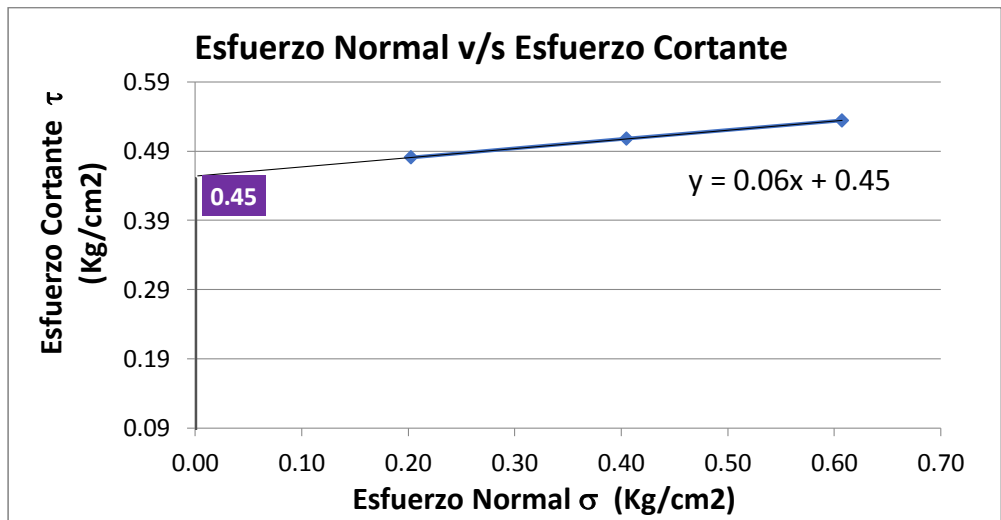


Grafico 15. Esfuerzo normal Vs esfuerzo cortante – con 9% de biosólido espécimen 12

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se basa en la examinación de un conjunto de datos con la finalidad de obtener conclusiones exactas que nos ayudaran a alcanzar nuestros objetivos (Tamayo y Silva, 2016, p 15?).

Para la presente investigación se usó **cuadros, tablas y gráficos**, los cuales se procesaron mediante la estadística Inferencial para la contratación de las hipótesis.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación tomo en cuenta todas las directivas establecidas por la UCV, para el desarrollo de la investigación, considerando aspectos éticos tales como: derecho de autor, que se consideró con la adecuada citación establecida por la norma ISO, también se garantizó la confiabilidad de los resultados de los ensayos de laboratorio mediante los certificado de calibración y finalmente se efectuó el análisis de similitud del contenido de la tesis mediante el software turnitin que proporciona la universidad.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de Estadístico

Con la información obtenida de las fichas técnicas para recolección de datos y la matriz correspondiente, se tabularon e ingresaron dichos datos en el programa SPSS para el análisis estadístico, y comprobar si las hipótesis planteadas se cumplen.

4.2 Prueba de Normalidad y homogeneidad de los datos

A. Prueba de Normalidad

H1: Los datos de la población proceden de una distribución normal.

H0: Los datos de la población no proceden de una distribución normal

Tabla 29. Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P
Densidad Máxima Seca(g/cm ³)	0,103	15	0,200	0,962	15	0,731
Densidad Máxima Humedad(g/cm ³)	0,261	15	0,007	0,847	15	0,016
Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	0,156	15	0,200	0,921	15	0,203
Cohesión (Kg/cm ²)	0,106	15	0,200	0,968	15	0,833
Limite liquido (%)	0,152	15	0,200	0,952	15	0,562
Índice de plasticidad (%)	0,174	15	0,200	0,918	15	0,183
CBR (%)	0,143	15	0,200	0,931	15	0,281
Resistencia al esfuerzo cortante(kg/cm ²)	0,151	15	0,200	0,967	15	0,809

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

Interpretación:

Dado que las muestras de la presente investigación son menores de 50 especímenes por indicador y los valores obtenidos fueron superior a 0.05 (P = 5%), para las variables e indicadores se consideró realizar la prueba de normalidad con la escala de Shapiro Wilk, puesto que el resultado dio a conocer que la data que se obtuvo proviene de una distribución normal. Por lo que este resultado obtenido establece que debe aplicarse la prueba paramétrica de ANOVA para comprobar las hipótesis planteadas. (ver Tabla 28.)

B. Prueba de Homogeneidad

H1: Los datos de la población proceden de una distribución homogénea.

H0: Los datos de la población no proceden de una distribución homogénea.

Tabla 30. Prueba de Homogeneidad de los Datos

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	P
Densidad Máxima Seca(g/cm3)	Se basa en la media	0,262	4	10	0,896
Densidad Máxima Humedad(g/cm3)	Se basa en la media	0,617	4	10	0,660
Resistencia a la compresión (Kg/cm2)	Se basa en la media	1,805	4	10	0,205
Cohesión (Kg/cm2)	Se basa en la media	0,980	4	10	0,461
Limite liquido (%)	Se basa en la media	9,115	4	10	0,002
Índice de plasticidad (%)	Se basa en la media	2,164	4	10	0,147
CBR (%)	Se basa en la media	2,337	4	10	0,126
Resistencia al esfuerzo cortante(kg/cm2)	Se basa en la media	2,454	4	10	0,114

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

Interpretación:

Según los valores mostrados en la tabla 30. Los resultados obtenidos en su mayoría fueron mayores a 0.05, para las variables e indicadores, por lo que se empleó la escala de LEVENE y el resultado obtenido determino realizar una prueba estadística de homogeneidad de varianzas para comprobar las hipótesis.

4.3 Prueba de Hipótesis

Para la contratación de la hipótesis se consideró hacer la prueba de ANOVA.

La prueba en mención presenta como regla de decisión, que si el valor de P obtenido es inferior a 0.05 (significancia propuesta) se aceptará la hipótesis del investigador, caso contrario será rechazada.

4.4 Resultados de Hipótesis

4.4.1 Planteamiento de hipótesis General

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en la estabilización de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR NO influye positivamente en la estabilización de suelo

arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 31. Resumen de los Resultados por cada Indicador para el valor P

	Porcentaje de Biosólido 0%, 3%, 6%, 9% y 12%	P
	F	
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	52,177	0,000
Densidad Máxima Húmeda (g/cm ³)	17,397	0,000
Resistencia a la compresión simple (kg/cm ²)	57,630	0,000
Cohesión (kg/cm ²)	30,350	0,000
Limite liquido (%)	56,438	0,000
Índice e Plasticidad (%)	210,845	0,000
CBR (%)	257,254	0,000
Resistencia al esfuerzo cortante (kg/cm ²)	29,695	0.000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis General: De acuerdo con la prueba realizada, la cual se muestra en la tabla 31, el resultado del valor (P) es menor a 0.05, por consiguiente, se **ACEPTA** la Hipótesis alterna (del investigador) y se descarta la nula. Por lo tanto: El Biosólido de PTAR influye positivamente en la estabilización de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

4.4.2 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 1

PRUEVA N° 1. Densidad Máxima Seca

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en la **densidad máxima seca** de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en la densidad máxima seca de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 32. ANOVA- Densidad Máxima Seca

ANOVA					
Densidad Máxima Seca(g/cm3)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	0,043	4	0,011	52,177	0,000
Dentro de grupos	0,002	10	0,000		
Total	0,045	14			

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 1: De acuerdo con la prueba de ANOVA, el resultado obtenido del valor (P) fue de 0.000, siendo un valor inferior a 0.05, por lo que, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, entonces: El biosólido de PTAR influye positivamente en la densidad máxima seca de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 33. Determinación del óptimo % de Biosólido - Densidad Máxima Seca

HSD Tukey ^a					
Dosificación Biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D0=0%	3	1,9133			
D1=3%	3		1,9667		
D4=12%	3		1,9833	1,9833	
D2=6%	3			2,0100	
D3=9%	3				2,0767
P		1,000	0,630	0,230	1,000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

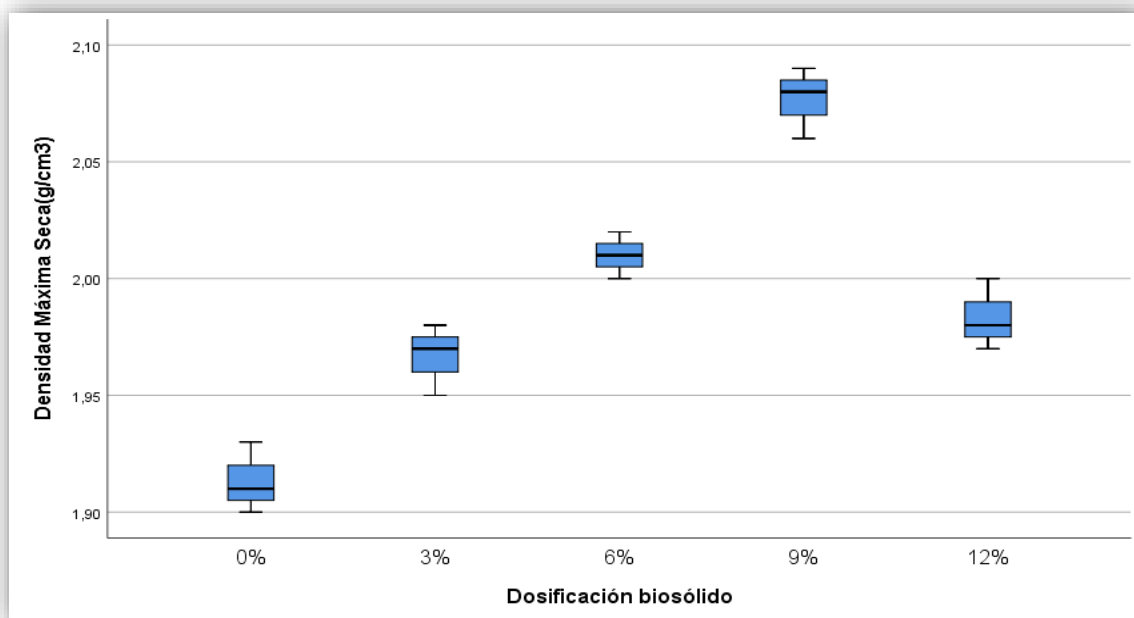


Figura 47. Densidad Máxima Seca - % de Biosólido

Interpretación

Según la tabla 33 y figura 47 se observa que hay una tendencia ascendente en los valores de la DMS, con respecto a la DMS del suelo natural, la cual incrementa de la siguiente manera: Para la dosificación D1 la DMS incrementa en un 2.79%, para la D2 la DMS se incrementa en un 5.05%, para la dosificación D3 la DMS aumenta en un 8.54% y para la D4 el incremento de la DMS se da en un 3.66% con respecto del suelo natural, considerando que con la dosificación D3 (9% de biosólido) se muestra una mayor mejoría de la DMS del suelo arcilloso, ya que tiene un incremento de 8.54% con respecto al suelo natural y tomando en cuenta que a partir de la siguiente dosificación (D4 = 12% de biosólido) comienza a descender el valor de la DMS.

4.4.3 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 2

PRUEVA N° 2. Densidad Máxima Húmeda

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en la densidad máxima húmeda de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en la densidad máxima

húmedad suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 34. ANOVA- Densidad Máxima Húmeda

ANOVA					
Densidad Máxima Húmeda(g/cm ³)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	0,018	4	0,005	17,397	0,000
Dentro de grupos	0,003	10	0,000		
Total	0,021	14			

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 2: De la prueba de ANOVA mostrada en la tabla 34, el resultado del valor (P) fue de 0.000, siendo inferior a 0.05, por ende, se ACEPTA la hipótesis del investigador y se descarta la nula, por lo tanto: El biosólido de PTAR influye positivamente en la densidad máxima húmeda de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 35. Determinación del óptimo % de Biosólido - Densidad Máxima Húmeda
Densidad Máxima Húmeda (g/cm³)

HSD Tukey			
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D0=0%	3	2,2300	
D1=3%	3	2,2467	
D4=12%	3	2,2533	
D2=6%	3	2,2533	
D3=9%	3		2,3300
P		0,438	1,000

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

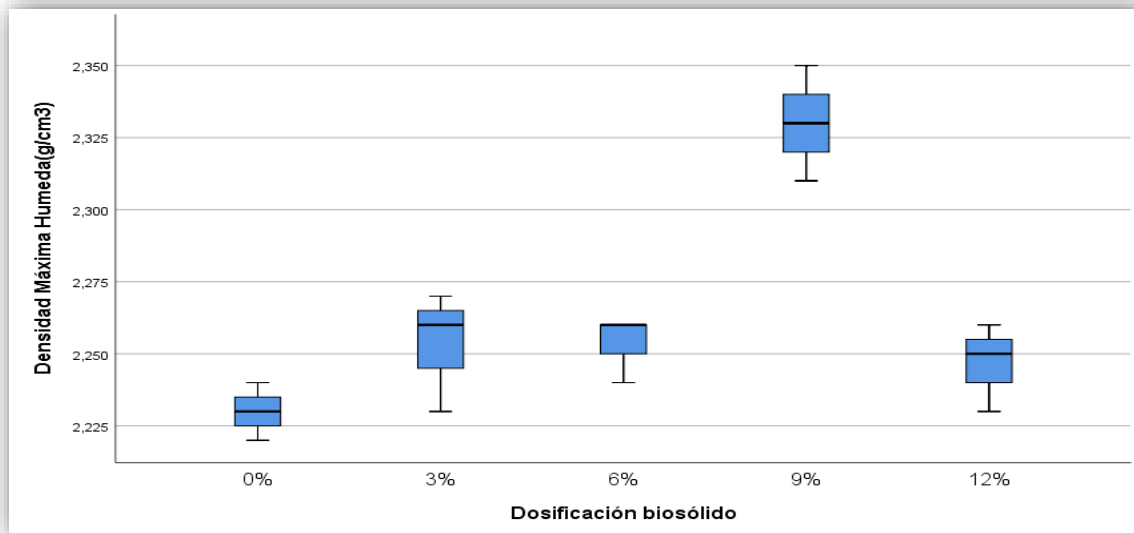


Figura 48: Densidad Máxima Húmeda - % de Biosólido

Interpretación

Según la tabla 35 y figura 48 sobre la densidad máxima húmeda (DMH) se observa que con dosificaciones D1, D2, D4 respecto a las muestras de suelo natural la DMH incrementa en 0.75%, 1.04%, 1.04% respectivamente, mostrando así un incremento poco significativo, por otro lado, para una dosificación D3 (9% de biosólido) muestra un incremento de 4.48% respecto del suelo natural, por lo que para la presente investigación se tomara como la dosificación óptima para mejorar la DMH del suelo arcilloso.

4.4.3 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 3

PRUEVA N° 3. Resistencia a la Compresión

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia a la compresión de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente e en la resistencia a la compresión suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 36. ANOVA- Resistencia a la compresión

ANOVA					
Resistencia a la compresión (Kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	0,166	4	0,041	57,630	0,000
Dentro de grupos	0,007	10	0,001		
Total	0,173	14			

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Específica 3: De acuerdo con la prueba ANOVA mostrada en la tabla 36. El resultado del valor (P) fue de 0.000, siendo inferior a 0.05, por esta razón, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, por lo tanto: El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia a la compresión de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 37. Determinación del óptimo % de Biosólido - Resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión (Kg/cm2)					
HSD Tukey					
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D0=0%	3	0,6367			
D1=3%	3	0,7033	0,7033		
D4=12%	3		0,7300		
D2=6%	3			0,8100	
D3=9%	3				0,9433
P		0,073	0,743	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

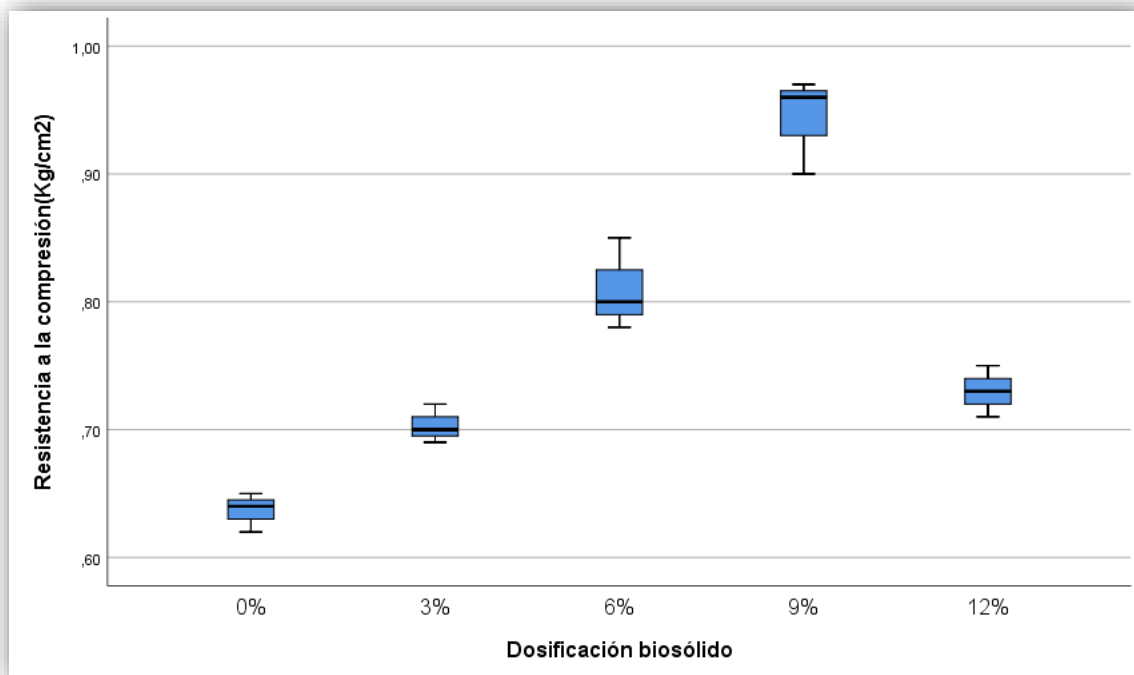


Figura 49. Resistencia a la Compresión - % de Biosólido

Interpretación

Según los valores mostrados en la tabla 37 y figura 49 del ensayo de Resistencia a la compresión no confinada, se tiene que, para una dosificación D3 la resistencia a la compresión muestra un incremento del 48.15% (0.94 kg/cm²) respecto a la resistencia del suelo sin sustitución, siendo esta la dosificación más adecuada para dicho ensayo, esto respaldado en el manual de ensayo de materiales del MTC, el cual indica que para valores de 0.50 – 1.00 (kg/cm²) de la resistencia a la compresión no confinada esta se considera un suelo de mediana consistencia; con respecto a las demás dosificaciones se muestra también un incremento de 10.46%, 27.22%, 14.65% para dosificaciones D1, D2, D4 respectivamente.

4.4.4 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 4

PRUEVA N° 4. Cohesión

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en la cohesión del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en la cohesión del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 38. ANOVA- Cohesión

ANOVA					
Cohesión (Kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	0,040	4	0,010	30,350	0,000
Dentro de grupos	0,003	10	0,000		
Total	0,044	14			

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Específica 4: De acuerdo a los resultados de la prueba ANOVA mostrado en la tabla 38, se tiene que del valor (P) fue de 0.000, siendo menor a 0.05, por consecuencia, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, por lo tanto: El biosólido de PTAR influye positivamente en la Cohesión de suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 39. Determinación del óptimo % de Biosólido - Cohesión

Cohesión (Kg/cm2)				
HSD Tukey ^a				
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D0=0%	3	0,2633		
D1=3%	3		0,3300	
D2=6%	3		0,3666	
D4=12%	3		0,3700	
D3=9%	3			0,4200
P		1,000	0,127	1,000

Fuente: elaboración propia datos recogidos del SPSS.

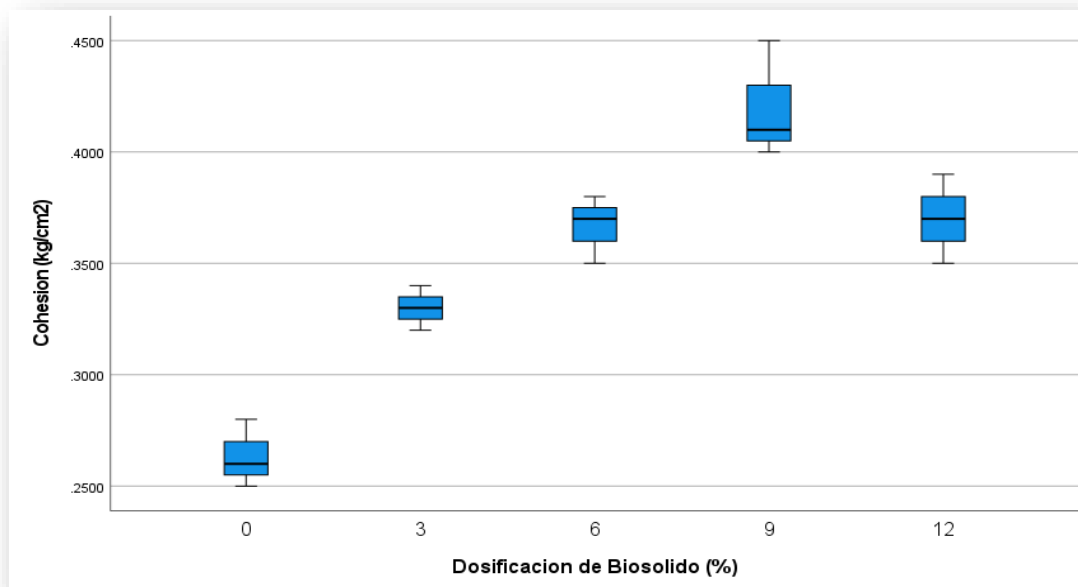


Figura 50. Cohesión - % de Biosólido

Interpretación

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 39 y figura 50 se tiene que la cohesión del suelo en estudio mejora con una dosificación D3, mostrando un incremento de 59.51% con respecto a la cohesión del suelo natural, esto tomando en cuenta que a mayor cohesión del suelo habrá una mejor resistencia. Así mismo, con las demás dosificaciones se tiene un incremento de 25.33%, 39.23% y 40.52% para dosificaciones D1, D2 y D4 respectivamente.

4.4.5 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 5

PRUEVA N° 5. Limite Líquido

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en el límite líquido del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en el límite líquido del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 40. ANOVA- Límite Líquido

ANOVA					
Limite Líquido (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	23,439	4	5,860	56,438	0,000
Dentro de grupos	1,038	10	0,104		
Total	24,477	14			

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 5: De acuerdo con los resultados de la prueba ANOVA, se obtuvo que el valor (P) fue de 0.000, siendo inferior a 0.05, por consiguiente, se **ACEPTA** la hipótesis alterna y se descarta la nula, por lo tanto: El biosólido de PTAR influye positivamente en el límite líquido del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 41. Determinación del óptimo % de Biosólido – Límite Líquido

Limite liquido (%)					
HSD Tukey					
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D3=9%	3	19,7100			
D4=12%	3		21,0733		
D2=6%	3		21,1567		
D1=3%	3			22,4133	
D0=0%	3				23,3667
P		1,000	0,997	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

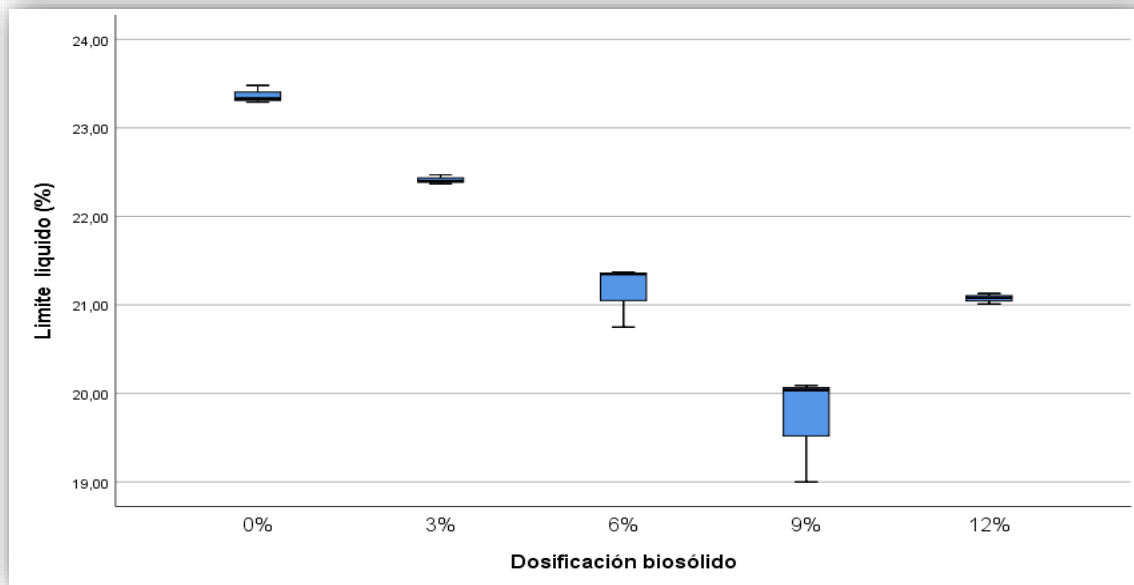


Figura 51. Limite Líquido - % de Biosólido

Interpretación

Como se muestra en la tabla 41 y figura 51 acerca de los resultados para el Límite Líquido, esta muestra una tendencia descendente en sus valores con respecto al suelo natural, los cuales se dan de la siguiente manera 4.08%, 9.46%, 15.65% y 9.81%, para las dosificaciones D1, D2, D3 y D4 respectivamente. De los grupos dados en la prueba Tukey se tomó en consideración la muestra con la dosificación D3 ya que este presenta una mayor disminución con respecto a los demás grupos.

4.4.6 Resultados de la prueba de Hipótesis Específica 6

PRUEVA N° 6. Índice de Plasticidad

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en el índice de plasticidad del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en el índice de plasticidad del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 42. ANOVA- Índice de Plasticidad

ANOVA					
Índice de Plasticidad (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	7,422	4	1,855	210,845	0,000
Dentro de grupos	0,088	10	0,009		
Total	7,510	14			

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 6: De acuerdo con la prueba ANOVA que se muestra en la tabla 42, el resultado del valor (P) fue de 0.000, siendo inferior a 0.05, por ende, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, por lo que se concluye que: El biosólido de PTAR influye positivamente en el Índice de plasticidad del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 43. Determinación del óptimo % de Biosólido – Índice de Plasticidad

HSD Tukey ^a					
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D3=9%	3	3,0700			
D2=6%	3		3,5966		
D4=12%	3		3,8366		
D1=3%	3			4,4900	
D0=0%	3				5,0866
P		1,000	0,064	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

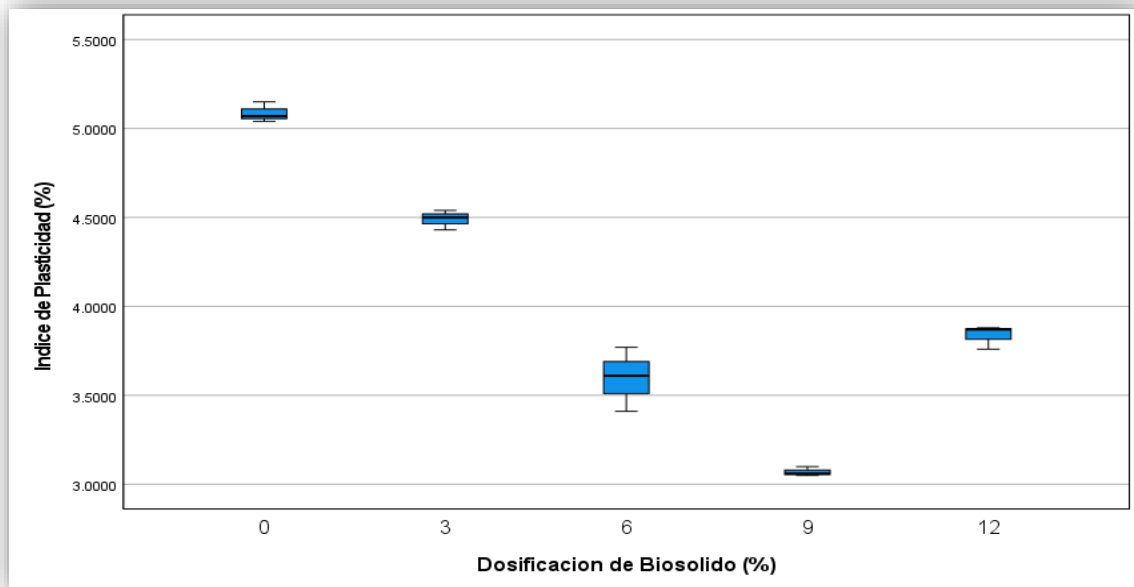


Figura 52. Índice de plasticidad - % de Biosólido

Interpretación

Según lo mostrado en la tabla 43 y figura 52 acerca de los resultados para el Índice de Plasticidad, el muestra una tendencia descendente en sus valores con respecto al suelo natural, tomando como valores 11.79%, 29.29%, 39.65% y 24.62%, para las dosificaciones D1, D2, D3 y D4 respectivamente, por lo que se observa que con una dosificación D3 el IP disminuye en un 39.65% el cual también tiene un menor contenido de humedad, por lo que se consideró como el más adecuado con respecto al suelo natural, según lo estipulado en el manual de carreteras sección suelos y pavimentos del MTC, el suelo clasifica como un suelo arcilloso de baja plasticidad ($IP < 7$).

4.4.7 Resultados de la prueba de Hipótesis Específica 7

PRUEVA N° 7. CBR

H1: El biosólido de PTAR influye positivamente en el CBR del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

H0: El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en el CBR del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 44. ANOVA- CBR

ANOVA					
CBR (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	33,265	4	8,316	257,254	0,000
Dentro de grupos	0,323	10	0,032		
Total	33,588	14			

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 7: Según la prueba de ANOVA mostrada en la tabla 44, el resultado del valor (P) fue de 0.000, siendo inferior a 0.05, por lo tanto, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, y se concluye que: El biosólido de PTAR influye positivamente en el CBR del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 45. Determinación del óptimo % de Biosólido – CBR

CBR (%)					
HSD Tukey ^a					
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D0=0%	3	4,8933			
D1=3%	3		6,5133		
D4=12%	3			7,4400	
D2=6%	3			7,7433	
D3=9%	3				9,4233
P.		1,000	1,000	0,304	1,000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

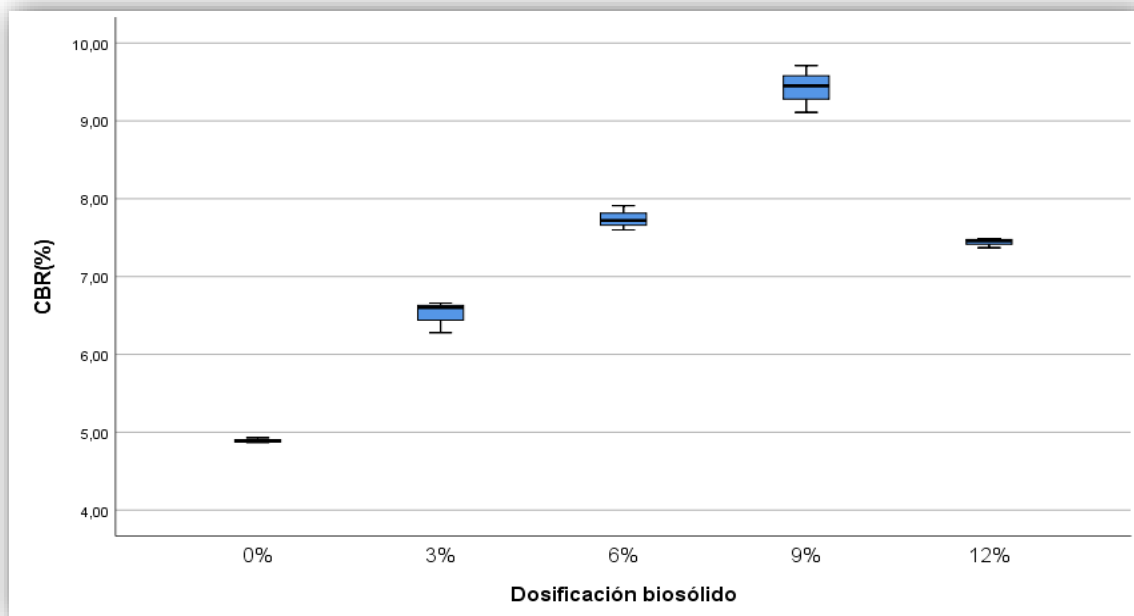


Figura 53. CBR - % de Biosólido

Interpretación

Según se observa en la tabla 45 y figura 53 acerca del CBR, se visualiza una tendencia ascendente respecto al CBR del suelo natural, en los siguientes porcentajes en relación a las dosificaciones D1, D2, D3 y D4; en un 33.11%, 58.24%, 92.58% y 52.04% respectivamente, Esto indica que con la dosificación D3, mejora sustancialmente el CBR al 100% incrementándose en un 92.58% con respecto al suelo natural. Además, se verifica que con esta dosificación el suelo presenta una mejora de categoría considerándose suelo **bueno** (CE 010-8% < CBR < 17%), esto según el RNE- CE010. Pavimentos urbanos.

4.4.8 Resultados de la prueba de Hipótesis Especifica 8

PRUEVA N° 8. Resistencia al Esfuerzo Cortante

- H1:** El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia al esfuerzo cortante del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.
- H0:** El biosólido de PTAR **NO** influye positivamente en la resistencia al esfuerzo cortante del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 46. ANOVA- Resistencia al Esfuerzo Cortante

ANOVA					
Resistencia al Esfuerzo Cortante(kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	0,058	4	0,014	29,695	0,000
Dentro de grupos	0,005	10	0,000		
Total	0,063	14			

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

La Contrastación de la Hipótesis Especifica 8: Según la prueba de ANOVA mostrada en la tabla 46, el resultado del valor (P) fue de 0.015, siendo inferior a 0.05, por lo tanto, se **ACEPTA** la hipótesis del investigador y se descarta la nula, y se concluye que: El biosólido de PTAR influye positivamente en la resistencia al esfuerzo cortante del suelo arcillo de subrasante para pavimento, Calle Intiraymi, San Sebastián-Cusco, 2022.

Tabla 47. Determinación del óptimo % de Biosólido – Resistencia al Esfuerzo Cortante

Resistencia al Esfuerzo Cortante(kg/cm2)				
HSD Tukey ^a				
Dosificación biosólido	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D0=0%	3	0,2980		
D1=3%	3		0,3630	
D4=12%	3		0,4180	
D2=6%	3		0,4183	
D3=9%	3			0,4830
P.		1,000	0,070	1,000

Fuente: Elaboración propia datos recogidos del SPSS.

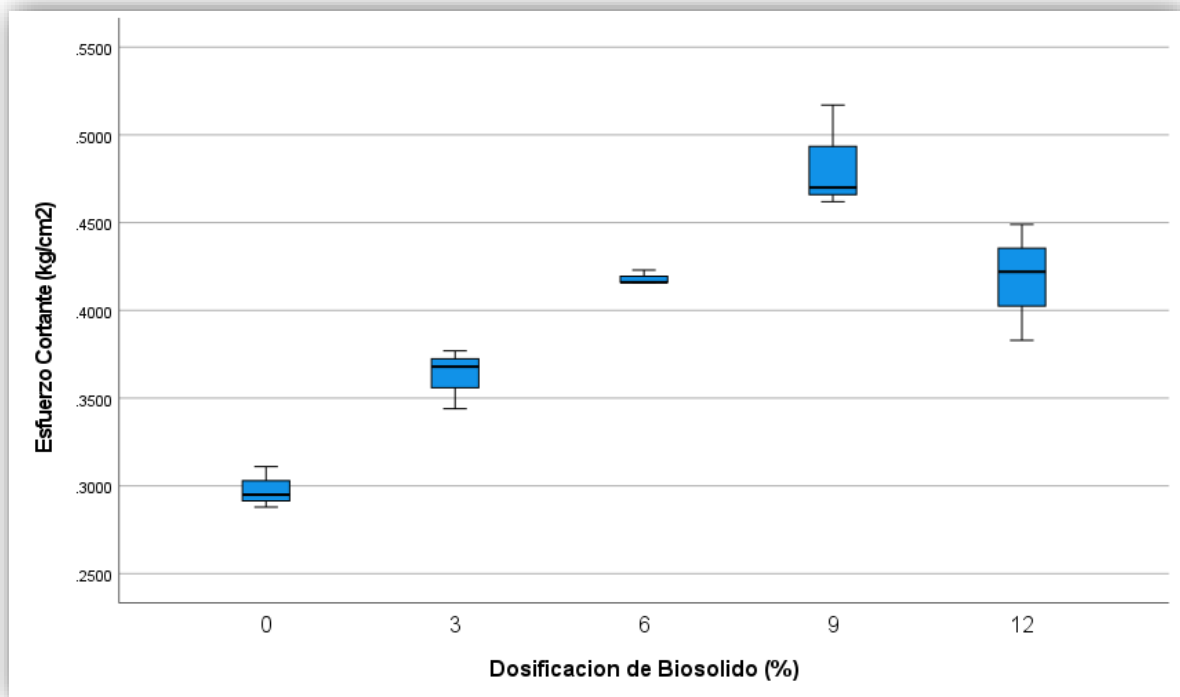


Figura 54. Resistencia al Esfuerzo Cortante - % de Biosólido

Interpretación

Según la tabla 47 y figura 54 sobre la Resistencia al Esfuerzo Cortante se percibe un incremento en sus valores respecto a la muestra de suelo natural para una dosificación D1 incrementa en un 21.81%, para D2 incrementa en un 40.37%, para un D3 el incremento es de 62.08% y por último para una dosificación D4 se tiene un incremento de 40.27% con respecto al suelo natural. De los resultados podemos decir que a una dosificación de D3 el esfuerzo cortante incrementa sustancialmente en un 62.08% respecto al suelo natural, dosificación que se tomó como la más adecuada en la presente investigación.

V. DISCUSIÓN

Indicador 1: Densidad Máxima Seca

Para la densidad máxima seca, al sustituir el suelo con 3%, 6%, 9% y 12% de Biosólido la densidad se incrementa con respecto a la muestra del suelo natural en los siguientes porcentajes 2.79%, 5.05%, 8.54% y 3.66% respectivamente, determinándose que con la dosificación de 9% de Biosólido se obtuvo la mejor DMS del suelo. Para, **Sanjay (2012)** Los resultados fueron obtenidos mediante la adición de cemento en un 0%, 4%, 6% y 8% con respecto al peso del suelo, de esta adición en porcentajes se obtuvo una máxima densidad seca que fue de 0.7%, 0.2% y 4%. Por otro lado, para **Jurado y Clavijo (2016)** la densidad seca máxima incrementa hasta un 1.8% en una dosificación de 15% de cemento tipo MH con respecto al suelo natural. Los resultados de la presente investigación muestran una diferencia en relación a los antecedentes mostrados esto debido a que el Biosólido posee propiedades cementantes (CaO, Al₂O₃, MgO) los cuales aportan una mejoría notable en la DMS.

Indicador 2: Densidad Máxima Húmeda

Al sustituir el suelo con 3%, 6%, 9% y 12% de Biosólido la densidad máxima humada se incrementa con respecto a la muestra del suelo natural en un 0.75%, 1.04%, 4.48% y 1.04% respectivamente, por lo que con una dosificación de 9% de biosólido se mejoró la DMH del suelo. Para **Jurado y Clavijo (2016)**, los resultados obtenidos en su investigación mostro que para la DMH hubo un incremento en un 3.74% con respecto al suelo natural en una dosificación de 15% de cemento tipo MH. Los resultados de la presente investigación muestran una diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que la adición de Biosólido posee componentes como el óxido de calcio, oxido de magnesio, óxido de hierro, oxido de aluminio los cuales aportan a la mejora de la DMH del suelo.

Indicador 3: Resistencia a la Compresión

Al sustituir el suelo con 3%, 6%, 9% y 12% de Biosólido la resistencia a la compresión se incrementa con respecto a la muestra del suelo natural en un 10.46%, 27.22%, 48.15% y 14.65% respectivamente, por lo que con una

dosificación de 9 % de biosólido se mejoró la resistencia a la compresión del suelo. Para **Mehmet y Nilay (2015)** al sustituir con piedra pómez en dosificaciones de 10%, 15%, 20%, 30%,40% y 50% se mejoró la resistencia a la compresión en todas las dosificaciones con respecto al suelo natural, siendo la de mayor incidencia la dosificación del 30% de piedra pómez, el cual incrementa en un 115.53%. Según **Jurado y Clavijo (2016)**, la resistencia a la compresión aumento hasta en un 1673% con respecto a la muestra de suelo natural, esto con la adición de cemento tipo MH en una dosificación de 15%. Los resultados de la presente investigación muestran una diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que la piedra pómez y cemento tipo MH presentan componentes como el óxido de calcio, oxido de magnesio, óxido de hierro, oxido de aluminio en mayores cantidades que el biosólido y también su dosificación es mayor; por lo que se aprecia una mejora notable en la resistencia a la compresión.

Indicador 4: Cohesión

Para la cohesión se tiene que al sustituir el suelo con 3%, 6%, 9% y 12% de Biosólido dicha propiedad mejoro en una dosificación de 9% incrementando está en un 59.51% con respecto a la muestra del suelo natural. Para **Álvarez y Gutiérrez (2019)** la Cohesión fue incrementando mientras se le agregaba más polvo de caucho, la mezcla más óptima para este indicador fue la mezcla S100/C3.5 con el cual se obtuvo una cohesión de 0.41 kg/cm², que, en comparación con la cohesión del suelo natural, este aumento hasta en un 64%. Según **Bravo y López (2021)** la cohesión mostro una mejoría en un 100% para la mezcla M2 (7%PV+6%PCA) con respecto al suelo natural. Los resultados de la presente investigación muestran una diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que el polvo de caucho, polvo de vidrio y polvo de valvas de molusco, presentan componentes como el óxido de calcio, óxido de sílice, óxido de hierro, entre otros, los cuales se presentan en mayores cantidades en los aditivos ya mencionados, esto con respecto al biosólido, por lo que presentan una mejor cohesión con respecto a la presente investigación.

Indicador 5: Limite Líquido

El límite liquido mejoro con una dosificación de 9% de biosólido ya que esta

disminuye en un 15.65% con respecto a la muestra del suelo natural. Para **Camacho, et al, (2006)** la adición de tres aditivos; cal (CL), cenizas volantes (CV) y aceite sulfonado (GS) en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de cal y cenizas volantes respectivamente, y de 2ml, 4ml, 6ml, 8ml y 10ml de aceite sulfonado, se concluye que los tres aditivos reducen el límite líquido, siendo la cal el aditivo que más se destaca teniendo una disminución de 74.48% con respecto al suelo natural, para una dosificación del 10%. Por otro lado, **Reshid (2014)** obtuvo resultados para estabilizar suelos expansivos a través de la adición de cal hidratada en diferentes dosificaciones de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12%, al añadirle cal al suelo expansivo logro disminuir el límite líquido, en un 28.81% con una dosificación del 12% respecto a la muestra sin adición de cal. En los resultados de la presente investigación se muestra diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que la cal viva y la cal hidrata que se usó para la estabilización presentan componentes como el óxido de calcio y el hidróxido de calcio respectivamente, los cuales son excelentes floculadores en suelos expansivos, lo que mejora sustancialmente el LL, en comparación con la sustitución de biosólido de PTAR.

Indicador 6: Índice de Plasticidad

Para el límite plástico la sustitución de biosólido mejoro el suelo arcilloso disminuyendo su valor en las dosificaciones D1 ,D2, D3 y D4 en un 11.79%, 29.29%, 39.65%, 24.62% con respecto al suelo natural, siendo el más adecuado la dosificación D3 (9% de biosólido) **Camacho, et al, (2006)** la adición de tres aditivos; cal (CL), cenizas volantes (CV) y aceite sulfonado (GS) en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de cal y cenizas volantes respectivamente, y de 2ml, 4ml, 6ml, 8ml y 10ml de aceite sulfonado, se concluye que los tres aditivos disminuyen el Índice de plasticidad, siendo la cal el aditivo que más se destaca teniendo una disminución de 94.66% con respecto al suelo natural, para una dosificación del 10% de cal. Por otro lado, **Reshid (2014)** obtuvo resultados favorables con la adición de cal hidratada en diferentes dosificaciones de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12%, al añadirle cal al suelo expansivo logrando disminuir el índice de plasticidad, en un 54.39% con una dosificación del 12% respecto a la muestra sin adición de cal. En los resultados de la presente investigación se muestra diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que la cal viva

y la cal hidrata que se usó para la estabilización presentan componentes como el óxido de calcio y el hidróxido de calcio respectivamente, lo que mejora sustancialmente el IP, en comparación con la sustitución de biosólido de PTAR.

Indicador 7: CBR

Para la capacidad de soporte CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca, se establecieron incrementos en los valores del CBR; específicamente para las muestras del 100% de MDS, mostro un incremento más notorio con la sustitución del Biosólido en 3%, 6% y 9%; con el cual se obtuvo incrementos de 33.11%, 58.24% y 92.58% de CBR respectivamente, con el 12% de Biosólido hubo una disminución del CBR esto respecto a la dosificación D4 en base a ello se demuestra que al sustituir con el 9% Biosólido tiene mayor el índice de resistencia del suelo arcilloso. Según **Alarcón, et al, (2020)** cuyos resultados obtenidos de la estabilización de material de subrasante con adición de 2%, 4%, 6% y 8% de lodo aceitoso, se determinó que el CBR tiene una tendencia ascendente hasta de un 37% con la adición del 4% de lodo aceitoso. Para, **Ospina, et al. (2020)** sus resultados muestran que la escoria de acero es eficiente por contener oxido de calcio donde trabajaron con dosificaciones de 25%, 50% y 75%, incrementando así el CBR del suelo en un 278.92% en un 75% de adición de escoria de acero. Observando los resultados de la presente investigación, se muestra diferencia entre los valores del CBR, esto debido a que los aditivos usados se presentan en diferentes dosificaciones, y su composición es similar entre ellos (Biosólido: Oxido de calcio, Oxido de magnesio, aluminio, etc.; Lodos aceitosos: aluminio, silicio, cobre, etc.; escoria de acero: oxido de calcio y dióxido de silicio) presentando una mejoría bastante notable en el CBR con la adición de escoria de acero para la estabilización de subrasante.

Indicador 8: Resistencia al Esfuerzo Cortante

Referidas para el indicador de la resistencia al esfuerzo cortante, al sustituir con el 9% de Biosólido el esfuerzo cortante aumenta en un 62.08% con respecto a la muestra al suelo natural, siendo esta dosificación la más adecuada para cumplir el objetivo de la presente investigación. Según el antecedente de **Álvarez y Gutiérrez (2019)** uso polvo de caucho para la estabilización de suelo arcilloso con diferentes

mezclas S100/C1.5; S100/C2.5; S100/C3.5 (C = % de polvo de caucho) del resultado se obtuvo que para la resistencia al Esfuerzo de Corte presentó un desplazamiento horizontal de 2.5mm. En la mezcla S100/C3.5 se presentó un incremento de 35.19% en comparación al suelo natural. Los resultados de la presente investigación muestran una diferencia en relación a los antecedentes mostrados, esto debido a que el biosólido posee componentes como CaO, Al₂O₃, MgO, los cuales aportan una mejoría notable con respecto al esfuerzo cortante.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Según los resultados obtenidos para las dimensiones de la variable dependiente. Propiedades físicas tales como: densidad máxima seca y húmeda; Propiedades mecánicas como: Resistencia a la compresión y cohesión; Parámetros de consistencia tales como: límite líquido e índice de plasticidad; Esfuerzo Cortante tales como: CBR y resistencia al esfuerzo cortante. Al someterse a la prueba de Shapiro - Wilk, siguen una distribución normal; en tal sentido, se decidió por el desarrollo de la prueba paramétrica ANOVA, para contrastar las hipótesis planteadas. Los resultados específicos, dan por conclusión que la estabilización con sustitución de Biosólido de PTAR si influye en las propiedades físicas, mecánicas, parámetros de consistencia y al Esfuerzo cortante de un suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, siendo la dosificación óptima en un D3.
- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha determinado que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, lo cual indica que la sustitución del Biosólido, **si influye** positivamente en la Densidad Máxima Seca de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, según indica en la tabla 32. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación que más influye es la D3 según la tabla 33.
- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha determinado que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, lo cual indica que la sustitución del Biosólido, **si influye** positivamente en la densidad máxima húmeda de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, según se describe en la tabla 34. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación que tiene mayor influencia es la D3, según la tabla 35.
- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha determinado que se

acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido, **si influye** en la estabilización en la resistencia a la compresión de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, según se indica en la tabla 36. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación con mayor incidencia es la D3, donde se aprecia el incremento de la resistencia a la compresión desde 1.97 g/cm³ a 2.08 g/cm³ para la dosificación mencionada; sin embargo, hubo un decrecimiento de la resistencia con la D4 según la tabla 37.

- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha determinado que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido, **si influye** positivamente en la cohesión para la estabilización del suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, según se muestra en la tabla 38. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación con mayor influencia es la D3, según se aprecia en la tabla 39.
- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha determinado que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido influye positivamente en el límite líquido de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022 según se muestra en la tabla 40. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación con más influencia es la D3, esto por presentar un menor contenido de humedad, tal como se muestra en la tabla 41, el cual cumple con los parámetros que se encuentra dentro del margen establecido por la norma.

- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis, se ha deducido que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido influye positivamente en el índice de plasticidad de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022 según se describe en la tabla 42. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey, que la dosificación más influyente es la D3 tal como se muestra en la tabla 43. El cual cumple con los parámetros que se encuentra dentro del margen establecido por la norma (manual de carreteras), donde el $IP < 7$ indica que es un material de baja plasticidad.

- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis se identificado, que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido influye positivamente en el CBR de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022, según se describe en la tabla 44. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación con mayor incidencia es la D3, tal como se muestra en la tabla 45, el cual cumple con los parámetros que se encuentra dentro del margen establecido por la norma CE.010 Pavimentos Urbanos ($8\% < CBR < 17\%$), donde indica que el CBR de la subrasante es **bueno**.

- ✓ De acuerdo a la contrastación de la hipótesis se ha estimado, que se acepta la H1, validado en la prueba de HSD Tukey y la prueba paramétrica ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%, que indica que la sustitución del Biosólido, **si influye** positivamente en la resistencia al esfuerzo cortante de suelo arcilloso de subrasante para pavimento, calle Intirraymi, San Sebastián-Cusco, 2022 según se muestra en la tabla 46. Definiéndose también con el procedimiento estadístico Tukey que la dosificación que más influye es la D3 según la tabla 47, dicha dosificación cumple con los parámetros que se encuentra dentro del margen establecido por la norma.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Para la sustitución con Biosólido de PTAR en suelos arcillosos, según los resultados obtenidos (ver tabla 21), donde se aprecia un incremento de la DMS, en ese sentido, se recomienda, que en la ejecución de un método de compactación el control sea exhaustivo por parte de los especialistas, ya que un incremento de la energía de compactación aumentara más la DMS.
- ✓ Considerando que la sustitución del Biosólido de PTAR incrementó en una proporción poco significativa la DMH (ver tabla 21), es recomendable combinar el Biosólido de PTAR con otro aditivo como por ejemplo cal, esta combinación permitirá obtener mejores resultados en la densidad máxima húmeda.
- ✓ Para la estabilización, se recomienda sustituir el suelo en una proporción de 9% de Biosólido, considerando que la resistencia a la compresión mejoró en dicho porcentaje, desde 0.64kg/cm² (muestra patrón) a 0.94kg/cm² (con 9% de biosólido). Ya que con dosificaciones mayores al 9% no son recomendables para el mejoramiento de la resistencia en suelos finos (ver tabla 22). Por otro lado, se recomienda combinar el biosólido con otro aditivo como por ejemplo la cal, magnesio, cemento, lo que permitirá aumentar y mejorar la resistencia del suelo estudiado.
- ✓ Se sugiere la estabilización controlada de los suelos arcillosos con el Biosólido, ya que influirá en la cohesión, debido a que el Biosólido incrementa la atracción entre las partículas del suelo originando la unión del suelo con el Biosólido.
- ✓ Respecto al Limite Liquido, para lograr disminuir es recomendable combinar el aditivo propuesto, con otro tipo de suelo, lo que permitirá disminuir el límite líquido y por lo tanto mejorara el índice de Plasticidad.
- ✓ Respecto al Índice de Plasticidad, para lograr disminuir es recomendable combinar el biosólido, con otro aditivo como arena, cal lo que permitirá disminuir el IP de forma que este se encuentre dentro de los parámetros establecidos en la norma.
- ✓ Respecto al CBR, se recomienda la estabilización de suelos arcillosos con Biosólido de PTAR al 9%, considerando el 100% de la DMS, esto con el fin de

mejorar el CBR. Por otro lado, para obtener un mayor incremento es recomendable usar el biosólido en combinación con otros aditivos, como la cal esto con el fin obtener mejores resultados de CBR.

- ✓ En referencia a los resultados obtenidos en la prueba de Resistencia al esfuerzo cortante, se sugiere realizar ensayos de corte directo triaxial, con el fin de tener un concepto más amplio del comportamiento del Biosólido en la estabilización de suelos arcillosos para subrasante.
- ✓ Debido a la escasa información que se tiene del Biosólido, se sugiere continuar con esta línea de investigación, con el objetivo de darle mayores usos al Biosólido, que aporten a la ingeniería.

REFERENCIAS

- ALARCON, Jose Rodrigo “*et al*”, **Stabilization of soils through the use of oily sludge**. vol.35 N°1 Chile: pontificia universidad católica de chile, 2020. Pag 5-20
ISSN: 0718-5073
- ALVAREZ Nicols y GUTIERREZ Julio, **Estudio experimental de efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnicas**. tesis trabajo de investigación para optar grado de bachiller. Lima Universidad De Ciencias Aplicadas, programa académico de ingeniería civil,2019.
- BECERRA, Mario. **Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión**, Lima: Flujo Libre, 2012, 315 pp.
 - ISBN 978-612-4300-28-8
- BELTRAN Mario y COPADO José. **Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Son.** tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Obregón: Instituto Tecnológico de Sonora, 2016. 93 pp.
- **Biosolids: What are the different types of reuse?** por C. Collivignarelli M. [et al] Journal of Cleaner Production, 238:1-21, 2019.
 - ISSN: 0717-3997
- BRAVO, Brandon y LOPEZ Heiner. **Mejoramiento De Las Propiedades Mecánicas De Suelos Arcillosos Empleando Valvas De Molusco Y Vidrio En La Ciudad De Talara, Piura**. Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Peruanas De Ciencias Aplicadas, facultad de ingeniería, 2021.
- CAMONES Cristina, Densidad y Peso Espec. [en línea]. Lima: 27 de mayo de 2016. [14 de enero del 2022].
Disponible en: <https://es.slideshare.net/cristiancamonesvillanueva/3-densidad-y-peso-espec>
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (Perú), **Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, N° 10-2014-MTC/14**, Diario

- Oficial El Peruano, 2014. 301 pp.
- ***Dairy industry derived wastewater treatment sludge: Generation, type and characterization of nutrients and metals for agricultural reuse*** por S. Ashekuzzaman M. [et al]. Journal of Cleaner Production, 230, 2019.
ISSN: 1266-1275.
 - ***El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones.*** Por Villasis Miguel Angel, [et al]. Mexico. Rev Alerg Mex. vol. 65 (4), 414-421,2018.
ISSN: 2448-9190
 - ***Estabilización química de suelos – Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión)*** por Jonathan F. Rivera [et al]. Colombia: Informador Técnico, 84(2):202-226, julio 2020.
ISSN: 2256-5035
 - ***Effects of Leachate on Geotechnical Characteristics of Sandy Clay Soil*** por Harun Siti Norliyana [et al]. Malasia. El coloquio de posgrado de UKM FST 2013 Conferencia AIP, 1571: 530-536, noviembre 2014.
ISSN: 7354-1199
 - ***Evaluación de Aditivos Usados en el Tratamiento de Arcillas Expansivas*** por Javier Fernando Camacho Tauta [et al]. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada Colombia, 16(2): 45-53, diciembre 2006.
ISSN: 0124-8170
 - ***Explanation of Dry Density Distribution Induced by Compaction through Soil/Water/Air Coupled Simulation,*** kawai katsuyuki, [et al]. Japon: Procedia Engineering, vol.143, 276-283,2016.
ISSN 1877-7058
 - GAVILANES Erick. ***Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur.*** Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil. Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador, escuela de Ingeniería Civil, 2015.
 - GEORGE, Rowland Otoko y ESENWA, Ifechukwude Cynthia, ***Mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells,*** Londres, International Journal of Engineering and Technology

Research, Vol. 2 (5),1-7,2014.

ISSN: 2327 - 0349

- GOÑAS Olger y SALDAÑA Jhon, **Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada**, Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería, 3(1), 30-35,2020.
ISSN 2414-8822 / ISSN(e) 2520-0356
- HABIBA, Afrin. **Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components**. *Revista americana de ingeniería civil Science PG*, Irán, 5(6): 365-370, 2017.
ISSN: 2330-8729
- HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, y BAPTISTA, María. **Metodología de la Investigación**. Sexta ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2014. 634 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- HIGUERA, Carlos Hernando, GÓMEZ, Jenny Carolina y PARDO, Óscar Eduardo **Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio**, Colombia: Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 21(32):21-40, enero-junio de 2012
ISSN: 0121-1129.
- HOSSNE, Américo y SALAZAR, Juan. **Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela**. *Revista Agronomía Costarricense*, 28(1): 69-80, 2004.
ISSN: 0377-9424
- HUILCAYA, Piedad y VIDAL, Noelia. **Influencia Del Porcentaje Optimo De Inclusión De Biosólidos, De La PTAR San Jerónimo Cusco, En Las Propiedades Físico – Mecánicas De Ladrillos King Kong De 18 Huecos Y Pilas De Albañilería Según La Ntp E.070** Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil. Cusco: Universidad Andina Del Cusco, escuela profesional de ingeniería civil, 2017.
- INDECOPI, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales NTP 339.167: Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos. Lima.2002. 19 pp. ICS 93.020
- INDECOPI, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales NTP 339.134: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema

- unificado de clasificación, SUCS). Lima.1999. 33 pp. ICS 93.020
- IKEAGWUANI, Chijioke Christopher y Nwonu, Donald Chimobi, ***Emerging trends in expansive soil stabilisation***, Nigeria, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, vol. 11 (2), 423-440,2019.
ISSN 1674-7755
 - JUNCO Juan M. ***Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras***, Lima: Revista Arquitectura e Ingeniería, 5(2), 2011.
ISSN-e 1990-8830
 - JURADO, Carlos y CLAVIJO, Daniel. ***“Mejorar Las Características Físicas Y Mecánicas Del Material De Subsuelo De La Zona De Talleres Y Cocheras De La PLMQ, Sector Quitumbe”*** disertación previa a la obtención de título de ingeniero civil, Quito: universidad Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, facultad de ingeniería, escuela de civil,2016.
 - LIET, Chi Dang, BEHZAD, Fatahi y HADI, Khabbaz, ***Behaviour of Expansive Soils Stabilized with Hydrated Lime and Bagasse Fibres***, Australia: Revista Procedia Engineering, vol. 143, 658-665. 2016.
ISSN 1877-7058
 - LINARES, Roiser Rene, AGULAR, Manuel Eduardo y ROJAS, Edwar Enrique, ***Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido***, Perú: Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería, 3(2), 33-40, 2020.
ISSN 2414-8822 / ISSN(e) 2520-0356
 - ***Long-term use of biosolids as organic fertilizers in agricultural soils: potentially toxic elements occurrence and mobility*** por E. Marguí [et al] Environmental Science and Pollution Research, 23 (5), 2016.
ISSN: 4454-4464.
 - LOPEZ, Pedro Luis. ***Población Muestra y Muestreo***. Cochabamba: Punto Cero, vol.9. 69-74 pp.2004.
ISSN: 1815-0276.
 - MINISTERIO de vivienda, construcción y Saneamiento (Perú). ***Decreto Supremo N°015-2017-Vivienda***: Reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, Diario

- Oficial El Peruano, 2017, 9 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú), MTC 115 y 116, Manual de ensayo de materiales RD N° 18-2016-MTC/14.Lima. 2016. 102-125 pp.
 - MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú), MTC 131, Manual de ensayo de materiales RD N° 18-2016-MTC/14.Lima.2016.219-229 pp.
 - MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú), MTC 132, Manual de ensayo de materiales RD N° 18-2016-MTC/14.Lima.2016. 230-237 pp.
 - MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú), MTC 205, Manual de ensayo de materiales RD N° 18-2016-MTC/14.Lima.2016. 284-286 pp.
 - MURAT, Ozdemir, **Improvement of bearing capacity of a soft soil by the addition of fly ash**. Turquía. Revista Procedia Engineering. 143: 498-505, 2016.
ISSN: 1877-7058
 - OMAR, Mehmet y NILAY, Keskin. **stabilization of clayey subgrade with waste pumice for road infrastructure**. Turquía. Revista Científica: Ciencia e Ingeniería de Materiales Compuestos, 22(5):583-590, 2015.
ISSN: 2191-0359
 - OSPINA, Miguel Ángel, CHAVEZ, Saieth Baudillo y JIMENEZ, Luis Miguel, **Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero**. Colombia: Rev.investig. desarro. innov.11 (1), 185-196. 2020.
ISSN: 2027-8306
 - OTZEN Tamara y MANTEROLA Carlos, **Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio**, [en línea]. Chile, Revista International Journal of Morphology. vol. 35(1), 227-232,2017. [fecha de Consulta 25 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
 - ISSN 0717-9502
 - ORELLANA, Dania y SÁNCHEZ, M. Cruz **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN ENTORNOS VIRTUALES MÁS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA**. Revista de investigación educativa, 24(1): 205-222, 2006.
ISSN: 0212-4068

- QUEZADA, Santiago. ***Estudio Comparativo De La Estabilización De Suelos Arcillosos Con Valvas De Moluscos Para Pavimentación*** para optar la Tesis en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú, 2017.
- Reglamento Nacional De Edificaciones (Perú), Título II.2 componentes estructurales-CE010 pavimentos urbanos, Lima 2016. 79-109 pp
- RESHID, Mesuma ***“Stabilization of expansive soils with lime”*** tesis para grado de maestría en ciencias de ingeniería civil. Universidad Addis Ababa. Escuela de estudios posgrado de ingeniería civil y ambiental. Etiopia, 2014
- ROJAS, Ignacio Roberto. ***Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica.*** [en línea]. Tiempo de educar vol. 12(24), 277-297, 2011. [fecha de Consulta 29 de Enero de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31121089006>
ISSN: 1665-0824
- SANJAY Kumar Dhakal ***“Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers”*** tesis para grado de maestría en ciencias de ingeniería civil Universidad Estatal de Luisiana EE. UU, 2012.
- SERRANO, Erika Julieth y PADILLA, Edgar Alexander, ***Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados.*** Revista Ingeniería Solidaria, 25(1):2-25, 2019.
ISSN: 2357-6014
- SINGH, Jagtar y SINGH, ***Rattan Jasvir, Soil Stabilization of Clayey Soil using Shredded Rubber Tyre.*** India: Revista Internacional De Investigación Y Tecnología De Ingeniería (IJERT), 06(09): 246-248, 2017.
ISSN: 2278-0181
- SUAREZ, Néstor, SAENZ Jessica y MERO Jessica. ***Elementos esenciales del diseño de la investigación. Sus características.*** Ecuador. Revista Científica: Dominio de las ciencias. Vol. 2 N°. extra 3, 72-85, 2016.
ISSN: 2477-8818
- ***TÉCNICAS e Instrumentos de Recolección de Datos.*** Recursos internet [en línea]. Chimbote: web postgradoune de Carla Tamayo y Irene Silva. 2016

disponible en: <https://slideplayer.es/amp/3289063/>

- ***The important aspects of subgrade stabilization for road construction***, por NN Nik Daud [et al]. Malaisia.IOP Conf. Ser.: Mater. ciencia Ing. 512 012005, 2019.
 - disponible: DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012005>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO		BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DOSIFICACION ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BIOSÓLIDO	0%
¿EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	BIOSÓLIDO DE PTAR		3%
					6%
					9%
					12%
					ver anexo 18
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICAS PROPIEDADES MECANICAS	DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm ³)
¿COMO EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA DENSIDAD MÁXIMA SECA DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EVALUAR COMO EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA DENSIDAD MÁXIMA SECA DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE POSITIVAMENTE EN LA DENSIDAD MÁXIMA SECA DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.			DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA (g/cm ³)
¿EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	DETERMINAR EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
¿DE QUE MANERA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	CALCULAR DE QUE MANERA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.			COHESIÓN (kg/cm ²)
¿CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN LA COHESION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	VALORAR CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN LA COHESION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA COHESION POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO		

¿ CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN EL LIMITE LIQUIDO DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	MEDIR CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN EL LIMITE LIQUIDO DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN EL LIMITE LIQUIDO POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.		PARÁMETROS DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (%)
¿DE QUE MANERA INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN EL INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	DEDUCIR DE QUE MANERA INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN EL INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN EL INDICE DE PLASTICIDAD POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.			INDICE DE PLASTICIDAD (%)
¿EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN EL CBR DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	IDENTIFICAR EN QUE MEDIDA EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN EL CBR DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN EL CBR POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.		ESFUERZO CORTANTE	CBR (%)
¿CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE SUELOARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	ESTIMAR CUANTO INFLUYE EL BIOSÓLIDO DE PTAR EN LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.	EL BIOSÓLIDO DE PTAR INFLUYE EN LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE POSITIVAMENTE EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022.			RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)











Anexo 2: VARIABLES Y OPERACIONALIZACION

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Biosólidos de PTAR	Biosólido: producto que resulta de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales (EPS Seda Cusco S.A.)	Se efectuará el análisis de las características del biosólido. Se debe conocer las características del suelo natural y a este se le adicionara biosólido de PTAR en distintas dosificaciones (0%,3%,6%,9% y 12%)	Dosificación	0%	Intervalo
				3%	
				6%	
				9%	
				12%	
			Especificaciones técnicas del biosólido	Ver anexo 18	
Estabilización de suelo arcilloso de subrasante para pavimento	proceso que permite mejorar propiedades físicas y mecánicas del suelo natural (Manual de Carreteras, N° 10-	Con los especímenes preparados se efectuará los ensayos para conocer las propiedades físicas, mecánicas, parámetro de impermeabilidad y esfuerzo cortante.	Propiedades físicas	Densidad seca (g/cm ³)	razón
				Densidad Húmeda (g/cm ³)	
			Propiedades mecánicas	Cohesión(kg/cm ²)	razón
				Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
			Parámetros de consistencia	limite liquido (%)	razón
				Índice de plasticidad (%)	

	2014-MTC/14, 2014)		Esfuerzo cortante	CBR (%)	razón
				Resistencia al esfuerzo cortante (kg/cm ²)	

ANEXO 3: CAPTURA DE PANTALLA TURNITIN

ANEXOS

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS FICHA TÉCNICA												
Indicador 1: Densidad Máxima Seca													
TÍTULO: LOCALIZACIÓN: REALIZADO POR: FECHA DE PRÁCTICA:	"BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022" SAN JERÓNIMO - CUSCO RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE												
PROCTOR ESTANDAR MTC E 116 (NTP 339.142)													
DOSIFICACIÓN	yh:	h:	yd:										
D0													
D1													
D2													
D3													
D4													
VALIDACIÓN:													
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Firma</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Nota</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  Ing. Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN PROTECCION DE SUELOS Y MANTENIMIENTO </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">0,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero CIVIL CIP: 65074 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">0,9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  HERMANOS FLOREZ TITO CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Alexander Rubenil Florez Tito INGENIERO CIVIL </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">0,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">0.83</td> </tr> </table>	Firma	Nota	 Ing. Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN PROTECCION DE SUELOS Y MANTENIMIENTO	0,8	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero CIVIL CIP: 65074	0,9	 HERMANOS FLOREZ TITO CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Alexander Rubenil Florez Tito INGENIERO CIVIL	0,8	Promedio	0.83
Firma	Nota												
 Ing. Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN PROTECCION DE SUELOS Y MANTENIMIENTO	0,8												
 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero CIVIL CIP: 65074	0,9												
 HERMANOS FLOREZ TITO CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Alexander Rubenil Florez Tito INGENIERO CIVIL	0,8												
Promedio	0.83												
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074											
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Tito	CIP: 806532											

$$y_d = \frac{y_h}{1+h}$$

y_d: densidad seca
 y_h: densidad húmeda
 h: contenido de humedad

ANEXO 5:

FICHA TECNICA N°02



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

Indicador 2: Densidad Maxima Humeda

TITULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA:


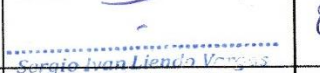

$$\gamma_h = \gamma_d * h$$

PROCTOR ESTANDAR MTC E 116 (NTP 339.142)

DOSIFICACIÓN	γ_d :	h:	γ_h :
D0=0%			
D1=3%			
D2=6%			
D3=9%			
D4=12%			

γ_h : densidad humeda
 γ_d : densidad seca
h: contenido de humedad

VALIDACIÓN:

			Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	 Ing. Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CIP. 128589	0,9
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero Civil C.I.P. 65 074	0,8
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito	CIP: 806532	 HERMANOS FLOREZ TTITO CONTRATISTAS S.R.L.S.A.C.	0,9
			Promedio	0.87

ANEXO 6:

FICHA TECNICA N°03



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
FICHA TÉCNICA




Indicador 3: Resistencia a la Compresión

TÍTULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA: ASTM D 2166 - 91 - COMPRESIÓN NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA	N° DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO

DOSIFICACIÓN	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3		RESISTENCIA AL CORTE (KG/CM2)
	ESFUERZO MAX. (kg/cm2)	DEFORMACION MAX. (kg/cm2)	ESFUERZO MÁX. (kg/cm2)	DEFORMACION MAX. (kg/cm2)	ESFUERZO MÁX. (kg/cm2)	DEFORMACION MAX.	
D0=0%							
D1=3%							
D2=6%							
D3=9%							
D4=12%							

VALIDACIÓN:

			Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	 Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CIP: 128589	0,8
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero Civil CIP: 65074	0,7
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito	CIP: 806532	 Alexander Rubenil Florez Ttito INGENIERO CIVIL Promedio	0,7
				0,73

ANEXO 7:

FICHA TECNICA N°04



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

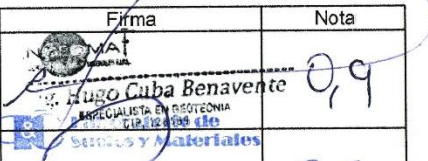


Indicador 4: Cohesión

TÍTULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA: **ASTM D6528 -JUNE 103 401-98**

DOSIFICACIÓN	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	COHESIÓN
D0=0%				
D1=3%				
D2=6%				
D3=9%				
D4=12%				

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00		
8.00		
12.00		

VALIDACIÓN:

			Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	 Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN REGTECNIA SUELOS Y MATERIALES	0,9
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero Civil C.I.P. 65074	0,9
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito	CIP: 806532	 HERMANOS FLOREZ TTITO CONTRATISTAS ALE S.A.C. Alexander Rubenil Florez Ttito INGENIERO CIVIL	0,8
			Promedio	0,84

ANEXO 8:

FICHA TECNICA N°05



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

Indicador 5: Limite Plastico(Indice de Plasticidad)

TITULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA:



LIMITES DE CONSISTENCIA
LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP 339-129)

N° Lata	1	2	3
peso de suelo humedo.+lata (gr)			
peso de suelo seco.+lata (gr)			
peso de lata			

LL	
LP	
IP	

DOSIFICACIÓN	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	PROMEDIO
D0=0%				
D1=3%				
D2=6%				
D3=9%				
D4=12%				

VALIDACIÓN:

	Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente CIP: 128589  ESPECIALISTA EN GEOTECNIA SUELOS Y MATERIALES	0,8
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas CIP: 65074  Sergio Ivan Liendo V. Ingeniero Civil CIP: 65074	0,7
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito CIP: 806532  HERMANOS FLOREZ TTITO CONTRATISTAS S.R.L. S.A.C. Alexander Rubenil Florez Ttito Ingeniero Civil CIP: 806532	0,8
	Promedio	0,76

ANEXO 9:

FICHA TECNICA N°06



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

Indicador 6: Límite Líquido

TÍTULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA:

LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP 339-129)




N° Lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo.+lata (gr)				
peso de suelo seco.+lata (gr)				
peso de lata				

Numero de golpes N°

LL	
LP	
IP	

DOSIFICACIÓN	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	PROMEDIO
D0=0%				
D1=3%				
D2=6%				
D3=9%				
D4=12%				

VALIDACIÓN:

			Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	 Ing. Hugo Cuba Benavente Ingeniero Civil en Geotecnia CIP: 128589	0,9
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero Civil CIP: 65074	0,8
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito	CIP: 806532	 HERNANDES S.A. HERMANOS FLOREZ TTITO CONTRATISTAS Ingeniero Civil CIP: 806532 Alexander Rubenil Florez Ttito	0,8
			Promedio	0,83

ANEXO 10:

FICHA TECNICA N°07



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

Indicador 7: CBR

TÍTULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA:

ENSAYO REACCIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NTP 339.175:2002

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN			
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACIÓN			
PESO DE AGUA ABSORVIDA			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA			

DOSIFICACIÓN	PROBETA N° 1		PROBETA N° 2		PROBETA N° 3		CBR
	% EXPANSION	% ABSORCIÓN	% EXPANSION	% ABSORCIÓN	% EXPANSION	% ABSORCIÓN	
D0=0%							
D1=3%							
D2=6%							
D3=9%							
D4=12%							

VALIDACIÓN:

	Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente CIP: 128589	0,8
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas CIP: 65074	0,7
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito CIP: 806532	0,8
	Promedio	0,77

ANEXO 11:

FICHA TECNICA N°08



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 FICHA TÉCNICA

Indicador 8: Resistencia al Esfuerzo Cortante




TITULO: "BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRRAYMI, SAN SEBASTIÁN-CUSCO, 2022"
LOCALIZACIÓN: SAN JERÓNIMO - CUSCO
REALIZADO POR: RUTH MERY FLOREZ TTITO - LAURETHE MARGARET CONDORI BUSTAMANTE
FECHA DE PRÁCTICA:

DATOS DEL EQUIPO	
Diametro o lado	D=
Area	A=
Altura	H=
Volumen	V=

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D6528 -UNE 103 401-98 7)

DOSIFICACIÓN	PRUEBA N° 1		PRUEBA N° 2		PRUEBA N° 3		PROMEDIO PONDERADO
	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	
D0=0%							
D1=3%							
D2=6%							
D3=9%							
D4=12%							

VALIDACIÓN:

			Firma	Nota
Experto 1	Ing. Hugo Cuba Benavente	CIP: 128589	 Ing. Hugo Cuba Benavente ESPECIALISTA EN GEOTECNIA SUELOS Y MATERIALES	0,9
Experto 2	Ing. Sergio Ivan Liendo Vargas	CIP: 65074	 Sergio Ivan Liendo Vargas Ingeniero Civil C.I.P. 65.074	0,7
Experto 3	Ing. Alexander Rubenil Florez Ttito	CIP: 806532	 HERNANDES FLOREZ TTITO CONTRATISTAS Y ESPECIALISTAS S.R.L. Alexander Rubenil Florez Ttito CIP: 806532	0,8
			Promedio	0,8

ANEXO 12:

CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO MULTIUSO (RESISTENCIA A LA COMPRESION Y CBR)



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Pág. 1 de 3

Instrument
Rangos
Measurement range
FABRICANTE
Manufacturer
Modelo
Model
Serie
Identification number

50 kN
PINZAR LTDA.
PS – 27
150

Ubicación de la máquina
Location of the machine
Norma de referencia
Norm of used reference
Intervalo calibrado
Calibrated interval

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L
NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)
Del 10% al 100% del Rango

Solicitante
Customer
Dirección
Address
Ciudad
City

INGEOMAT E.I.R.L
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN
CUSCO

PATRON(ES) UTILIZADO(S)
Measurement standard

T71P / DEF – A

Tipo / Modelo
Type / Model
Rangos
Measurement range

5 tn
OHAUS / KELI
B504530209 / AGB8505

Fabricante
Manufacturer
No. serie
Identification number
Certificado de calibración
Calibration certification

N° CC – 2046 – 2020

Incertidumbre de medida
Uncertainty of measurement

0.062 %

Método de calibración
Method of calibration
Unidades de medida
Units of measurement

Comparación Directa
Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACIÓN

2021 – 10 – 19

FECHA DE EXPEDICIÓN
Date of issue

2021 – 10 – 29

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

3

Number of pages of the certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatories

Téc. **A. Huamani Poqjoma**
Responsable Laboratorio de Metrología



☎ Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

✉ Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **C&L LABORATORIO S.A.C**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **258-2021 GLF**
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA MULTIUSOS AUTOMÁTICA COMPUTARIZADA

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.000	5.04	5.10		5.24	
20	10.00	10.09	10.02		10.12	
30	15.00	15.06	15.09		15.04	
40	20.00	20.12	20.07		20.09	
50	25.00	25.06	25.04	No Aplica	25.07	No Aplica
60	30.00	30.24	30.24		30.20	
70	35.00	35.11	35.09		35.16	
80	40.00	40.08	40.18		40.17	
90	45.00	45.33	45.11		45.34	
100	50.00	50.31	50.24		50.24	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kN						
10	5.000	-2.47	3.90			0.040	2.314
20	10.00	-0.77	0.96			0.020	0.577
30	15.00	-0.42	0.33			0.013	0.216
40	20.00	-0.46	0.25			0.010	0.175
50	25.00	-0.23	0.12	No Aplica	No Aplica	0.008	0.121
60	30.00	-0.75	0.13			0.007	0.132
70	35.00	-0.34	0.20			0.006	0.154
80	40.00	-0.36	0.25			0.005	0.186
90	45.00	-0.57	0.51			0.004	0.346
100	50.00	-0.52	0.14			0.004	0.135
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Euler Tiznado Becerra

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 20.3 °C Humedad Mínima: 34.0 %Hr
Temperatura Máxima: 20.4 °C Humedad Máxima: 34.0 %Hr



Teléfono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 258-2021 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,77	0,96	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 1 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 2046 – 2020.

OBSERVACIONES

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 258-2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS


Téc. Giner A. Huaman Poquioma
 Responsable Laboratorio de Metrología



CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

NÚMERO: 256 – 2021 GLF
Pág. 1 de 5

OBJETO DE PRUEBA:	EQUIPO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
<i>Rangos</i>	2500 N
<i>Dirección de carga</i>	Compresión
FABRICANTE	PINZUAR LTDA.
<i>Modelo</i>	PS – 107D
<i>Serie</i>	184
<i>Ubicación de la máquina</i>	LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L
<i>Norma utilizada</i>	NTC – ISO 7500 – 1 (2002 – 09 – 18)
<i>Intervalo calibrado</i>	Escala (s) 2500 N De ... a 20% – 100%
<i>Temperatura de prueba</i>	Temp. Inicial 20.0 °C Temp. Final 20.4 °C
<i>Inspección general</i>	La máquina se encuentra en buen estado de funcionamiento.
<i>Solicitante</i>	INGEOMAT E.I.R.L
<i>Dirección</i>	MZA. C LOTE: 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN
<i>Ciudad</i>	CUSCO
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	
<i>Tipo / Modelo</i>	T31P / DEF – A
<i>Fabricante</i>	OHAUS / KELI
<i>No. serie</i>	B632871732 / AHK2580
<i>Certif. de calibr.</i>	N° CC – 2047 – 2020
<i>Fecha de validez</i>	2020 – 11 – 05
<i>Incert. Med. (%)</i>	± 0.032
<i>Unidades de medida</i>	Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACIÓN	2021 – 10 – 19
FECHA DE EXPEDICIÓN	2021 – 10 – 29

FIRMAS AUTORIZADAS


Téc. Gilmer Antonio Huamán Boquioma.
 Responsable del Laboratorio de Metrología.



Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 256 – 2021 GLF

Pág. 2 de 5

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE
 Tipo de instrumento: EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO DIGITAL
DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 2500 N Resolución: 0.04 N Dirección de la carga: Compresión
 2500 N 0.04 N Factor de conversión: 1.0 N/N

Indicación de la máquina (F _i)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
%	N		1(Asc)	2(Asc)	2(Desc)	3(Asc)	4(Asc)
	N	N	N	N	N	N	N
10	250.0	250.0	251.18	251.12	No aplica	251.18	No aplica
20	0500.0	0500.0	500,22	501,33	No aplica	501,28	No aplica
30	0750.0	0750.0	751.06	751.07	No aplica	751,02	No aplica
40	1000.0	1000.0	1001,11	1001,12	No aplica	1001,24	No aplica
50	1250.0	1250.0	1251,30	1251,36	No aplica	1251,07	No aplica
60	1500.0	1500.0	1501,64	1501,72	No aplica	1501,64	No aplica
70	1750.0	1750.0	1751,26	1751,16	No aplica	1750,24	No aplica
80	2000.0	2000.0	2001,09	2001,60	No aplica	2001,12	No aplica
90	2250.0	2250.0	2251,44	2251,27	No aplica	2251,36	No aplica
100	2500.0	2500.0	2501,09	2501,39	No aplica	2501,21	No aplica
Indicación después de carga :			0,00	0,00	No aplica	0,00	No aplica

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 2500 N Incertidumbre del patrón: ± 0.032 %

%	Indicación de la máquina (F _i)		Cálculo de errores relativos				Resolución	Incertidumbre relativa
	N		Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios		
	N	N	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U (%) k = 2
20	0500.0	0500.0	-0.19	0.22	No aplica	No aplica	0.01	0,15
30	0750.0	0750.0	-0.14	0.01	No aplica	No aplica	0.01	0,03
40	1000.0	1000.0	-0.12	0.01	No aplica	No aplica	0.00	0,03
50	1250.0	1250.0	-0.10	0.02	No aplica	No aplica	0.00	0,04
60	1500.0	1500.0	-0.11	0.01	No aplica	No aplica	0.00	0,03
70	1750.0	1750.0	-0.05	0.06	No aplica	No aplica	0.00	0,05
80	2000.0	2000.0	-0.06	0.03	No aplica	No aplica	0.00	0,04
90	2250.0	2250.0	-0.06	0.01	No aplica	No aplica	0.00	0,03
100	2500.0	2500.0	-0.05	0.01	No aplica	No aplica	0.00	0,03
Error de cero fe (%)			0,00	0,00	No Aplica	0,00	No aplica	Err máx.(0) = 000

Nombre del técnico: Euler Tizado Becerra



Teléfono: (01) 622 – 5814
 Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
 servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
 Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 256 – 2021 GLF

Pág. 3 de 5

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 2500 N

Error de exactitud	0.19 %	Error de cero	0.00
Error de repetibilidad	0.22 %	Error por accesorios	No aplica %
Error de Reversibilidad	No aplica	Resolución	0.016 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC – ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 2500 N Compresión CLASE 1,0 Desde el 20 %

PATRONES DE REFERENCIA

Laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S" OHAUS / KELL B632871732 / AHK2580, Patrón utilizado Celda de carga tipo "S" De 500 kgf con incertidumbre del orden de 0,032 % con certificado de calibración N° CC – 2047 – 2020.

OBSERVACIONES .

1. Los informes de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7500-1)
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .
6. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 256 – 2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS



Téc. Gilmer Antonio Huamán Poquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.



Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:
laboratoriogyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 256 - 2021 GLF

Pág. 4 de 5

Solicitante: INGEOMAT E.I.R.L
Dirección: MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN
Ciudad: CUSCO
Máquina: EQUIPO DE CORTE DIRECTO (Cal. Relación de Brazo)
Fabricante: PINZUAR LTDA.
Modelo / Serie: PS - 107D / 184
Ubicación: LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L

Método de Calibración

Determinación del valor real del factor de aplicación de carga al usar el brazo multiplicador

Método: Cargas de prueba (pesas propias del equipo de corte), la fuerza real aplicada se mide sobre una celda calibrada

Técnico : Gilmer Antonio Huamán Poquioma

Factor de Multiplicación 1 : 5

Carga	Lectura 1	Lectura 2	Lectura Prom.	Factor
kg	kg	kg	kg	
2	10.20	10.20	10.20	5.10
4	20.40	20.40	20.40	5.10
8	40.75	40.75	40.75	5.09
16	81.50	81.50	81.50	5.09
32	163.15	163.15	163.15	5.10
			Promedio	5.10

Factor de Multiplicación 1 : 10

Carga	Lectura 1	Lectura 2	Lectura Prom.	Factor
kg	kg	kg	kg	
2	20.65	20.65	20.65	10.33
4	41.30	41.30	41.30	10.33
8	82.50	82.50	82.50	10.31
16	165.10	165.10	165.10	10.32
32	328.85	328.85	328.85	10.28
			Promedio	10.31

Téc. Gilmer Antonio Huamán Poquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de C&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 256 – 2021 GLF
Pág. 5 de 5

Solicitante: INGEOMAT E.I.R.L
Dirección: MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN
Ciudad: CUSCO
Máquina: EQUIPO DE CORTE DIRECTO (Velocidad)
Fabricante: PINZUAR LTDA.
Modelo / Serie : PS – 107D / 184
Ubicación: LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L

Método: operación de la máquina aplicando horizontalmente la velocidad sobre el tornillo de desplazamiento ubicada en la caja de engranajes.
Se mide el desplazamiento con un indicador digital y tiempo con un cronómetro.

Medición en mm / minuto

Rango: Bajo

Indicación Máquina	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0.000	0,000	0,000	0,000	0,000
0.030	0,031	0,031	0,031	0,031
0.060	0,061	0,061	0,061	0,061
0.090	0,090	0,090	0,090	0,090
0.120	0,122	0,122	0,122	0,122
0.150	0,153	0,153	0,153	0,153

Rango: Alto

Indicación Máquina	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0.000	0,000	0,000	0,000	0,000
0.300	0,306	0,306	0,306	0,306
0.600	0,608	0,608	0,608	0,608
0.900	0,911	0,911	0,911	0,911
1.200	1,207	1,207	1,207	1,207
1.500	1,506	1,506	1,506	1,506

Medición en pulgadas / minuto

Rango: Bajo

Indicación Máquina	Lectura 1 pulg / min	Lectura 2 pulg / min	Lectura 3 pulg / min	Promedio pulg / min
0.000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0.030	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
0.060	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
0.090	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
0.120	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
0.150	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060

Rango: Alto

Indicación Máquina	Lectura 1 pulg / min	Lectura 2 pulg / min	Lectura 3 pulg / min	Promedio pulg / min
0.000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0.300	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
0.600	0,0239	0,0239	0,0239	0,0239
0.900	0,0359	0,0359	0,0359	0,0359
1.200	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475
1.500	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593

Téc. Guimer Antonio Waján Poquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.
G & L LABORATORIO S.A.C.

(* Este informe expresa fehaciente resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento



CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA CAZUELA DE CASAGRANDE MANUAL

LABORATORIO DE
METROLOGÍACALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 308-2021 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2021-10-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : FORNEY

MODELO : LA-3715

NÚMERO DE SERIE : 740

ALCANCE DE VUETAS : NO PRESENTA

DIV. DE ESCALA : NO PRESENTA

FECHA DE INSPECCIÓN : 2021-10-19

PROCEDENCIA : U.S.A

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La verificación se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L.
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.4	20.4
Humedad Relativa %HR	35	35

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES

(*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	195,36	g
Espesor de la copa	2,2	mm
Profundidad de la copa	25,4	mm
Altura de la base	51,0	mm
Ancho de la base	125,5	mm
Longitud de la base	150,5	mm

Téc. Guimer Antonio Huaman Poquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.

G & L LABORATORIO S.A.C

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección.

(*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.



Teléfono:
 (01) 622 - 5814
 Celular:
 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
 laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
 servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
 Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA BALANZA CON PRECISION 0.01g-1000g



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 263-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-10-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : HENKEL

MODELO : NO PRESENTA

NÚMERO DE SERIE : K6013871

ALCANCE DE INDICACIÓN : 1000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.01 g

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-10-19

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L.
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.


Gilmer Antonio Huamán Roguima
 Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.0 °C	19.0 °C
Humedad Relativa	36 %	36 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 216 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 1000 g la balanza indicó 991.56 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

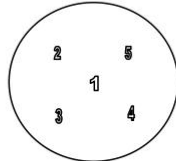
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 500.00 g			Carga L2= 1,000.00 g		
	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	500.02	4	21	1,000.12	4	121
2	500.02	4	21	1,000.12	4	121
3	500.02	5	20	1,000.12	5	120
4	500.02	5	20	1,000.12	5	120
5	500.02	5	20	1,000.12	5	120
6	500.02	6	19	1,000.12	4	121
7	500.02	4	21	1,000.12	4	121
8	500.02	4	21	1,000.12	5	120
9	500.02	5	20	1,000.12	6	119
10	500.02	4	21	1,000.12	4	121
Diferencia máxima			2	2		
Error máximo permitido ±			30 mg	± 30 mg		





Vista Frontal

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 263-2021 GLM

Página 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima* (g)	l(g)	Δ L (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1	1.00	0.98	5	-20	300.00	300.02	4	21	41
2		0.97	4	-29		300.03	5	30	59
3		0.97	4	-29		300.03	5	30	59
4		0.98	5	-20		300.02	4	21	41
5		0.98	5	-20		300.01	5	10	30

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 30 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
1.00	1.00	4	1						10
2.00	2.00	5	0	-1	2.00	5	0	-1	10
5.00	5.00	4	1	0	5.00	4	1	0	10
10.00	10.00	4	1	0	10.00	4	1	0	10
50.00	50.00	5	0	-1	50.00	5	0	-1	10
75.00	75.00	4	1	0	75.00	4	1	0	20
100.00	100.02	4	21	20	100.02	4	21	20	20
200.00	200.02	4	21	20	200.02	4	21	20	20
500.00	500.02	4	21	20	500.02	4	21	20	30
800.00	800.02	5	20	19	800.02	5	20	19	30
1,000.00	1,000.10	4	101	100	1,000.10	4	101	100	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 6,694E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,716E-08 \text{ g}^2 + 300E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



Telefono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA BALANZA CON PRECISION 0.1g-6200g



LABORATORIO DE METROLOGÍA | CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 261-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-10-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : SPX6201

NÚMERO DE SERIE : B709757153

ALCANCE DE INDICACIÓN : 6200 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-10-19

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Gilmer Antonio Huamán Poquioma
 Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono: (01) 622 - 5814
 Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorioy@laboratorio@gmail.com
 servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
 Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.4 °C	19.4 °C
Humedad Relativa	36 %	36 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M2)	LM - C - 216 - 2020 CM - 2106 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 6200 g la balanza indicó 6200.9 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.
Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

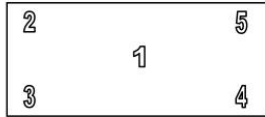
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19.4	19.4

Medición N°	Carga L1= 3,000.0 g			Carga L2= 6,000.0 g		
	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	3,000.2	60	190	5,999.9	60	-110
2	3,000.2	40	210	5,999.9	50	-100
3	3,000.2	60	190	5,999.9	40	-90
4	3,000.2	40	210	5,999.9	50	-100
5	3,000.2	60	190	5,999.9	40	-90
6	3,000.2	50	200	5,999.9	50	-100
7	3,000.2	40	210	5,999.9	40	-90
8	3,000.2	50	200	5,999.9	60	-110
9	3,000.2	60	190	5,999.9	50	-100
10	3,000.2	50	200	5,999.9	40	-90
Diferencial máxima	20			20		
Error máximo permitido	± 300 mg			± 300 mg		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19.4	19.4

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1	1.0	1.0	50	0	2,000.0	1,999.9	50	-100	-100
2		1.0	40	10		1,999.9	40	-90	-100
3		1.0	50	0		1,999.9	50	-100	-100
4		1.0	40	10		1,999.9	40	-90	-100
5		1.0	50	0		1,999.9	50	-100	-100
Error máximo permitido : ± 200 mg									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19.4	19.4

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(mg)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
1.0	1.0	50	0						100
5.0	5.0	50	0	0	5.0	50	0	0	100
10.0	10.0	40	10	10	10.0	40	10	10	100
50.0	50.0	40	10	10	50.0	50	0	0	100
100.0	100.0	50	0	0	100.0	40	10	10	100
1,000.0	1,000.0	40	10	10	1,000.0	50	0	0	200
2,000.0	1,999.9	50	-100	-100	1,999.9	40	-90	-90	200
3,000.0	2,999.9	50	-100	-100	2,999.9	50	-100	-100	300
4,000.0	3,999.9	40	-90	-90	3,999.9	40	-90	-90	300
5,000.0	4,999.9	50	-100	-100	4,999.9	50	-100	-100	300
6,200.0	6,199.9	50	-100	-100	6,199.9	50	-100	-100	300

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,104E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{018E-04 \text{ g}^2 + 8,724E-16 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en entrada Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL HORNO



LABORATORIO DE METROLOGÍA | CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°266-2021 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2021-10-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO -
SAN SEBASTIAN

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINZUAR LTDA.

MODELO : PG-190

NÚMERO DE SERIE : 305

PROCEDENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital
Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2021-10-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	16.5	18.9
Humedad Relativa %HR	47	47

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de Indicación digital de 10 termocuplas	CC - 6319 - 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Técnico A. Huamán Huamán
Responsable del Laboratorio de Metrología

☎ Teléfono:
(01) 622 - 5814
☎ Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.1	108.0	108.3	114.8	109.9	108.8	109.9	108.7	108.3	108.0	108.8	109.4	6.8
02	110.1	108.6	108.9	109.9	110.7	109.9	110.7	110.6	108.9	108.6	109.9	109.7	2.1
04	110.4	108.3	108.5	110.1	110.1	111.0	110.1	110.0	108.5	108.3	111.0	109.6	2.7
06	109.8	108.0	108.3	109.6	109.7	109.8	109.7	109.7	108.3	108.0	109.8	109.1	1.8
08	110.1	108.1	108.4	113.2	109.8	109.8	109.8	109.7	108.4	108.1	109.8	109.5	5.1
10	110.1	108.2	108.5	110.1	109.9	110.1	109.9	109.8	108.5	108.2	110.1	109.3	1.9
12	110.1	108.0	108.4	109.8	109.9	110.0	109.9	109.6	108.4	108.0	110.0	109.2	2
14	110.1	107.9	108.1	109.9	109.9	111.3	109.9	109.6	108.1	107.9	111.3	109.4	3.4
16	110.0	107.7	108.1	109.6	109.5	109.5	109.5	109.4	108.1	107.7	109.5	108.9	1.9
18	110.1	108.9	108.2	109.6	109.4	109.5	109.4	109.5	108.2	108.9	109.5	109.1	1.4
20	110.0	108.0	108.3	114.8	109.9	108.8	109.9	108.7	108.3	108.0	108.8	109.4	6.8
22	110.0	108.6	108.9	109.9	110.7	109.9	110.7	110.6	108.9	108.6	109.9	109.7	2.1
24	110.0	108.3	108.5	110.1	110.1	111.0	110.1	110.0	108.5	108.3	111.0	109.6	2.7
26	110.0	108.0	108.3	114.8	109.9	108.8	109.9	108.7	108.3	108.0	108.8	109.4	6.8
28	110.0	108.6	108.9	109.9	110.7	109.9	110.7	110.6	108.9	108.6	109.9	109.7	2.1
30	110.0	108.3	108.5	110.1	110.1	111.0	110.1	110.0	108.5	108.3	111.0	109.6	2.7
32	110.1	108.0	108.3	109.6	109.7	109.8	109.7	109.7	108.3	108.0	109.8	109.1	1.8
34	110.1	108.1	108.4	113.2	109.8	109.8	109.8	109.7	108.4	108.1	109.8	109.5	5.1
36	110.0	108.2	108.5	110.1	109.9	110.1	109.9	109.8	108.5	108.2	110.1	109.3	1.9
38	110.0	108.0	108.4	109.8	109.9	110.0	109.9	109.6	108.4	108.0	110.0	109.2	2.0
40	110.0	107.9	108.1	109.9	109.9	111.3	109.9	109.6	108.1	107.9	111.3	109.4	3.4
42	110.0	107.7	108.1	109.6	109.5	109.5	109.5	109.4	108.1	107.7	109.5	108.9	1.9
44	110.0	108.9	108.2	109.6	109.4	109.5	109.4	109.5	108.2	108.9	109.5	109.1	1.4
46	110.0	108.0	108.3	114.8	109.9	108.8	109.9	108.7	108.3	108.0	108.8	109.4	6.8
48	110.0	108.6	108.9	109.9	110.7	109.9	110.7	110.6	108.9	108.6	109.9	109.7	2.1
50	110.1	108.3	108.5	110.1	110.1	111.0	110.1	110.0	108.5	108.3	111.0	109.6	2.7
52	110.0	107.7	108.1	109.6	109.5	109.5	109.5	109.4	108.1	107.7	109.5	108.9	1.9
54	110.0	108.9	108.2	109.6	109.4	109.5	109.4	109.5	108.2	108.9	109.5	109.1	1.4
56	110.0	108.0	108.3	114.8	109.9	108.8	109.9	108.7	108.3	108.0	108.8	109.4	6.8
58	110.0	108.6	108.9	109.9	110.7	109.9	110.7	110.6	108.9	108.6	109.9	109.7	2.1
60	110.1	108.3	108.5	110.1	110.1	111.0	110.1	110.0	108.5	108.3	111.0	109.6	2.7
T. PROM.	110.0	108.2	108.4	110.9	110.0	109.9	110.0	109.7	108.4	108.2	109.9	109.4	
T. MAX	110.4	108.9	108.9	114.8	110.7	111.3	110.7	110.6	108.9	108.9	111.3		
T. MIN	109.8	107.7	108.1	109.6	109.4	108.8	109.4	108.7	108.1	107.7	108.8		
DTT	0.6	1.2	0.8	5.2	1.3	2.5	1.3	1.9	0.8	1.2	2.5		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.8	0.3
Mínima Temperatura Medida	107.7	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5.2	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2.6	0.3
Estabilidad Medida (±)	2.6	0.04
Uniformidad Medida	6.8	0.3

T: PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°266-2021 GLT

Página 3 de 4

8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

9. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO



☎ Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratoriogyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

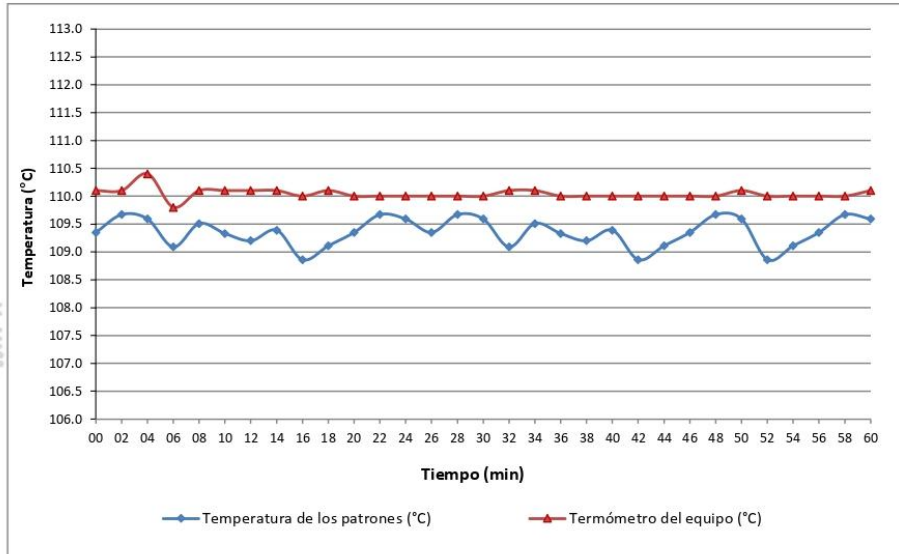
📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C

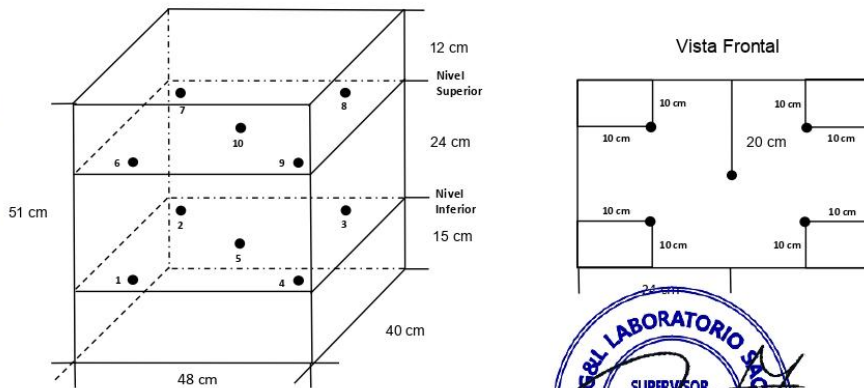


DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO

TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C



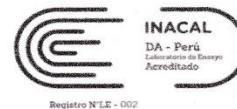
UBICACIÓN DE LOS SENSORES



ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL BIOSOLIDO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2140941 Rev. 0**

EPS. SEDACUSCO S.A.

AV. ANSELMO ALVARES 364 WANCHAQ- CUSCO

ENV / LB-350382-002

PROCEDENCIA : **FISCAL**

Fecha de Recepción SGS : 03-12-2021
Fecha de Ejecución : Del 03-12-2021 al 16-12-2021
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
PTAR SAN JERONIMO

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 24/12/2021

Carmen R. Guerrero Cantorin
C.Q.P.1198
Coordinador de Calidad

Liz E. Huamani Perez
C.B.P. 13019
Coordinador de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 5

SGS del Perú S.A.C.

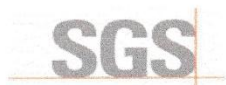
Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

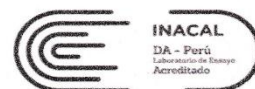
Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2140941 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PTAR SAN JERONIMO
PROFUNDIDAD (m)					
FECHA DE MUESTREO					02/12/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00
MATRIZ					LODOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					LODOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Generales					
Sólidos Totales	ES_APHA2540G	%	0.006	0.015	31.613 *
Sólidos Totales	ES_APHA2540G	mg/kg	60	150	316,127
Sólidos Volátiles	ES_APHA2540G	%	0.006	0.015	14.813 *
Sólidos Volátiles	ES_APHA2540G	mg/kg	60	150	148,133 *
Potencial de Hidrógeno	ES_EPA9045	pH	--	--	7.43
Humedad en Suelos	ES_NOM21_AS05	%	0.1	0.3	69.4 *
Materia orgánica	ES_NOM21_AS07_MO_T OC	%	0.1	0.3	23.8
Nitrógeno Total	ES_SGS_ME45	mg/kg	0.3	0.8	24,893.0 *
Análisis Microbiológicos					
Huevos Viables de Helmintos	ES_EPA625_I_CX	HVH/4g ST	--	--	0.000 *
Cuantificación de Salmonella spp	ES_NOM004SEMARNAT_ AQ	NMP/10g	--	--	<1.8 *
Metales Totales					
Aluminio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	2.701	8.602	9,848.819
Antimonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.041	0.131	3.158
Arsénico Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.897	2.857	6.621
Bario Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.138	0.440	225.269
Berilio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.054	0.173	0.463
Bismuto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103	15.745
Boro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.399	17.195	18.606
Cadmio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.045	0.144	1.119
Calcio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	65.382	208.223	46,680.588
Circonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.046	0.147	1.194
Cobalto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.040	0.128	5.820
Cobre Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.357	1.136	118.919
Cromo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.314	1.001	28.047
Escandio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.099	0.317	0.402
Estaño Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.295	0.940	4.889
Estroncio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.258	0.822	259.329
Fosforo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	4.759	15.157	10,971.727
Hierro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	9.201	29.302	11,177.357
Lantano Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103	5.950

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

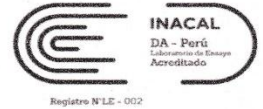
Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C. | Av. Eimer Faucett 3348 | Callao 1 | Callao | t (511) 517 1900 | www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 | Parque Industrial | Arequipa | t (054) 213 506 | e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez | Ba. San Antonio | Cajamarca | t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2140941 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PTAR SAN JERONIMO
PROFUNDIDAD (m)					
FECHA DE MUESTREO					02/12/2021
HORA DE MUESTREO					10:00:00
MATRIZ					LODOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					LODOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Litio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.0	3.0	18.4
Magnesio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.509	17.545	7,476.716
Manganeso Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.202	0.643	333.606
Mercurio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.082	0.262	0.582
Molibdeno Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.057	0.182	3.125
Metales Totales					
Niquel Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.156	0.498	14.737
Plata Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.084	0.268	1.698
Plomo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.109	0.346	23.230
Potasio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	13.500	42.993	1,823.430
Selenio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.132	3.605	<3.605
Sodio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	7.579	24.136	636.308
Talio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.029	0.093	0.096
Thorio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.035	0.112	1.003
Titanio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.079	0.251	96.908
Uranio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.102	0.553
Vanadio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.488	4.737	25.854
Wolframio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.072	0.231	<0.231
Ytrio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.030	0.096	4.565
Zinc Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.607	1.934	844.771

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092

www.sgs.pe
Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL SUELO NATURAL



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.

- LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastian - Cusco, Tlf: 270342, Claro: 974279249, Movistar: 998990111, RPM: #998990111

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



Tesis: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Tesistas: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Ubicación:

Sectores : CALLE INTIRAYMI
Distrito : SAN SEBASTIAN
Provincia : CUSCO
Region : CUSCO

REALIZADO POR: Jefferson Chara holguin
Jefe de laboratorio

DNI:70420382

REVISADO POR: Hugo Cuba Benavente
Especialista en Geotecnia

Ing. Civil CIP 128589

30-Mar.-22

Cusco-Peru

INGEOOMA INGENIERIA GEOTECNICA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/22

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	1

PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30.54 g
PESO DE LA PERDIDA DE MATERIAL	469.46 g

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200

MANUAL DE CARRETERAS EG- 2013

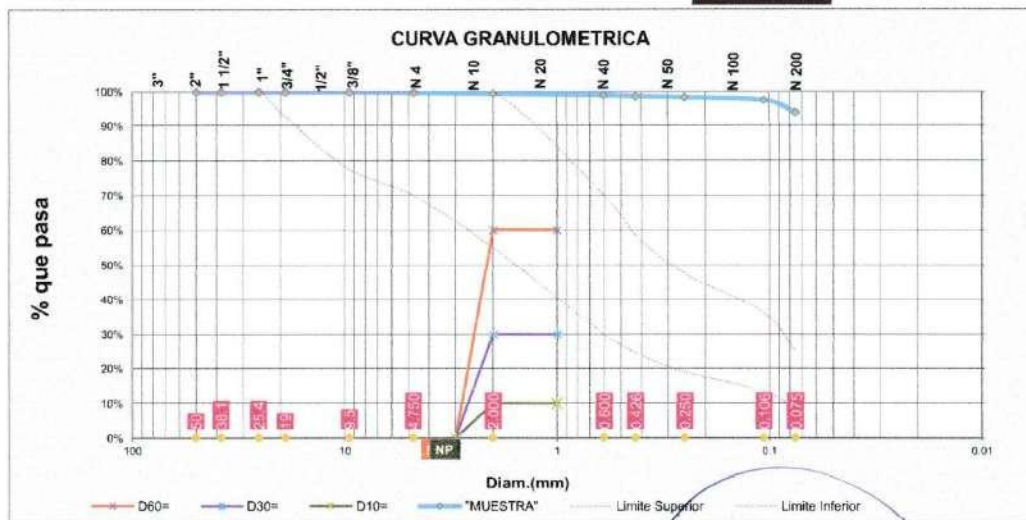
Gradación D

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	% retenido acumulado	%que pasa	Límite Superior	Límite Inferior	Cumple??
2 pulg	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
1 1/2 pulg	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
1 pulg	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
3/4 pulg	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	92.50%	SI
3/8 pulg	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	77.50%	SI
N° 4	4.750	0.85	0.17%	0.17%	99.83%	100.00%	70.00%	SI
N° 10	2.000	1.64	0.33%	0.50%	99.50%	100.00%	55.00%	SI
N°20	0.600	2.08	0.42%	0.91%	99.09%	70.00%	30.00%	NO
N° 40	0.426	1.71	0.34%	1.26%	98.74%	58.50%	24.50%	NO
N°60	0.250	1.62	0.32%	1.58%	98.42%	47.50%	19.00%	NO
N°140	0.106	4.14	0.83%	2.41%	97.59%	36.25%	13.50%	NO
N° 200	0.075	17.86	3.57%	5.98%	94.02%	25.00%	8.00%	NO
bandeja	0.010	469.84	94.02%	100.00%	0.00%			
TOTAL		499.74	100.00%					

% de gruesos= 5.98%
% de finos= 94.02%
% de grava= 0.17%
% de arena= 5.81%

% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 2.84% (Grava)
% de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 97.16% (Arena)

METODO DE COMPACTACION A



D60= NP
D30= NP
D10= NP

Cu= NP
Cc= NP

INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
DIP 128559
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/22

Solicitante: Laurethe Margaret Condoni Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	I

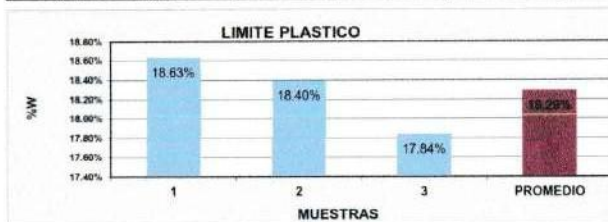
PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30,54 g
PESO DE LA PERDIDA DE MATERIAL	469,46 g

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

LIMITES DE CONSISTENCIA

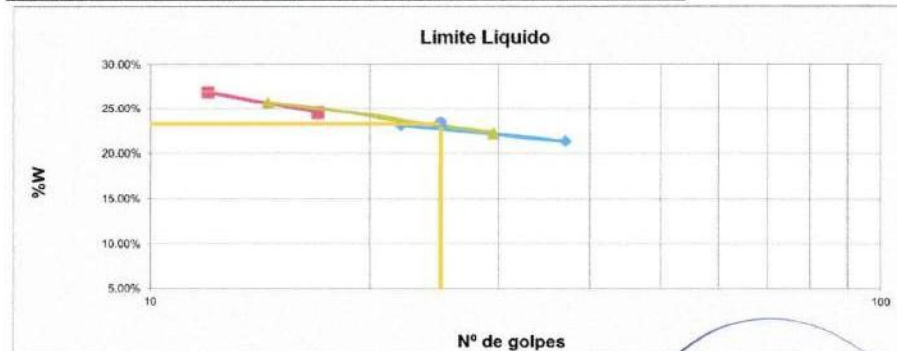
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	23.56	26.67	22.59	
peso de suelo seco + lata(gr)	22.77	25.89	21.88	
peso de lata(gr)	18.53	21.65	17.90	
peso de suelo seco(gr)	4.24	4.24	3.98	
peso de suelo humedo(gr)	5.03	5.02	4.69	
peso de agua(gr)	0.79	0.78	0.71	
contenido de humedad	18.63%	18.40%	17.84%	18.29%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

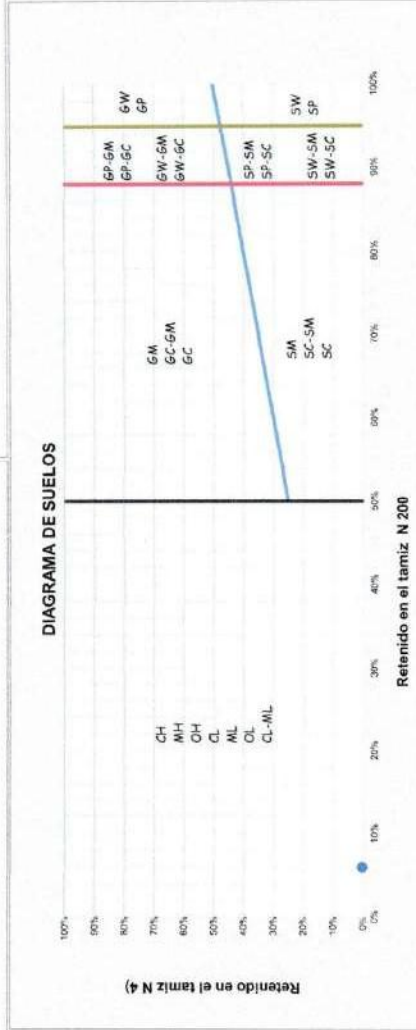
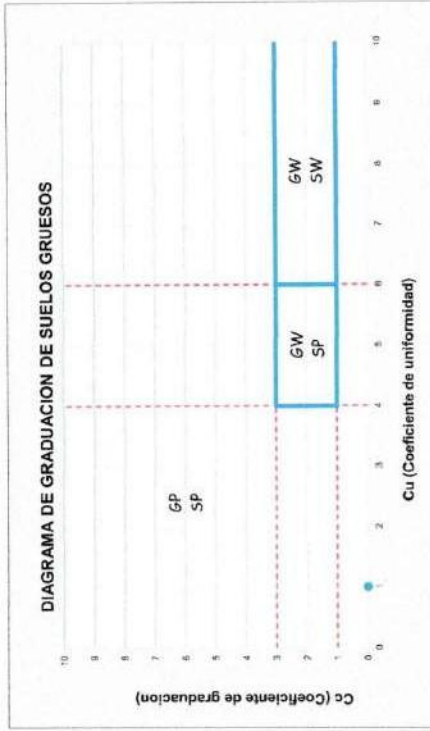
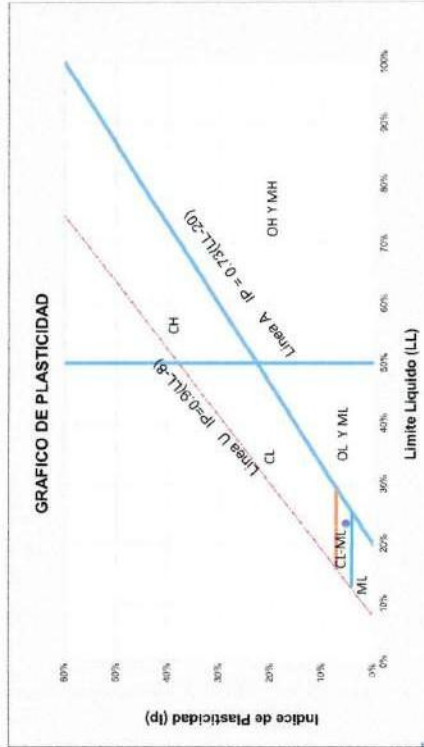
N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	126.33	145.39	123.32	133.50
peso de suelo seco + lata(gr)	108.32	122.26	103.38	110.08
peso de lata(gr)	24.2	22.5	22.12	23.09
peso de suelo seco(gr)	84.12	99.76	81.26	86.99
peso de suelo humedo(gr)	102.13	122.89	101.20	110.41
peso de agua(gr)	18.01	23.13	19.94	23.42
contenido de humedad	21.41%	23.19%	24.54%	26.92%
Numero de golpes:N	37	22	17	12
LL aproximado	22.45	22.83	23.42	24.63



LL=	23.33
LP=	18.29
IP=	5.04

INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP: 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.





CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES
 - Av. El Encanto C.S. San Sebastián - Cusco. Tlf: 2042 4200 - 07479844 - 07479844 - 07479844 - 07479844

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN AASHTO

De los límites de consistencia
 LL = 23.33%
 LP = 18.29%
 IP = 5.04%

Datos para la clasificación
 De la granulometría
 % QUE PASA EL TAMIZ N° 10 = 99.83%
 % QUE PASA EL TAMIZ N° 40 = 99.89%
 % QUE PASA EL TAMIZ N° 200 = 97.59%

Clasificación General	Materiales granulares (35% como máximo de lo que pasa el tamiz N° 200)							Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200)							
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7	A-4 (1)	A-5 (1)	A-6 (1)	A-7 (1)
Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz															
N° 10	50% max.														
N° 40	30% max.	50% max.	45% max.												
N° 200	15% max.	10% max.	10% max.	35% max.	35% max.	35% max.	35% max.	30% min.	30% min.	30% min.	30% min.	30% min.	30% min.	30% min.	30% min.
Características de la fracción que pasa la malla N° 40															
Límite líquido (LL)					41% max.	40% max.	41% min.								
Índice de plasticidad (IP)					11% min.	11% min.	11% min.								
Índice de grupo (GI)	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
Clasificación base GI	A-1-a (1)	A-1-b (1)	A-3 (1)	A-2-4 (1)	A-2-5 (1)	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	A-4 (1)	A-5 (1)	A-6 (1)	A-7 (1)	A-4 (1)	A-5 (1)	A-6 (1)	A-7 (1)
Tipo de material	Fragmento de roca, grava y arena			Grava y arena limosa arenosa			Grava y arena limosa arenosa			Principalmente suelos arcillosos			Principalmente suelos arcillosos		
Clasif. De la Subrasante	Excelente a buena							Regular a pobre							
Equipo de compactación (denso)	Rodillo Liso y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Piso Impacto y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Pisco Impacto	Rodillo Neumático, Liso y Pata e cabra	Rodillo Neumático, Liso y Pata e cabra	Rodillo Neumático, Liso y Pata e cabra	Rodillo Neumático, Liso y Pata e cabra	Rodillo Neumático, y Pata e cabra	Rodillo Neumático, y Pata e cabra	Rodillo Neumático, y Pata e cabra	Rodillo Neumático, y Pata e cabra	Rodillo Pata e cabra

A-4 (0) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.

Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 128539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO,
CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

MUESTRA	01
---------	----

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/22

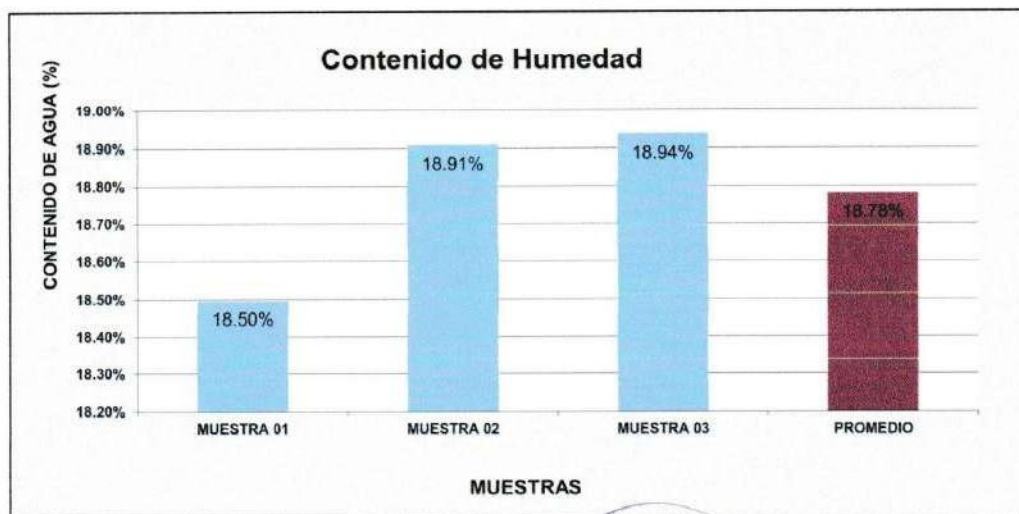
Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	25.41	23.16	24.00	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	84.54	86.61	84.86	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	75.31	76.52	75.17	
PESO DEL AGUA	9.23	10.09	9.69	
PESO DEL SUELO SECO	49.90	53.36	51.17	
CONTENIDO DE AGUA (%)	18.50%	18.91%	18.94%	18.78%

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 18.78%



INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.J.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP: 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN -CUSCO -CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Muestra: TERRENO NATURAL
Fecha: 30/03/22

Clasificación SUCS: CL-ML
Clasificación ASTTIO: A-4(10)

Solicitante: Laurethe Margaret Condoni Bustamante y Ruth Mery Flores Tito

MUESTRA: 1

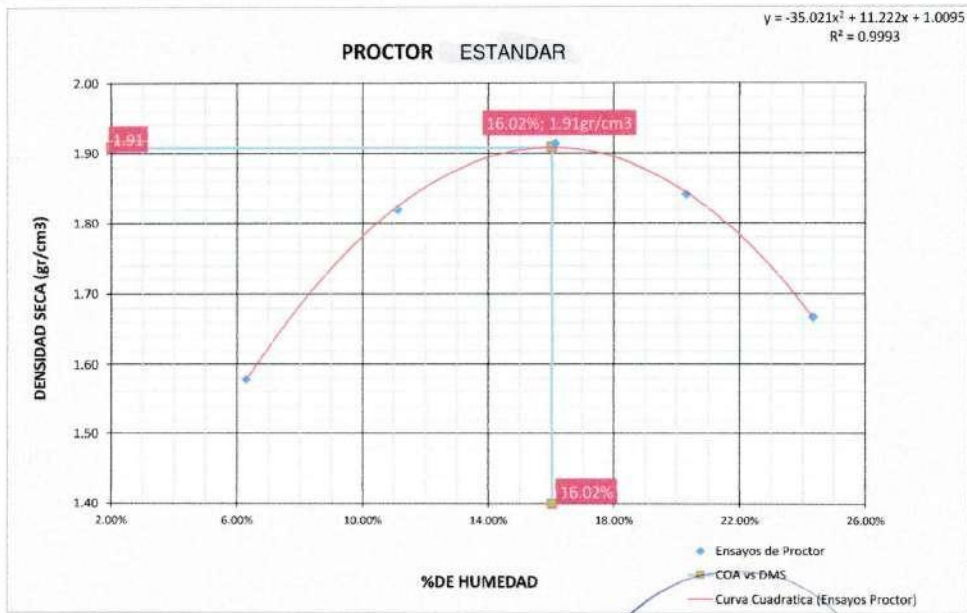
BIOSOLIDO	NO
FORCENTAL USADO	0%

METODO	A
DATOS DEL MOLDE	
Altura	11.40cm
Diámetro	10.45cm
Volumen	977.75cm ³
Peso	3795.00gr
Material restante del tamiz	N4

PROCTOR ESTANDAR MIT E 116 (NTP. 339.142)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m³

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NUMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA (HUM - MOLDE)	5435.0gr		5772.0gr		5968.0gr		5961.0gr		5822.0gr	
PESO MOLDE	3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	1649.0gr		1977.0gr		2173.0gr		2166.0gr		2027.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	977.75cm ³		977.75gr		977.75gr		977.75gr		977.75gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.68gr/cm ³		2.02gr/cm ³		2.22gr/cm ³		2.22gr/cm ³		2.07gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.58gr/cm ³		1.82gr/cm ³		1.91gr/cm ³		1.84gr/cm ³		1.67gr/cm ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	38.1gr	55.9gr	23.6gr	23.3gr	22.1gr	39.4gr	38.1gr	55.9gr	48.7gr	52.1gr
PESO DE LA MUESTRA HUM - RECIPIENTE	172.3gr	188.7gr	104.0gr	102.2gr	132.5gr	161.6gr	184.7gr	201.3gr	122.3gr	110.4gr
PESO DE LA MUESTRA SECA - RECIPIENTE	164.4gr	180.8gr	95.2gr	95.2gr	117.3gr	144.6gr	182.8gr	160.3gr	108.3gr	98.6gr
PESO DE AGUA	7.9gr	7.9gr	8.9gr	7.1gr	15.4gr	16.9gr	1.9gr	41.0gr	14.0gr	11.7gr
PESO DE MUESTRA SECA	126.3gr	124.9gr	71.6gr	71.9gr	95.0gr	105.2gr	144.7gr	104.4gr	59.7gr	46.5gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.22%	6.36%	12.39%	9.82%	16.19%	16.08%	1.31%	39.29%	23.38%	25.27%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.29%		11.11%		16.14%		20.30%		24.32%	



Gracmas-CHO-	1.91gr/cm ³	DENSIDAD MAXIMA SECA	1.91gr/cm ³
	16.02%	DENSIDAD MAXIMA HUMEDA	2.22gr/cm ³

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/22

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación ASTHO= A- 4 (0)

MUESTRA	1
---------	---

RESOLIDO	NO
PORCENTAJE	0%

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASMT D 1883)

MOLDE Nº	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr			
PESO MOLDE	7207.0gr	7024.0gr	7243.0gr			
PESO MUESTRA HUMEDA	4475.0gr	4354.0gr	4199.0gr			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr			
DENSIDAD HUMEDAD	2.11gr/cm ³	2.05gr/cm ³	1.98gr/cm ³			
DENSIDAD SECA	1.86gr/cm ³	1.80gr/cm ³	1.71gr/cm ³			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nº	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
PESO RECIPIENTE	1	2	3	4	5	6
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	22.46gr	22.94gr	23.31gr	22.08gr	15.41gr	31.64gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	73.10gr	88.89gr	89.42gr	90.63gr	69.62gr	98.53gr
PESO DE AGUA	67.14gr	81.09gr	81.15gr	82.19gr	62.40gr	89.41gr
PESO DE MUESTRA SECA	5.96gr	7.80gr	8.27gr	8.44gr	7.22gr	9.12gr
PESO DE MUESTRA SECA	44.68gr	58.15gr	57.84gr	60.11gr	46.99gr	57.77gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	13.34%	13.41%	14.30%	14.04%	13.36%	15.79%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	13.38%		14.17%		15.58%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

Nº DE GOLPES POR CAPA	56	26	12
MOLDE Nº	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACION	11784.0gr	11521.0gr	11632.0gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	102.0gr	143.0gr	190.0gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	0.8%	1.26%	1.66%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

Nº DE GOLPES POR CAPA	56			26			12			
MOLDE Nº	1			2			3			
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.001pg	mm	mm	%	0.001pg	mm	mm	%	
28/02/2022	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0.0	0.00%	
01/03/2022	24	7.0	0.1778	0.15%	9.3	0.23622	0.20%	10.8	0.27432	0.23%
02/03/2022	48	12.6	0.32004	0.27%	15.4	0.39116	0.33%	24.1	0.61214	0.51%
03/03/2022	72	20.2	0.51308	0.43%	23.9	0.60706	0.51%	26.2	0.66548	0.55%
04/03/2022	96	24.3	0.61722	0.51%	37.3	0.94742	0.79%	39.3	0.99822	0.83%

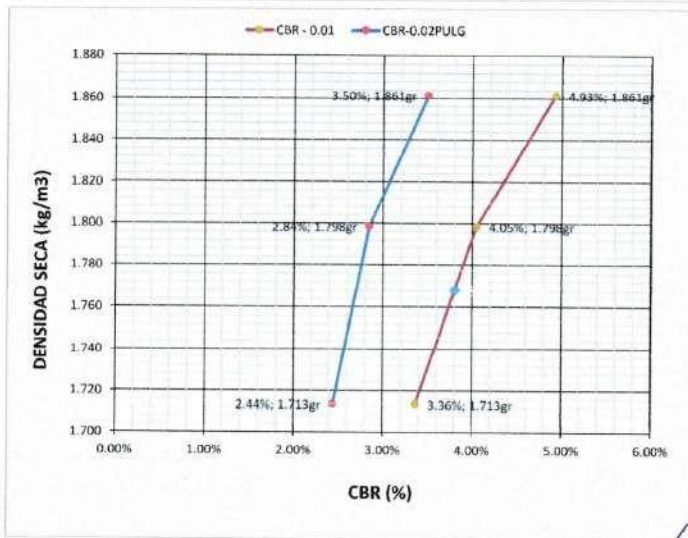
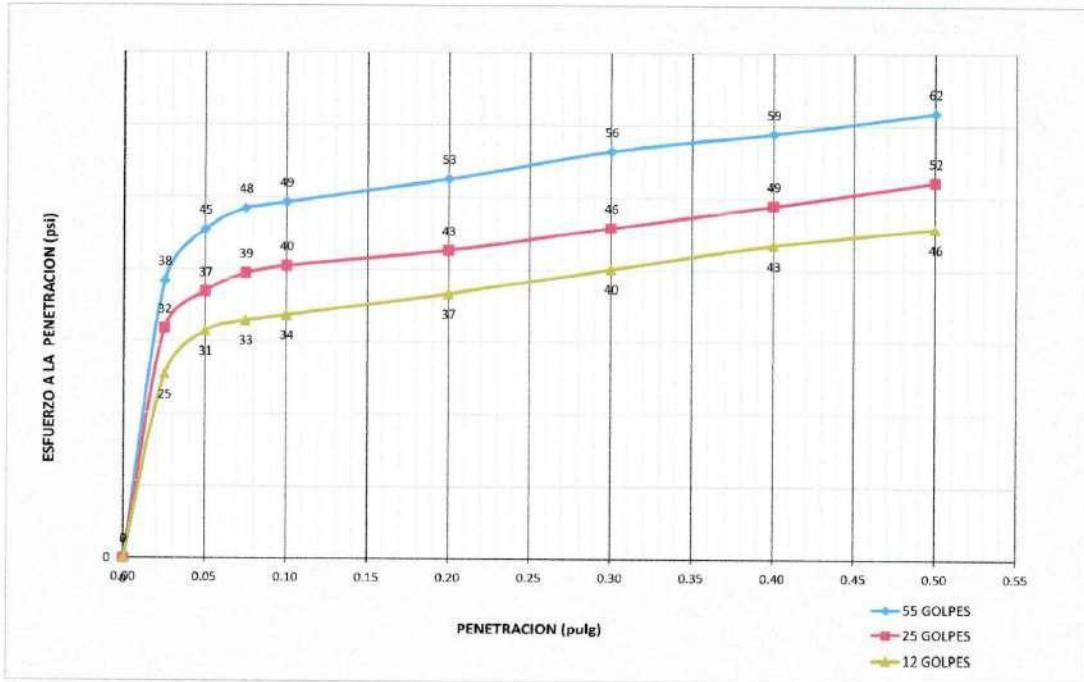
DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

1 KN=224.80894309971000 lb		55 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas		MOLDE Nº			MOLDE Nº			MOLDE Nº		
PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (psi)	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	
		DIAL	psi	%	DIAL	psi	%	DIAL	psi	
0		0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	
0.635	0.025	0.512 KN	38		0.424 KN	32		0.339 KN	25	
1.27	0.050	0.607 KN	45		0.492 KN	37		0.419 KN	31	
1.905	0.075	0.646 KN	48		0.526 KN	39		0.439 KN	33	
2.54	0.100	0.658 KN	49	4.93%	0.540 KN	40	4.08%	0.449 KN	34	
3.08	0.200	1500	0.701 KN	53	3.50%	0.569 KN	43	2.84%	0.489 KN	37
3.62	0.300	1900	0.752 KN	56	2.97%	0.611 KN	46	2.41%	0.535 KN	40
7.62	0.400	2300	0.785 KN	59	2.56%	0.652 KN	49	2.12%	0.579 KN	43
10.16	0.400	2300	0.824 KN	62	2.37%	0.696 KN	52	2.01%	0.610 KN	46
12.7	0.500	2600								

INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 1285-09
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

MUESTRA 1



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.51%	0.87%
25 GOLPES	0.79%	1.24%
12 GOLPES	0.83%	1.66%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m3)	1.86gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.38%
95% MDS (kg/m3)	1.77gr

CBR AL 100% DE MDS=	4.93%	OK!
CBR AL 95% DE MDS=	3.80%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR= 4.93%

El material se considera:

REGULAR

INGEOMAT
INGENIERIA DE MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/22

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

MUESTRA I

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE	0%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN

REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA		Nº DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO
		1	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr

Nº	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (Kgf)	DEFORMACION UNITARIA e	FACTOR DE CORRECCION (1-e)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.237	0.024	7.606 cm	2.69	0.003 cm	0.997 cm	11.861 cm ²	0.227	0.113
2	0.263	0.026	7.604 cm	3.21	0.003 cm	0.997 cm	11.865 cm ²	0.271	0.135
3	0.315	0.031	7.599 cm	3.56	0.004 cm	0.996 cm	11.873 cm ²	0.300	0.150
4	0.421	0.042	7.588 cm	3.90	0.006 cm	0.994 cm	11.890 cm ²	0.328	0.164
5	0.473	0.047	7.583 cm	4.32	0.006 cm	0.994 cm	11.898 cm ²	0.363	0.181
6	0.499	0.050	7.58 cm	4.46	0.007 cm	0.993 cm	11.902 cm ²	0.375	0.187
7	0.528	0.053	7.577 cm	4.65	0.007 cm	0.993 cm	11.907 cm ²	0.391	0.195
8	0.632	0.063	7.567 cm	4.96	0.008 cm	0.992 cm	11.923 cm ²	0.416	0.208
9	0.684	0.068	7.562 cm	5.16	0.009 cm	0.991 cm	11.932 cm ²	0.433	0.216
10	0.736	0.074	7.556 cm	5.35	0.010 cm	0.990 cm	11.940 cm ²	0.448	0.224
11	0.842	0.084	7.546 cm	5.65	0.011 cm	0.989 cm	11.957 cm ²	0.473	0.236
12	0.949	0.095	7.535 cm	6.03	0.013 cm	0.987 cm	11.975 cm ²	0.504	0.252
13	1.076	0.108	7.522 cm	6.41	0.014 cm	0.986 cm	11.995 cm ²	0.534	0.267
14	1.183	0.118	7.512 cm	6.78	0.016 cm	0.984 cm	12.013 cm ²	0.565	0.282
15	1.287	0.129	7.501 cm	7.02	0.017 cm	0.983 cm	12.030 cm ²	0.583	0.292
16	1.342	0.134	7.496 cm	7.13	0.018 cm	0.982 cm	12.039 cm ²	0.592	0.296
17	1.394	0.139	7.491 cm	7.22	0.019 cm	0.981 cm	12.048 cm ²	0.599	0.300
18	1.422	0.142	7.488 cm	7.27	0.019 cm	0.981 cm	12.053 cm ²	0.604	0.302
19	1.474	0.147	7.483 cm	7.36	0.020 cm	0.980 cm	12.061 cm ²	0.610	0.305
20	1.496	0.150	7.48 cm	7.47	0.020 cm	0.980 cm	12.065 cm ²	0.619	0.310

RESULTADOS OBTENIDOS	σ ₁	σ ₃	RADIO	CENTRO
	0.619	0	0.310	0.310

0.030370751 30.37075124 30370.75124



ESFUERZO MÁXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MÁXIMA (kg/cm ²)	CARGA CRÍTICA (Tc) (kg)	AREA CORREGIDA (Ac)
0.310	7.630	7.47 kg	12.065 cm ²

$$q_u = s_u = P_{cr}/A_c = 0.62 \text{ kg/cm}^2$$

MODULO DE ELASTICIDAD (kg/s²*m)
1.56 Pa

PARAMETROS MECANICOS

c = 0.31 kg/cm²

φ = 30.37 kPa

δ = 0°

DONDE:

qu = Resistencia a la compresion

su = Resistencia al corte no drenado

c = Cohesion



ϕ = Angulo de friccion

CLASIFICACION DE LAS ARCILLAS EN FUNCION DE SU RESISTENCIA	
CONSISTENCIA DE LA ARCILLA	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (kPa)
MUY BLANDA	<25



INGEOMAT
INGENIERIA CIVIL Y MATERIALES S.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP. 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI,
 SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
 Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tilo
 Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
 Fecha: marzo 2022
 Tipo de ensayo: UJ = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
 Forma: Redonda

MUESTRA	I
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

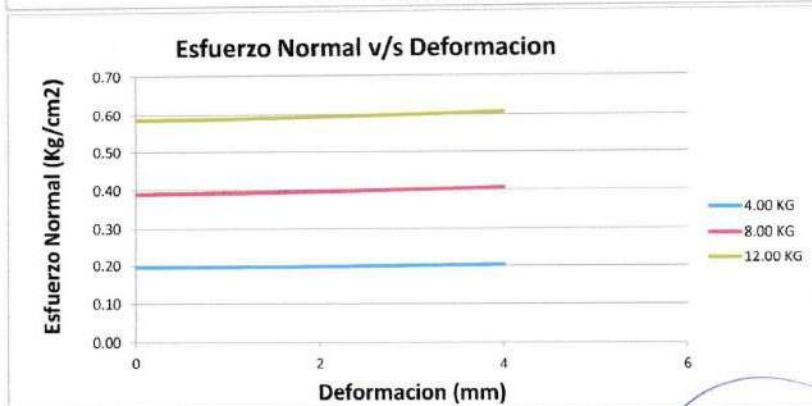
DATOS DEL EQUIPO
 Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA
 Peso= 86.10 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.88 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 17.66%
 Peso Unitario Seco= 1.60 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.263 kg/cm ²	0.202 kg/cm ²
8.00	0.289 kg/cm ²	0.405 kg/cm ²
12.00	0.295 kg/cm ²	0.607 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO:	0.288 kg/cm ²
---------------------	--------------------------



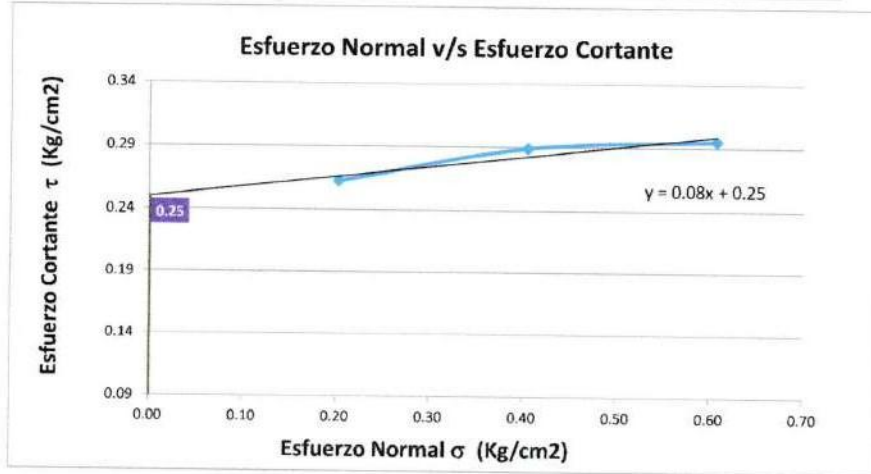
INGEOMAT
 INGENIERIA DE MATERIALES E.I.R.L.
 Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 129539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI,
SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Fecha: marzo - 2022
Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	I
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO
 Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA
 Peso= 86.10 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.88 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 17.66%
 Peso Unitario Seco= 1.60 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.25 Kg/cm²
 $\text{tg}(\psi) = 0.080$
 $\psi = 0.08$ radianes
 $\psi = 4.57^\circ$

INGEOMA
INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI,
SAN SEBASTIAN -CUSCO -CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condoni Bustamante y Ruth Mery Flores Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	2

PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30.54 g
PESO DE LA PÉRDIDA DE MATERIAL	469.46 g

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

LIMITES DE CONSISTENCIA

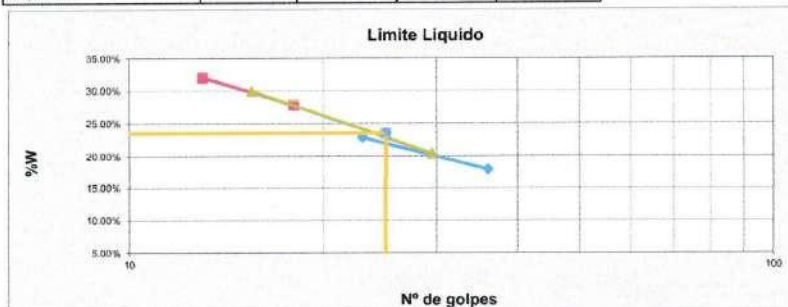
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	24.46	27.44	23.25	
peso de suelo seco + lata(gr)	23.65	26.69	22.47	
peso de lata(gr)	19.28	22.54	18.23	
peso de suelo seco(gr)	4.37	4.15	4.24	
peso de suelo humedo(gr)	5.18	4.90	5.02	
peso de agua(gr)	0.81	0.75	0.78	
contenido de humedad	18.54%	18.07%	18.40%	18.33%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	124.68	146.58	127.26	139.78
peso de suelo seco + lata(gr)	109.32	123.54	104.56	111.65
peso de lata(gr)	23.87	22.97	23.02	23.65
peso de suelo seco(gr)	85.45	100.57	81.54	88
peso de suelo humedo(gr)	109.81	123.61	104.24	116.13
peso de agua(gr)	15.36	23.04	22.70	28.13
contenido de humedad	17.98%	22.91%	27.84%	31.97%
Numero de golpes, N	36	23	18	13
LL aproximado	18.79	22.68	26.75	29.53



LL=	23.48
LP=	18.33
FP=	5.15

Proyecto: BIOSOLIDO DE PIAZ PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Muestra: TERRENO NATURAL
Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laureline Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Flores Tito

HUMEDAD	NO
PORCENTAJE	0%

MUESTRA	2
---------	---

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

Clasificación SUCS= CL ML
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASTM D 1883)

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11969.0gr	11433.0gr	11525.0gr
PESO MOLDE	7207.0gr	7074.0gr	7243.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4762.0gr	4359.0gr	4282.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr
DENSIDAD HUMEDAD	2.25gr/cm ³	2.08gr/cm ³	2.02gr/cm ³
DENSIDAD SECA	2.14gr/cm ³	1.99gr/cm ³	1.93gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD			
RECIPIENTE N°	1	2	3
PESO RECIPIENTE	22.46gr	22.94gr	23.31gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	89.21gr	91.96gr	95.30gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	86.22gr	88.74gr	92.00gr
PESO DE AGUA	2.99gr	3.22gr	3.30gr
PESO DE MUESTRA SECA	63.76gr	65.80gr	68.69gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.69%	4.90%	4.81%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	4.79%	4.74%	4.69%

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION	12355.6gr	12059.5gr	12377.9gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	673.6gr	681.5gr	935.9gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	5.77%	5.99%	8.18%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

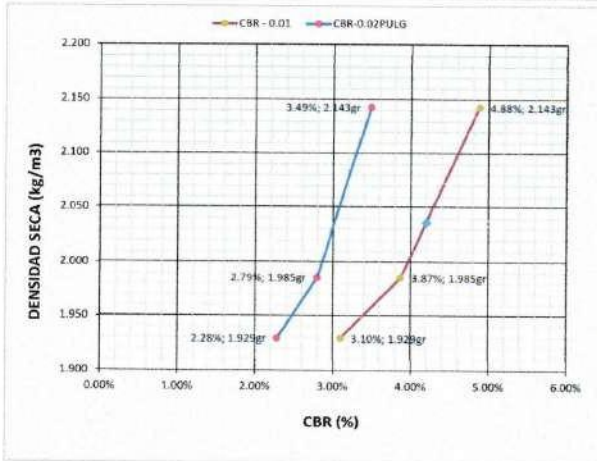
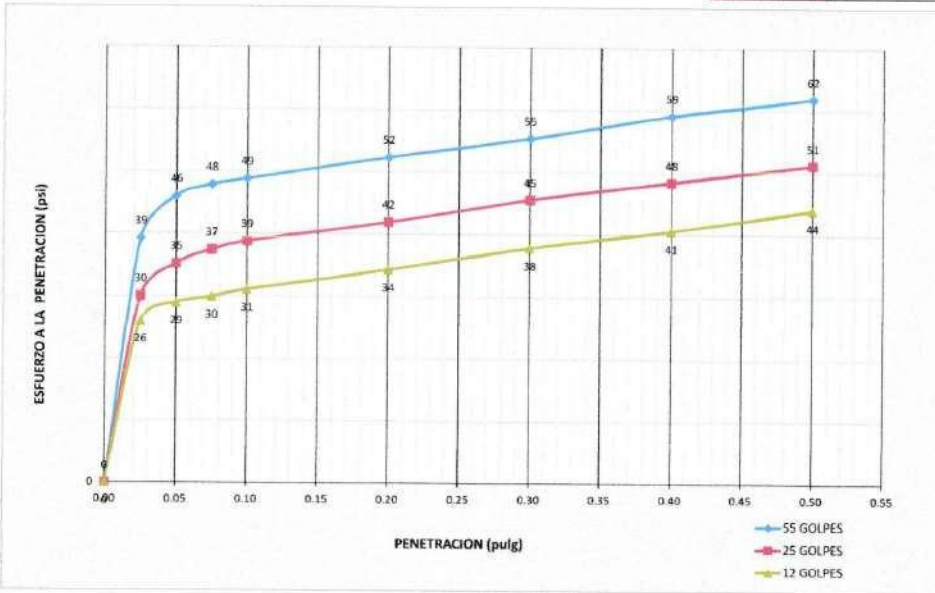
MOLDE N°	FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	56			25			12		
			DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
			0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%
	28/02/2022	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%
	1/03/2022	24	7.1	0.18034	0.18%	9.3	0.23622	0.20%	11.3	0.28752	0.24%
	2/03/2022	48	13.1	0.33274	0.38%	15.7	0.39878	0.33%	24.3	0.61722	0.51%
	3/03/2022	72	21.0	0.5334	0.44%	23.9	0.60706	0.51%	27.1	0.69834	0.57%
	4/03/2022	96	23.2	0.64008	0.53%	38.7	0.98298	0.82%	40.4	1.02616	0.86%

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (psf)	55 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
		MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
		DIAL	psi	%	DIAL	psi	%	DIAL	psi	%
0		0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0
0.025		0.523 KN	39		0.400 KN	30		0.347 KN	26	
1.27		0.613 KN	46		0.469 KN	35		0.386 KN	29	
1.005		0.638 KN	48		0.499 KN	37		0.399 KN	30	
2.54	1000	0.651 KN	49	4.68%	0.517 KN	39	3.87%	0.414 KN	31	3.10%
5.08	1500	0.678 KN	52	3.49%	0.589 KN	42	2.77%	0.457 KN	34	2.28%
7.62	1900	0.739 KN	55	2.91%	0.607 KN	45	2.39%	0.504 KN	38	1.99%
10.16	2300	0.798 KN	59	2.57%	0.645 KN	48	2.10%	0.541 KN	41	1.76%
12.7	2900	0.825 KN	62	2.38%	0.683 KN	51	1.97%	0.588 KN	44	1.69%

Proyecto: BIOSÓLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

MUESTRA 2



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.53%	5.72%
25 GOLPES	0.82%	5.99%
12 GOLPES	0.86%	6.18%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m³)	2.14gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	4.79%
95% MDS (kg/m³)	2.04gr

CBR AL 100% DE MDS=	4.88%	OK)
CBR AL 95% DE MDS=	4.20%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR= 4.88%

El material se considera:

REGULAR

INGEOMAT
INGENIERÍA Y MATERIALES S.A.S.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP. 128549
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

Ub. El Eden lote C-1, San Sebastián - Cusco. Tlf: 270542 Cel: 974277249. Movil: 99899111. RPA: 499896011

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

MUESTRA 2

PROBADO	NO
PERCENTAJE	0%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN
REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA		N° DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO
		2	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr

N°	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (kg)	DEFORMACION UNITARIA	FACTOR DE CORRECCION (1-e)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.246	0.025	7.605 cm	2.80	0.003 cm	0.997 cm	11.842 cm ²	0.236	0.118
2	0.274	0.027	7.603 cm	3.35	0.004 cm	0.996 cm	11.866 cm ²	0.283	0.141
3	0.328	0.033	7.597 cm	3.72	0.004 cm	0.996 cm	11.875 cm ²	0.313	0.156
4	0.439	0.044	7.586 cm	4.08	0.006 cm	0.994 cm	11.892 cm ²	0.343	0.171
5	0.493	0.049	7.581 cm	4.49	0.007 cm	0.993 cm	11.901 cm ²	0.377	0.189
6	0.520	0.052	7.578 cm	4.64	0.007 cm	0.993 cm	11.905 cm ²	0.390	0.195
7	0.551	0.055	7.575 cm	4.84	0.007 cm	0.993 cm	11.910 cm ²	0.406	0.203
8	0.659	0.066	7.564 cm	5.16	0.009 cm	0.991 cm	11.928 cm ²	0.433	0.216
9	0.712	0.071	7.559 cm	5.38	0.009 cm	0.991 cm	11.936 cm ²	0.451	0.225
10	0.765	0.077	7.553 cm	5.57	0.010 cm	0.990 cm	11.945 cm ²	0.467	0.233
11	0.879	0.088	7.542 cm	5.90	0.012 cm	0.988 cm	11.963 cm ²	0.493	0.247
12	0.991	0.099	7.531 cm	6.29	0.013 cm	0.987 cm	11.981 cm ²	0.525	0.263
13	1.123	0.112	7.518 cm	6.68	0.015 cm	0.985 cm	12.003 cm ²	0.556	0.278
14	1.236	0.124	7.506 cm	7.08	0.016 cm	0.984 cm	12.022 cm ²	0.589	0.294
15	1.339	0.134	7.496 cm	7.33	0.018 cm	0.982 cm	12.039 cm ²	0.609	0.304
16	1.396	0.140	7.49 cm	7.42	0.019 cm	0.981 cm	12.048 cm ²	0.616	0.308
17	1.451	0.145	7.485 cm	7.53	0.019 cm	0.981 cm	12.057 cm ²	0.624	0.312
18	1.481	0.148	7.482 cm	7.57	0.020 cm	0.980 cm	12.062 cm ²	0.628	0.314
19	1.538	0.154	7.476 cm	7.68	0.021 cm	0.979 cm	12.072 cm ²	0.636	0.318
20	1.558	0.156	7.474 cm	7.81	0.021 cm	0.979 cm	12.075 cm ²	0.646	0.323

RESULTADOS OBTENIDOS	σ1	σ3	RADIO	CENTRO
	0.646	0	0.323	0.323

0.03169459 31.6945904 31694.5904



ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MAXIMA (kg/cm ²)	CARGA CRITICA (kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)
0.323	7.630	7.81 kg	12.075 cm ²

$$q_u = Su = P_{cr} / A_c = 0.65 \text{ kg/cm}^2$$

Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 128539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE
INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tillo
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Fecha: marzo 2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	2
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 87.10 gr
Peso Unitario Humedo= 1.90 gr/cm³
Contenido de Humedad= 16.13%
Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4.00 KG

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Ka	CARGA NORMAL Ka	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Ka/cm ²	ESFUERZO NORMAL Ka/cm ²
0	0.000	0.0000	4.078	4.000	5.110	20.508	20.51	0.199	0.195
0.1	-0.019	0.0100	4.120	4.000	5.110	20.508	20.51	0.201	0.195
0.2	-0.023	0.0200	4.170	4.000	5.110	20.508	20.50	0.203	0.195
0.3	-0.030	0.0300	4.210	4.000	5.110	20.508	20.49	0.205	0.195
0.4	-0.040	0.0400	4.260	4.000	5.110	20.508	20.48	0.208	0.195
0.5	-0.050	0.0500	4.320	4.000	5.110	20.508	20.47	0.211	0.195
0.6	-0.040	0.0600	4.380	4.000	5.110	20.508	20.46	0.214	0.195
0.8	-0.070	0.0800	4.420	4.000	5.110	20.508	20.44	0.216	0.196
1	-0.080	0.1000	4.470	4.000	5.110	20.508	20.41	0.219	0.196
1.2	-0.100	0.1200	4.520	4.000	5.110	20.508	20.38	0.222	0.196
1.4	-0.120	0.1400	4.580	4.000	5.110	20.508	20.35	0.225	0.197
1.6	-0.150	0.1600	4.630	4.000	5.110	20.508	20.32	0.228	0.197
1.8	-0.180	0.1800	4.690	4.000	5.110	20.508	20.28	0.231	0.197
2	-0.220	0.2000	4.750	4.000	5.110	20.508	20.24	0.235	0.198
2.2	-0.270	0.2200	4.810	4.000	5.110	20.508	20.20	0.238	0.198
2.4	-0.330	0.2400	4.860	4.000	5.110	20.508	20.16	0.241	0.198
2.6	-0.400	0.2600	4.920	4.000	5.110	20.508	20.11	0.245	0.199
2.8	-0.490	0.2800	4.980	4.000	5.110	20.508	20.07	0.248	0.199
3	-0.590	0.3000	5.040	4.000	5.110	20.508	20.02	0.252	0.200
3.2	-0.710	0.3200	5.110	4.000	5.110	20.508	19.97	0.256	0.200
3.4	-0.860	0.3400	5.170	4.000	5.110	20.508	19.92	0.260	0.201
3.6	-1.050	0.3600	5.240	4.000	5.110	20.508	19.87	0.264	0.201
3.8	-1.280	0.3800	5.310	4.000	5.110	20.508	19.82	0.268	0.202
4	-1.540	0.4000	5.380	4.000	5.110	20.508	19.76	0.272	0.202
4.2	-1.860	0.4200	5.440	4.000	5.110	20.508	19.71	0.276	0.203



INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE
INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicita: Laurethe Margaret Condat Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo 2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

MUESTRA	2
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO
 Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA
 Peso= 87.10 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.90 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 16.13%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.276 kg/cm ²	0.203 kg/cm ²
8.00	0.290 kg/cm ²	0.406 kg/cm ²
12.00	0.305 kg/cm ²	0.609 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO: 0.295 kg/cm²



INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE

INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO,

Solicita: Laurethe Margaret Condoni Bustamante y Ruth Mery Florez Tillo

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo 2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

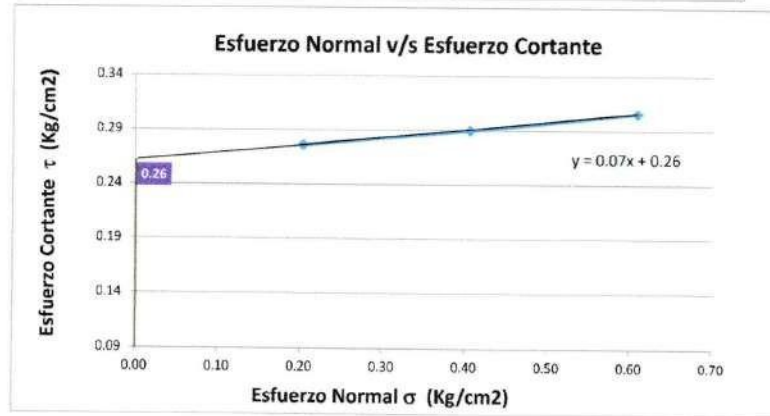
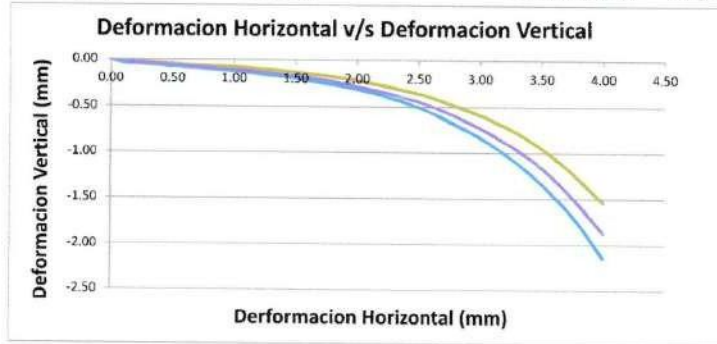
DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

MUESTRA	2
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 87.10 gr
Peso Unitario Humedo= 1.90 gr/cm³
Contenido de Humedad= 16.13%
Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.26 Kg/cm²
 $\tan(\phi) = 0.070$
 $\phi = 0.07$ radianes
 $\phi = 4.00^\circ$

INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Hugo Cuba Benavente
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PIAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO,

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mary Flores Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	3

PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30.54 g
PESO D LA PERDIDA DE MATERIAL	469.46 g

BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

LIMITES DE CONSISTENCIA

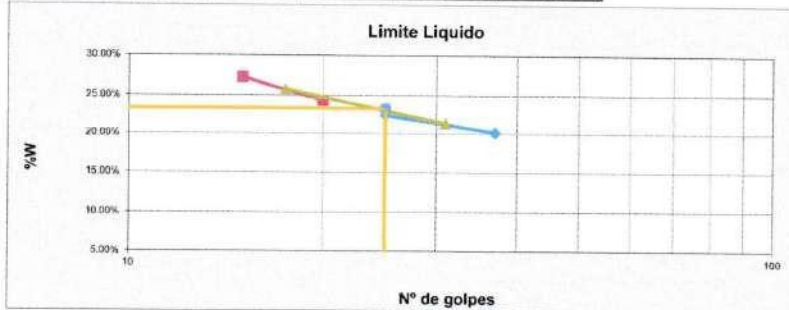
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP - 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	24.62	27.51	23.38	
peso de suelo seco + lata(gr)	23.87	26.81	22.65	
peso de lata(gr)	19.89	22.96	18.51	
peso de suelo seco(gr)	3.98	3.85	4.14	
peso de suelo humedo(gr)	4.73	4.55	4.87	
peso de agua(gr)	0.75	0.70	0.73	
contenido de humedad	18.84%	18.18%	17.63%	18.22%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP - 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	127.08	146.34	125.87	138.32
peso de suelo seco + lata(gr)	109.79	123.77	105.78	113.77
peso de lata(gr)	23.98	23.01	23.12	23.85
peso de suelo seco(gr)	85.81	100.76	82.66	89.92
peso de suelo humedo(gr)	103.10	123.33	102.75	114.47
peso de agua(gr)	17.29	22.57	20.09	24.55
contenido de humedad	20.15%	22.40%	24.30%	27.30%
Numero de golpes/N	37	25	20	15
LL aproximado	21.13	22.40	23.66	25.67



LL=	23.29
LP=	18.22
IP=	5.07

INGEOMAT
INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE FTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANIE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laureine Margaret Condo Bustamante y Ruth Mery Flores Tillo

Clasificación SUCS= CL-ML

Clasificación AASHO= A-4 (0)

MUESTRA 3

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASTM D 1883)

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	12015.0gr	11453.0gr	11544.0gr			
PESO MOLDE	7207.0gr	7024.0gr	7243.0gr			
PESO MUESTRA HUMEDA	4808.0gr	4429.0gr	4301.0gr			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr			
DENSIDAD HUMEDAD	2.27gr/cm ³	2.09gr/cm ³	2.03gr/cm ³			
DENSIDAD SECA	2.16gr/cm ³	1.99gr/cm ³	1.94gr/cm ³			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6
PESO RECIPIENTE	22.46gr	22.94gr	23.31gr	22.08gr	15.41gr	31.64gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	90.26gr	93.38gr	93.89gr	93.65gr	90.18gr	93.03gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	87.25gr	90.16gr	90.64gr	90.34gr	87.25gr	90.62gr
PESO DE AGUA	3.01gr	3.42gr	3.25gr	3.26gr	2.93gr	3.01gr
PESO DE MUESTRA SECA	64.79gr	67.22gr	67.33gr	68.26gr	71.84gr	58.38gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.65%	5.08%	4.83%	4.78%	4.08%	5.16%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	4.87%		4.81%		4.62%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACION	12340.6gr	12095.5gr	12406.3gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	658.6gr	717.5gr	964.3gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	5.64%	6.31%	8.43%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

N° DE GOLPES POR CAPA	56			25			12			
	1			2			3			
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%
28/02/2022	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%
1/03/2022	24	7.1	0.19034	0.18%	9.6	0.24384	0.20%	11.4	0.28956	0.24%
2/03/2022	48	13.5	0.3429	0.29%	15.8	0.40132	0.33%	24.4	0.61976	0.52%
3/03/2022	72	21.5	0.5461	0.46%	24.5	0.6223	0.52%	27.2	0.69088	0.58%
4/03/2022	96	25.8	0.65532	0.55%	40.3	1.02362	0.85%	40.3	1.02362	0.85%

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

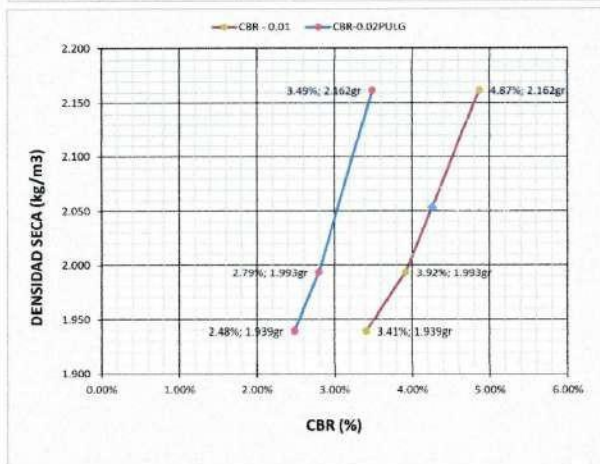
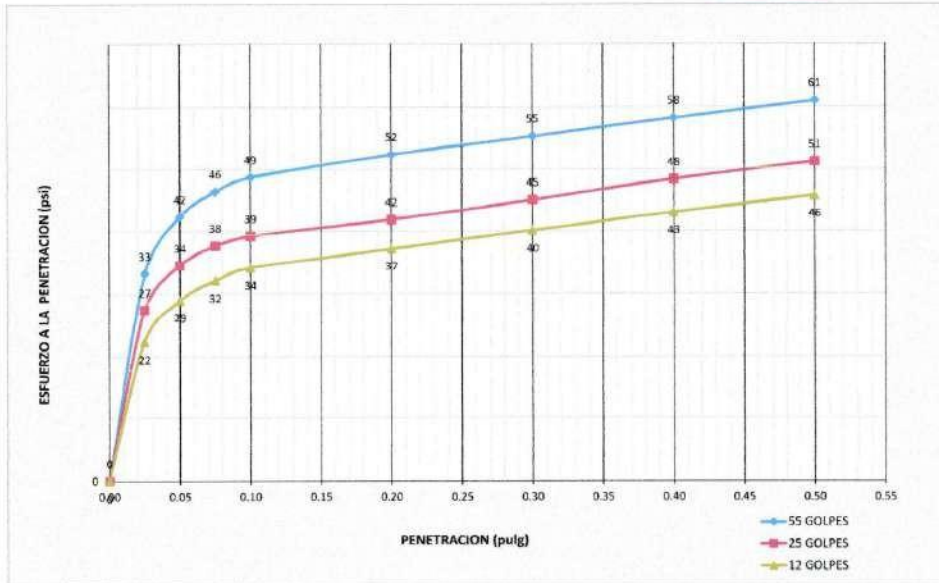
PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (ksi)	55 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
		MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
		CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%
0		0.000 kN	0	0	0.000 kN	0	0	0.000 kN	0	0
0.635	0.025	0.443 kN	33		0.365 kN	27		0.298 kN	22	
1.27	0.050	0.595 kN	42		0.460 kN	34		0.389 kN	29	
1.905	0.075	0.619 kN	46		0.503 kN	38		0.428 kN	32	
2.54	0.100	0.650 kN	49	4.87%	0.523 kN	39	3.92%	0.455 kN	34	3.41%
3.18	0.200	0.899 kN	52	3.49%	0.559 kN	42	2.79%	0.496 kN	37	2.48%
3.82	0.300	1.190 kN	55	2.91%	0.601 kN	45	2.37%	0.535 kN	40	2.11%
4.46	0.400	1.577 kN	58	2.53%	0.645 kN	48	2.10%	0.574 kN	43	1.87%
5.10	0.500	2.000 kN	61	2.35%	0.683 kN	51	1.97%	0.610 kN	46	1.76%

INGEOMAT
INGENIERÍA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSCUDO DE PITAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

MUESTRA 3



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.55%	5.64%
25 GOLPES	0.65%	4.31%
12 GOLPES	0.85%	8.43%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m³)	2.16gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	4.87%
95% A/D5 (kg/m³)	2.05gr

CBR AL 100% DE MDS=	4.87%	OK
CBR AL 95% DE MDS=	4.26%	

Por lo tanto el CBR de diseño será:

CBR= 4.87%

El material de cantera se considera:

REGULAR

INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP: 182949
@WECALUSO2014



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastián - Cusco. TP 270342. Cel: 974279249. Movil: 988993111, 874 498890111

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

MUESTRA 3

IMPURIDAD:	NO
HUMEDAD:	0%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN
REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA		Nº DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO
		3	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr

Nº	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (kg)	DEFORMACION UNITARIA s	FACTOR DE CORRECCION (T-s)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.259	0.026	7.604 cm	2.81	0.003 cm	0.997 cm	11.864 cm ²	0.237	0.118
2	0.289	0.029	7.601 cm	3.34	0.004 cm	0.996 cm	11.869 cm ²	0.281	0.141
3	0.345	0.035	7.595 cm	3.70	0.005 cm	0.995 cm	11.878 cm ²	0.311	0.156
4	0.462	0.046	7.584 cm	4.07	0.006 cm	0.994 cm	11.896 cm ²	0.342	0.171
5	0.520	0.052	7.578 cm	4.48	0.007 cm	0.993 cm	11.905 cm ²	0.376	0.188
6	0.547	0.055	7.575 cm	4.60	0.007 cm	0.993 cm	11.910 cm ²	0.387	0.193
7	0.579	0.058	7.572 cm	4.82	0.008 cm	0.992 cm	11.915 cm ²	0.405	0.202
8	0.695	0.069	7.561 cm	5.15	0.009 cm	0.991 cm	11.933 cm ²	0.431	0.216
9	0.749	0.075	7.555 cm	5.34	0.010 cm	0.990 cm	11.942 cm ²	0.447	0.224
10	0.807	0.081	7.549 cm	5.54	0.011 cm	0.989 cm	11.951 cm ²	0.464	0.232
11	0.926	0.093	7.537 cm	5.89	0.012 cm	0.988 cm	11.971 cm ²	0.492	0.246
12	1.045	0.105	7.525 cm	6.25	0.014 cm	0.986 cm	11.990 cm ²	0.521	0.261
13	1.179	0.118	7.512 cm	6.66	0.016 cm	0.984 cm	12.012 cm ²	0.555	0.277
14	1.300	0.130	7.5 cm	7.05	0.017 cm	0.983 cm	12.032 cm ²	0.586	0.293
15	1.412	0.141	7.489 cm	7.33	0.019 cm	0.981 cm	12.051 cm ²	0.608	0.304
16	1.471	0.147	7.483 cm	7.40	0.020 cm	0.980 cm	12.061 cm ²	0.613	0.307
17	1.529	0.153	7.477 cm	7.50	0.020 cm	0.980 cm	12.070 cm ²	0.621	0.311
18	1.560	0.156	7.474 cm	7.53	0.021 cm	0.979 cm	12.076 cm ²	0.623	0.312
19	1.618	0.162	7.468 cm	7.70	0.022 cm	0.978 cm	12.086 cm ²	0.637	0.318
20	1.640	0.164	7.466 cm	7.76	0.022 cm	0.978 cm	12.089 cm ²	0.641	0.321

RESULTADOS OBTENIDOS	σ1	σ3	RADIO	CENTRO
	0.641	0	0.321	0.321

0.031454864 31.45486399 31454.86399



ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MAXIMA (cm)	CARGA CRITICA (kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)
0.321	7.630	7.76 kg	12.089 cm ²

$$q_u = Su = P_{cr}/A_c = 0.64 \text{ kg/cm}^2$$

INGEOMA
INGENIEROS EN GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO
Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	3
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO

Diámetro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 87.23 gr
Peso Unitario Humedo= 1.91 gr/cm³
Contenido de Humedad= 14.93%
Peso Unitario Seco= 1.66 gr/cm³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4.00 KG

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm ²	ESFUERZO NORMAL Kg/cm ²
0	0.000	0.0000	4.420	4.000	5.110	20.508	20.51	0.216	0.195
0.1	-0.019	0.0100	4.470	4.000	5.110	20.508	20.51	0.218	0.195
0.2	-0.023	0.0200	4.530	4.000	5.110	20.508	20.50	0.221	0.195
0.3	-0.030	0.0300	4.580	4.000	5.110	20.508	20.49	0.223	0.195
0.4	-0.040	0.0400	4.630	4.000	5.110	20.508	20.48	0.226	0.195
0.5	-0.050	0.0500	4.680	4.000	5.110	20.508	20.47	0.229	0.195
0.6	-0.060	0.0600	4.730	4.000	5.110	20.508	20.46	0.231	0.195
0.8	-0.070	0.0800	4.790	4.000	5.110	20.508	20.44	0.234	0.196
1	-0.090	0.1000	4.850	4.000	5.110	20.508	20.41	0.238	0.196
1.2	-0.110	0.1200	4.910	4.000	5.110	20.508	20.38	0.241	0.196
1.4	-0.130	0.1400	4.960	4.000	5.110	20.508	20.35	0.244	0.197
1.6	-0.160	0.1600	5.020	4.000	5.110	20.508	20.32	0.247	0.197
1.8	-0.190	0.1800	5.080	4.000	5.110	20.508	20.28	0.250	0.197
2	-0.230	0.2000	5.150	4.000	5.110	20.508	20.24	0.254	0.198
2.2	-0.280	0.2200	5.210	4.000	5.110	20.508	20.20	0.258	0.198
2.4	-0.340	0.2400	5.270	4.000	5.110	20.508	20.16	0.261	0.198
2.6	-0.420	0.2600	5.330	4.000	5.110	20.508	20.11	0.265	0.199
2.8	-0.510	0.2800	5.380	4.000	5.110	20.508	20.07	0.268	0.199
3	-0.620	0.3000	5.440	4.000	5.110	20.508	20.02	0.272	0.200
3.2	-0.750	0.3200	5.510	4.000	5.110	20.508	19.97	0.276	0.200
3.4	-0.900	0.3400	5.580	4.000	5.110	20.508	19.92	0.280	0.201
3.6	-1.090	0.3600	5.640	4.000	5.110	20.508	19.87	0.284	0.201
3.8	-1.320	0.3800	5.710	4.000	5.110	20.508	19.82	0.288	0.202
4	-1.610	0.4000	5.770	4.000	5.110	20.508	19.76	0.292	0.202



INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicitó: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	3
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO

Dímetro o Lado D= 5.11 cm
Área A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 87.25 gr
Peso Unitario Humedo= 1.91 gr/cm³
Contenido de Humedad= 14.93%
Peso Unitario Seco= 1.66 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.292 kg/cm ²	0.202 kg/cm ²
8.00	0.307 kg/cm ²	0.405 kg/cm ²
12.00	0.320 kg/cm ²	0.607 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO: 0.311 kg/cm²



INGEOMAT
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO. CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Solicita: Laurethe Margarel Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022
Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

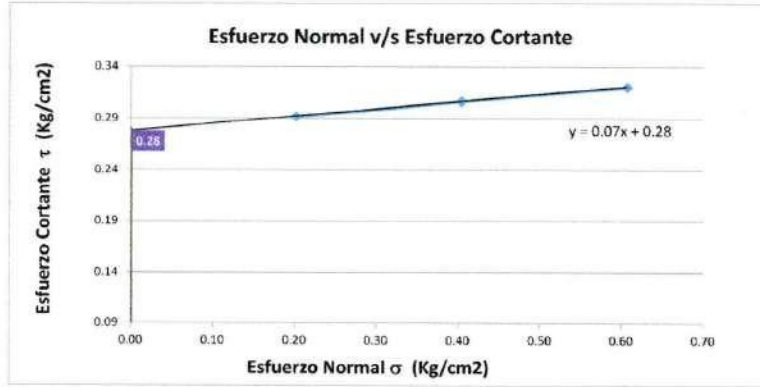
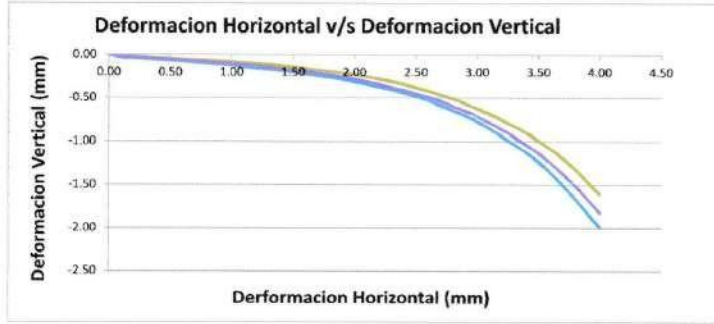
MUESTRA	3
BIOSOLIDO	NO
PORCENTAJE USADO	0%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 87.25 gr
Peso Unitario Humedo= 1.91 gr/cm³
Contenido de Humedad= 14.93%
Peso Unitario Seco= 1.66 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.28 Kg/cm²
 $\lg(\phi) = 0.075$
 $\phi = 0.07$ radianes
 $\phi = 4.29^\circ$

INGEOMA
INGENIERIA DE SUELOS Y MATERIALES E.I.R.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

ANEXO 20:

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL SUELO NATURAL CON SUSTITUCION DEL 9% DE BIOSOLIDO



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS - CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
- LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.
- Edif. El Eden, Lote C-3, San Sebastián - Cusco, Tlf: 27042, Claro: 97479248, Movistar: 998990111, RPM: 998990111

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	10

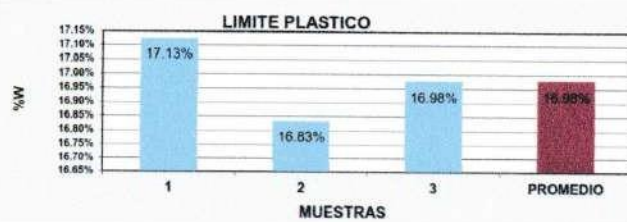
PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30.54 g
PESO DE LA PERDIDA DE MATERIAL	469.46 g

BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

LIMITES DE CONSISTENCIA

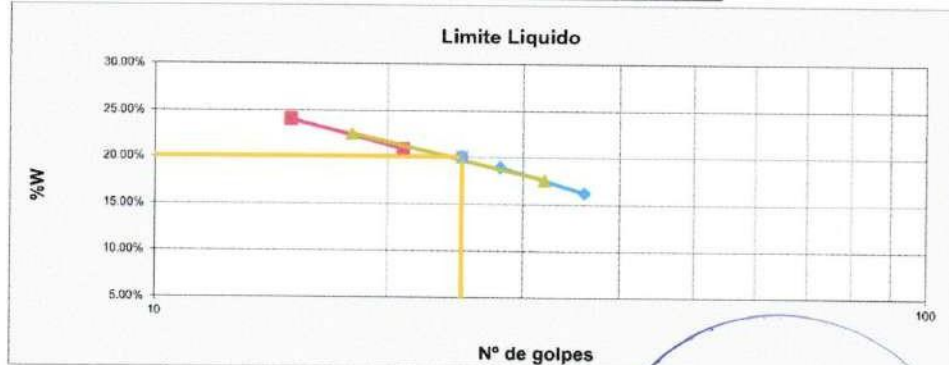
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	11.59	12.37	13.02	
peso de suelo seco + lata(gr)	10.70	11.38	11.92	
peso de lata(gr)	5.49	5.52	5.45	
peso de suelo seco(gr)	5.21	5.86	6.47	
peso de suelo humedo(gr)	6.10	6.85	7.57	
peso de agua(gr)	0.89	0.99	1.10	
contenido de humedad	17.13%	16.83%	16.98%	16.98%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	96.60	101.82	104.63	103.12
peso de suelo seco + lata(gr)	84.97	87.74	88.91	85.72
peso de lata(gr)	13.42	13.53	13.52	13.48
peso de suelo seco(gr)	71.55	74.21	75.39	72.24
peso de suelo humedo(gr)	83.18	88.29	91.11	89.64
peso de agua(gr)	11.63	14.08	15.72	17.40
contenido de humedad	16.25%	18.98%	20.86%	24.09%
Numero de golpes;N	36	28	21	15
LL aproximado	16.98	19.24	20.42	22.64



LL=	20.04
LP=	16.98
IP=	3.06



Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.
Ech. 83 Lobo Lobo C.3 - San Sebastián - Cusco, Tel: 270542, Cel: 974279248, Móvil: 99990111, RPN: 090990111

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAVMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurette Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Clasificación SUCS= CL-ML

Clasificación ASTTHO= A-1 (0)

MUESTRA: 10

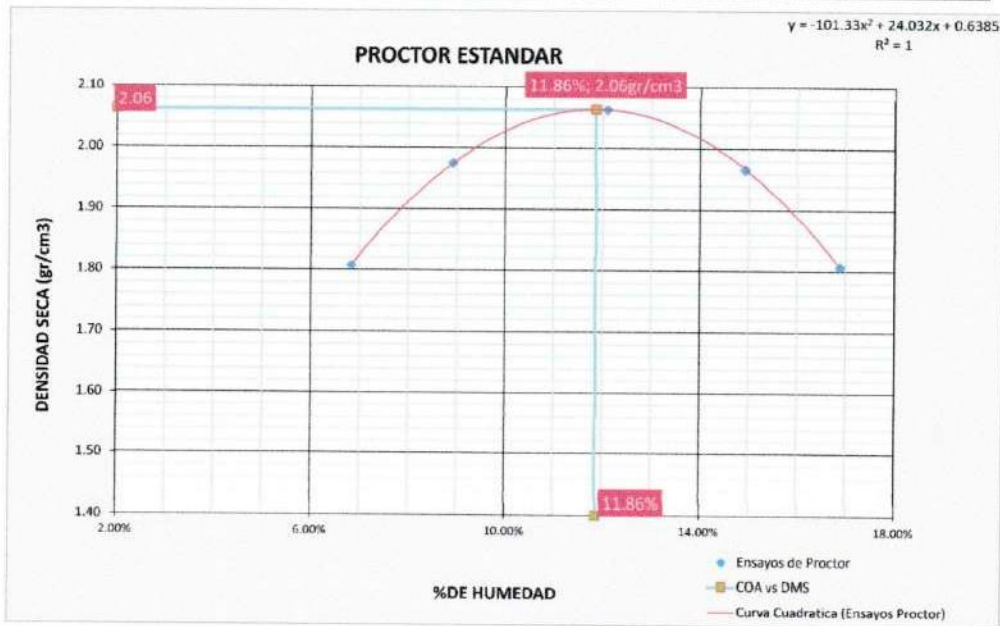
BIOSOLIDO SI
PORCENTAJE USADO 9%

MÉTODO		A
DATOS DEL MOLDE		
Altura	11.40cm	
Diámetro	10.45cm	
Volumen	977.75cm ³	
Peso	3795.00gr	
Material pisante del tamiz	N4	

PROCTOR ESTANDAR MTC E 116 (NTP. 339.142)

Energía de compactación 2 700 kN·mm³

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. / MOLDE	5683.0gr		5899.0gr		6056.1gr		6085.0gr		5800.0gr	
PESO MOLDE	3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	1888.0gr		2104.0gr		2261.1gr		2310.0gr		2065.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	977.75cm ³		977.75gr		977.75gr		977.75gr		977.75gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.93gr/cm ³		2.15gr/cm ³		2.31gr/cm ³		2.26gr/cm ³		2.11gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.81gr/cm ³		1.98gr/cm ³		2.06gr/cm ³		1.97gr/cm ³		1.81gr/cm ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
PESO RECIPIENTE	44.8gr	46.3gr	46.2gr	51.3gr	42.3gr	53.3gr	84.0gr	51.3gr	48.8gr	52.8gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. / RECIPIENTE	103.3gr	101.0gr	120.7gr	116.9gr	119.5gr	126.2gr	119.9gr	119.3gr	111.8gr	118.7gr
PESO DE LA MUESTRA SECA - RECIPIENTE	99.5gr	97.5gr	114.6gr	111.6gr	112.3gr	118.3gr	111.4gr	110.3gr	102.7gr	109.2gr
PESO DE AGUA	3.7gr	3.5gr	6.1gr	5.3gr	7.2gr	7.9gr	8.6gr	8.8gr	9.1gr	9.5gr
PESO DE MUESTRA SECA	54.7gr	51.2gr	68.4gr	60.2gr	60.0gr	63.0gr	57.3gr	59.0gr	53.9gr	56.4gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.84%	6.83%	8.95%	8.88%	12.13%	12.06%	14.94%	14.92%	16.87%	16.92%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.84%		8.91%		12.10%		14.93%		16.89%	



Procedimiento: 2.06gr/cm³ 11.86%
DENSIDAD MÁXIMA SECA: 2.06gr/cm³
DENSIDAD MÁXIMA HUMEDA: 2.21gr/cm³



Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laureine Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tillo

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

MUESTRA	10
---------	----

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASTM D 1883)

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM., + MOLDE	12044.0gr	11735.0gr	11085.0gr			
PESO MOLDE	7257.0gr	7307.0gr	6757.0gr			
PESO MUESTRA HUMEDA	4785.0gr	4428.0gr	4328.0gr			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr			
DENSIDAD HUMEDAD	2.26gr/cm ³	2.09gr/cm ³	2.04gr/cm ³			
DENSIDAD SECA	2.08gr/cm ³	1.93gr/cm ³	1.89gr/cm ³			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE N°	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
PESO RECIPIENTE	51.24gr	50.54gr	50.84gr	51.60gr	50.25gr	51.84gr
PESO DE LA MUESTRA HUM., + RECIPIENTE	74.27gr	89.61gr	92.30gr	89.97gr	94.73gr	94.39gr
PESO DE LA MUESTRA SECA., + RECIPIENTE	90.92gr	86.53gr	89.15gr	86.99gr	91.40gr	91.28gr
PESO DE AGUA	3.35gr	3.08gr	3.15gr	2.98gr	3.33gr	3.11gr
PESO DE MUESTRA SECA	39.68gr	35.99gr	38.31gr	35.39gr	41.15gr	39.44gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.43%	8.55%	8.22%	8.43%	8.09%	7.88%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	8.49%		8.33%		7.98%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION	12375.2gr	12380.4gr	11911.7gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	693.2gr	1002.4gr	469.9gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	5.93%	8.81%	4.11%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

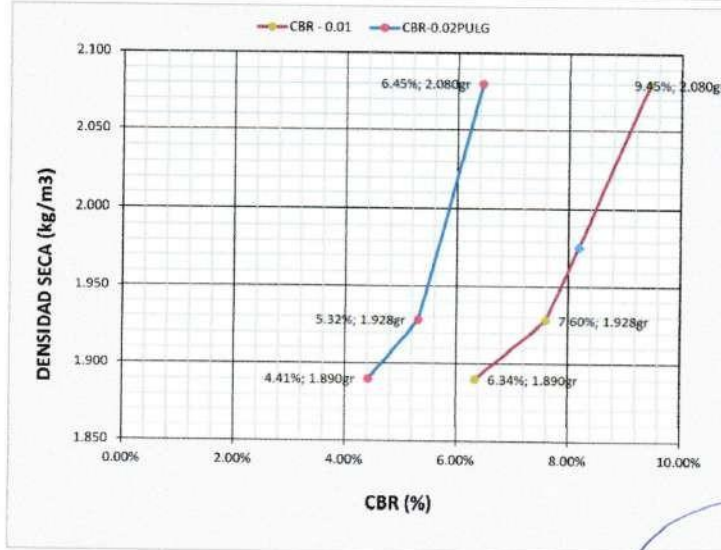
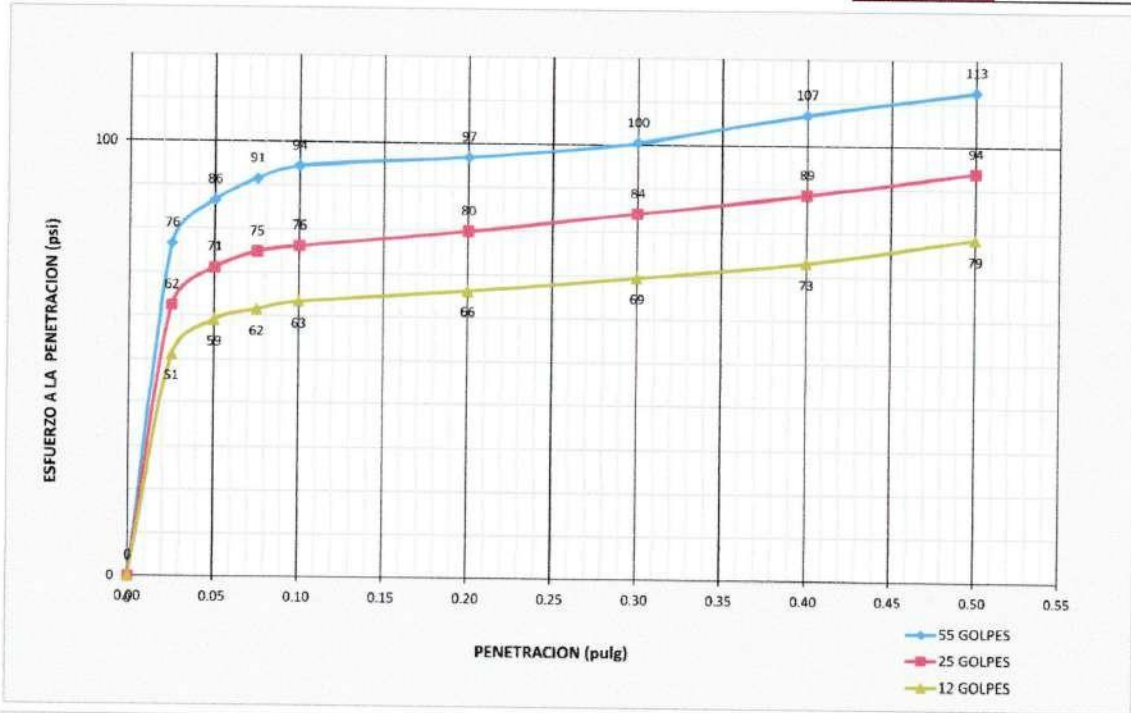
N° DE GOLPES POR CAPA	56			25			12		
	1			2			3		
	FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	
			0.001pg	mm	0.001pg	mm	0.001pg	mm	
26/03/2022	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0	
27/03/2022	24	7.5	0.1905	0.16%	10.0	0.254	0.21%	12.0	
28/03/2022	48	14.5	0.3683	0.31%	16.5	0.4191	0.35%	25.8	
29/03/2022	72	22.5	0.56642	0.47%	25.3	0.64262	0.54%	28.1	
30/03/2022	96	26.4	0.67056	0.56%	42.1	1.06934	0.89%	41.3	

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

1 KN=224.80894309971000 lb Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas		55 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO (lb/pulg ² (psi))	MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
		CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO		
		DIAL	psi	%	DIAL	psi	%	DIAL	psi	%
0		0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0
0.635	0.025	1.020 KN	76		0.833 KN	62		0.682 KN	51	
1.27	0.050	1.154 KN	86		0.947 KN	71		0.789 KN	59	
1.905	0.075	1.220 KN	91		0.996 KN	75		0.821 KN	62	
2.54	0.100	1.261 KN	94	9.45%	1.014 KN	76	7.60%	0.846 KN	63	6.34%
5.08	0.200	1.291 KN	97	6.45%	1.064 KN	80	5.37%	0.883 KN	66	4.41%
7.62	0.300	1.341 KN	100	5.29%	1.121 KN	84	4.42%	0.927 KN	69	3.66%
10.16	0.400	1.430 KN	107	4.66%	1.182 KN	89	3.85%	0.975 KN	73	3.18%
12.7	0.500	1.502 KN	113	4.33%	1.251 KN	94	3.61%	1.049 KN	79	3.02%

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

MUESTRA **10**



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.56%	5.93%
25 GOLPES	0.89%	8.8 %
12 GOLPES	0.87%	4.1%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m ³)	2.08gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.49%
95% MDS (kg/m ³)	1.98gr

CBR AL 100% DE MDS=	9.45%	OK
CBR AL 95% DE MDS=	8.18%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR = 9.45% 0.09

El material de cantera se considera:
BUENO

INGEOMAT
INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Ciro Benavente
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastian - Cusco. Tel: 270342. Cel: 974279249. Movil: 998990111. RPN: 8998990111

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

MUESTRA: 10

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE	9%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN
REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA			Nº DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO	
			10	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr	
Nº	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (Kg)	DEFORMACION UNITARIA ε	FACTOR DE CORRECCION (1-ε)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (Kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.315	0.032	7.599 cm	3.91	0.004 cm	0.996 cm	11.873 cm ²	0.330	0.165
2	0.355	0.035	7.595 cm	4.70	0.005 cm	0.995 cm	11.879 cm ²	0.396	0.198
3	0.423	0.042	7.588 cm	5.17	0.006 cm	0.994 cm	11.890 cm ²	0.435	0.217
4	0.562	0.056	7.574 cm	5.69	0.007 cm	0.993 cm	11.912 cm ²	0.478	0.239
5	0.634	0.063	7.567 cm	6.22	0.008 cm	0.992 cm	11.924 cm ²	0.521	0.261
6	0.666	0.067	7.563 cm	6.44	0.009 cm	0.991 cm	11.929 cm ²	0.540	0.270
7	0.710	0.071	7.559 cm	6.72	0.009 cm	0.991 cm	11.936 cm ²	0.563	0.281
8	0.843	0.084	7.546 cm	7.26	0.011 cm	0.989 cm	11.957 cm ²	0.607	0.304
9	0.911	0.091	7.539 cm	7.51	0.012 cm	0.988 cm	11.968 cm ²	0.627	0.314
10	0.991	0.099	7.531 cm	7.73	0.013 cm	0.987 cm	11.981 cm ²	0.645	0.323
11	1.139	0.114	7.516 cm	8.23	0.015 cm	0.985 cm	12.006 cm ²	0.685	0.343
12	1.273	0.127	7.503 cm	8.78	0.017 cm	0.983 cm	12.028 cm ²	0.730	0.365
13	1.437	0.144	7.486 cm	9.35	0.019 cm	0.981 cm	12.055 cm ²	0.775	0.388
14	1.579	0.158	7.472 cm	9.84	0.021 cm	0.979 cm	12.079 cm ²	0.815	0.408
15	1.725	0.173	7.457 cm	10.19	0.023 cm	0.977 cm	12.104 cm ²	0.842	0.421
16	1.799	0.180	7.45 cm	10.40	0.024 cm	0.976 cm	12.116 cm ²	0.858	0.429
17	1.867	0.187	7.443 cm	10.45	0.025 cm	0.975 cm	12.128 cm ²	0.862	0.431
18	1.911	0.191	7.439 cm	10.56	0.026 cm	0.974 cm	12.135 cm ²	0.870	0.435
19	1.968	0.197	7.433 cm	10.73	0.026 cm	0.974 cm	12.145 cm ²	0.884	0.442
20	2.006	0.201	7.429 cm	10.90	0.027 cm	0.973 cm	12.152 cm ²	0.897	0.449
RESULTADOS OBTENIDOS			σ ₁	σ ₃	RADIO	CENTRO			
			0.897	0	0.449	0.449			

0.0439869 43.98690002 43986.90002



ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MAXIMA (kg/cm ²)	CARGA CRITICA (Kg)	AREA CORREGIDA (A _c)
0.449	7.630	10.90 kg	12.152 cm ²

$$q_u = S_u = P_{cr} / A_c = 0.90 \text{ kg/cm}^2$$

INGEOMA
INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.

Ing. Hugo Cuba Benavente
C.P. 128599
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
 Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
 Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
 Fecha: marzo-2022
 Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
 Forma: Redonda

MUESTRA	10
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

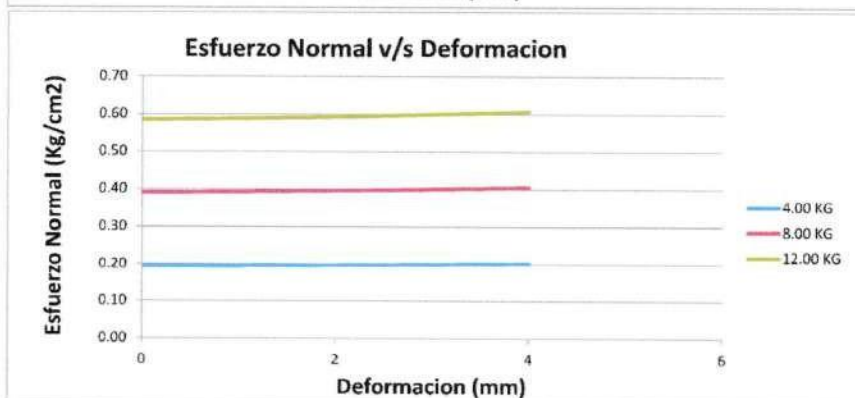
DATOS DEL EQUIPO
 Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA
 Peso= 87.86 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.92 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 18.59%
 Peso Unitario Seco= 1.62 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.427 kg/cm ²	0.202 kg/cm ²
8.00	0.465 kg/cm ²	0.405 kg/cm ²
12.00	0.488 kg/cm ²	0.607 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO: 0.470 kg/cm²



Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

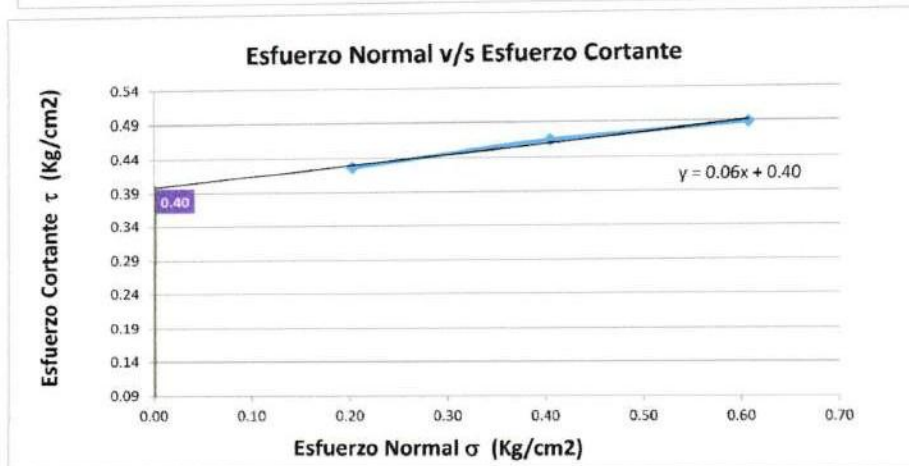
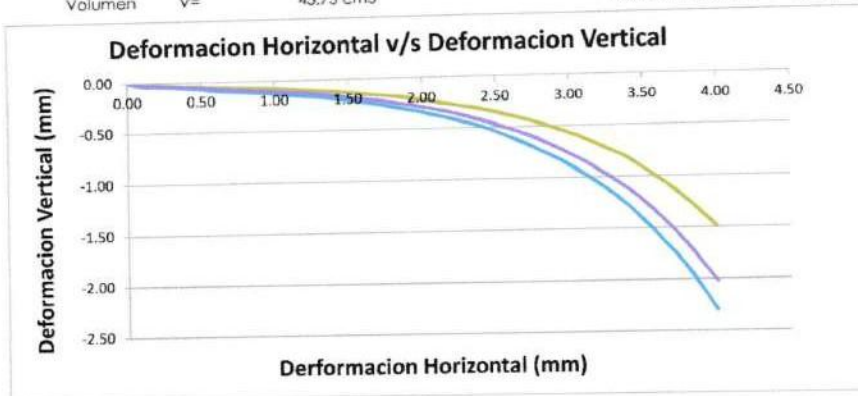
MUESTRA	10
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado	D=	5.11 cm
Area	A=	20.51 cm ²
Altura	H=	2.23 cm
Volumen	V=	45.73 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso=	87.86 gr
Peso Unitario Humedo=	1.92 gr/cm ³
Contenido de Humedad=	18.59%
Peso Unitario Seco=	1.62 gr/cm ³



Cohesion (C)= 0.40 Kg/cm²
 $\tan(\phi) = 0.058$
 $\phi = 0.06$ radianes
 $\phi = 3.32^\circ$

INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
 Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 128539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condon Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	11

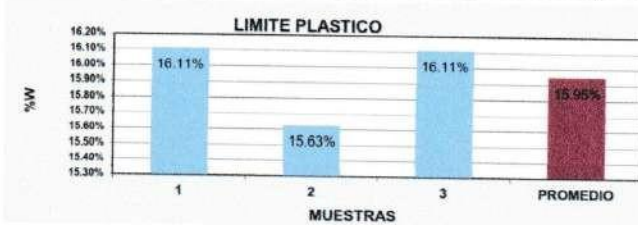
PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30.54 g
PESO DE LA PERDIDA DE MATERIAL	469.46 g

BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

LIMITES DE CONSISTENCIA

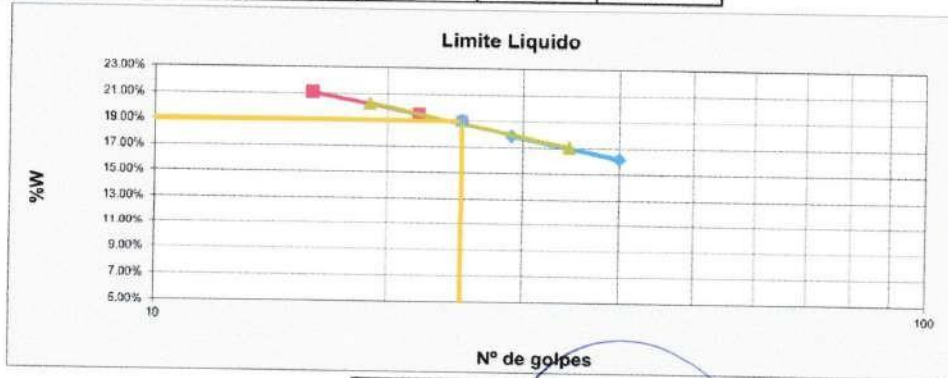
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	11.68	12.99	11.50	
peso de suelo seco + lata(gr)	10.82	12.00	10.69	
peso de lata(gr)	5.49	5.64	5.65	
peso de suelo seco(gr)	5.33	6.36	5.04	
peso de suelo humedo(gr)	6.19	7.35	5.85	
peso de agua(gr)	0.86	0.99	0.81	
contenido de humedad	16.11%	15.63%	16.11%	15.95%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	99.42	98.74	103.41	92.13
peso de suelo seco + lata(gr)	87.44	85.81	88.78	78.44
peso de lata(gr)	13.45	13.44	13.43	13.48
peso de suelo seco(gr)	73.99	72.37	75.35	64.96
peso de suelo humedo(gr)	85.97	85.30	89.98	78.65
peso de agua(gr)	11.98	12.93	14.63	13.69
contenido de humedad	16.19%	17.86%	19.41%	21.08%
Numero de golpes;N	40	29	22	16
LL aproximado	17.13	18.19	19.12	19.97



LL=	19.00
LP=	15.95
IP=	3.05

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurete Margarit Condari Bustamante y Ruth Mary Flores Trifo

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación ASTTHO= A-4 (0)

MUESTRA 11

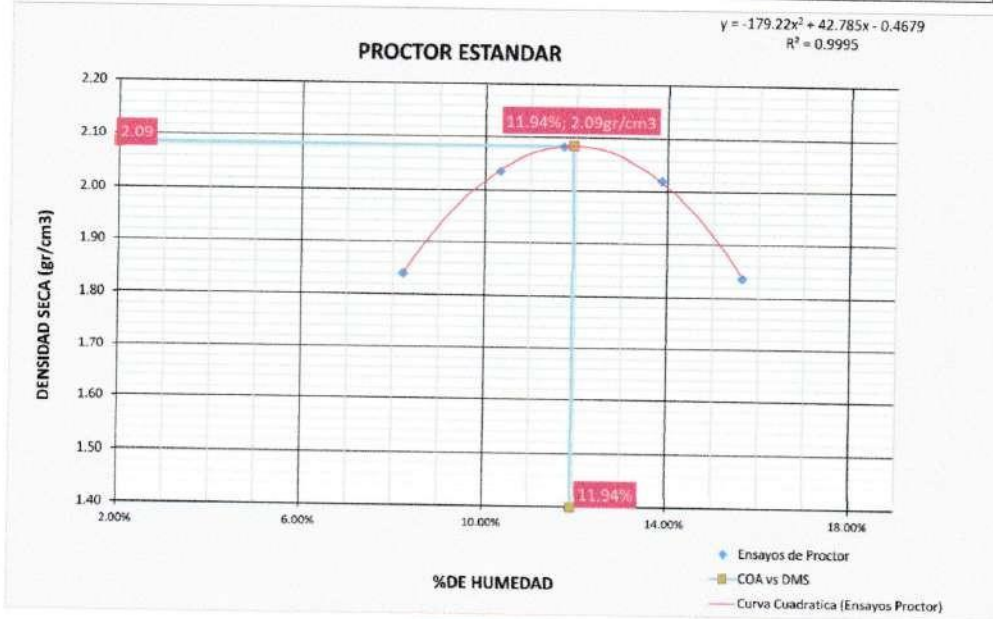
BIOSOLIDO SI
PORCENTAJE USADO 9%

MÉTODO		A
DATOS DEL MOLDE		
Altura		11.40cm
Diámetro		10.45cm
Volumen		977.75cm ³
Peso		3795.00gr
Material pasante d.3 tamiz		N ₄

PROCTOR ESTANDAR MTC E 116 (NTP. 339.142)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m³

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NUMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. - MOLDE	5743.0gr		5993.0gr		6071.9gr		6046.0gr		5872.0gr	
PESO MOLDE	3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr		3795.0gr	
PESO MUESTRA HUMIDA	1948.0gr		2198.0gr		2276.9gr		2251.0gr		2077.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	977.75cm ³		977.7gr		977.7gr		977.7gr		977.7gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.99gr/cm ³		2.25gr/cm ³		2.33gr/cm ³		2.30gr/cm ³		2.12gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.84gr/cm ³		2.04gr/cm ³		2.08gr/cm ³		2.02gr/cm ³		1.84gr/cm ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
PESO RECIPIENTE	42.8gr	46.0gr	46.7gr	53.7gr	53.8gr	52.8gr	52.9gr	51.5gr	50.2gr	53.4gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. - RECIPIENTE	122.2gr	114.3gr	122.1gr	113.4gr	120.1gr	125.7gr	116.8gr	122.1gr	108.8gr	114.5gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	110.1gr	109.1gr	115.0gr	107.8gr	113.1gr	118.0gr	109.0gr	113.5gr	100.9gr	106.2gr
PESO DE AGUA	6.1gr	5.2gr	7.1gr	5.6gr	7.0gr	7.8gr	7.8gr	8.6gr	7.9gr	8.2gr
PESO DE MUESTRA SECA	23.3gr	63.1gr	68.4gr	54.1gr	30.3gr	65.3gr	56.7gr	61.9gr	30.7gr	52.8gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.28%	8.18%	10.35%	10.34%	11.77%	11.69%	13.83%	13.93%	15.68%	15.62%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	8.23%		10.34%		11.77%		13.88%		15.65%	



Proyecto: BIOSOLIDO DE FTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Muestra: TERRENO NATURAL
Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurene Margaret Condon Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación AITHO= A-4 (0)

MUESTRA	11
---------	----

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASTM D 1883)

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	12021.0gr	11692.0gr	11040.0gr			
PESO MOLDE	7257.0gr	7307.0gr	6757.0gr			
PESO MUESTRA HUMEDA	4762.0gr	4385.0gr	4283.0gr			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr			
DENSIDAD HUMEDAD	2.25gr/cm ³	2.07gr/cm ³	2.02gr/cm ³			
DENSIDAD SECA	2.07gr/cm ³	1.91gr/cm ³	1.87gr/cm ³			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6
PESO RECIPIENTE	51.24gr	50.54gr	50.84gr	51.60gr	50.25gr	51.84gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	89.33gr	89.09gr	94.17gr	91.73gr	93.57gr	94.80gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	86.33gr	86.09gr	90.86gr	88.64gr	90.38gr	91.61gr
PESO DE AGUA	3.00gr	3.00gr	3.31gr	3.09gr	3.19gr	3.19gr
PESO DE MUESTRA SECA	35.09gr	35.55gr	40.02gr	37.04gr	40.13gr	39.77gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.54%	8.44%	8.27%	8.34%	7.95%	8.02%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	8.49%		8.30%		7.98%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION	12406.9gr	12318.7gr	11873.5gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	724.9gr	940.7gr	431.5gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	6.21%	8.27%	3.77%

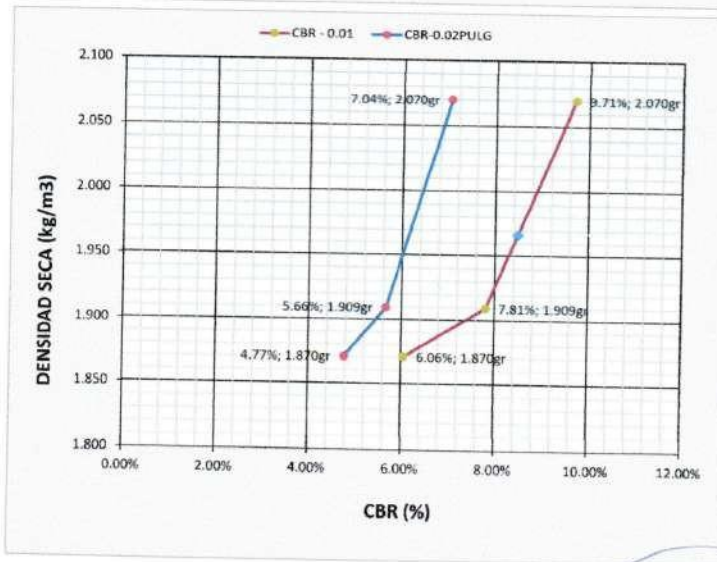
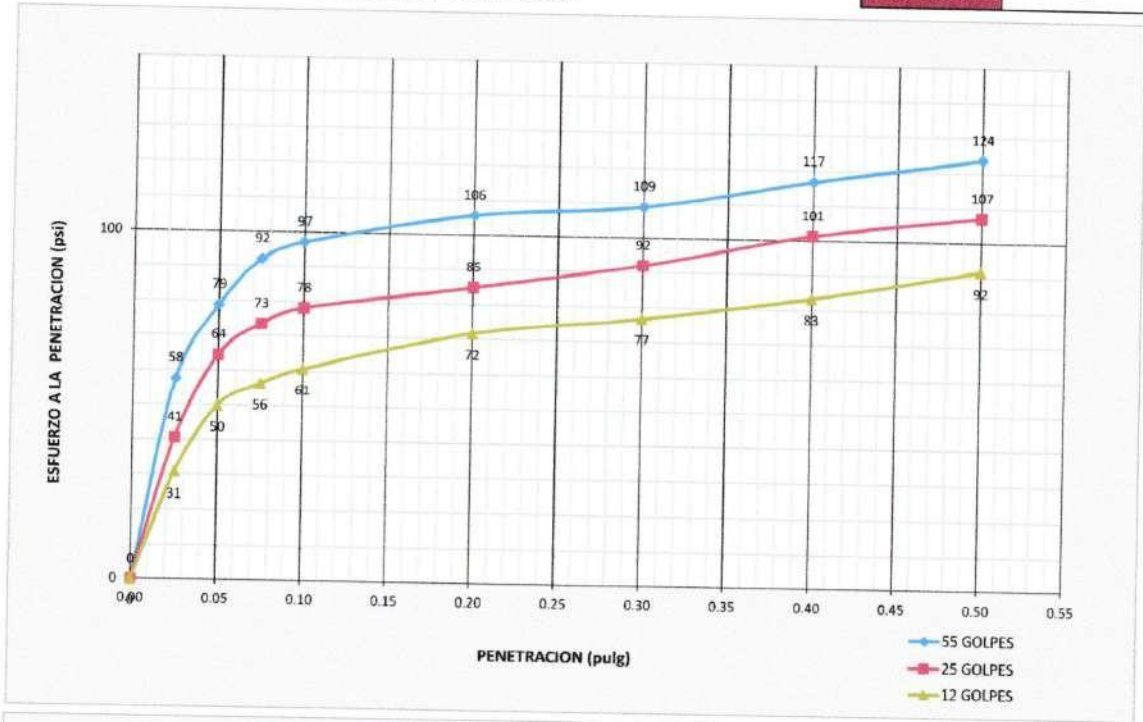
DATOS DE ESPONJAMIENTO

N° DE GOLPES POR CAPA	MOLDE N°	55			26			12		
		1			2			3		
		FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	
				mm	%	mm	%	mm	%	
		0.001pg				0.001pg		0.001pg		
26/03/2022	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0	0.00%	
27/03/2022	24	7.6	0.19304	0.16%	10.1	0.25654	0.21%	12.1	0.30734	0.26%
28/03/2022	48	14.6	0.37084	0.31%	17.0	0.4318	0.36%	26.1	0.66294	0.55%
29/03/2022	72	23.1	0.58674	0.49%	24.9	0.63246	0.53%	28.7	0.72898	0.61%
30/03/2022	96	27.5	0.6985	0.58%	41.7	1.05918	0.88%	43.1	1.09474	0.91%

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

1 KN=224.80894309971000 lb		55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas		MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (psi)	CARGA DE ENSAYO		CBR/PAT	CARGA DE ENSAYO		CBR/PAT	CARGA DE ENSAYO		CBR/PAT
		DIAL	psi		DIAL	psi		DIAL	psi	
0		0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0
0.635	0.025	0.768 KN	58		0.541 KN	41		0.409 KN	31	
1.27	0.050	1.051 KN	79		0.859 KN	64		0.665 KN	50	
1.905	0.075	1.230 KN	92		0.980 KN	73		0.752 KN	56	
2.54	0.100	1.296 KN	97	9.71%	1.042 KN	78	7.81%	0.809 KN	61	6.06%
5.08	0.200	1.410 KN	106	7.04%	1.132 KN	85	5.66%	0.955 KN	72	4.77%
7.62	0.300	1.454 KN	109	5.73%	1.228 KN	92	4.84%	1.023 KN	77	4.03%
10.16	0.400	1.559 KN	117	5.08%	1.352 KN	101	4.40%	1.111 KN	83	3.62%
12.7	0.500	1.650 KN	124	4.76%	1.450 KN	107	4.12%	1.222 KN	92	3.52%

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.58%	6.21%
25 GOLPES	0.88%	8.27%
12 GOLPES	0.91%	3.77%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m ³)	2.07gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.49%
95% MDS (kg/m ³)	1.97gr

CBR AL 100% DE MDS=	9.71%	OKj
CBR AL 95% DE MDS=	8.48%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR= 9.71%

El material de cantera se considera:
BUENO

INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Benavente
C.P. 128539
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: **TERRENO NATURAL**

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE	9%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN

REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA			N° DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO	
			11	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr	
N°	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (Kg)	DEFORMACION UNITARIA ε	FACTOR DE CORRECCION (T-ε)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (Kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.374	0.037	7.593 cm	4.26	0.005 cm	0.995 cm	11.882 cm ²	0.358	0.179
2	0.413	0.041	7.589 cm	5.07	0.005 cm	0.995 cm	11.888 cm ²	0.427	0.213
3	0.500	0.050	7.58 cm	5.63	0.007 cm	0.993 cm	11.902 cm ²	0.473	0.236
4	0.660	0.066	7.564 cm	6.15	0.009 cm	0.991 cm	11.928 cm ²	0.516	0.258
5	0.748	0.075	7.555 cm	6.75	0.010 cm	0.990 cm	11.942 cm ²	0.566	0.283
6	0.789	0.079	7.551 cm	7.01	0.010 cm	0.990 cm	11.948 cm ²	0.587	0.293
7	0.832	0.083	7.547 cm	7.27	0.011 cm	0.989 cm	11.955 cm ²	0.608	0.304
8	0.991	0.099	7.531 cm	7.76	0.013 cm	0.987 cm	11.981 cm ²	0.648	0.324
9	1.076	0.108	7.522 cm	8.16	0.014 cm	0.986 cm	11.995 cm ²	0.680	0.340
10	1.155	0.116	7.515 cm	8.43	0.015 cm	0.985 cm	12.008 cm ²	0.702	0.351
11	1.341	0.134	7.496 cm	8.86	0.018 cm	0.982 cm	12.039 cm ²	0.736	0.368
12	1.499	0.150	7.48 cm	9.50	0.020 cm	0.980 cm	12.066 cm ²	0.787	0.394
13	1.702	0.170	7.46 cm	10.13	0.023 cm	0.977 cm	12.100 cm ²	0.837	0.418
14	1.860	0.186	7.444 cm	10.69	0.025 cm	0.975 cm	12.127 cm ²	0.881	0.441
15	2.027	0.203	7.427 cm	11.09	0.027 cm	0.973 cm	12.155 cm ²	0.912	0.456
16	2.105	0.211	7.419 cm	11.24	0.028 cm	0.972 cm	12.169 cm ²	0.924	0.462
17	2.196	0.220	7.41 cm	11.28	0.030 cm	0.970 cm	12.185 cm ²	0.926	0.463
18	2.221	0.222	7.408 cm	11.40	0.030 cm	0.970 cm	12.189 cm ²	0.935	0.467
19	2.344	0.234	7.396 cm	11.60	0.032 cm	0.968 cm	12.211 cm ²	0.950	0.475
20	2.359	0.236	7.394 cm	11.78	0.032 cm	0.968 cm	12.213 cm ²	0.964	0.482
RESULTADOS OBTENIDOS			σ ₁	σ ₃	RADIO	CENTRO			
			0.964	0	0.482	0.482			

0.047281132 47.2811324 47281.1324



ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MAXIMA (kg/cm ²)	CARGA CRITICA (P _{cr})	AREA CORREGIDA (A _c)
0.482	7.630	11.78 kg	12.213 cm ²

$$q_u = S_u = P_{cr} / A_c = 0.96 \text{ kg/cm}^2$$

Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 128539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Solicitante: Laurethe Margaret Condarí Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Fecha: marzo-2022
Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	II
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.14 gr
Peso Unitario Humedo= 1.93 gr/cm³
Contenido de Humedad= 18.24%
Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

4.00 KG

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Ka	CARGA NORMAL Ka	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Ka/cm ²	ESFUERZO NORMAL Ka/cm ²
0	0.000	0.0000	6.416	4.000	5.110	20.508	20.51	0.313	0.195
0.1	-0.019	0.0100	6.490	4.000	5.110	20.508	20.51	0.317	0.195
0.2	-0.023	0.0200	6.560	4.000	5.110	20.508	20.50	0.320	0.195
0.3	-0.030	0.0300	6.650	4.000	5.110	20.508	20.49	0.325	0.195
0.4	-0.040	0.0400	6.740	4.000	5.110	20.508	20.48	0.329	0.195
0.5	-0.050	0.0500	6.810	4.000	5.110	20.508	20.47	0.333	0.195
0.6	-0.060	0.0600	6.880	4.000	5.110	20.508	20.46	0.336	0.195
0.8	-0.070	0.0800	6.960	4.000	5.110	20.508	20.44	0.341	0.196
1	-0.080	0.1000	7.060	4.000	5.110	20.508	20.41	0.346	0.196
1.2	-0.100	0.1200	7.150	4.000	5.110	20.508	20.38	0.351	0.196
1.4	-0.120	0.1400	7.220	4.000	5.110	20.508	20.35	0.355	0.197
1.6	-0.140	0.1600	7.290	4.000	5.110	20.508	20.32	0.359	0.197
1.8	-0.170	0.1800	7.380	4.000	5.110	20.508	20.28	0.364	0.197
2	-0.210	0.2000	7.470	4.000	5.110	20.508	20.24	0.369	0.198
2.2	-0.250	0.2200	7.550	4.000	5.110	20.508	20.20	0.374	0.198
2.4	-0.300	0.2400	7.660	4.000	5.110	20.508	20.16	0.380	0.198
2.6	-0.370	0.2600	7.750	4.000	5.110	20.508	20.11	0.385	0.199
2.8	-0.450	0.2800	7.840	4.000	5.110	20.508	20.07	0.391	0.199
3	-0.540	0.3000	7.950	4.000	5.110	20.508	20.02	0.397	0.200
3.2	-0.650	0.3200	8.030	4.000	5.110	20.508	19.97	0.402	0.200
3.4	-0.790	0.3400	8.140	4.000	5.110	20.508	19.92	0.409	0.201
3.6	-0.960	0.3600	8.240	4.000	5.110	20.508	19.87	0.415	0.201
3.8	-1.170	0.3800	8.350	4.000	5.110	20.508	19.82	0.421	0.202
4	-1.430	0.4000	8.450	4.000	5.110	20.508	19.76	0.428	0.202

INGEOMA
INGENIERIA GEOTECNICA Y MATERIALES E.I.R.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 1285-79
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
UNE 103 401-98 ASTM D 6528

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

MUESTRA	II
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.14 gr
Peso Unitario Humedo= 1.93 gr/cm³
Contenido de Humedad= 18.24%
Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

8.00 KG

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Ka	CARGA NORMAL Ka	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Ka/cm ²	ESFUERZO NORMAL Ka/cm ²
0	0.000	0.0000	6.933	8.000	5.110	20.508	20.51	0.338	0.390
0.1	-0.023	0.0100	7.010	8.000	5.110	20.508	20.51	0.342	0.390
0.2	-0.030	0.0200	7.090	8.000	5.110	20.508	20.50	0.346	0.390
0.3	-0.040	0.0300	7.180	8.000	5.110	20.508	20.49	0.350	0.390
0.4	-0.050	0.0400	7.270	8.000	5.110	20.508	20.48	0.355	0.391
0.5	-0.060	0.0500	7.340	8.000	5.110	20.508	20.47	0.358	0.391
0.6	-0.070	0.0600	7.410	8.000	5.110	20.508	20.46	0.362	0.391
0.8	-0.090	0.0800	7.510	8.000	5.110	20.508	20.44	0.367	0.391
1	-0.110	0.1000	7.610	8.000	5.110	20.508	20.41	0.373	0.392
1.2	-0.130	0.1200	7.690	8.000	5.110	20.508	20.38	0.377	0.392
1.4	-0.160	0.1400	7.790	8.000	5.110	20.508	20.35	0.383	0.393
1.6	-0.190	0.1600	7.870	8.000	5.110	20.508	20.32	0.387	0.394
1.8	-0.230	0.1800	7.960	8.000	5.110	20.508	20.28	0.392	0.394
2	-0.280	0.2000	8.070	8.000	5.110	20.508	20.24	0.399	0.395
2.2	-0.340	0.2200	8.170	8.000	5.110	20.508	20.20	0.404	0.396
2.4	-0.410	0.2400	8.280	8.000	5.110	20.508	20.16	0.411	0.397
2.6	-0.500	0.2600	8.370	8.000	5.110	20.508	20.11	0.416	0.398
2.8	-0.600	0.2800	8.490	8.000	5.110	20.508	20.07	0.423	0.399
3	-0.720	0.3000	8.580	8.000	5.110	20.508	20.02	0.429	0.400
3.2	-0.870	0.3200	8.680	8.000	5.110	20.508	19.97	0.435	0.401
3.4	-1.060	0.3400	8.770	8.000	5.110	20.508	19.92	0.440	0.402
3.6	-1.280	0.3600	8.860	8.000	5.110	20.508	19.87	0.446	0.403
3.8	-1.550	0.3800	8.970	8.000	5.110	20.508	19.82	0.453	0.404
4	-1.870	0.4000	9.070	8.000	5.110	20.508	19.76	0.459	0.405


INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 1285-9
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
UNE 103 401-98 ASTM D 6528

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tiño
Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	II
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.14 gr
Peso Unitario Humedo= 1.93 gr/cm³
Contenido de Humedad= 18.24%
Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

12.00 KG

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Ka	CARGA NORMAL Ka	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Ka/cm ²	ESFUERZO NORMAL Ka/cm ²
0	0.000	0.0000	7.125	12.000	5.110	20.508	20.51	0.347	0.585
0.1	-0.033	0.0100	7.220	12.000	5.110	20.508	20.51	0.352	0.585
0.2	-0.040	0.0200	7.300	12.000	5.110	20.508	20.50	0.356	0.585
0.3	-0.050	0.0300	7.390	12.000	5.110	20.508	20.49	0.361	0.586
0.4	-0.060	0.0400	7.470	12.000	5.110	20.508	20.48	0.365	0.586
0.5	-0.070	0.0500	7.560	12.000	5.110	20.508	20.47	0.369	0.586
0.6	-0.080	0.0600	7.670	12.000	5.110	20.508	20.46	0.375	0.586
0.8	-0.100	0.0800	7.770	12.000	5.110	20.508	20.44	0.380	0.587
1	-0.120	0.1000	7.860	12.000	5.110	20.508	20.41	0.385	0.588
1.2	-0.150	0.1200	7.950	12.000	5.110	20.508	20.38	0.390	0.589
1.4	-0.180	0.1400	8.050	12.000	5.110	20.508	20.35	0.396	0.590
1.6	-0.220	0.1600	8.140	12.000	5.110	20.508	20.32	0.401	0.591
1.8	-0.270	0.1800	8.230	12.000	5.110	20.508	20.28	0.406	0.592
2	-0.330	0.2000	8.310	12.000	5.110	20.508	20.24	0.411	0.593
2.2	-0.400	0.2200	8.430	12.000	5.110	20.508	20.20	0.417	0.594
2.4	-0.490	0.2400	8.510	12.000	5.110	20.508	20.16	0.422	0.595
2.6	-0.600	0.2600	8.600	12.000	5.110	20.508	20.11	0.428	0.597
2.8	-0.730	0.2800	8.720	12.000	5.110	20.508	20.07	0.434	0.598
3	-0.890	0.3000	8.840	12.000	5.110	20.508	20.02	0.442	0.599
3.2	-1.070	0.3200	8.950	12.000	5.110	20.508	19.97	0.448	0.601
3.4	-1.290	0.3400	9.070	12.000	5.110	20.508	19.92	0.455	0.602
3.6	-1.570	0.3600	9.190	12.000	5.110	20.508	19.87	0.462	0.604
3.8	-1.910	0.3800	9.290	12.000	5.110	20.508	19.82	0.469	0.606
4	-2.320	0.4000	9.400	12.000	5.110	20.508	19.76	0.476	0.607


 INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.

 Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIP 128589
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
 Solicita: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
 Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
 Fecha: marzo-2022
 Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
 Forma: Redonda

MUESTRA	II
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

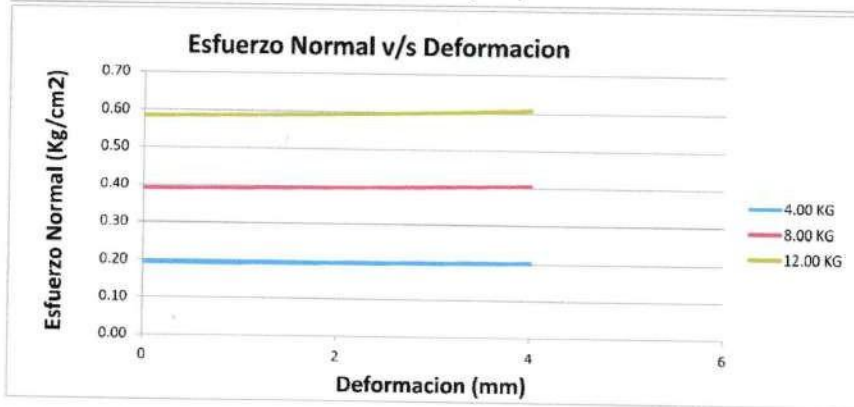
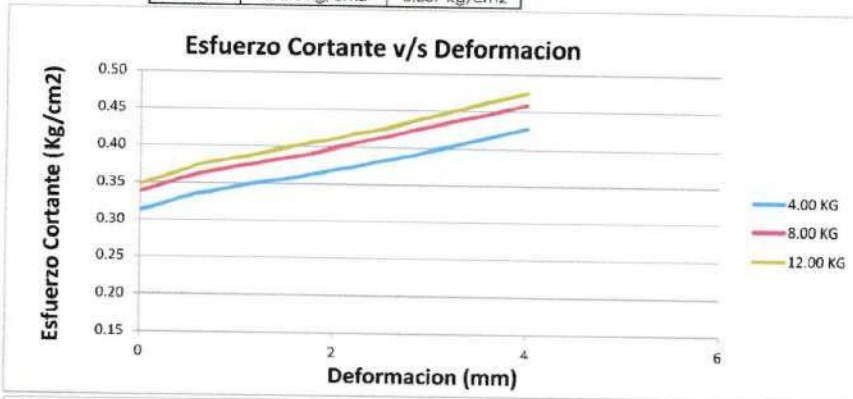
DATOS DEL EQUIPO
 Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA
 Peso= 88.14 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.93 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 18.24%
 Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.428 kg/cm ²	0.202 kg/cm ²
8.00	0.459 kg/cm ²	0.405 kg/cm ²
12.00	0.476 kg/cm ²	0.607 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO: 0.462 kg/cm²




 INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.

Ing. Hugo Cuba Benavente
 CIR 128589
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicita: Laurethe Margaret Condarí Bustamante y Ruth Mery Florez Tilió

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

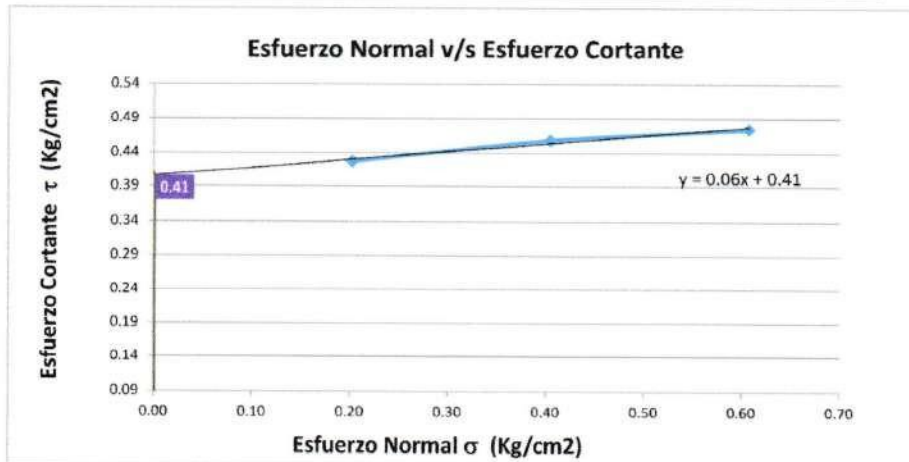
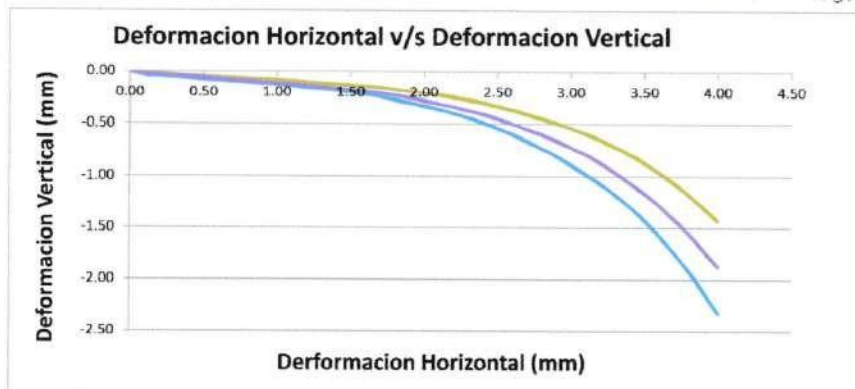
MUESTRA	II
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.14 gr
Peso Unitario Humedo= 1.93 gr/cm³
Contenido de Humedad= 18.24%
Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.41 Kg/cm²
tg(φ) = 0.057
φ = 0.06 radianes
φ = 3.26 °

INGEOMA
INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: **TERRENO NATURAL**

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

ALTITUD	3300 msnm
MUESTRA	12

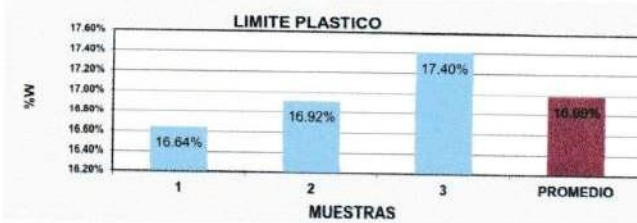
PESO ANTES DE LAVADO	500 g
PESO DESPUES DE LAVADO	30,54 g
PESO DE LA PERDIDA DE MATERIAL	469,46 g

BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

LIMITES DE CONSISTENCIA

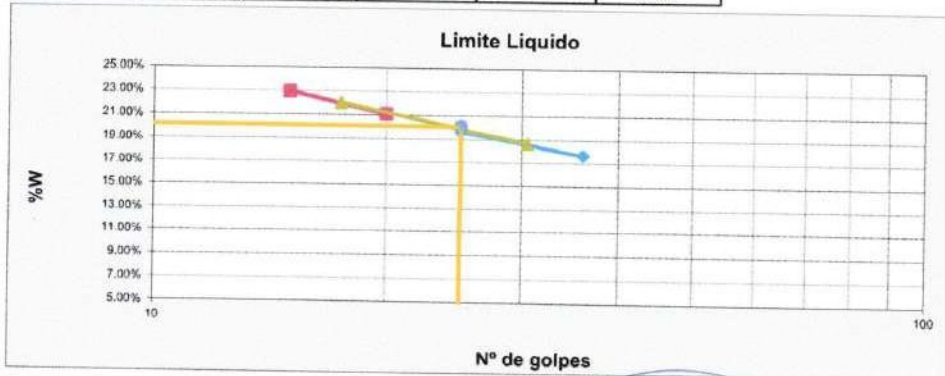
LIMITE PLASTICO MTC E-111 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	12,49	11,24	11,66	
peso de suelo seco + lata(gr)	11,51	10,43	10,77	
peso de lata(gr)	5,60	5,64	5,63	
peso de suelo seco(gr)	5,91	4,79	5,14	
peso de suelo humedo(gr)	6,89	5,60	6,03	
peso de agua(gr)	0,98	0,81	0,89	
contenido de humedad	16,64%	16,92%	17,40%	16,99%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	99,31	93,87	95,55	90,79
peso de suelo seco + lata(gr)	86,40	80,65	81,27	76,36
peso de lata(gr)	13,43	13,4	13,52	13,47
peso de suelo seco(gr)	72,97	67,25	67,75	62,89
peso de suelo humedo(gr)	85,88	80,47	82,03	77,32
peso de agua(gr)	12,91	13,22	14,28	14,43
contenido de humedad	17,699%	19,66%	21,08%	22,95%
Numero de golpes/N	36	25	20	15
LL aproximado	18,49	19,66	20,52	21,57



LL=	20,09
LP=	16,99
IP=	3,10

Proyecto: BMSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30.03.2022

Solicitante: Larcoche Margarex Cordori Bustamante y Ruth Mary Flores Tito

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación ASTHO= A-4 (B)

METODO	A
DATOS DEL MOLDE	
Alto	11.40cm
Diametro	10.45cm
Volumen	977.75cm ³
Peso	3795.00gr
Material pasante del tamiz	Na

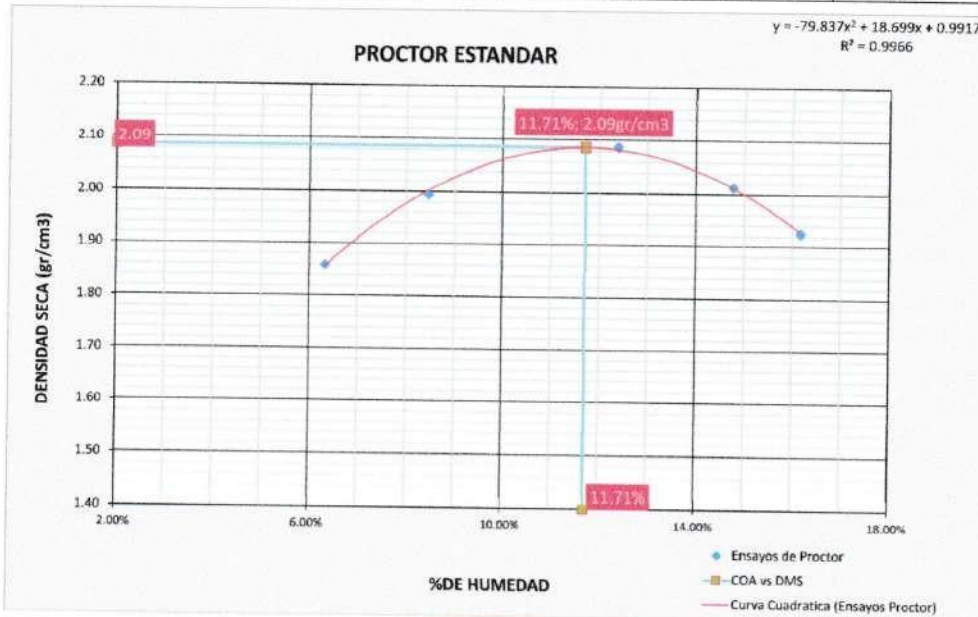
MUESTRA 12

BMSOLIDO SI
PORCENTAJE USADO 9%

PROCTOR ESTANDAR MTC E 116 (NTP. 339.142)

Energía de compactación 2700 kN·m/m³

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	5727.0gr	5910.0gr	6089.1gr	6054.0gr	5962.0gr					
PESO MOLDE	3795.0gr	3795.0gr	3795.0gr	3795.0gr	3795.0gr					
PESO MUESTRA HUMIDA	1932.0gr	2115.0gr	2294.1gr	2259.0gr	2167.0gr					
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	977.75cm ³	977.7gr	977.7gr	977.7gr	977.7gr					
DENSIDAD HUMEDAD	1.96gr/cm ³	2.16gr/cm ³	2.35gr/cm ³	2.31gr/cm ³	2.24gr/cm ³					
DENSIDAD SECA	1.86gr/cm ³	1.99gr/cm ³	2.09gr/cm ³	2.01gr/cm ³	1.93gr/cm ³					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
PESO RECIPIENTE	42.5gr	46.0gr	47.5gr	54.5gr	53.8gr	52.8gr	56.0gr	52.8gr	48.4gr	53.0gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	114.8gr	108.4gr	103.1gr	117.9gr	123.1gr	109.7gr	107.1gr	112.5gr	123.0gr	111.0gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	107.7gr	104.7gr	98.8gr	112.9gr	113.5gr	103.4gr	95.9gr	104.9gr	112.6gr	103.5gr
PESO DE AGUA	4.1gr	3.7gr	4.4gr	4.9gr	7.7gr	6.3gr	6.3gr	7.6gr	10.4gr	8.1gr
PESO DE MUESTRA SECA	65.7gr	58.7gr	51.5gr	58.7gr	61.7gr	50.6gr	41.9gr	52.1gr	64.0gr	50.5gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.36%	6.28%	8.48%	8.43%	12.42%	12.36%	14.93%	14.63%	16.23%	16.11%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.32%		8.46%		12.39%		14.78%		16.17%	



Gravimetrico	2.09gr/cm ³	DENSIDAD MAXIMA SECA	2.09gr/cm ³
CHD	11.71%	DENSIDAD MAXIMA HUMIDA	2.35gr/cm ³

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laureine Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

Clasificación SUCS= CL-ML
Clasificación ASTHO= A-4 (0)

MUESTRA	12
----------------	-----------

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diámetro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132 (ASTM D 1883)

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA	55	26	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	12044.0gr	11738.0gr	11057.0gr
PESO MOLDE	7259.0gr	7307.0gr	6757.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4785.0gr	4431.0gr	4300.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr
DENSIDAD HUMEDAD	2.26gr/cm ³	2.09gr/cm ³	2.03gr/cm ³
DENSIDAD SECA	2.08gr/cm ³	1.93gr/cm ³	1.88gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD			
RECIPIENTE N°	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA
	1	2	3
PESO RECIPIENTE	51.24gr	50.54gr	50.84gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	92.41gr	90.21gr	92.45gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	89.22gr	87.07gr	89.26gr
PESO DE AGUA	3.19gr	3.14gr	3.19gr
PESO DE MUESTRA SECA	37.98gr	36.53gr	38.42gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.40%	8.59%	8.29%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	8.49%		7.98%

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

Nº DE GOLPES POR CAPA	55	26	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION	12442.7gr	12361.3gr	11874.1gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION	11682.0gr	11378.0gr	11442.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	760.7gr	983.3gr	432.1gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	6.51%	8.64%	3.78%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

Nº DE GOLPES POR CAPA	56			25			12		
MOLDE N°	1			2			3		
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO	DIAL	ESPONJAMIENTO
		0.001pg	mm	0.001pg	mm	0.001pg	mm	0.001pg	mm
26/03/2022	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
27/03/2022	24	7.4	0.18796	10.1	0.25654	12.2	0.30988	0	0.00%
28/03/2022	48	13.7	0.34798	14.2	0.41148	25.5	0.6477	0	0.26%
29/03/2022	72	23.3	0.59182	25.4	0.65024	27.5	0.6985	0	0.54%
30/03/2022	96	26.9	0.68326	40.6	1.03124	42.2	1.07188	0	0.58%

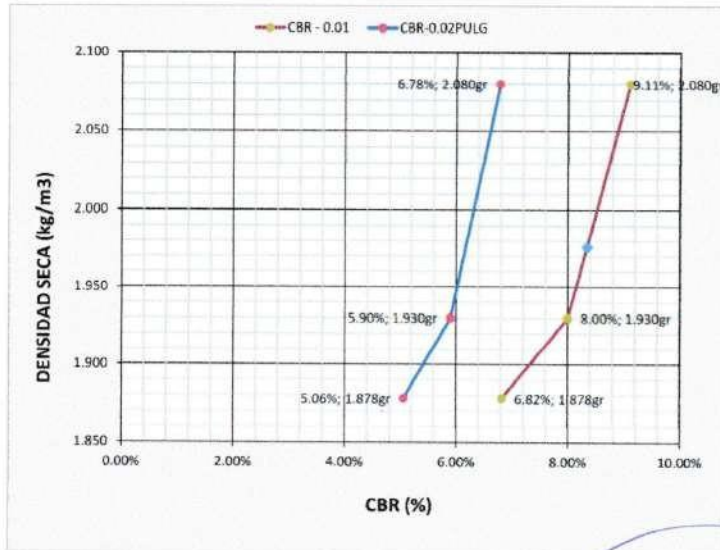
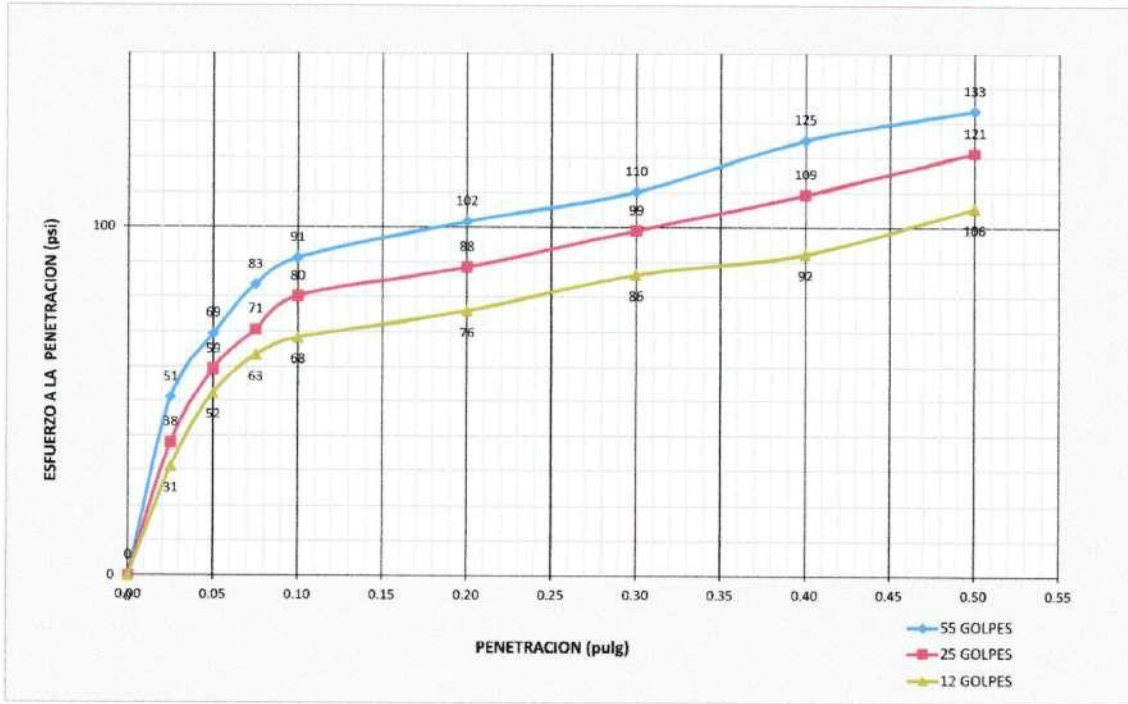
DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

1 KN=224.80894309971000 lb
Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas

PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (psf)	55 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
		MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
		CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%	CARGA DE ENSAYO	CBR/PAT	%
		DIAL	psi	%	DIAL	psi	%	DIAL	psi	%
0		0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0	0.000 KN	0	0
0.635	0.025	0.682 KN	51		0.506 KN	38		0.414 KN	31	
1.27	0.050	0.926 KN	69		0.789 KN	59		0.697 KN	52	
1.905	0.075	1.113 KN	83		0.941 KN	71		0.844 KN	63	
2.54	0.100	1.216 KN	91	9.11%	1.068 KN	80	8.00%	0.910 KN	68	6.82%
5.08	0.200	1.357 KN	102	6.78%	1.181 KN	88	5.90%	1.013 KN	76	5.06%
7.62	0.300	1.471 KN	110	5.80%	1.322 KN	99	5.21%	1.151 KN	86	4.54%
10.16	0.400	1.668 KN	125	5.43%	1.459 KN	109	4.75%	1.291 KN	92	4.01%
12.7	0.500	1.780 KN	133	5.13%	1.618 KN	121	4.66%	1.408 KN	106	4.06%

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

MUESTRA 12



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLPES	0.57%	6.51%
25 GOLPES	0.86%	8.64%
12 GOLPES	0.89%	3.78%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m ³)	2.08gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.49%
95% MDS (kg/m ³)	1.98gr

CBR AL 100% DE MDS=	9.11%	OK
CBR AL 95% DE MDS=	8.34%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR= 9.11%

El material de cantera se considera:
BUENO



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA. LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

Urb. El Eden Iate C-3, San Sebastián - Cusco. Tlf: 270342. Claro: 974279249. Movistar: 998990111. RPM: 899899011

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO. CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Muestra: TERRENO NATURAL

Fecha: 30/03/2022

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito

MUESTRA: 12

BIOSOLIDO:	SI
PORCENTAJE:	9%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN

REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

ASTM D 2166 - 91 - COMPRESION NO CONFINADA

DATOS DE ENTRADA			N° DE MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO	
			12	3.88 cm	7.63 cm	11.82 cm ²	90.21 cm ³	167.37 gr	
N°	LECTURA DIAL (mm)	LECTURA DIAL (cm)	DEF. (cm)	LECTURA DE CARGA (Ka)	DEFORMACION UNITARIA ϵ	FACTOR DE CORRECCION (1- ϵ)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR (Kg/cm ²)	RESIST. AL CORTE (kg/cm ²)
0	0.000	0.000	7.63 cm	0.00	0.000 cm	1.000 cm	11.824 cm ²	0.000	0.000
1	0.376	0.038	7.592 cm	4.26	0.005 cm	0.995 cm	11.883 cm ²	0.359	0.179
2	0.421	0.042	7.588 cm	5.18	0.006 cm	0.994 cm	11.890 cm ²	0.435	0.218
3	0.508	0.051	7.579 cm	5.68	0.007 cm	0.993 cm	11.903 cm ²	0.477	0.238
4	0.675	0.067	7.563 cm	6.24	0.009 cm	0.991 cm	11.930 cm ²	0.523	0.262
5	0.751	0.075	7.555 cm	6.82	0.010 cm	0.990 cm	11.942 cm ²	0.571	0.285
6	0.798	0.080	7.55 cm	7.01	0.011 cm	0.989 cm	11.950 cm ²	0.586	0.293
7	0.838	0.084	7.546 cm	7.25	0.011 cm	0.989 cm	11.957 cm ²	0.606	0.303
8	1.007	0.101	7.529 cm	7.89	0.013 cm	0.987 cm	11.984 cm ²	0.658	0.329
9	1.087	0.109	7.521 cm	8.30	0.014 cm	0.986 cm	11.997 cm ²	0.692	0.346
10	1.172	0.117	7.513 cm	8.49	0.016 cm	0.984 cm	12.011 cm ²	0.707	0.354
11	1.361	0.136	7.494 cm	9.01	0.018 cm	0.982 cm	12.042 cm ²	0.748	0.374
12	1.517	0.152	7.478 cm	9.69	0.020 cm	0.980 cm	12.069 cm ²	0.803	0.401
13	1.708	0.171	7.459 cm	10.31	0.023 cm	0.977 cm	12.101 cm ²	0.852	0.426
14	1.889	0.189	7.441 cm	10.97	0.025 cm	0.975 cm	12.132 cm ²	0.904	0.452
15	2.038	0.204	7.426 cm	11.24	0.027 cm	0.973 cm	12.157 cm ²	0.925	0.462
16	2.115	0.212	7.418 cm	11.40	0.029 cm	0.971 cm	12.171 cm ²	0.937	0.468
17	2.238	0.224	7.406 cm	11.44	0.030 cm	0.970 cm	12.192 cm ²	0.938	0.469
18	2.255	0.225	7.405 cm	11.62	0.030 cm	0.970 cm	12.195 cm ²	0.953	0.477
19	2.377	0.238	7.392 cm	11.71	0.032 cm	0.968 cm	12.217 cm ²	0.958	0.479
20	2.378	0.238	7.392 cm	11.85	0.032 cm	0.968 cm	12.217 cm ²	0.970	0.485
RESULTADOS OBTENIDOS			σ_1	σ_3	RADIO	CENTRO			
			0.970	0	0.485	0.485			

0.04754423 47.54422994 47544.22994



ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	DEFORMACION MAXIMA (kg/cm ²)	CARGA CRITICA (kg)	AREA CORREGIDA (A _c)
0.485	7.630	11.85 kg	12.217 cm ²

$$q_u = S_u = P_{cr}/A_c = 0.97 \text{ kg/cm}^2$$



Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128509
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTIRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.

Solicitante: Laurethe Margaret Condori Bustamante y Ruth Mery Florez Tito.

Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO

Fecha: marzo-2022

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
Forma: Redonda

MUESTRA	12
BIOSOLIDO	S1
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o lado D= 5.11 cm
Area A= 20.51 cm²
Altura H= 2.23 cm
Volumen V= 45.73 cm³

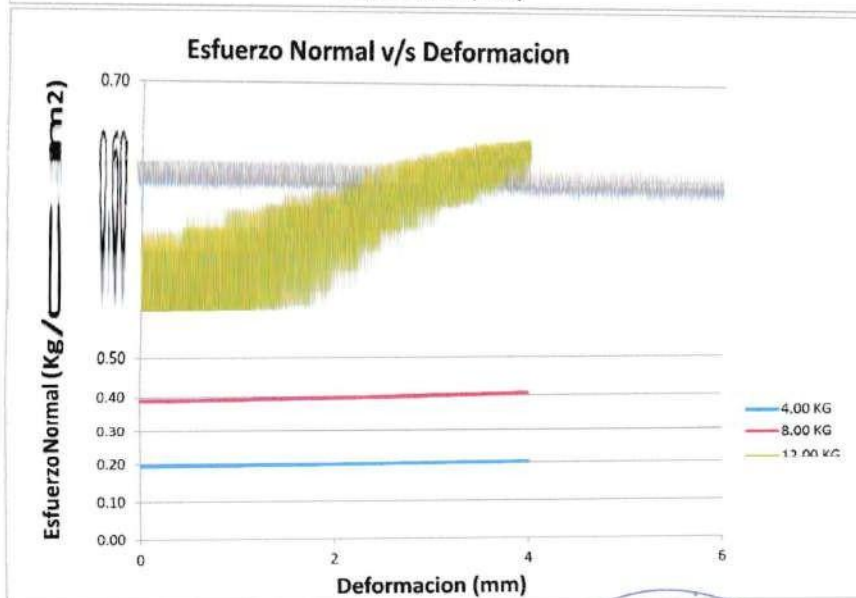
DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.65 gr
Peso Unitario Humedo= 1.94 gr/cm³
Contenido de Humedad= 18.92%
Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.481 kg/cm ²	0.202 kg/cm ²
8.00	0.508 kg/cm ²	0.405 kg/cm ²
12.00	0.534 kg/cm ²	0.607 kg/cm ²

PROMEDIO PONDERADO: 0.517 kg/cm²



Proyecto: BIOSOLIDO DE PTAR PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO, CALLE INTRAYMI, SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO.
 Solicita: Laurethe Margaret Condon Bustamante y Ruth Mery Florez Tito
 Ubicación: SAN SEBASTIAN-CUSCO-CUSCO
 Fecha: marzo-2022
 Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO
 Forma: Redonda

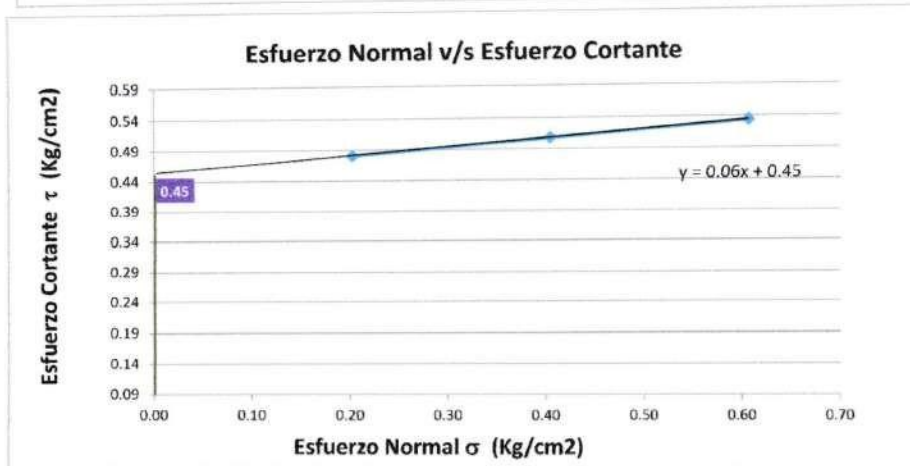
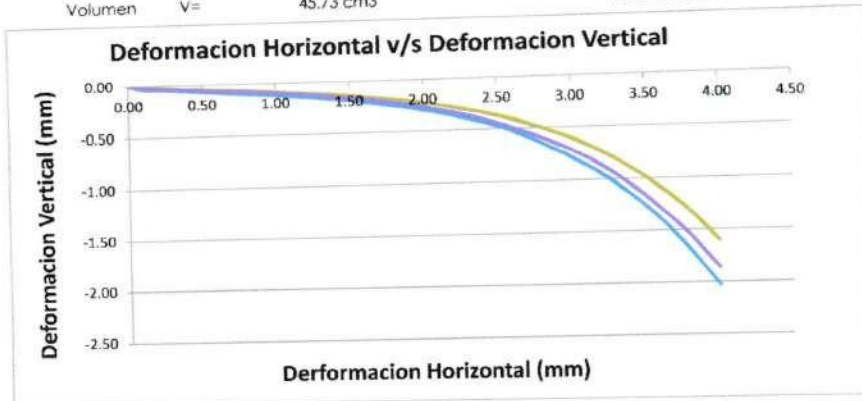
MUESTRA	12
BIOSOLIDO	SI
PORCENTAJE USADO	9%

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.11 cm
 Area A= 20.51 cm²
 Altura H= 2.23 cm
 Volumen V= 45.73 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 88.65 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.94 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 18.92%
 Peso Unitario Seco= 1.63 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.45 Kg/cm²
 $\text{tg}(\phi) = 0.056$
 $\phi = 0.06$ radianes
 $\phi = 3.21^\circ$

INGEOMA
 INGENIERIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.

Ing. Hugo Cuba Benavente
 C.P. 128539
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA