



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascención capilar del material
para base de pavimento de la cantera de totora, Cusco, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Huaraca Solano, Gerardo (ORCID: 0000-0002-3739-6411)

ASESOR:

Mg. Choque Flores, Leopoldo (ORCID. 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo de mi tesis de manera muy especial a mis Asesores, a la universidad y a mis queridos padres, porque todo lo que soy si lo debo a ellos y ser por ellos la inspiración de finalizar este proyecto e inculcar en mí, la importancia de estudiar.

Y a mis hermanos y hermanas por los consejos y aliento que me transmiten para seguir adelante que Dios los ilumines y los bendiga por su infinito amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mis pasos.

A mis padres a quienes agradezco por quien soy ahora y por su contante apoyo, tolerancia y sus palabras de aliento a mis hermanos y hermanas por su comprensión y apoyo.

A mi asesor de la tesis por apoyarme en mi proyecto y en mi persona. También quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron con sus palabras de aliento y su predisposición.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	2
II. MARCO TEORICO	4
2.1. Trabajos Previos.....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales.	4
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.1.3. Antecedentes locales.	8
2.2. Teoría Relacionado al Tema	9
2.3. Formulación del problema de investigación.....	34
2.4. Justificación de la investigación.....	34
2.5. Objetivos de la investigación	35
2.6. Hipótesis de la investigación	35
2.7. Delimitaciones de la investigación	36
1.4.1. Delimitación espacial.	36

1.4.2. Delimitación temporal.	36
III. MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	37
3.2. Método y diseño de la investigación.	37
3.3. Operacionalización de Variables.....	38
3.4. Población y muestra de la investigación.	39
3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	39
IV. RESULTADOS	40
4.1. Descripción del trabajo de campo y laboratorio.....	40
4.1.1. Localización y accesibilidad de la cantera.	40
4.1.2. Accesibilidad.....	41
4.1.3. Características generales de la cantera de Totora	41
4.1.4. Ensayos de campo en el material de Totora.	42
4.1.5. Norma Técnica CE.020 SUELOS Y TALUDES	43
4.1.6. Extracción de muestra de la cantera.....	44
4.1.7. Caracterización del suelo.....	45
4.1.8. Ejecución de los ensayos de laboratorio	47
4.1.8.3.Compactación de las muestras.....	52
4.1.9. Ensayos de CBR con el método del PDC.	53
4.1.9.1.Enrazado de las muestras.	53
4.1.9.2.Ejecución del ensayode CBR.	54

4.1.9.3. Eyección de las muestras.....	55
4.1.9.4. Medición de la ascensión capilar.....	56
4.2. Resultados de la investigación.....	58
4.2.1. Respecto de la resistencia del suelo estabilizado con el compuesto catalizador.....	58
4.2.2. Comportamiento probabilístico de las mezclas de Corcca.	65
4.2.3. Predicción maximizada del CBR del suelo de Ccorca...	66
4.2.4. Respecto de la ascensión capilar del suelo estabilizado con el compuesto catalizador.....	66
V. DISCUSIÓN.....	68
VI. CONCLUSIONES.....	69
6.1. Conclusiones.....	69
VII RECOMENDACIONES.....	72
VIII REFERENCIAS	73
IIX ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos granulométricos del MTC para bases	19
Tabla 2. Requisitos para materiales subbase en vías terrestres (MTC)	20
Tabla 3. Fórmulas para el análisis ANOVA	33
Tabla 4. Resultados del ensayo de CBR in situ en el kilómetro 8+550	42
Tabla 5. Proporciones en porcentaje de los componentes para cada muestra	48
Tabla 6. Proporciones en peso de los componentes para cada muestra	50
Tabla 7. Factores experimentales para el suelo de la carretera Ccorca	58
Tabla 8. Niveles para el suelo de la carretera Ccorca	58
Tabla 9. Dosificaciones y CBR medido en el suelo de la cantera de totora ...	59
Tabla 10 Contribución de factores en el CBR	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Símbolos gráficos convencionales para clasificación de suelos.	12
Figura 2. Símbolos gráficos convencionales para clasificación de suelos.	13
Figura 3. Excavación de las canteras.....	13
Figura 4. Canteras de aluvión.	14
Figura 5. Canteras en ladera.....	15
Figura 6. Relaciones aproximadas del CBR con distintas clasificaciones de suelos (Carter, 2016).	18
Figura 7. Equipo de Penetración Dinámica de Cono PDC.	29
Figura 8. Diagrama estructural de un ensayo PDC.	31
Figura 9. Delimitación espacial, Ubicación de la carretera Cusco Ccorca	36
Figura 10. Localización de la cantera de Totorá.....	40

Figura 11. Vista panorámica de la cantera.	41
Figura 12. Extracción de muestras de la cantera de totora.	44
Figura 13. Almacenamiento de las muestras en el laboratorio.	45
Figura 14. Vista previa de la granulometría y textura del material de Totorá.	46
Figura 15. Vista previa de la granulometría y textura del material de Totorá.	47
Figura 16. Proceso de pesaje de los ingredientes de cada muestra.	51
Figura 17. Proceso de mezclado de los ingredientes de cada muestra.	52
Figura 18. Proceso de compactación de las muestras.	53
Figura 19. Proceso de enrazado de las muestras.	54
Figura 20. Medición del CBR con el método PDC.	55
Figura 21. Proceso de eyección de las muestras.	56
Figura 22. Proceso de secado de las muestras.	57
Figura 23. Proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.	57
Figura 24. Contribución de los factores en el CBR del suelo de Ccorca.	60
Figura 25. Medias de los factores del suelo de Ccorca para el CBR.	61
Figura 26. Efecto estandarizado de la interacción de los factores del suelo de Ccorca.	62
Figura 27. interacción de los factores del suelo de Ccorca con mejor ajuste.	63
Figura 28. Efecto estandarizado sin interacción con ajuste adecuado.	64
Figura 29. Diagrama multivariado del suelo de Ccorca.	65
Figura 30. Grafica de predicción de la mezcla del suelo de Ccorca.	66
Figura 31. Medias de los factores del suelo de Ccorca para la ascensión capilar.	67
<i>Figura 32. Se observa la preparación de la muestra de cantera de totora, para los ensayos de laboratorio.</i>	<i>76</i>
Figura 33. Se observa la preparación de la muestra de cantera de totora, para los ensayos de laboratorio.	76

Figura 34. Se observa el pesado de la muestra de la cantera.	77
Figura 35. Se observa el embolsado y pesado de aditivo Consolid.	77
Figura 36. Se observa el embolsado y pesado de aditivo consolid.	78
Figura 37. Se observa el mesclado de material de cantera y aditivos consolid y solidry.	78
Figura 38. Se observa la medición del CBR con el método PDC.....	79
Figura 39. Se observa el proceso de eyección de las muestras.	79
Figura 40. Se observa el proceso de eyección de las muestras.	80
Figura 41. Se observa el proceso de secado de la muestra	80
Figura 42. Se observa el proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.....	81
Figura 43. Se observa el proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia de la investigación.

ANEXO 2: Panel fotográfico

ANEXO 3: Hojas de cálculo de los ensayos realizados

RESUMEN

El presente investigación tiene como objetivo Determinar la medida en que se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totora en el Cusco para el año 2020. Para este efecto se ha realizado una investigación cuantitativa, nivel correlativo y diseño experimental.

La presente investigación se ha logrado determinar la medida en que influye la aplicación del sistema Consolid (Consolid+Solidry) en la resistencia del suelo de la cantera de Totora en la ciudad del Cusco, midiéndose la respuesta del CBR a través de un enfoque experimental fraccional factorial optimizado ejecutado con 36 ensayos de CBR no sumergido y 36 ensayos de ascensión capilar.

Se ha evidenciado que para un suelo de tipo grava mal graduada de origen sedimentario cuyo origen es una mezcla de arenisca, limolita y argilita, como lo es el suelo de la cantera de Totora, la dosificación de Solidry con Arcilla juega un papel preponderante al momento de mejorar el CBR siendo que este se puede elevar desde 17 hasta 87 es decir poco más de cinco veces su valor natural. Igualmente, en el caso de este suelo, el Consolid (C444) no tiene un papel significativo en la mejora del CBR.

Queda claro que la influencia del sistema Consolid está íntimamente ligado al tipo de suelo y su dosificación, poniéndose en tela de juicio lo afirmado por el fabricante en términos que dicho sistema sirve para estabilizar cualquier tipo de suelo.

El suelo estabilizado con el componente propuesto por la presente investigación, puede llegar como máximo a un CBR de 14.%, mientras que si se aplica la estabilización este CBR puede ascender hasta un 61.9% cuando se utiliza la siguiente dosis óptima: 1.5% de Solidry, 0.1% de Consolid, 15% de arcilla y sin arena. En otras palabras el sistema puede elevar hasta cuatro veces su resistencia natural.

Asimismo, se recomienda aplicar el compuesto catalizador estudiado en la presente investigación para mejorar el suelo de la cantera de totora , añadiéndole la proporción de arcilla requerida.

Palabras Clave: suelo, arcilla, Catalizador, CBR, ascensión capilar

ABSTRACT

The present research aims to Determine the extent to which the effect of the Consolid system occurs in the CBR and the capillary rise of the material from the Totora quarry in Cusco for the year 2020. For this purpose a quantitative investigation, correlative level, experimental design.

The present investigation has been able to determine the extent to which the application of the Consolid system (Consolid + Solidry) influences the resistance of the soil of the Totora quarry in the city of Cusco, measuring the response of the CBR through a fractional experimental approach Optimized factorial executed with 36 non-submerged CBR tests and 36 capillary ascension tests.

It has been shown that for a poorly graded soil of sedimentary origin whose origin is a mixture of sandstone, limolite and argillite, such as the soil of the Totora quarry, the dosage of Solidry with Clay plays a preponderant role at the time to improve the CBR being that this can be raised from 17 to 87 that is to say a little more than five times its natural value. Similarly, in the case of this soil, the Consolid (C444) does not have a significant role in improving the CBR.

It is clear that the influence of the Consolid system is closely linked to the type of soil and its dosage, putting into question what the manufacturer claims in terms that said system serves to stabilize any type of soil. It can be said that any type of soil can be stabilized, provided that its variables are studied in a practical and methodologically consistent way.

The soil stabilized with the component proposed by the present investigation, can reach a maximum of a CBR of 14.6%, while if stabilization is applied, this CBR can amount to 61.9% when the following optimal dose is used: 1.5% of Solidry, 0.1% of Consolid, 15% of clay and no sand. In other words, the system can raise its natural resistance up to four times.

Regarding the capillary ascension, the tests carried out do not yield consistent results and are not statistically significant since the coefficient of determination of the analysis is not very low.

Keywords: soil, caly, Catalyst, California Bearing Ratio, ascensio

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se ha logrado determinar la medida en que influye la aplicación del sistema Consolid (Consolid+Solidry) en la resistencia del suelo de la cantera de Totora en la ciudad del Cusco, midiéndose la respuesta del CBR a través de un enfoque experimental fraccional factorial optimizado ejecutado con 36 ensayos de CBR no sumergido y 36 ensayos de ascensión capilar.

Se ha evidenciado que para un suelo de tipo grava mal graduada de origen sedimentario cuyo origen es una mezcla de arenisca, limolita y argilita, como lo es el suelo de la cantera de Totora, la dosificación de Solidry con Arcilla juega un papel preponderante al momento de mejorar el CBR siendo que este se puede elevar desde 17 hasta 87 es decir poco más de cinco veces su valor natural. Igualmente, en el caso de este suelo, el Consolid (C444) no tiene un papel significativo en la mejora del CBR. Queda claro que la influencia del sistema Consolid está íntimamente ligado al tipo de suelo y su dosificación, poniéndose en tela de juicio lo afirmado por el fabricante en términos que dicho sistema sirve para estabilizar cualquier tipo de suelo.

El suelo estabilizado con el componente propuesto por la presente investigación, puede llegar como máximo a un CBR de 14.%, mientras que si se aplica la estabilización este CBR puede ascender hasta un 61.9% cuando se utiliza la siguiente dosis óptima: 1.5% de Solidry, 0.1% de Consolid, 15% de arcilla y sin arena. En otras palabras el sistema puede elevar hasta cuatro veces su resistencia natural.

Asimismo, se recomienda aplicar el compuesto catalizador estudiado en la presente investigación para mejorar el suelo de la cantera de totora , añadiéndole la proporción de arcilla requerida.

1.1. Realidad problemática

La Carretera Cusco – Ccorca - Huayllaypampa, pertenece a la RUTA: PE-3S (Puquin) – Sihuarcancha – Ccorca – Chanca – Punta de carretera. Con Código de Ruta CU-698 (Tramo km 0+000 al km 20+616) y Código de Ruta (Tramo km 20+616 al km 21+724).(Fuente: Informe Técnico Aprobado N°006-2017-GRCUSCO / GRPPAT / SGPL-AFEP).

La vía a intervenir presenta una longitud de 21,741 km, desde el sector de Puquín en el distrito del Cusco, hasta Huayllaypampa del distrito de Ccorca, Actualmente la vía se encuentra en la etapa de ejecución, otorgando en ciertas horas el pase vehicular del sector, la mayor parte de la vía se encuentra lastrada en regulares condiciones de conservación.

El proyecto permitirá el desarrollo comercial de los pobladores del distrito de Ccorca, su conexión y rápido acceso a la ciudad del Cusco. Beneficiará a uno de los distritos con el mayor índice de pobreza de la región del Cusco.

El proyecto beneficiará directamente a las comunidades de Ccorca Ayllu, VentanayoCc, Totorá, Ccorimarca, Huayllay, Quishuarcancha, San Isidro entre otros. Los cuales actualmente cuentan con fitotoldos donde producen fresas, hongos, papas, hortalizas y otros. Así mismo cuentan con galpones de crianza de cuy, altamente cotizado en el mercado cusqueño.

El mejoramiento de la vía, incrementará el desarrollo potencial del sector, haciendo que las necesidades de transporte se incrementen de manera notoria, especialmente cuando la productividad, de cualquier tipo del sector lo amerita.

Para la construcción de la carretera se ha determinado el uso de la cantera denominada Totorá, esta cantera contiene roca de tipo sedimentaria como arenisca, limolita y arguilita. El material de esta cantera resulta ser el único disponible en la zona y por su cercanía hace económicamente viable su explotación, sin embargo, los estudios de suelos realizados a este material indican que su CBR difícilmente alcanzará los requerimientos de la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El uso de aditivos como elementos mejoradores de las propiedades geotécnicas de los suelos ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, sin

embargo, en el campo de plastificantes y superplastificantes estos han sido tradicionalmente utilizados para la mejora de las propiedades del concreto estructural, y no así para mejorar propiedades del suelo.

Sin embargo, dado que el contenido de humedad del suelo durante las operaciones de compactación del mismo es una variable determinante para poder obtener su máxima densidad y por ende su mejor resistencia, es de esperar que un superplastificante reemplace la necesidad de una parte del agua de mezcla en el suelo con el objeto fundamental de lubricar las partículas de suelo, así se obtendría un suelo menos poroso y por ende más resistente.

Por estas razones conviene y es de suma importancia investigar cual es el efecto de los superplastificantes en la resistencia de los suelos destinados a la construcción de bases de pavimento, ya sea a través de la observación de los cambios en la resistencia al cortante o a través de los ensayos de tipo CBR.

II. MARCO TEORICO

2.1. Trabajos Previos

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Muñoz (2018) desarrolló un trabajo de investigación titulado “Análisis de la capacidad de soporte (CBR) de suelos limo arenosos estabilizados con silicato de sodio, adicionado en un 70% de la humedad óptima de compactación”, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Distrital Francisco José de caldas , llegando a las siguientes conclusiones.

Mediante los resultados del ensayos de laboratorio del límite líquido, límite plástico, ensayo modificado de compactación, se pudo deducir que el suelo estudiado se clasificara como un Limo de baja plasticidad (ML), poco cohesivo, con un bajo grado de expansión.

La estabilización de suelos limo arenosos con silicato de sodio en un 70% de la humedad óptima de la compactación, hace que incremente la capacidad de soporte, tanto en condición no saturada y en inmersión, con un porcentaje de 112% y 218% respectivamente.

Los suelos limo arenosos sin estabilizar, sufren disminuciones importantes de capacidad de soporte cuando entran en contacto con el agua, ya que el CBR de las muestras en condición No saturada fue de 42.44% , de las muestras en inmersión fue de 25.37% y dando un porcentaje de disminución de la capacidad de soporte aproximadamente de 40.21% (Tabla 20). En el caso en el que los suelos estabilizados entran en contacto con el agua la afectación es menor ya que el CBR de las muestras en condición no saturada fue de 90.07%, de las muestras en inmersión fue de 80.78%, dando como resultado un porcentaje de disminución de la capacidad de soporte aproximadamente de 10.31% (Tabla 20); la utilización de Silicato de Sodio para estabilizar el suelo limo arenoso mejora las propiedades cementantes entre las partículas, generándole estabilidad al suelo para que resista procesos erosivos por el paso del agua, generando durabilidad y funcionalidad en las estructuras de pavimento flexible y regido.

Silvestre (2018), desarrolló un trabajo de investigación titulado “Análisis comparativo de los efectos del agua de mar y de cal en la estabilización de suelos arcillosos en calles que conforman el barrio 2 de noviembre de la comuna Engabao perteneciente al cantón playas provincia del Guayas”, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad de Guayaquil, llegando a los conclusiones.

Los ensayos con el suelo natural se llegó a la conclusión de que el suelo es tipo arcilloso plástico de acuerdo a sus límites de consistencia promedio como si muestra el siguiente resultado $WL=79,5\%$, $IP=48,65\%$ y un $CBR= 8,55\%$ muy bajo para utilizar como capa de subrasante. Con el valor promedio obtenido en $CBR=10,50\%$ de en las muestras modificadas con agua de mar se concluye y tampoco cumple con el parámetro de calidad que debe tener la subrasante. Las muestras estabilizadas con cal hidratada y con agua de mar presentaron una mejora significativa en sus límites de consistencia, dando como resultado una clasificación mucho mejor de acuerdo a las normas AASHTO y SUCS, mejoras que son detalladas en tabla No, el muestra estabilizada con cal al 7%, con un $CBR=18,05\%$ y la muestra que más cumple con el parámetro de calidad para una capa subrasante de acuerdo a la tabla #6, la misma que dice que un suelo con CBR entre 11 a 19% se lo caracteriza como subrasante de calidad Buena. Así mismo el muestra estabilizada al 7% se mejoró sus límites de consistencia; $WL=33,20\%$; $WP=25,14\%$; $IP=8,10$, con lo cual su plasticidad es menor en comparación a los límites de consistencia del suelo natural y también se disminuyó el hinchamiento del material a un 2% en comparación al 5% de la muestra de suelo natural.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Lozada (2018), desarrolló un trabajo de investigación titulado “Estudio las características físicas y mecánicas de la canteras hualango, como material afirmado de las carreteras – provincia de utcubamba”, con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, llegando a las siguientes conclusiones.

El cantera de la Loma, naturaleza grava arcillosa con arena (GC), según del método SUCS, identificado según el método AASHTO el tipo de suelo es A-2-4 , con partículas de varios tamaños, mucha presencia de finos con $IP=8.27\%$, está dentro de los parámetros que estipula en el manual de carreteras del MTC, IP (4% a 9%), él % por desgaste a la abrasión es 68.6%, Así mismo presenta bajo contenido de sales igual a 0.10%, además el C.B.R. al 100% para 0.1” = 46.0 %. Entonces el material que lo compone a la cantera no presenta características de un material adecuado para ser utilizado en carreteras. La cantera es la naturaleza grava con arcillosa con arena (GC), con ausencia de las partículas intermedias y mucha presencia de finos, según el método SUCS, identificado según el método AASHTO, es un tipo de suelo A-2-4, $IP=7.82\%$, está dentro de los parámetros que estipula el manual de carreteras del MTC, IP (4% a 9%). El % por desgaste a la abrasión es 54.3%, Así mismo presenta bajo contenido de sales igual a 0.20%, Además un C.B.R. al 100% para 0.1”= 47.4%, Entonces el material que compone al cantera no presenta características de un materiales adecuados para ser utilizados en las carreteras.

Las canteras Limones “cantera de rio”, según el análisis granulométrico en laboratorio tiene mayor presencia de agregado grueso, no presentan $IP= N.P$, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo GW (grava bien graduada), según la clasificación AASHTO presenta un tipo de suelo A-1-a y el % por desgaste a la abrasión es 17.20%, Se combinó la cantera La Loma (45%) con la cantera Limones (55%), y se obtuvo según la clasificación SUCS, es un suelo de Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), según la clasificación AASHTO es un suelo de

buena graduación (A-1-a), con un $IP=6.11\%$, según el ensayo de Próctor una $M.D.S=2.237\text{ g/cm}^3$, con óptimo contenido de humedad $=5.91\%$ y una mejor resistencia con un C.B.R al 100% para $0.1''=78.7\%$. Lo cual recomienda que esta dentro de los parámetros de resistencia del suelo para material de afirmados en las carreteras, entonces si es recomendable para ser utilizado como material de afirmado de las carreteras, igual manera se así la combinara la cantera Las Paguillas (55%) con el cantera Limones (45%), se obtuvo según la clasificación SUCS, es un suelo de Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), y según la clasificación AASHTO es un suelo de buena graduación (A-2-4), con un $IP=6.93\%$, según el ensayo Próctor una $M.D.S=2.210\text{ g/cm}^3$, con óptimo contenido de humedad $=7.91\%$ y una mejor resistencia con un C.B.R al 100% para $0.1''=73.5\%$, entonces es recomendable para ser utilizado como material de afirmado en las carreteras.

Calle & Arce (2018), desarrolló un trabajo de investigación titulado “Estabilización con el polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación de un pavimento convencional”, con la finalidad de obtener el título profesional de la carrera de ingeniero civil, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, llegando a las siguientes conclusiones, se demostró el mejoramiento de la subrasante para ser usada como base, encontrándose un aumento de hasta el 110% del valor de CBR con una dosificación de $1/2$ de polímero con respecto al contenido óptimo de humedad. El valor de CBR de la subrasante en estudio a medida que aumenta el contenido de polímero presenta una tendencia bilineal, con pendiente mayor desde $1/8$ hasta $1/4$ de polímero y pendiente menor desde $1/4$ hasta $1/2$. El contenido óptimo de polímero que se obtuvo para la estabilización de la subrasante, que será utilizada como base, es de $1/5$ de polímero respecto del contenido óptimo de humedad, el valor de CBR natural de la subrasante es de 55, El valor de CBR de la subrasante se incrementó a 86 con el contenido óptimo de polímero.

2.1.3. Antecedentes locales.

Copa & Fernández (2018), “Análisis de comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el Sistema Consolid en la Carretera Ollantaytambo en el tramo 0+000 – 1+000. distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, Región Cusco, 2018”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, de la Universidad Andina del Cusco, llegando a los siguientes conclusiones. La alternativa de solución planteada es la aplicación del Sistema Consolid en las dosificaciones de 0.04%, 0.10% y 0.50% de C444 respecto del peso del suelo para ver las posibles variaciones y así poder hallar la óptima dosificación de C444 para la carretera Ollantaytambo según sus características particulares, de igual forma se adicionó Solidry al 1.5% de forma estándar como se recomienda por antecedentes en el uso del aditivo impermeabilizante. Para poder realizar un análisis comparativo entre los valores de las propiedades físico y mecánicas se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, proctor modificado, CBR, permeabilidad y abrasión, siguiendo las normas del MTC, ASTM y AASHTO, que nos permitirán saber cuál es la variación en su comportamiento al estabilizarlo con el Sistema Consolid. Tras el término de la investigación se concluyó que la mejor dosificación de C444 es 0.10% respecto al peso del suelo ya que al añadirla, se observó que los porcentajes de CBR incrementaron; así mismo con la suma del Solidry estos valores subieron aún más porque la permeabilidad del suelo fue disminuida significativamente, dándole así mayor resistencia y menor porcentaje de expansión, sin embargo con las adiciones de 0.04% no presento mucha variación y al usar la dosificación 0.50% de C444 fue excesiva apreciándose alteraciones en las propiedades de los suelos.

2.2. Teoría Relacionado al Tema

PAVIMENTO

Definiciones

- El Pavimento: “es un estructura de varias capas que se apoya encima de la subrasante, esta capa es la que soporta un bloque de diferentes capas y espesores llamado paquete estructural diseñados para resistir cargas extremas durante un período de tiempo y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por varias capas de rodadura, base, subbase”. (MAGNO, 2017 pág. 152).
- “El pavimento es un paquete de diferentes capas que soporta fuerzas generadas por factores externos, se dividen en flexibles, rígidos, mixtos, el tipo de diseño de pavimento a utilizar es de acorde a la función que desempeñara y de las fuerzas a las que es sometida” (Mallma, 2018 pág. 10).

CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

los pavimentos si clasifican en flexibles y rígidos

PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Denominado pavimento flexible es una carpeta asfáltica, lo cual esta proporcionado de la superficie de rodamiento. Las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y de cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son:

- Subrasante.

El sub rasante es la capa de 0.30 m de espesor mínimo; está en la partes superiores del terraplén o en las corte, generalmente formado de los mismo suelos naturales (Moncayo, 2018).

- Base de pavimento.

El base de los pavimento flexible, “Es un capa resistente, formado de suelos granulares y estabilizado, que recibirá las cargas de la carpeta asfáltica y la distribuyen en la menor intensidad a la capa de abajo, se pueden ser la sub base o la sub rasante” (Idem).

- Sub Base de pavimento.

“La sub base de pavimento flexible, es la capa del paquete estructural de pavimento que se encuentra entre la sub rasante y la base. Y se encarga de aguantar, transferir y distribuir de manera uniforme las fuerzas hacia la carpeta asfáltica” (MTC, 2018 pág. 369)

- Superficie de rodadura o carpeta asfáltica

La superficie de rodadura o carpeta asfáltica. “Tiene un trabajo es proteger la estructura del pavimento, recubriendo la superficie, Impidiendo las filtraciones de las precipitaciones de aguas fluviales y fluviales las cuales dañan las capas inferiores. Impide a la desintegración de la capa estructural”. (Cordova,2020).

PAVIMENTOS RÍGIDOS

El pavimento rígido: “Es aquel cuyo elemento fundamental es una losa de concreto en la que se distribuyen las carga de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas”. (Cordova,2020).

La sección transversal de un pavimento rígido está constituido por:

- Losa de concreto.
- Capa de sub-base.

Ambas apoyadas sobre la sub-rasante.

COMPUESTO.

El palabra compuesto es una sustancia química que está formada por dos elementos de la tablas periódicas o más elementos, los compuestos tienen una fórmula química, un compuesto está formado por moléculas o iones, que tiene una determinada carga “positiva en el caso de protones o negativa en el de los electrones”. El elemento que conforma un compuesto no puede separarse con ninguna tratamiento o procesos físicos, sino con un elementos químicos. Para ver este caso, realizamos un ejemplo el ácido fluorhídrico y cual está compuesto por un átomo de “flúor” y uno de “hidrógeno”, en las químicas inorgánicas los compuestos está representado mediante los símbolos químicas. Los compuesto alifático si constituidos por carbono y también hidrógeno no aromático, los compuesto aromático son compuestos orgánicos cíclico conjugado con mayor estabilidad, El compuesto heterocíclico son compuesto orgánico cíclico y al menos uno de los componentes es de un elemento que no es carbono, compuestos organometálico , los átomos de carbono forman enlaces covalentes y polímeros macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeña. (Estela, 2019).

CATALIZADOR.

El catalizador es un proceso natural de la petrificación del suelo cohesivo. Otra ventaja no menos importante del Sistema CONSOLID es su capacidad para lograr la impermeabilidad total del suelo, evitando las filtraciones y ascensiones capilares del agua, causante principal de la destrucción de una carretera. Las propiedades del suelo tratado con el Sistema CONSOLID, se mantienen inalterables durante años con mínimo mantenimiento entre 7 y 10 años, garantizando así, una óptima conservación y transitabilidad. Consecuentemente, como resultado, se logra un importante ahorro de aproximadamente 35%. Una de las características técnicas es su capacidad de incrementar su capacidad de soporte (CBR) según lo requiera el tipo de vía. (UTIEC, 2018).

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y CARACTERÍSTICA MECÁNICA.

Símbolos gráfico de los suelos.

En estratigráficos y como en los perfiles se usar los siguiente símbolos que se muestran en las gráficas.


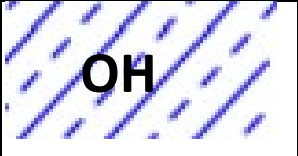
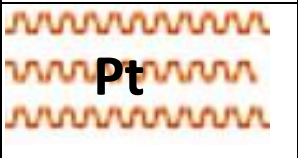
	Arcilla inorgánica de alta plasticidad.
	Limo orgánico o arcilla orgánica de alta plasticidad.
	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Figura 1. Símbolos gráficos convencionales para clasificación de suelos.

Fuente. (NORMA E 050, Suelos y Cimentación (EM 2018), 2018)

	Grava bien graduada.		Arena limosa, Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava mal graduada, mezcla de arena y grava con poco nada de material fino.		Arena arcillosas, mezclas de arena - arcillosa.
	Gravas limosas.		Limo inorgánico de baja plasticidad.







 GC	Gravas arcillosas.	 CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad
 SW	Arena bien graduada.	 OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
 SP	Arena mal graduada.	 MH	Limo inorgánico de alta plasticidad.

Figura 2. Símbolos gráficos convencionales para clasificación de suelos.

Fuente: (NORMA E 050, Suelos y Cimentación (EM 2018), 2018)

CANTERAS.

“Se le llama cantera al fuente de aprovisionamiento de suelos y rocas necesarias para la construcción de obras civiles. Nuestro interés del estudio de las canteras de donde se extrae los agregado tendrán 3 usos principales: para concreto, para pavimentaciones y para asfaltos de vías, que requieren de agregados con diferentes características y requisitos que vamos analizando de acuerdo al ensayos de laboratorio, que forzosamente hay que realizar”. (Ramos, 2015).

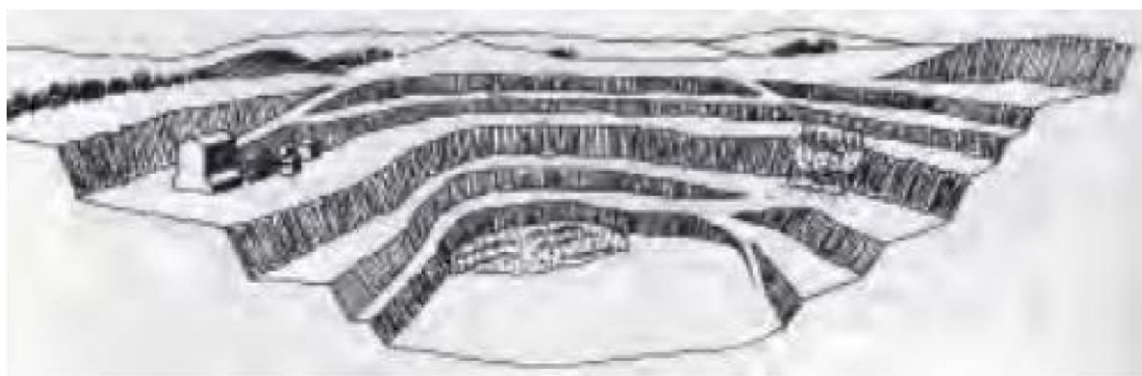


Figura 3. Excavación de las canteras

Fuente: *Estudio sobre cantera: Geología; legislación; medio ambiente; normativa; explotaciones y tratamientos.*

TIPOS DE CANTERA.

- **Cantera de aluvión:**

También las canteras fluviales, los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en las zonas de menor potencialidad y formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados, limos y arcillas, gravas hasta arena; la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. (Rojas, 2015).



Figura 4. Canteras de aluvión.

Fuente: *Estudio sobre cantera: Geología; legislación; medio ambiente; normativa, explotación y tratamiento.*

- **Canteras de roca.**

Las canteras de roca, están ubicadas en formaciones rocosas, montañas, con materiales de la menor dureza, generalmente, que los materiales de ríos debido a que no sufren ningún proceso de clasificación; sus características físicas dependen de las historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras de roca se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos. (Rojas, 2015)



Figura 5. Canteras en ladera

Fuente: *Estudio sobre áridos: Geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento.*

MUESTREO PARA EL EXPLOTACIÓN DE LAS CANTERAS.

Para desarrollar el muestreo de los estratos obtenido de las canteras, guiarse con la norma MTC E 101, manual de MTC, ensayo de materiales, vigente.

Se desarrollaran como mínimo cinco exploraciones para cada área que es \leq a una hectárea, la ubicación de los hitos de prospección serán a una distancia aproximadamente =, para dosificar la explotación si se estima pertinente, la explotación consistirá en realizar calicata y sondeo, a profundidad que no será

menores de la profundidad máximas de explotaciones, con la finalidad de garantizar la realidad de potencial de los bancos de materiales.

El cantidad de la muestra extraída de las canteras deberán permitir o efectuar los ensayos exigidas, (así como también los ensayos deberán verificación para rectificar y/o ratificar), resultados pocos frecuentes.

Las explotaciones de las canteras las ubicaciones si prospecciones con sus respectivas coordenadas UTM-WGS84, las característica de los estratos encontrado tal como: Tamaño; forma; color y espesor de cada estrato. (MTC, Manual de las carreteras - sección de suelos y pavimentos, 2020).

LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

La estabilización de suelo entiende a mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y la resistencia, con las permanencias en el tiempo, el diseño de una estabilización con los aditivos incluye clasificar el suelo, determinar el tipo, cantidad de estabilizante y el procedimiento para efectuar la estabilización del suelo, el método del diseño dependerá del uso que se pretenda dar los suelos estabilizados, es difícil establecer patrones de estabilizaciones de materiales. Sobre todo cuando se tiene una gran diversidad de métodos de diseño de pavimentos. (Bada, 2016), página 16.

Hay que entender los mecanismos de la estabilización de los productos no tradicionales, a la vez aquí definir con la claridad, el objetivo que se busca es estabilizar el suelo; esto efectuara la lección correcta del producto a utilizar. En este proceso pueden intervenir muchas variables como tipo de suelo o material existente en las canteras, características de la rutas, climas y otros. (Ulate, 2017), página 4.

Actualmente en Colombia es de uso frecuente la estabilización químicas de suelos, sea con cal, cemento y aditivos o químicos, principales ventajas de la estabilización química son que el tiempo de fraguado y el tiempo de curado pueden controlarse. Sin embargo, la estabilización química es generalmente más costosa que otros tipos de estabilización y puede causar riesgos ambientales. (Olaya, 2018), página 59.

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CALIFORNIA, BEARING RATIO, CBR).

El Ensayo de CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de la Relación de Soporte de California), se encarga de medir la resistencia de suelo y verifica la calidad del terreno como: subrasante, sub base, base de un pavimento flexible y regido. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad y se determina tanto en campo como en laboratorio, ya sea de forma directa o indirecta (Fernández Baca, 2010).

La prueba de California Bearing Ratio, o CBR como se la conoce generalmente, fue originalmente desarrollada por la división de la Carretera de California de la década de 1930 como parte de un estudio de fallas en el pavimento. Su propósito era proporcionar una evaluación relativa de la estabilidad de los materiales de base de grava fina triturada. Posteriormente se utilizó para el diseño del pavimento en todo el mundo y, a pesar de numerosas críticas y una caída en su popularidad, en los últimos años, todavía forma la base del diseño de espesores de pavimento actuales. Irónicamente, se usó para el diseño de pavimentos en California por solo unos pocos años, y fue reemplazado por el Estabilómetro Hveem (Carter, 2016).

Algunos factores que hacen que los resultados de los ensayos de CBR varíen son: la densidad, el contenido de humedad, la sobrecarga al momento del ensayo, el método de compactación y el lugar del ensayo (in situ o laboratorio).

La escala de CBR usuales para distintas clasificaciones de suelos, se indica en la figura 1.

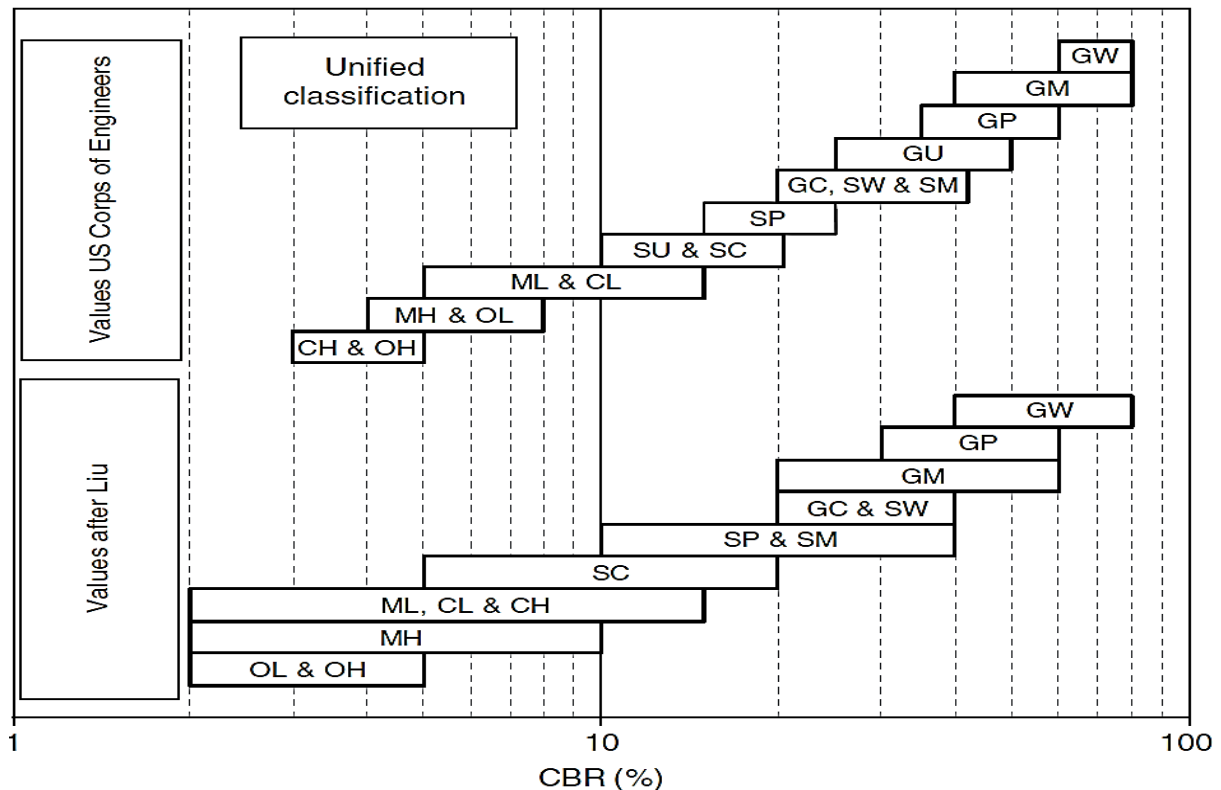


Figura 6. Relaciones aproximadas del CBR con distintas clasificaciones de suelos (Carter, 2016).

Fuente: Geotecnia y cimientos- (Fernando, 2006).

La prueba CBR se lleva a cabo normalmente en el laboratorio. El principio subyacente en la prueba implica determinar la relación entre la fuerza y la penetración cuando se hace que un émbolo cilíndrico de un área de sección transversal estándar pueda penetrar en un área compactada de muestra de suelo a una velocidad dada. La relación de la fuerza aplicada a una fuerza estándar, expresada como un porcentaje, se define como el CBR del suelo (O'Flaherty, 2002).

A una densidad seca dada, el CBR también varía según su contenido de humedad. Por lo tanto, el valor de CBR de diseño debe determinarse para el mayor contenido de humedad que es probable que el suelo tenga posterior a la construcción de una vía. La selección de este contenido de humedad requiere una comprensión de las fluctuaciones de la humedad en el suelo. La

determinación de los contenidos de humedad de los equilibrios para usar de los ensayos de CBR se determinan mejor a partir de pruebas de succión en laboratorio utilizando la condición más adversa (Ibidem).

Normativa para bases y sub bases de pavimento en el Perú.

El ente normativo para este tipo de estructuras en el Perú es el “Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (MTC), su sección 402: Subbases granulares recomienda los requisitos granulométricos para este tipo de estructuras, estos se pueden apreciar a continuación.

Tabla 1.

Requisitos granulométricos del MTC para bases.

(Tamiz)	% que pasa, en peso			
	Gradacion (A)	Gradacion (B)	Gradacion (C)	Gradacion (D)
50 mm. (2").	100.	100.	-	-
25 mm.(1").	-	(75-95)	100	100
9,5 mm.(3/8").	(30-65)	(40-75)	(50-85)	(60-100)
4,75 mm.(N°4).	(25-55)	(30-60)	(35-65)	(50-85)
2,0 mm.(N°10).	(15-40)	(20-45)	(25-50)	(40-70)
425 um.(N°40).	(8-20)	(15-30)	(15-30)	(25-45)
75 um.(N°200).	(2-8)	(5-15)	(5-15)	(8-15)

Fuente: *ASTM D -1241*

En la tabla anterior puede apreciarse que para la gradación A, que es la recomendada para vías que se construyen por encima de los 3000 msnm, el límite de arcilla es de 8% y el de material fino que pasa la malla 40, es hasta 20%. Cabe mencionar que el ámbito geográfico de la presente investigación abarca suelos extraídos de proyectos por encima de los 3000 msnm.

Por otro lado, respecto de los ensayos especiales que determina la norma para la construcción de subbases, se tiene el resumen de la tabla 2.

Tabla 2.

Requisitos para materiales subbase en vías terrestres (MTC).

Ensayos	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000msnm	≥ 3000msnm
Abrasión los Ángeles.	MTC-E 207	C-131	T -96	50% max.	50% max.
CBR (1).	MTC-E 132	D-1883	T -193	40% max.	40% max.
Limite Liquido	MTC-E 110	D-4318	T -89	25% max.	25% max.
Índice de Plasticidad.	MTC-E 111	D-4318	T -90	6% max.	4% max.
Equivalente de arena.	MTC-E 114	D-2419	T -176	25% max.	35% max.
(Sales y solubles)	MTC-E 219	--	--	1 % max.	1% max.
Partículas Chatas, Alargadas.	--	D-4791	--	20% max.	20 % max.

(1) Referido al 100% de las máximas densidades secas, una penetraciones de cargas de 0.1(2.5 mm), (2) La relación será emplearse para la determinación de 1/3 “espesor/longitud”.

Fuente: *ASTM D 1241*

Conforme se aprecia, el requisito de la resistencia CBR para bases granulares se establece en un porcentaje mayor o igual a 40% medido con la norma especificado según MTC E 132.

DISEÑO DEL ESPESOR DE LA SUB BASE Y BASE DE PAVIMENTOS.

Los diseños estructurales del pavimento se halla ampliamente detallado en los documentos referente al experimento vial del "AASHO", las guías de diseño (AASHTO)

Básicamente los diseños de AASHTO calcula un número estructural en base a la carga vehicular y el CBR natural del suelo de fundación en donde se construirá una carretera, luego a través tanteos se debe igualar el número estructural solicitado variando tanto la resistencia CBR como la altura de la carpeta asfáltica, la base y la sub base, dependiendo además de índices de confiabilidad y del nivel de humedecimiento al que estará expuesta la carretera. (Idem).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ADITIVO QUÍMICOS PARA LA MEJORA DE SUBBASE Y BASE

EL SISTEMA CONSOLID (COMPUESTO CATALIZADOR).

El Sistema Consolid, producido por la Consolid AG company bajo la tutela del Dr. Günther Scherr, está conformado por tres componentes: Consolid (C-444), Solidry y Conservex, El principio todo tipos de suelos cohesivos, semi y cohesivos (limosos y arcillosos) pueden tratarse con el aditivo CONSOLID, El aditivo Consolid es una emulsión invertida constituida por monómero, polímero y catalizador acelerados del penetraciones; por su parte, el aditivo Solidry es una mezcla de cemento, cal, y tensoactivos catiónicos (Alquilamina, Ester y Propanol); finalmente, el aditivo Conservex es un aditivo líquido bituminoso cuya efectividad parece ser mejor que la del Consolid. (Ismanto, 2001).

Según los fabricantes, el sistema puede ser usado para cualquier tipo de suelo , Como quiera que el precio de Solidry es más alto que el cemento o la cal, aumentar Solidry no es económico, por lo tanto, se aplica al suelo en proporciones de 1% o 2% del peso del suelo seco o 2–4 kg/m² .(Eren, 2009).

Se ha descubierto que especímenes preparados con el contenido óptimo de Consolid tienen un mínimo incremento en su resistencia CBR cuando son probados a 1, 3, 7 y 14 días luego de su compactación, en general el CBR disminuye con mezclas de Conservex por encima de los 10 litros por metro cúbico. (Ismanto, 2001).

PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DE ADITIVO SOLIDRY Y CONSOLID.

El Sistema impermeabilizante y estabilizaciones químicas de los suelos “CONSOLID” está formado por dos productos: un polvo granulado de nombre comercial “SOLIDRY”; y un líquido (semi-viscoso) de nombre comercial “CONSOLID - 444”.

El sistema impermeabiliza los suelos tratados; así como aumenta la capacidad portante de los mismos.

Las aplicaciones del aditivo “CONSOLID – 444” permitirán una aglomeración de la partícula fina, de este modo, una reducción de la superficie activa del suelo; se destruye la película de agua adherida en la medida de lo posible, activando así el poder de unión propio del suelo, un tratamiento posterior con SOLIDRY permite una estabilizaciones precisas de acuerdo a los requerimiento de los lugares de la construcciones. (UTIEC, 2018)

FABRICA.

Esté producto que compone en el “sistema se fabrican a partir de productos concentrados”.

Manufacturados y embarcados desde “BUSSETTI & Co. GesmbH, Austria (CONSOLID)” y desde “KAO CORPORATION” S.A.C., España (SOLIDRY) está autorizado en todo el mundo con el certificado de calidad de aditivo, para obtener los productos finales del sistema.

BUSSETTI & Co, GesmbH presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de auxiliares químicos industriales, con número de registro: 01530138 otorgado, por el cuerpo de certificación TUV.

KAO CORPORATION SA, presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño, producción de agentes tenso activos otorgado por (AENOR) con numero de registro (ER-0228/1995), renovados en el año 2006. (UTIEC, 2018).

ARGUMENTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DEL SISTEMA CONSOLID.

- VELOCIDAD DE ALCANCE EN OBRA.

Un equipo de maquinaria bien organizado, puede hacer hasta 1000 m diarios. esto hace que el tiempo de utilización de maquinarias sea mucho menor, por lo tanto, se reducen la horas de maquinarias utilizadas. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

- NO HAY RETIRO DE MATERIALES.

Salvo en casos especiales se puede utilizar la material in situ. esto significa un ahorro enorme. si por cada m² se deben retirar solamente 5 cm de espesor de material existente (lo que es habitual en la construcción vial tradicional) esto genera volúmenes enormes de material que deben ser transportados y depositados. los 5 cm equivalen a 1 m³ cada 20 m². esto equivale a 250 m³ por km con un ancho de 5 m. un camión volcador de 2 ejes, carga en promedio 7 m³, lo que resultaría en el movimiento de casi 36 camiones por km. tomando una distancia mínima de 5 km a recorrer para depositar el material, consecuentemente estarán pagando fletes por 178 km por km construido. por lo tanto, al no tener que trasladar los materiales de construcción de canteras, los costos se reducen considerablemente en un 30 y 40%. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

- APORTE MÍNIMO DE MATERIALES.

Con el sistema consolid, el aporte de materiales de cantera es mínimo (generalmente no supera el 20 %). esto genera también un gran ahorro entre 25 y 30%. el sistema consolid, logra que el material que se dispone en la vía, se pueda convertir en material de construcción, con el consecuente ahorro. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

- IMPERMEABILIDAD COMO FACTOR IMPORTANTE.

El sistema consolid es uno de los principales efectos que lograr una impermeabilización total del suelo, evitando las filtraciones y ascensiones capilares, permitiendo así la no destrucción de la vía, logrando, de esta manera, su mayor durabilidad. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

Durabilidad.

El control total de la humedad le confiere al suelo tratado con el sistema consolid, la estabilidad de sus propiedades mecánicas a través de los años, logrando su durabilidad por décadas. la acción del tránsito no deteriora el camino, si no que a diferencia de lo que ocurre en los caminos tradicionales se acentúa el proceso de compactación y mejora sus características, logrando que la vía se torne prácticamente indestructible. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

- APORTE AL MEDIO AMBIENTE.

Los productos del sistema consolid, son inocuos al medio ambiente y son 100% ecológicos. no contaminan las napas de agua.

tradicionalmente, los métodos constructivos convencionales obligan a excavar y transportar grandes cantidades de tierra, lo cual conlleva a un incremento significativo en el traslado de agregados, de tal manera que la cantidad de transporte pesado en la ruta produce gases nocivos incluyendo el CO_2 , que contribuye a la degradación del medio ambiente. adicionalmente, este tipo de transporte destruye los caminos locales y erosiona las superficies recorridas dificultando la generación de nuevos caminos. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

- VENTAJAS Y EFECTOS DEL SISTEMA CONSOLID.

- Reduce la permeabilidad.
- Reduce el índice de plasticidad (IP).
- Reduce el óptimo contenido de las humedades.
- Incremento del (CBR) .
- Aumento al máximo densidad seca.

- Reducción del hinchamiento, así como de la dilatación lineal.
- Previene el ablandamiento de suelo a causa del agua (después del curado).
- Reduce la resistencia a la compresión debido a la pérdida de agua en los espacios entre las partículas minerales.
- Reducción del ascenso capilar del agua.
- En el suelo tratado, el óptimo contenido de las humedades es más bajo y las densidades, más alta.
- Reducida sensibilidad al agua (alta resistencia al agua).
- Gran incremento de la densidad seca después de la compactación, aun cuando se haya compactado con un contenido de humedad alto.
- Reduce el periodo de secado .
- Los tratamientos funcionan con práctica o cualquiera tipos de los suelos cohesivos, independiente mentes de las composiciones química y física.
- La dosificación es casi la misma, mínima y máxima, para casi todos los tipos de suelo.
- El sistema consolid no es un ligante, modifica el comportamiento de las partículas del suelo; mantiene un pavimento flexible.
- El tratamiento es permanente, el efecto irreversible.
- El suelo tratado, es reciclable, es decir, puede ser recuperado y utilizado en otro lugar sin perder sus propiedades.
- El suelo tratado puede ser almacenado por un tiempo indefinido, hasta que se lo requiera .
- Puede ser aplicado en una planta de mezcla de suelo y luego, transportado y tendido en la obra .
- No es venenoso.
- No requiere de equipos especiales para su aplicación.
- El suelo tratado resiste a las heladas. controla los cambios bruscos de temperatura.
- Mejora sensiblemente el suelo natural.
- En muchos casos, evita utilizar material granular de cantera, cada vez más escasos, permitiendo un ahorro muy importante en el proceso constructivo.
- La obra de construcción puede ser interrumpida a causa de la lluvia sin consecuencias negativas .

- Reduce considerablemente el costo de mantenimiento debido al eficiente control de la acción destructiva del agua .
- Como superficie de rodamiento o cobertura, solamente requiere una delgada capa de protección. (CONSOLID TECHNOLOGIES SAC, 2014).

RELACIONES DE HUMEDADES Y DENSIDAD “PRÓCTOR ESTÁNDAR O PRÓCTOR MODIFICADO”.

Si puede determinar mediante este ensayo la compactación y densidades máximas de los suelos y agregados en relaciones con sus contenidos de humedades, existe 2 tipos de ensayos Próctor normalizados y Próctor Estándars, de acuerdo con las norma ASTM - D 698 / AASTHO T - 99, método C y el Ensayo Próctor Modificado, de acuerdo a la normas ASTM D-1557 / AASTHO T 180, método D, (la diferencia entre ambos ensayo radican en las distintas energías utilizadas, debido al mayor peso del pisón, mayor altura de caída en el Próctor Modificado).

REGRESIÓN LINEAL

Una vez que hemos adquirido datos con múltiples variables, una pregunta muy importante es cómo las variables están relacionadas. Por ejemplo, podríamos pedir la relación entre los pesos de las personas y alturas, o tiempo de estudio y puntajes de prueba, o dos poblaciones de animales. La regresión es un conjunto de técnicas para estimar dichas relaciones.

Las variaciones se observara de los proceso se dividirán en 2 formas 1.- variación entre las partes, 2.- Es variable en las mediciones entre las diferente parte; y variación del sistema de medición que es toda la variaciones asociadas con el proceso de mediciones, sus fuentes: dispositivo, procedimiento y el ambiente.

Se usaran un análisis de varianzas para medir la variabilidades a través de grupo de datos, debido a que calculamos la varianza entre los grupos, el tamaño del muestra (a) deben ser igual, en cada grupo, es necesario también en mismo número de los puntajes, se promediaran en cada grupo. (Privitera, 2015).

LA MEDIA

Las medidas es un promedio, de todo el número y a veces se denomina media aritmética. Para calcular la media, sumara todo los números en conjuntos y luego divide la suma por un recuento total de los números. Por ejemplo, en un rack de centro de datos, cinco servidores consumen 100 vatios, 98 vatios, 105 vatios, 90 vatios y 102 vatios de potencia, respectivamente. El uso de potencia media de ese rack se calcula como $(100 + 98 + 105 + 90 + 102 \text{ W}) / 5 \text{ servidores} = \text{una media calculada de } 99 \text{ W por servidor}$.

Las medidas de tendencias centrales más, comúnmente utilizadas. Hay diferentes tipos de medias: (aritmética – ponderada - geométrica - armónica). Si menciona sin un adjetivo como media, generalmente se refiere a la medidas aritméticas.

“Las medidas aritmética se calcularan sumando todos los valores en el conjuntos de datos dividido por el número de observaciones en él” (Manikandan, 2018).

Las medidas del conjunto, de observaciones está dado por :
$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

EL RANGO

En estadísticas, el rango es el conjunto de datos de diferencias entre el valor grande y pequeño, sin embargo. En estadísticas descriptivas, este concepto de rangos tienen un significado más complejo. El rango es el tamaño del intervalo más pequeño que contiene todos los datos y proporciona una indicación de dispersión estadística.

“Las medidas más simples de variabilidad en una muestra es el rango, que es la diferencias entre los valores de muestra grande y pequeño”. (Devore, 2012).

EL VARIANZA

El teoría del probabilidad y las estadísticas, las varianzas en las expectativas de las desviaciones del cuadrado de un variable aleatoria de su media, informalmente. Mide qué tan lejos está de los conjuntos de los números, aleatorios de su valor promedio.

El variabilidad, y la dispersiones de los conjuntos de los datos alrededores de la media de una muestras y puede caracterizarse por la varianza:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{x})^2 \quad .(\text{Havbro, 2012}).$$

LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar en estadística es utilizada como las medidas de la dispersión o variaciones en las distribuciones, “igual a la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones, de la media aritmética.

La desviación estándar de la muestra, denotada por s ”, es la raíz cuadrada “positiva” de la varianza: $s = \sqrt{s^2}$

Básicamente, “una pequeña desviación estándar significa que los valores en un conjunto de datos, estadísticos están cerca de la media del conjunto de datos, en promedio, y una gran desviación estándar significa que los valores en el conjunto de datos están más lejos de la media, en promedio”.

EL ERROR ESTÁNDAR DE UN MEDIA

El error estándar del media puede proporcionar, una estimación aproximada del intervalo en el que es probable que disminuya, la media de la población. El SEM, al igual que la desviación estándar, se multiplica por 1,96 para obtener una estimación de dónde se espera que el 95% de los medios de la muestra de la población caigan en la distribución teórica de muestreo.

El error estándar de una estadística es la desviación estándar de su distribución de muestreo. Si el error estándar involucra parámetros desconocidos cuyos valores pueden estimarse, la sustitución de estas estimaciones en los resultados de error estándar en un estimado. La suma de

los cuadrados de los errores (SSE por sus siglas en inglés) se define como:

$$SSE = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad . \text{ (Devore, 2012).}$$

PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO PDC.

Tupia Córdova, describe el ensayo en los siguientes términos:

El PDC (Penetró metro Dinámico de Cono), mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo fundación, levemente cementados. Es un método no destructivo capaz de medir la capacidad estructural in situ del suelo de fundación, el equipo puede ser utilizado en Identificación de tramos homogéneos, control de los construcciones de las distintas capas de pavimentos, determinaciones de la eficiencias de equipos de compactación, evaluación de un suelo colapsable y estabilidad de talud.

“El modelo consta de la varilla de acero de penetración de 16mm, de diámetro, en su extremo inferior un cono de acero templado de 60 grados y 20mm, de diámetro. El PDC es introducido en el suelo por un martillo deslizante de 8Kg que cae desde una altura de 575mm. Para realizar las lecturas posee una regla de medición sujeta al instrumento por dos soportes, un soporte superior unido al yunque que sirve de referencia para las lecturas y un soporte inferior fijo a la regla y unido a la barra de penetración”.

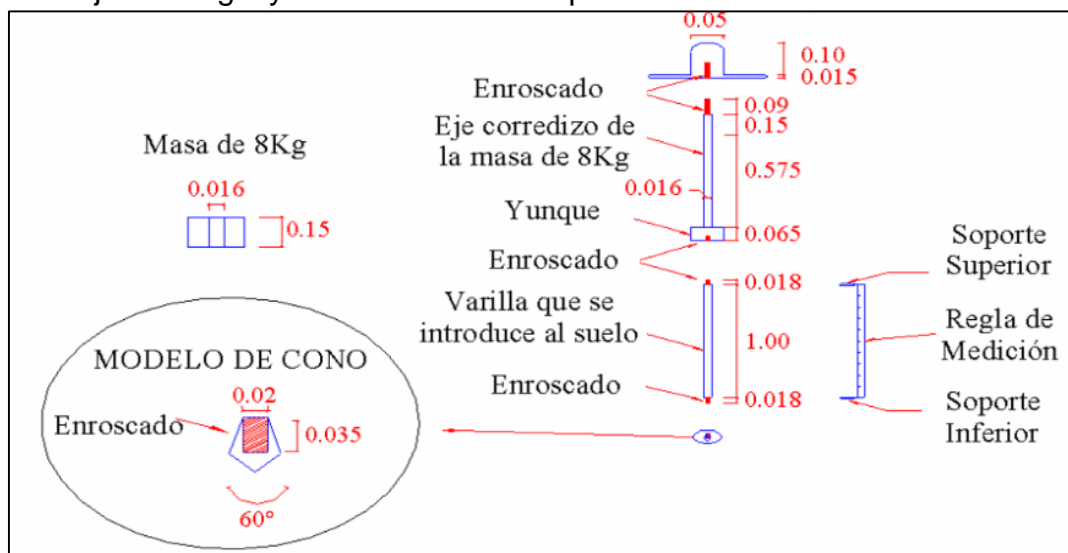


Figura 7. Equipo de Penetración Dinámica de Cono PDC.

Fuente: Alva, 2017.

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

Una vez ubicado el lugar de ensayo, se ubica el equipo PDC verticalmente sobre un nivel de terreno donde no se encuentre directamente con piedras que obstaculicen el ensayo.

El ensayo de PDC necesita de tres operarios, uno se encarga de mantener la verticalidad y el soporte del equipo; un segundo se encarga del golpe con el martillo y el tercero observa y apunta las medidas.

Al iniciar el ensayo con el penetrómetro, se introduce el cono asentándolo 2" en el fondo para garantizar que se encuentre completamente confinado / El proceso de golpe con el martillo es levantarlo hasta la parte superior del eje de recorrido y dejarlo caer; no debe golpearse la parte superior, tampoco impulsar el martillo hacia abajo. En los formatos de apuntes de las medidas de penetración se indica la profundidad de rechazo del equipo.

Diagrama estructural de un ensayo PDC.

- El relación de número de "PDC" con la profundidad, la constancia en dicho numero implica uniformidad en el material, y su variación indica modificaciones en las características de humedad, densidad o bien un cambio de estrato de suelo). "Este tipo de evaluación nos puede mostrar el cambio que puede adoptar un suelo cuando se estabiliza o la sectorización del tramo en estudio". (Si se presentara el caso de variaciones, continuas se traza una recta vertical, de tal manera se mantenga el promedio en el espesor de una capa.

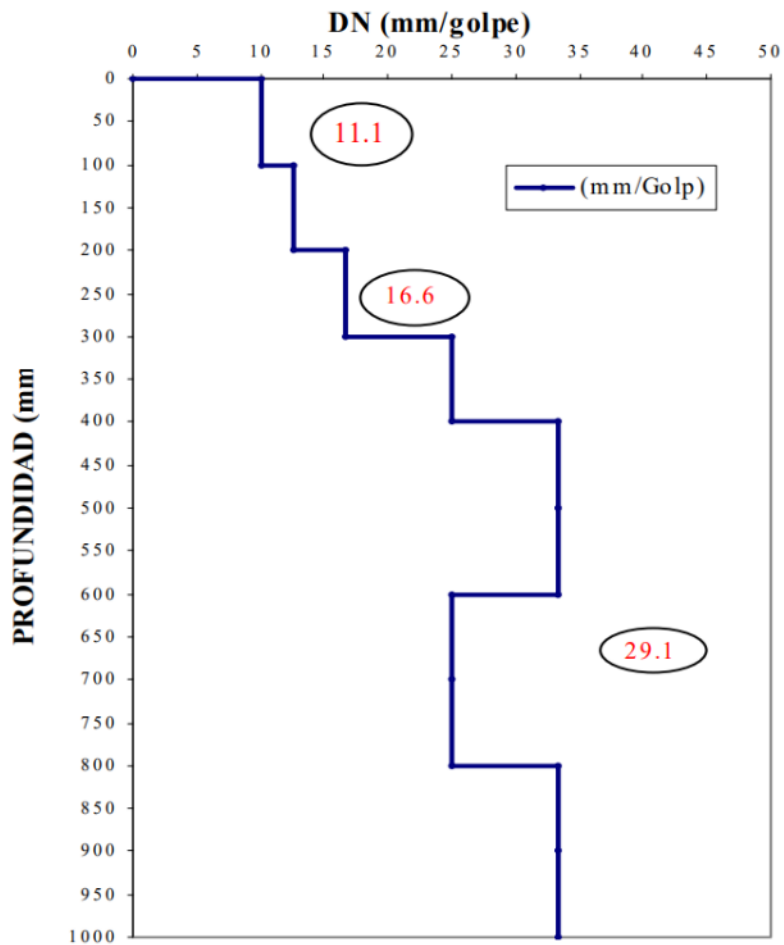


Figura 8. Diagrama estructural de un ensayo PDC.

Fuente: Alva, 2007.

Para la presente investigación este último tipo de análisis es el que se ha aplicado.

Correlación del ensayo de CBR con el ensayo PDC.

La norma ASTM D6951, determina que la correlación entre el CBR y el valor de diagrama estructural en milímetros por golpe es el siguiente:

$$\text{CBR (\%)} = 292 / (\text{DPI}^{1.12})$$

ANÁLISIS ANOVA.

La página de soporte del software militar define este análisis

como:

- Un análisis de varianza, "ANOVA" prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales, los "ANOVA" evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores, la hipótesis nula establece que todas las medias de la población, medias de los niveles de los factores, son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.
- Para ejecutar un "ANOVA", debe tener una variable de respuesta continua, al menos un factor categórico con dos o más niveles, los análisis "ANOVA" requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores, sin embargo, los procedimientos de "ANOVA" funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes, por ejemplo, usted diseña un experimento para evaluar la durabilidad de cuatro productos de alfombra experimentales. Usted coloca una muestra de cada tipo de alfombra en diez hogares y mide la durabilidad después de 60 días. Debido a que está examinando un factor (tipo de alfombra), usted utiliza un ANOVA de un solo factor.
- Si el valor p es menor que el nivel de significancia, entonces usted concluye que al menos una media de durabilidad es diferente. Para información más detallada sobre las diferencias entre medias específicas, utilice un método de comparaciones múltiples como el de Tukey.
- El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos parte de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes.

Asimismo, las fórmulas matemáticas utilizadas durante el análisis se muestran a continuación:

Tabla 3.

Fórmulas para el análisis ANOVA.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Medias cuadráticas	Prueba F
Modelos	$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	1	$\frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{1}$	$\frac{\frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{1}}{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}}$
Residuales	$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	n-2	$\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}$	
Total	$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	n-1		

Fuente: (Havbro, 2012).

“El Anova permite comparar, si el modelo es significativo o no bajo la hipótesis de que existe una relación lineal, entre la variable respuesta y la variable regresará. Por lo tanto una prueba de hipótesis válida para este caso sería la siguiente, hipótesis nula, La variable regresará no influye y no hay relación lineal entre ambas variables”.

Hipótesis alterna: (Existe una dependencia entre las variables, por lo tanto el modelo es significativo).

2.3. **Formulación del problema de investigación.**

Problema General

- ¿En qué medida se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totorá, Cusco, 2020?

Problemas Específicos

- ¿En qué medida se da el efecto del Consolid en el CBR del suelo de la cantera de Totorá, Cusco, 2020?
- ¿En qué medida se da el efecto del Consolid en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totorá, Cusco, 2020?

2.4. **Justificación de la investigación.**

Conveniencia.

La investigación es conveniente porque permite explorar las condiciones técnicas prácticas en las cuales funcionan los compuestos catalizadores para estabilizar los suelos, sentando precedentes para el uso adecuado de estas tecnologías.

Relevancia social.

Uno de los puntos de mayor incidencia en esta vía es el mejoramiento de las condiciones de transporte del turismo regional, nacional e internacional que visita el sector, a más de ello esta vía une varias comunidades campesinas con la Capital de Distrito de Ccorca.

Implicancia práctica.

La presente tesis contribuirá a solucionar un problema práctico como es el de reducir los costos de una obra, aumentando la resistencia del suelo a través de las nuevas tendencias en el uso de catalizadores como estabilizantes de suelo, la investigación proveerá de un diseño optimizado de las características geométricas y de resistencia tanto de la base como de la sub base para la carretera, con el consiguiente ahorro en el uso de recursos naturales no renovables como lo son los materiales seleccionados extraídos de las canteras de la ciudad del Cusco.

Valor teórico.

El valor teórico de la investigación está en el hecho de que aporta el conocimiento cuantitativo acerca de los límites en que los polímeros pueden contribuir a reducir el costo de las obras y además de cómo y en que otras condiciones funcionan.

Utilidad metodológica.

La presente tesis servirá como guía metodológica para que otros investigadores puedan adaptar las soluciones planteadas a sus propios ámbitos, es decir optimizar el diseño de base y sub base de otras carreteras usando los pasos detallados en la presente investigación.

2.5. Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Determinar la medida en que se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totorá, Cusco, 2020.

Objetivos específicos

- Determinar la medida en que se da el efecto del Consolid en el CBR del suelo de la cantera de Totorá, Cusco, 2020.
- Determinar la medida en que se da el efecto del Consolid en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totorá, Cusco, 2020.

2.6. Hipótesis de la investigación

Las hipótesis de la presente investigación son:

Hipótesis general

- La aplicación del sistema Consolid al material de cantera mejora las propiedades de CBR y disminuye la ascensión capilar en el material de la cantera de Totorá.

Hipótesis específicas

- La resistencia CBR del suelo de la cantera de Totorá, se puede duplicar con la aplicación del sistema Consolid.
- La ascensión capilar se puede reducir en por lo menos 5% con la aplicación del sistema Consolid al suelo de la cantera de Totorá.

2.7. Delimitaciones de la investigación

1.4.1. Delimitación espacial.

El estudio se llevará a cabo en el departamento y provincia del Cusco, más específicamente en la Capital de distrito CCORCA.



Figura 9. Delimitación espacial, Ubicación de la carretera Cusco Ccorca

Fuente: COPESCO GRC.

1.4.2. Delimitación temporal.

El estudio se desarrolló en el segundo semestre 2020.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

Según mi tipo y nivel de investigación mi nivel de investigación es correlacional: Cuando se relaciona dos variables, estas son independientes del lugar (solo corresponde a un lugar) y del tiempo (corresponde solo al año del estudio). (Supo J, 2017).

Nivel de investigación

- Correlacional

Tipos de investigación

- Cuantitativo

3.2. Método y diseño de la investigación.

Según mi método y diseño de la investigación es Experimental: Cuando los datos son obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador, donde se manipula una sola variable y se espera la respuesta de otra variable. (Sánchez, 2014).

Diseño de la Investigación

- Pre Experimental.

Método de la Investigación

- Hipotético deductivo.

3.3. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Sistema Consolid	<p>El Sistema Consolid, producido por Consolid AG Company bajo la tutela del Dr. Günther Scherr, está conformado por tres componentes: Consolid (C-444), Solidry y Conservex (www.consolidsud.ch). En principio todo tipo de suelos cohesivos y semi-cohesivos (limosos y arcillosos) pueden ser tratados con el sistema CONSOLID (http://sistemaconsolid.eu). El aditivo Consolid es una emulsión invertida constituida por monómeros, polímeros y catalizadores aceleradores de la penetración; por su parte, el aditivo Solidry es una mezcla de cemento, cal, y tensoactivos catiónicos (Alquilamina, Ester y Propanol); finalmente, el aditivo Conservex es un aditivo líquido bituminoso cuya efectividad parece ser mejor que la del Consolid (Ismanto, 2001). Según los fabricantes, el sistema puede ser usado para cualquier tipo de suelo (www.consolid.co.uk).</p>	<p>Se mide la dosis tanto de Consolid, como de Solidry como el porcentaje en peso seco del suelo</p>	<p>Aditivo Consolid.</p> <p>Aditivo Solidry.</p>	<p>Porcentaje de Consolid.</p> <p>Porcentaje de Solidry.</p>	<p>Escala numérica de razón.</p>
CBR	<p>El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos. Es un ensayo empírico que se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.</p>	<p>Se mide con el método ASTM D6951 método penetrométrico PDC</p>	<p>Resistencia</p>	<p>Resistencia CBR no sumergido expresado en porcentaje y determinado según los milímetros de penetración del instrumento PDC</p>	<p>Escala numérica de razón.</p>
Ascensión capilar	<p>El concepto de Capilaridad es el fenómeno debido a la tensión superficial que confiere a los fluidos la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar. ... La capilaridad de los suelos es la capacidad que tiene el agua de ascender por pequeños canales o canalículos capilares formados por orificios intersticiales del suelo.</p>	<p>Se mide según lo prescrito en la NTP 399.613</p>	<p>Ascensión capilar</p>	<p>Altura de ascensión capilar medida en centímetros luego de una hora de exposición de las muestras de suelo compactado a una película de agua de altura de 10 mm.</p>	<p>Escala numérica de razón.</p>

Fuente: *elaboración propia.*

3.4. Población y muestra de la investigación.

Población

El suelo natural subyacente en la cantera de Totora en Ccorca-Moray, el cual considerado hasta una potencia de 8 m asciende a 85,000 metros cúbicos de material, el cual vendría a ser la población materia de estudio.

Muestra

Se realizaron 36 ensayos de CBR, 36 ensayos de contenido de humedad, 36 ensayos de compactación, 36 ensayos de capilaridad en muestras eyectadas, un ensayo granulométrico y un ensayo de Proctor modificado.

Muestreo

En este tipo de muestreo las variables relevantes de la muestra tienen la misma función de probabilidad y son independientes entre ellas. La población tiene que ser infinita o bien finita con reposición de elementos. El muestreo aleatorio simple es el que más se utiliza en la estadística inferencial, pero es menos eficaz en muestras muy grandes el tipo de muestra es **aleatoria simple**. (Torres, 2018).

MATERIAL SELECCIONADO	ENSAYOS (UND)
Cantera Totora	36

3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnicas de recolección de información.

En la primera fase de la tesis, la principal técnica de recolección de datos fue la recopilación documental, tanto de las bases teóricas para la tesis como de los antecedentes de investigaciones similares.

Luego en la fase de ejecución de ensayos de campo, la principal técnica de recolección serpa la observación trasuntada en protocolos de medición.

Técnicas de análisis e interpretación de la información.

En la presente tesis, entre otras, se han utilizado las técnicas de:

- Análisis documental.
- Análisis estadístico a través de la herramienta ANOVA.
- Regresión línea a través de mínimos cuadrados.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción del trabajo de campo y laboratorio.

4.1.1. Localización y accesibilidad de la cantera.

El Proyecto está localizado en la zona Norte del departamento de Cusco.

Carretera : CUSCO – SANTIAGO - CCORCA

Kilometraje : Km. 00+00 – Km. 21+724

Cantera Totorá : A 9.87 km de la plaza del Distrito de Ccorca (20 min en vehículo)

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : Cusco – Santiago – Ccorca

Comunidades : Ccorca Ayllu, Huayllay, Rumaray, Cusibamba, Ccorimarca, Totorá y Quishuarcancha.

Altitud : Cantera Totorá : 3859 msnm

Coordenadas UTM de la Cantera de Totorá:

Zona 18 L : ESTE: 812616; SUR 849736

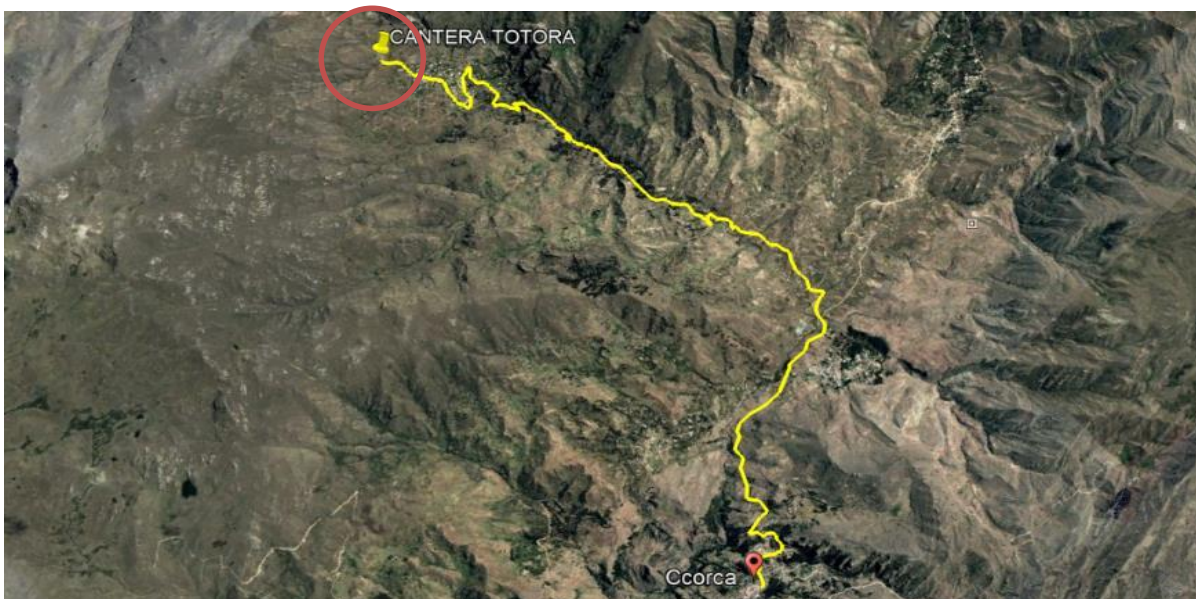


Figura 10. Localización de la cantera de Totorá.

Fuente: *Google Earth Pro.*

4.1.2. Accesibilidad

Por la vía Cusco - Abancay, a la altura del sector de Puquin, distrito del Cusco. Se bifurca una vía pavimentada de aproximadamente 2.2 km. Llegando a la progresiva 00+00.00 en 5 minutos.

4.1.3. Características generales de la cantera de Totorá

Dentro de las características geográficas, topográficas y material predominante de la cantera se pudo verificar:

Se verifica la existencia de una carretera afirmada en regular estado; desde la zona del proyecto hasta la ubicación de la Cantera de Totorá.

La cantera se encuentra emplazada en la parte superior de un talud de pendiente pronunciada. Verificándose trabajos con maquinaria para la apertura de una trocha y la construcción de una zaranda para el material extraído.

El material predominante de la cantera corresponde a roca medianamente intemperada de tipo argilita y limolita. Al hacer contacto con el ácido sulfúrico muestra una reacción nula.

Se verifica poco espacio para la maniobrabilidad de las maquinarias, lo que conllevaría a planificar y ejecutar el proceso de producción de la cantera.

Presencia de polvo en el tramo de vía adyacente a la cantera, dificultando la transitabilidad vehicular.



Figura 11. Vista panorámica de la cantera.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Ensayos de campo en el material de Totorá.

Al inicio de la presente investigación, se evidenció que el material de la cantera de totora estaba siendo utilizado como material de su base para la construcción de la carretera en los 3 primeros kilómetros. Al evidenciarse que el proceso constructivo no era el más óptimo se hicieron ensayos de CBR in situ, cuyo resultado se muestra la siguiente tabla.

Tabla 4.

Resultados del ensayo de CBR in situ en el kilómetro 8+550.

Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
0ed	0.8	-0.8	0	0
1	2.5	-2.5	17	12.2
2	5	-5	25	7.9
3	7	-7	20	10.2
4	8.1	-8.1	11	19.9
Promedio				12.7

Fuente: *Elaboración propia.*

Todos los datos y los cálculos completos para cada uno de los ensayos se adjuntan en el anexo de la presente tesis.

Conforme se desprende de los resultados del ensayo in situ, el CBR alcanzado durante las operaciones de compactación, no cumple con los requisitos mínimos; por lo tanto, se hacía necesario estabilizarlo y esa fue precisamente la propuesta de la presente investigación.

4.1.5. Norma Técnica CE.020 SUELOS Y TALUDES .

Los suelos con poca capacidad de carga o susceptibles a los asentamientos, requieren ser estabilizados, ya sea cuando se realizan excavaciones o cuando se alteran las condiciones de equilibrio de los taludes, puesto que se produce inestabilidad, poniendo en riesgo la vida humana, los bienes materiales y el ambiente.(NORMA TECNICA CE.010 Y CE.020).

REQUERIMIENTO DE CALIDAD PARA SUB-BASE GRANULAR

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Limite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

30% para pavimentos rígidos y de adoquines. 40% para pavimentos flexibles.

Fuente: Sección 305 de las EG-2018 del MTC.

Valor Relativo de Soporte, CBR NTP 339.145:1999

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

Fuente: Sección 305 de las EG-2018 del MTC.

4.1.6. Extracción de muestra de la cantera

Con la finalidad de llevar a cabo los ensayos de CBR en laboratorio se hizo necesario el traslado de las muestras desde la cantera hasta un laboratorio ubicado en la ciudad de Cusco, en total se trasladaron quinientos kilogramos de muestra elegida al azar de distintas tandas de producción de la cantera.



Figura 12. Extracción de muestras de la cantera de totora.

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de esta operación, las muestras fueron almacenadas adecuadamente en el laboratorio.



Figura 13. Almacenamiento de las muestras en el laboratorio.

Fuente: *propia.*

4.1.7. Caracterización del suelo.

Con la finalidad de determinar la clasificación del suelo se hizo un ensayo de granulometría, resultando el suelo como una grama más graduada con tamaño máximo nominal de 1".



Figura 14. Vista previa de la granulometría y textura del material de Totorá.

Fuente: propia.

De la lista anterior se aprecia que el material de totora está constituido por granos de roca arreglista y le molesta, que son relativamente visibles y poco resistentes; se aprecia además que no contiene finos o arcilla en proporciones considerables. Cabe mencionarse además, que el material proveniente de la cantera de totora no presenta reactividad a las.



Figura 15. Vista previa de la granulometría y textura del material de Totorá.

Fuente: *propia.*

4.1.8. Ejecución de los ensayos de laboratorio

4.1.8.1. Preparación de las mezclas

Para poder empezar los ensayos fue necesario realizar el pesaje, empaquetado y dosificación de los materiales para cada ensayo, las características y proporciones para cada ensayo se muestran a continuación.

- Porque si utiliza mayores de 30 muestras o iguales a 30 muestras, para cumplir el teorema de limite central que permitirá el uso de estadística paramétrica.

Tabla 5.

Proporciones en porcentaje de los componentes para cada muestra.

Observación	Arcilla (%)	Arena (%)	Consolid (%)	Solidry (%)
Obs1	15	30	0.1	1.5
Obs9	8	20	0.1	1
Obs5	15	30	0	1
Obs8	0	0	0.1	0.5
Obs10	15	0	0.5	0
Obs11	0	20	0.5	1.5
Obs12	0	30	0.04	0
Obs2	8	0	0.04	1.5
Obs4	15	20	0.04	0.5
Obs6	8	20	0	0
Obs7	0	0	0	1.5
Obs3	8	30	0.5	0.5
Obs13	15	30	0.1	1.5
Obs16	15	20	0.04	0.5
Obs22	15	0	0.5	0
Obs14	8	0	0.04	1.5
Obs18	8	20	0	0
Obs19	0	0	0	1.5
Obs15	8	30	0.5	0.5
Obs21	8	20	0.1	1
Obs20	0	0	0.1	0.5
Obs23	0	20	0.5	1.5
Obs24	0	30	0.04	0
Obs17	15	30	0	1
Obs25	15	30	0.1	1.5
Obs28	15	20	0.04	0.5
Obs34	15	0	0.5	0

Obs26	8	0	0.04	1.5
Obs30	8	20	0	0
Obs31	0	0	0	1.5
Obs27	8	30	0.5	0.5
Obs33	8	20	0.1	1
Obs32	0	0	0.1	0.5
Obs35	0	20	0.5	1.5
Obs36	0	30	0.04	0
Obs29	15	30	0	1

Nota: las proporciones están en porcentaje respecto del suelo seco.

Fuente: *Elaboración propia.*

Conforme se aprecia, se han determinado un total de treinta y seis ensayos listados en orden aleatorio para su ejecución. El proceso de pesaje de las muestras demuestra continuación.

Cabe mencionar que, ya que el material carece de arcilla se tuvo que dotarle de la misma a la mezcla, utilizándose para ello una arcilla industrial de tiempo caolinita, asimismo, ya que el material carecía de arena se tuvo que dotarle de una arena gruesa proveniente de la cantera de Vichos en la ciudad del Cusco. A continuación se reproducen las proporciones en pesos de los distintos componentes de cada muestra para 5106 gramos de suelo de Totorá.

Tabla 6.

Proporciones en peso de los componentes para cada muestra.

Observación	Arcilla (g)	Arena (g)	Consolid (ml)	Solidry (g)	Agua destilada (g)
Obs1	766	1532	5	77	592
Obs9	408	1021	5	51	523
Obs5	766	1532	0	51	592
Obs8	0	0	5	26	408
Obs10	766	0	26	0	470
Obs11	0	1021	26	77	490
Obs12	0	1532	2	0	531
Obs2	408	0	2	77	441
Obs4	766	1021	2	26	551
Obs6	408	1021	0	0	523
Obs7	0	0	0	77	408
Obs3	408	1532	26	26	564
Obs13	766	1532	5	77	592
Obs16	766	1021	2	26	551
Obs22	766	0	26	0	470
Obs14	408	0	2	77	441
Obs18	408	1021	0	0	523
Obs19	0	0	0	77	408
Obs15	408	1532	26	26	564
Obs21	408	1021	5	51	523
Obs20	0	0	5	26	408
Obs23	0	1021	26	77	490
Obs24	0	1532	2	0	531
Obs17	766	1532	0	51	592
Obs25	766	1532	5	77	592
Obs28	766	1021	2	26	551

Obs34	766	0	26	0	470
Obs26	408	0	2	77	441
Obs30	408	1021	0	0	523
Obs31	0	0	0	77	408
Obs27	408	1532	26	26	564
Obs33	408	1021	5	51	523
Obs32	0	0	5	26	408
Obs35	0	1021	26	77	490
Obs36	0	1532	2	0	531
Obs29	766	1532	0	51	592

Fuente: *Elaboración propias.*



Figura 16. Proceso de pesaje de los ingredientes de cada muestra.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.8.2. Proceso de mezclado.

El proceso de mezclado se realizó juntando todos los materiales en bateas y agregándole el agua de diseño, el tiempo de mezclado para cada muestra fue homogéneo había establecido en tres minutos, esto se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 17. Proceso de mezclado de los ingredientes de cada muestra.

Fuente: *Elaboración propia.*

Conforme se aprecia, la mezcla tiene una textura similar a la de un concreto pobre cuando se le aplica el compuesto catalizador que en este caso es el sistema Consolid.

4.1.8.3. Compactación de las muestras.

Una vez mezclados los ingredientes para cada muestra se procedió de inmediato a hacer la compactación bajo los términos del ensayo Proctor modificado, es decir aplicando el suelo el contenido de humedad óptimo previamente determinado en cinco capas y cincuenta y seis golpes por capa en moldes de seis pulgadas de diámetro. El procedimiento de compactación y sus resultados se muestran en las siguientes imágenes.



Figura 18. Proceso de compactación de las muestras.

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez terminadas de compactar, las muestras se dejaron en reposo por veinticuatro horas para recién entonces proceder a la medición del CBR.

4.1.9. Ensayos de CBR con el método del PDC.

4.1.9.1. Enrazado de las muestras.

Una vez concluido el periodo de reposo, se procedió a hacer el enrazado de las muestras tal como lo determina la norma y conforme se aprecia en la siguiente imagen.



Figura 19. Proceso de enrazado de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Puede notarse que se ha utilizado una distribución a mi sol tropical con un ángulo de 90° , esto quiere decir que las propiedades de la densidad del suelo son altamente variables y la búsqueda de puntos de interpolación se ha hecho de forma octogonal.

4.1.9.2. Ejecución del ensayo de CBR.

Se procedió a realizar la penetración de las muestras utilizando el penetrómetro PDC y registrando el índice de penetración en milímetros por golpe, conforme se aprecia la siguiente imagen.



Figura 20. Medición del CBR con el método PDC.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados completos de cada ensayo se aprecia en el anexo de la presente tesis.

4.1.9.3. Eyección de las muestras.

Para poder continuar con los ensayos y realizar la prueba de ascensión capilar fue necesario y estar todas las muestras mediante un aparato construido para tal fin constituyeron por un gato hidráulico, la operación se muestra a continuación.



Figura 21. Proceso de eyección de las muestras.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.9.4. Medición de la ascensión capilar.

Luego de haberse realizado la medición del CBR, se puso las muestras ha secado, en un horno de tiro forzado a una temperatura de ciento diez grados centígrados con una tolerancia de cinco grados centígrados durante veinticuatro horas, la operación se muestra a continuación.



Figura 22. Proceso de secado de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la operación de secado se colocaron las muestras en bandejas plásticas y se le añadieron seiscientos veinticinco mililitros de agua para cada bandeja teniendo cuidado de no mojar las muestras sino que el agua sea depositada en el fondo de la bandeja, luego se colocó la muestra y se midieron las ascensiones capilares después de sesenta minutos, la operación se muestra continuación.



Figura 23. Proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que, la medición se realizó con un vernier calibrado

4.2. Resultados de la investigación.

4.2.1. Respecto de la resistencia del suelo estabilizado con el compuesto catalizador.

Los factores y niveles para la experimentación con el suelo de la Carretera Cusco-Ccorca, proveniente de la cantera de Totorá, fueron los que se muestran a continuación.

Tabla 7.

Factores experimentales para el suelo de la carretera Ccorca.

Factor	Unidad	Niveles
Contenido de arcilla caolinita	%	3
Arena gruesa	%	3
Dosis estabilizante Consolid	%	4
Dosis estabilizante Solidry	%	4

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 8.

Niveles para el suelo de la carretera Ccorca

Contenido de arcilla caolinita	Arena gruesa	Dosis estabilizante Consolid	Dosis estabilizante Solidry
%	%	%	%
0	0	0	0
8	20	0.04	0.5
15	30	0.1	1
		0.5	1.5

Fuente: *Elaboración propia.*

Con los factores arriba predeterminados se procedió a determinar en cada una de las muestras el contenido de humedad la densidad húmeda y el CBR corregido por estos dos últimos factores, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Dosificaciones y CBR medido en el suelo de la cantera de totora.

Muestra	Arcilla (**)	Arena (**)	Consolidación (**)	Solididad (**)	Mezcla (min)	w%	Ds g/cm ³	CBR % (*)
Obs1	15	30	0.1	1.5	1	7.21	2.09	61.4
Obs9	8	20	0.1	1	1	10.79	2	49.5
Obs5	15	30	0	1	8	9.86	2.03	50.9
Obs8	0	0	0.1	0.5	8	8.43	2	17.6
Obs10	15	0	0.5	0	1	9.48	2.04	28.9
Obs11	0	20	0.5	1.5	8	7.53	2.07	34.7
Obs12	0	30	0.04	0	8	11.22	1.98	10.3
Obs2	8	0	0.04	1.5	8	7.74	2	35.5
Obs4	15	20	0.04	0.5	1	8.96	2	18.1
Obs6	8	20	0	0	1	9.66	2.09	13.8
Obs7	0	0	0	1.5	1	8.13	1.87	31.5
Obs3	8	30	0.5	0.5	1	10.22	2.04	9
Obs13	15	30	0.1	1.5	1	9.54	2.09	82.7
Obs16	15	20	0.04	0.5	1	11.96	1.93	26.8
Obs22	15	0	0.5	0	1	10.25	1.93	40
Obs14	8	0	0.04	1.5	8	10.22	2.02	62.7
Obs18	8	20	0	0	1	9.87	2.06	16.8
Obs19	0	0	0	1.5	1	9.34	1.94	35.2
Obs15	8	30	0.5	0.5	1	10.14	2.03	17
Obs21	8	20	0.1	1	1	8.87	2.03	24.6
Obs20	0	0	0.1	0.5	8	6.52	1.87	14.7
Obs23	0	20	0.5	1.5	8	10.17	1.99	33.3
Obs24	0	30	0.04	0	8	11.43	2.05	13.1
Obs17	15	30	0	1	8	11.09	1.97	36.9
Obs25	15	30	0.1	1.5	1	10.17	2.01	55.3
Obs28	15	20	0.04	0.5	1	9.71	1.99	27.9
Obs34	15	0	0.5	0	1	12.19	1.91	31.5
Obs26	8	0	0.04	1.5	8	9.68	1.89	54.6

Obs30	8	20	0	0	1	9.35	2.07	9.5
Obs31	0	0	0	1.5	1	10.09	1.97	43.8
Obs27	8	30	0.5	0.5	1	10.22	2.05	19.5
Obs33	8	20	0.1	1	1	8.24	2.07	26.1
Obs32	0	0	0.1	0.5	8	11.16	1.97	27.1
Obs35	0	20	0.5	1.5	8	10.23	1.99	44.3
Obs36	0	30	0.04	0	8	9.17	2.03	29.9
Obs29	15	30	0	1	8	7.09	2.07	31.1

Fuente: *Elaboración propia.*

Conforme se aprecia , el CBR Máximo fue de 82.7; el CBR Mínimo puede 9.0; mientras que el CBR Promedio fue de 32.4

En el caso de la grava proveniente de la cantera de Ccorca, los resultados del análisis son los que se muestran a continuación.

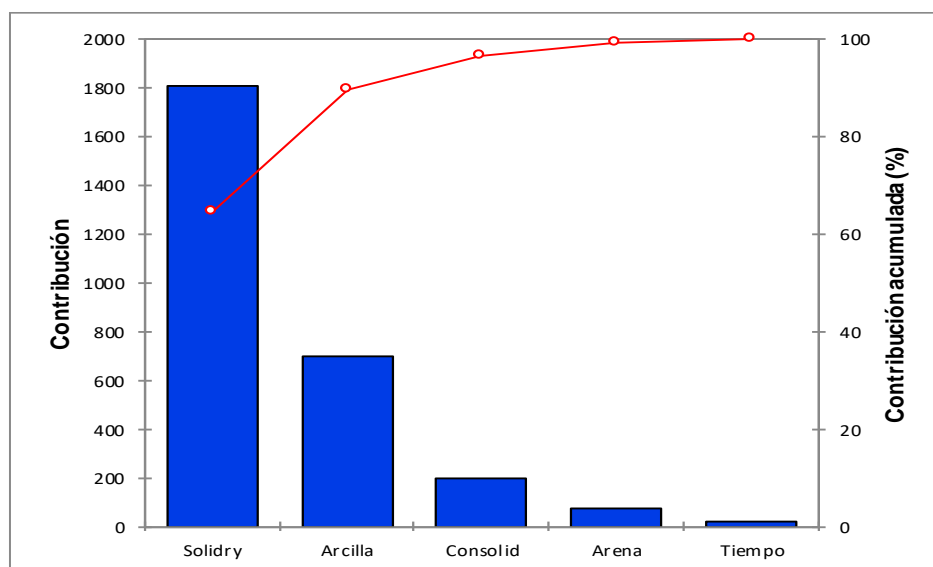


Figura 24 Contribución de los factores en el CBR del suelo de Ccorca.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 10 .

Contribución de factores en el CBR

	Solidry	Arcilla	Consolid	Arena	Tiempo
Contribución	1810.500	697.059	197.492	70.647	20.787
Contribución (%)	64.742	24.926	7.062	2.526	0.743
% acumulado	64.742	89.668	96.730	99.257	100.000

Fuente: *software XLStat.*

Conforme se aprecia, el principal factor que explica el cambio en el CBR es el Solidry, le sigue la arcilla, entre ambos son responsables en un 89.7% del cambio en el CBR. Los otros factores como son el Consolid, la Arena y el tiempo de mezclado, no tienen contribución significativa en la variación del CBR.

Seguidamente, se muestra las gráficas de las medias de los distintos niveles para cada factor.

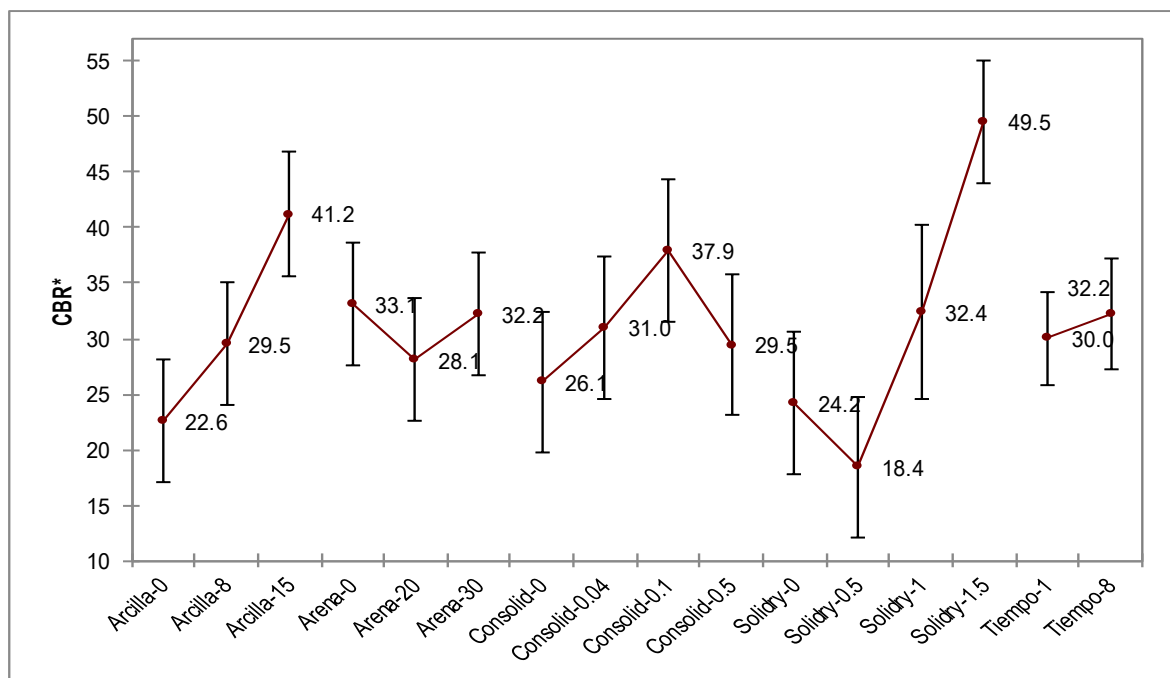


Figura 25. Medias de los factores del suelo de Ccorca para el CBR.

R2 ajustado 0.70

Fuente: *software XLStat.*

En principio se observa que el Solidry tiene un comportamiento mixto, para una dosis pequeña de menos de 0.5% el CBR baja, sin embargo, para dosis mayores el CBR es capaz de ser subido hasta un 49.5 solo gracias al Solidry.

Por otro lado, la arcilla muestra con comportamiento mejorador del CBR siendo capaz de subirlo desde un 22.6 hasta un 41.2 casi similar a la potencia del Solidry. En cuanto al Consolid, éste tiene un comportamiento mixto primero mejora el CBR en dosis pequeñas de hasta 0.1% en peso del material, por encima de esta dosis tiene un comportamiento adverso con el CBR bajándolo ligeramente. La arena presenta también un comportamiento mixto sintiéndose su efecto mejorador del CBR con una dosis por encima del 20% en peso del material. Finalmente, el tiempo de mezclado tiene una influencia poco significativa en el CBR, aunque mezclar durante más tiempo los componentes de la mezcla sube ligeramente dicho CBR de 30.0 a 32.2.

A continuación, se muestra la interacción de cada dos términos para ver su efecto estandarizado en la variación del CBR.

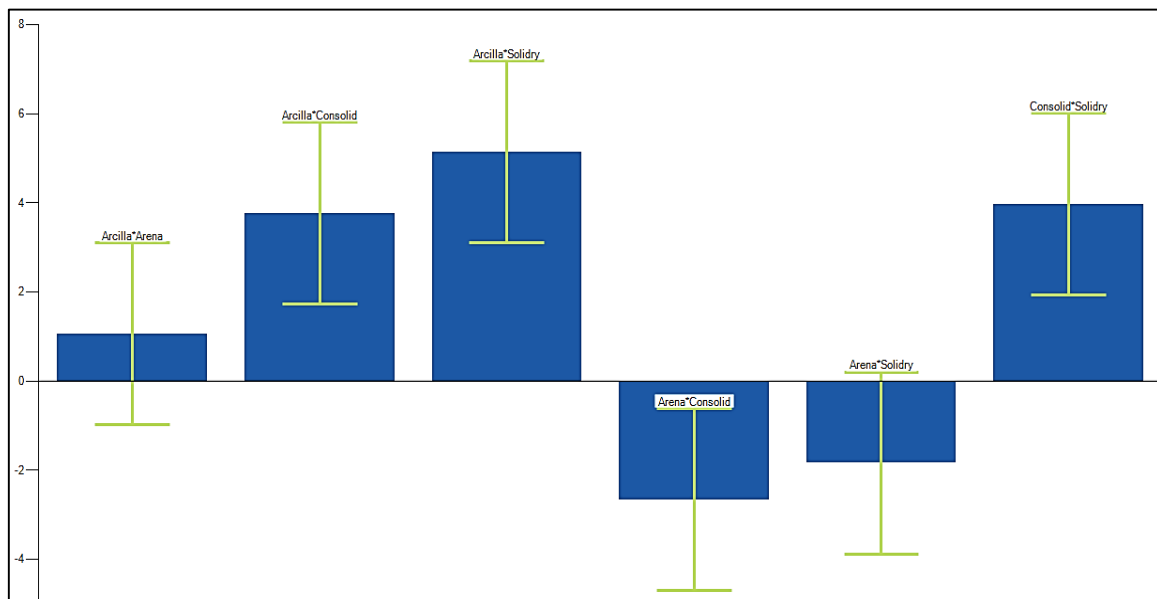


Figura 26. Efecto estandarizado de la interacción de los factores del suelo de Ccorca.

R2 ajustado: 0.20

Fuente: software Ellistat.

Tal como se evidencia, el mejor efecto de mejora en el CBR se consigue con la interacción de la Arcilla con el Solidry, siendo este efecto incluso mayor que la

interacción del mismo Solidry con el Consolid, por otro lado, la arcilla también muestra una interacción de mejora del CBR cuando actúa junto con el Consolid. La inclusión de arena, ya sea con Solidry o con Consolid solo empeora el CBR.

Dado que el modelo anterior tiene un coeficiente de determinación muy bajo, entonces se puede plantear dos modelos predictivos con mejor ajuste, tal como el que se muestra a continuación.

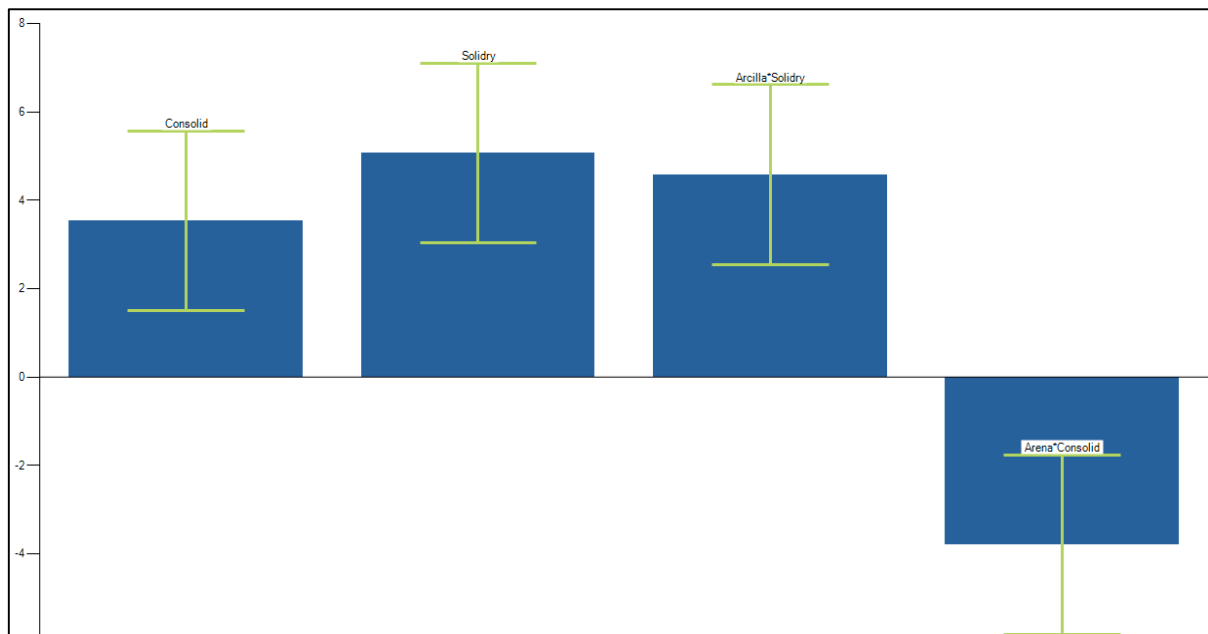


Figura 27. interacción de los factores del suelo de Ccorca con mejor ajuste.

R2 ajustado: 0.71

$$\text{CBR (*)} = 11.67 + 41.79 \cdot \text{Consolid} + 15.47 \cdot \text{Solidry} + 1.186 \cdot \text{Arcilla} \cdot \text{Solidry} - 1.892 \cdot \text{Arena} \cdot \text{Consolid}$$

Fuente: *software Ellistat*.

Seguidamente se muestra el modelo de ajuste sin interacción para el suelo de Ccorca.

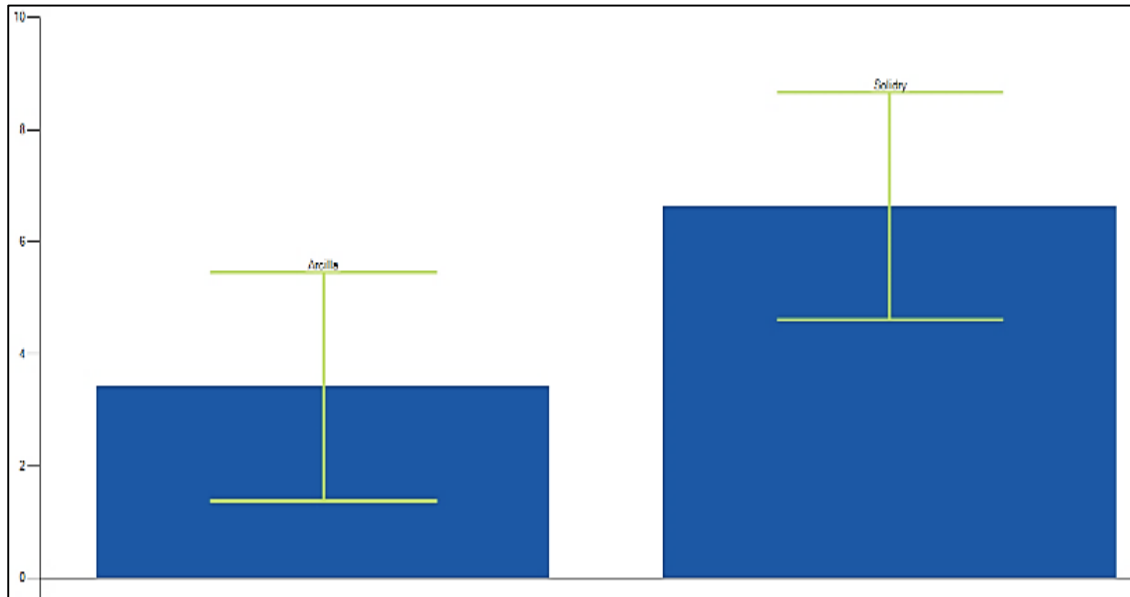


Figura 28. Efecto estandarizado sin interacción con ajuste adecuado.

R2 ajustado: 0.59

$$\text{CBR (*)} = 8.364 + 1.021 \cdot \text{Arcilla} + 20.45 \cdot \text{Solidry}$$

Fuente: software *Ellistat*.

De este último modelo resulta interesante notar que por cada punto porcentual de arcilla que se añade a la mezcla se tiene una mejora en el CBR de 1.021 unidades de CBR, mientras que por cada punto porcentual de Solidry añadido a la mezcla se gana 20.45 unidades de CBR, esto significa, que se necesitan 20 unidades porcentuales de arcilla para producir el mismo efecto que una unidad porcentual de Solidry, esto tiene implicancias a la hora de comparar costos.

4.2.2. Comportamiento probabilístico de las mezclas de Corcca.

A continuación, se presenta el diagrama multivariado de los resultados del suelo de Ccorca.

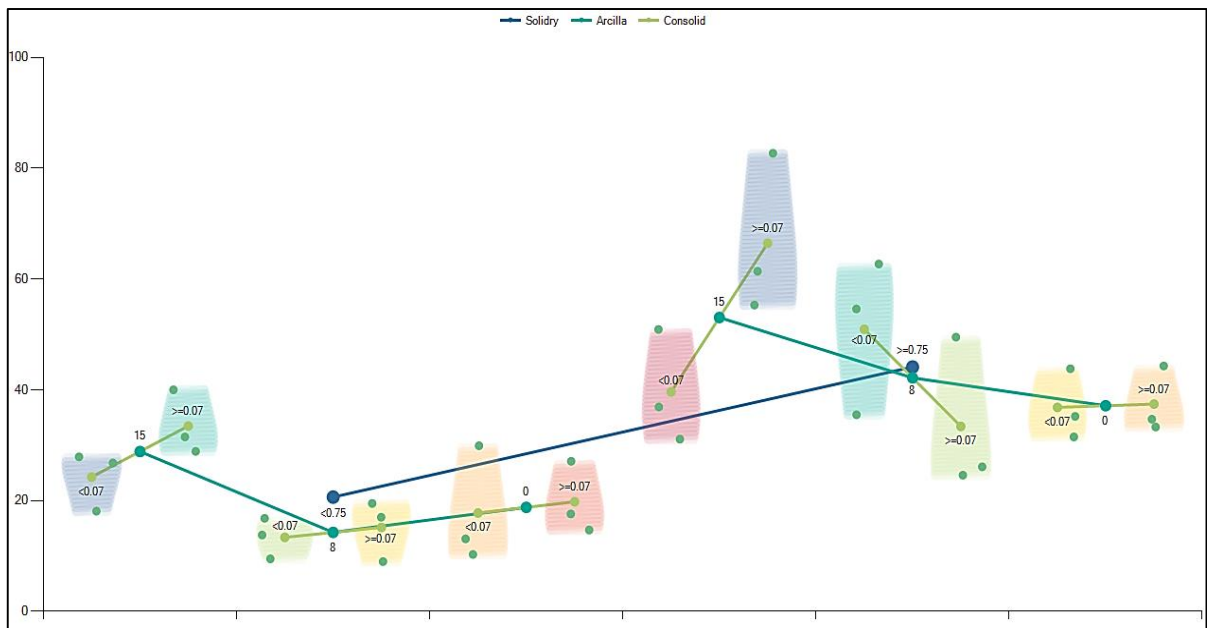


Figura 29. Diagrama multivariado del suelo de Ccorca.

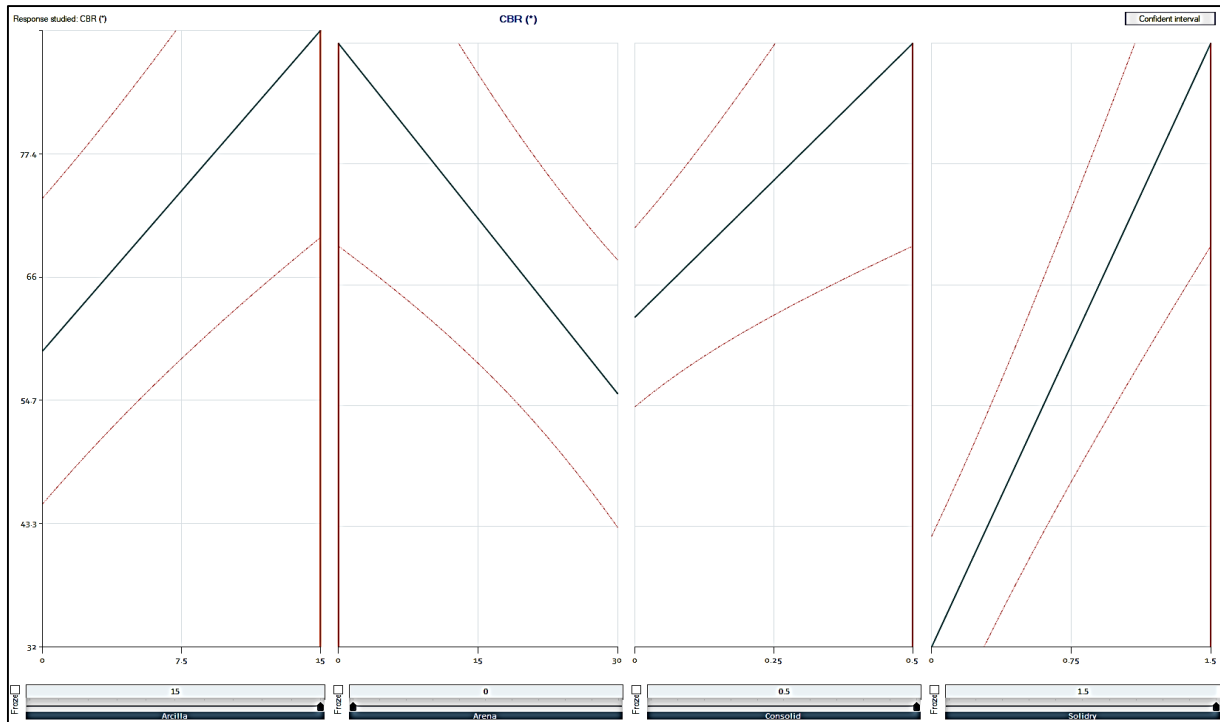
Fuente: software Ellistat.

R2 ajustado 0.72

Del diagrama precedente se observa que la mejor estrategia para conseguir CBR alto entre 60 y 80 es la mezcla de una dosis de Solidry mayor a 0.75% en peso del suelo junto con un 15% de arcilla y una dosis mayor a 0.07% en peso de Consolid. Por el contrario, la peor estrategia es mezclar una dosis menor a 0.75% de Solidry con 8% de arcilla y menos del 0.07% de Consolid lo cual nos dará como máximo un CBR de 17.

4.2.3. Predicción maximizada del CBR del suelo de Ccorca.

Con los modelos anteriores podemos predecir el máximo CBR que puede alcanzar el material de Ccorca con la dosificación correcta, el gráfico se muestra a continuación.



De lo anterior se desprende que, con una mezcla de 15% de arcilla más 0.5% de Consolid y 1.5% de Solidry se alcanzará un CBR de 88.7 como máximo con el material de cantera de Totorá de la carretera en Ccorca.

4.2.4. Respecto de la ascensión capilar del suelo estabilizado con el compuesto catalizador.

Respecto de esta variable estudiada, también se realizó el análisis no va respectivo, sin embargo el coeficiente de determinación R^2 calculado asciende a 0.166, el cual es muy bajo como para sacar conclusiones acerca de la influencia del catalizador en la ascensión capilar del suelo, lo afirmado se muestra en la siguiente figura.

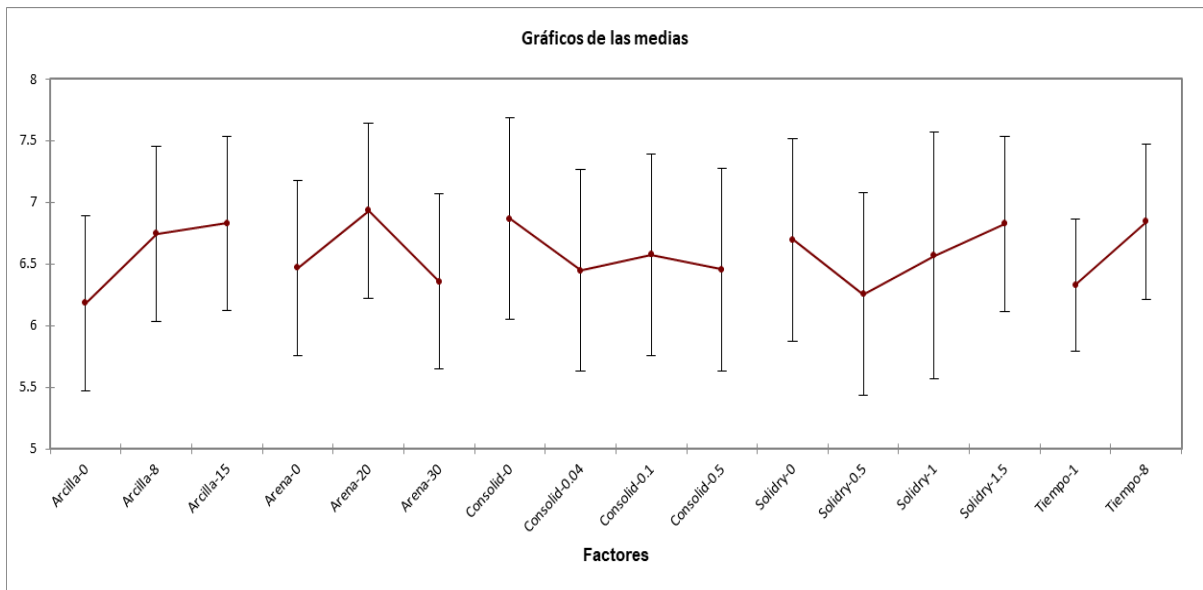


Figura 31. Medias de los factores del suelo de Ccorca para la ascensión capilar.

Fuente: software XLStat.

En términos generales se observa que el responsable de mantener una baja ascensión capilar y por lo tanto comportarse como barrera contra el agua es el Consolid a partir de una dosis de 0.04%. Como se recalca hay que tomar con cuidado estos resultados dado que el coeficiente de determinación sin ajuste está en 0.17.

V. DISCUSIÓN.

Los suelos limo arenosos sin estabilizar, sufren disminuciones importantes de capacidad de soporte cuando entran en contacto con el agua, ya que el CBR de las muestras en condición No saturada fue de 42.44% , de las muestras en inmersión fue de 25.37% y dando un porcentaje de disminución de la capacidad de soporte aproximadamente de 40.21% (Tabla 20). En el caso en el que los suelos estabilizados entran en contacto con el agua la afectación es menor ya que el CBR de las muestras en condición no saturada fue de 90.07%, de las muestras en inmersión fue de 80.78%, dando como resultado un porcentaje de disminución de la capacidad de soporte aproximadamente de 10.31% (Tabla 20); la utilización de Silicato de Sodio para estabilizar el suelo limo arenoso mejora las propiedades cementantes entre las partículas, generándole estabilidad al suelo para que resista procesos erosivos por el paso del agua, generando durabilidad y funcionalidad en las estructuras de pavimento flexible y regido. **Muñoz (2018).**

La alternativa de solución planteada es la aplicación del Sistema Consolid en las dosificaciones de 0.04%, 0.10% y 0.50% de C444 respecto del peso del suelo para ver las posibles variaciones y así poder hallar la óptima dosificación de C444 para la carretera Ollantaytambo según sus características particulares, de igual forma se adicionó Solidry al 1.5% de forma estándar como se recomienda por antecedentes en el uso del aditivo impermeabilizante. **Copa & Fernández (2018).**

Se comprobó parcialmente la sub hipótesis 1 que cita: "La aplicación de un compuesto catalizador mejora en el CBR del material de cantera de Totorá", tal como se muestra en la figura 20 y figura 25, se obtiene una mezcla de 15% de arcilla más 0.5% de Consolid y 1.5% de Solidry se alcanzará un CBR de 88.7% como máximo con el material de cantera de Totorá.

VI. CONCLUSIONES.

En concordancia con lo anteriormente manifestado, los cálculos, los diagramas los planos, las tablas y toda la información primaria y secundaria recolectada durante la presente investigación se han llegado a las conclusiones generales siguientes, mismas que se detallan a continuación.

5.1. Conclusiones

Conclusión de hipótesis general

- Se ha comprobado la hipótesis general: Durante la ejecución de la presente tesis, se ha logrado determinar la medida en que se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totorá, Cusco, 2020, siendo que la aplicación del sistema Consolid, el cual consiste en dos componentes: el líquido llamado Consolid y el sólido de nombre Solidry, mejora las propiedades de CBR y disminuye la ascensión capilar en el material de la cantera de Totorá. Esto fue comprobado a través de 36 ensayos cuyos resultados se analizaron por el método ANOVA.

Conclusión de hipótesis específicas.

- Se comprobó la hipótesis específica 01 que cita: En cuanto a la medida en que se da el efecto del Consolid (Solidry+Consolid) en el CBR del suelo de la cantera de Totorá, se pudo comprobar que para el caso del Solidry, éste es capaz de incrementar el CBR del suelo materia de estudio desde un 18% (CBR natural) hasta un 49.5% con una dosis de 1.5% en peso. Por otro lado, se ha evidenciado que la aplicación del Consolid (líquido) al suelo tiene un efecto mixto, pues en poca dosis (menor al 0.1% en peso de suelo), el CBR crece de 26.1 hasta 37.9, sin embargo si se incrementa más Consolid, el CBR cae nuevamente. Esto se aprecia en la siguiente figura 25.
- De lo expresado, queda claro que el sistema Consolid tiene un efecto significativo mejorador del CBR en el suelo estudiado, esto a pesar que el aditivo propiamente denominado Consolid (C444) no ha mostrado ser un potenciador del CBR y en algunos casos actúa en detrimento del CBR.
- El suelo estabilizado con el componente propuesto por la presente investigación, puede llegar como máximo a un CBR de 14.6 por ciento, mientras que si se aplica la estabilización este CBR puede ascender hasta un 61.9 por ciento cuando se utiliza la siguiente dosis óptima: 1.5 por ciento de Solidry, 0.1 por ciento de Consolid, quince por ciento de arcilla y sin arena. En otras palabras el sistema puede elevar hasta cuatro veces su resistencia natural.

- No se ratificó la hipótesis específica 02 que establece: “Determinar la medida en que se da el efecto del Consolid en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totorá.”, Respecto de la medida en que se da el efecto del Consolid (Consolid+Solidry) en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totorá, se ha podido demostrar que la permeabilidad se reduce en por lo menos un 5%, es decir de 6.87 cm a 6.45 cm, pero sólo como efecto del aditivo líquido Consolid. Por otro lado, el componente sólido Solidry tiene un efecto mixto en la ascensión capilar, reduciéndola cuando entra al suelo en dosis bajas, pero aumentándola cuando se incrementa la dosis. Esto se puede apreciar en la siguiente figura 31.
- Se ha logrado determinar la medida en que influye la aplicación del sistema Consolid (Consolid+Solidry) en la resistencia del suelo de la cantera de Totorá en la ciudad del Cusco, midiéndose la respuesta del CBR a través de un enfoque experimental fraccional factorial optimizado ejecutado con 36 ensayos de CBR no sumergido y 36 ensayos de ascensión capilar.
- la aplicación de un compuesto catalizador mejora la impermeabilidad del material de cantera de totora, cusco”, ya que la ascensión capilar en los ensayos realizados no arrojan resultados consistentes y tampoco son estadísticamente significativos dado que el coeficiente de determinación del análisis es muy bajo ($R=0.17$) como se evidencia en la figura 26.

VII RECOMENDACIONES

- Asimismo, se recomienda aplicar el compuesto catalizador estudiado en la presente investigación para mejorar el suelo de la cantera de totora , añadiéndole la proporción de arcilla requerida.
- Dado que no se ha podido evidenciar el efecto en la ascensión capilar se recomienda rediseñar el diseño experimental considerando otros factores y volver a estudiar la ascensión capilar.
- Se recomienda evaluar el compuesto catalizador tomando en consideración otros factores de respuesta tales como la permeabilidad, la resiliencia o la tixotropía de las mezclas. Esto abre una línea de investigación en este tema para futuras tesis.

VIII REFERENCIAS

- Bogena, Herbst, Huisman, Rosenbaum, Weuthen, & Vereecken. (2010). *Potential of Wireless Sensor Networks for Measuring Soil Water Content Variability*. Madison: Soil Science Society of America.
- Dipp Ramos, N., Fuentes Medina, N., Cruz Suárez, L., Universidad Centroamericana (2009).
- Terrazas Alvarado, (2009). *Esfuerzos Cortantes y de Aplastamiento*. Managua: Universidad Centroamericana.
- Experimento casero. (2018). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Experimento-casero-para-determinar-el-peso-especifico-de-las-particulas-solidas-d_fig1_256677978
- Collado Solís, C. (2009). *Esfuerzos Cortantes y de Aplastamiento*. Managua: Universidad Centroamericana.
- Experimento casero. (2018). Obtenido de contenido de humedad y temperatura
- Huamán, (2016). Efecto del contenido de humedad y temperatura sobre la difusividad térmica en granos andino. *Rev Soc Quím Perú*. 82(3), 259-271.
- Yupanquib, G., Allccaa, E., & Allccac, G. (2016). Efecto del contenido de humedad y temperatura sobre la difusividad térmica en granos andino. *Rev Soc Quím Perú*. 82(3), 259-271.
- Ingeosolum. (2018). Obtenido de <http://ingeosolum.blogspot.com/2011/07/la-perdida-de-succion-en-la-estabilidad.html>
- Lazo, W., & Campos, R. (2014). Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por

goteo en el valle de pampas . pampas: Universidad Nacional de Huancavelica.

Minedu. (Abril de 2014). Magnitudes de la Educación - ESCALE - Unidad de Estadística Educativa. Obtenido de <http://escale.minedu.gob.pe/magnitudes>

Salour, F. (2015). Moisture Influence on Structural Behaviour of Pavements. Stockholm: KTH, Royal Institute of Technology.

Sotelo, M., Mazari, M., Garibay, J., & Nazarian, S. (2014).

Variability of Moisture Content Measurement Devices on Subgrade Soils. Geo-Congress 2014 Technical Papers, GSP 234 © ASCE 2014, 1425-1432.

Taludes. (2018). Obtenido de <https://es.slideshare.net/Irveen/taludes>

Varas, Z. (2013). Diseño de un sistema electrónico para riego de césped de jardín empleando un sensor de humedad de suelos y comunicación inalámbrica . Lima: PUCP.

Huisman, (2018). Potencial of Wireless Sensor Networks for Measuring Soil Water Content Variability. Madison: Soil Science Society of America.

Rosenbaum, (2017). Potencial of Wireless Sensor Networks for Measuring

Vereecken. (2014). Potencial of Wireless Sensor Networks for Measuring Soil Water Content Variability.

Campos, R. (2014). Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle de pampas . pampas: Universidad Nacional de Huancavelica.

IIX ANEXOS.

ANEXO 1. Matriz de Consistencia de la investigación

TÍTULO: “EFECTO DEL SISTEMA CONSOLID EN EL CBR Y LA ASCENSIÓN CAPILAR DEL MATERIAL PARA BASE DE PAVIMENTO DE LA CANTERA DE TOTORA, CUSCO, 2020”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES E DIMENSIONES			METODOLOGÍA				
<p>Problema General</p> <p>¿En qué medida se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totora, Cusco, 2020?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la medida en que se da el efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de cantera de Totora, Cusco, 2020.</p>	<p>Hipó Hipótesis General</p> <p>La aplicación del sistema Consolid al material de cantera mejora las propiedades de CBR y disminuye la ascensión capilar en el material de la cantera de Totora.</p>	<p>Variable</p>	<p>Dimensiones</p>	<p>Indicadores</p>	<p>Tipo y nivel de investigación. Tipos de investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativo <p>Nivel de investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correlacional <p>Diseño de la investigación. Método de la investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hipotético deductivo. <p>Diseño de la investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pre Experimental. <p>Población: El suelo de la cantera de Totora en Ccorca-Moray, el cual considerado hasta una potencia de 8 m asciende a 85,000 metros cúbicos de material seleccionado.</p> <p>Muestreo: Por conveniencia, según la facilidad de acceso a la cantera.</p> <p>Muestra:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">MATERIAL SELECCIONADO</th> <th style="text-align: center;">ENSAYOS (UND)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Cantera Totora</td> <td style="text-align: center;">36</td> </tr> </tbody> </table>	MATERIAL SELECCIONADO	ENSAYOS (UND)	Cantera Totora	36
MATERIAL SELECCIONADO	ENSAYOS (UND)									
Cantera Totora	36									
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p>	<p>Variable</p>	<p>Dimensiones</p>	<p>Indicadores</p>					
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿En qué medida se da el efecto del Consolid en el CBR del suelo de la cantera de Totora, Cusco, 2020?</p> <p>¿En qué medida se da el efecto del Consolid en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totora, Cusco, 2020?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la medida en que se da el efecto del Consolid en el CBR del suelo de la cantera de Totora, Cusco, 2020.</p> <p>Determinar la medida en que se da el efecto del Consolid en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totora, Cusco, 2020.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La resistencia CBR del suelo de la cantera de Totora, se puede duplicar con la aplicación del sistema Consolid.</p> <p>La ascensión capilar se puede reducir en por lo menos 5% con la aplicación del sistema Consolid al suelo de la cantera de Totora.</p>	<p>Variable 2 CBR</p> <p>Variable 3 Ascensión capilar</p>	<p>Resistencia CBR</p> <p>Ascensión capilar del agua luego de una hora</p>	<p>CBR porcentual medido con método PDC</p> <p>Altura de ascensión capilar medida en centímetros</p>					

ANEXO 2. Panel fotográfico



Figura 32. Se observa la preparación de la muestra de cantera de totora, para los ensayos de laboratorio.



Figura 33. Se observa la preparación de la muestra de cantera de totora, para los ensayos de laboratorio.



Figura 34. Se observa el pesado de la muestra de la cantera.



Figura 35. Se observa el embolsado y pesado de aditivo Consolid.



Figura 36. Se observa el embolsado y pesado de aditivo consolid.



Figura 37. Se observa el mezclado de material de cantera y aditivos consolid y solidry.



Figura 38. Se observa la medición del CBR con el método PDC



Figura 39. Se observa el proceso de eyección de las muestras.



Figura 40. Se observa el proceso de eyección de las muestras.



Figura 41. Se observa el proceso de secado de la muestra

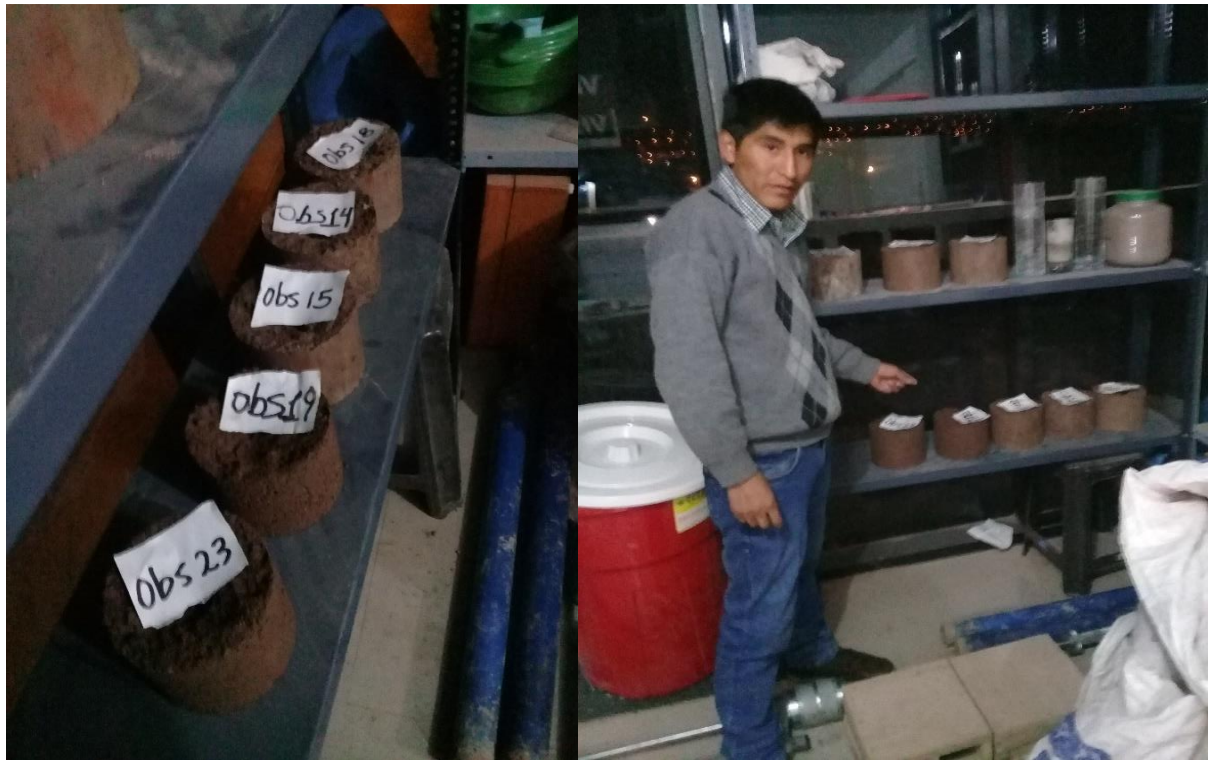


Figura 42. Se observa el proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.



Figura 43. Se observa el proceso de medición de la ascensión capilar de las muestras.

ANEXO 3. Hojas de cálculo de los ensayos realizados

MUESTRAS

Prueba	CBR	CBR_Corr	Succión	Densidad	Humedad de ensayo	CBR_corr_por_hum	DMS	COH
Obs36	41	40	7.4	2.03	9.2%	29.9	1.97	12.10%
Obs25	67	66	6.4	2.01	10.2%	55.3		
Obs27	24	23	6.1	2.05	10.2%	19.5		
Obs20	26	27	6.2	1.87	6.5%	14.7		
Obs32	29	29	6.5	1.97	11.2%	27.1		
Obs15	21	20	6.3	2.03	10.1%	17.0		
Obs21	35	34	6.2	2.03	8.9%	24.6		
Obs26	66	68	6.0	1.89	9.7%	54.6		
Obs19	45	46	5.9	1.94	9.3%	35.2		
Obs18	21	21	8.2	2.06	9.9%	16.8		
Obs1	110	103	5.5	2.09	7.2%	61.4		
Obs2	56	55	4.5	2.00	7.7%	35.5		
Obs3	11	11	6.0	2.04	10.2%	9.0		
Obs4	25	24	6.5	2.00	9.0%	18.1		
Obs5	64	62	5.5	2.03	9.9%	50.9		
Obs6	18	17	9.5	2.09	9.7%	13.8		
Obs7	44	47	5.0	1.87	8.1%	31.5		
Obs8	26	25	6.8	2.00	8.4%	17.6		
Obs9	56	56	6.5	2.00	10.8%	49.5		
Obs10	38	37	6.0	2.04	9.5%	28.9		
Obs11	59	56	5.0	2.07	7.5%	34.7		
Obs12	11	11	8.0	1.98	11.2%	10.3		
Obs13	111	105	5.8	2.09	9.5%	82.7		
Obs14	76	74	6.6	2.02	10.2%	62.7		

Obs1 6	27	27	6.3	1.93	12.0%	26.8
Obs1 7	40	40	7.0	1.97	11.1%	36.9
Obs2 2	46	47	7.3	1.93	10.2%	40.0
Obs2 3	40	40	5.4	1.99	10.2%	33.3
Obs2 4	14	14	8.5	2.05	11.4%	13.1
Obs2 8	35	35	6.7	1.99	9.7%	27.9
Obs2 9	56	53	6.4	2.07	7.1%	31.1
Obs3 1	53	53	8.1	1.97	10.1%	43.8
Obs3 3	40	38	6.7	2.07	8.2%	26.1
Obs3 4	30	31	6.4	1.91	12.2%	31.5
Obs3 5	53	52	6.5	1.99	10.2%	44.3
Obs3 0	13	12	8.7	2.07	9.4%	9.5

Resumen de la optimización:

Mejor diseño para un número de experimentos determinado:

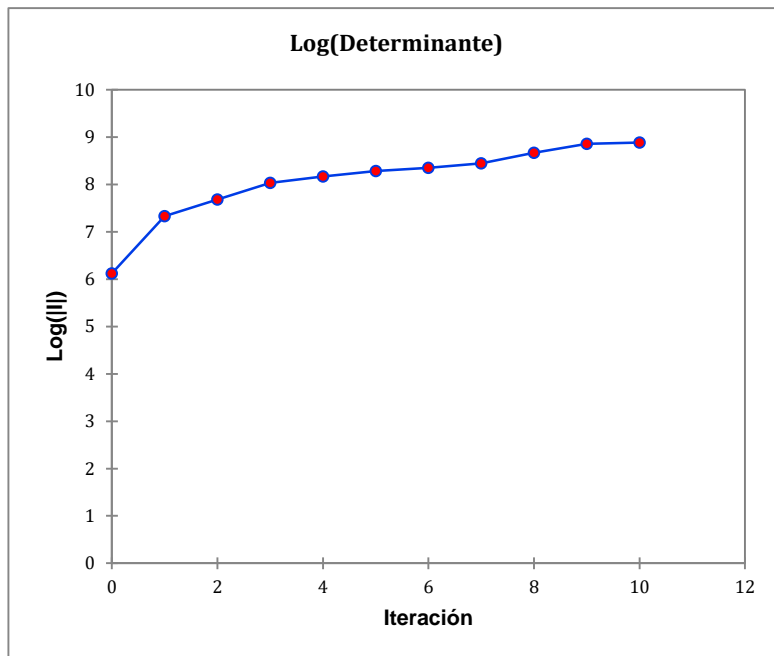
Número de experimentos	$\text{Log}(1/n * I ^{1/p})$	$\text{Log}(I)$	$\text{Log}(I ^{1/p})$
12	-0.339	8.883	5.499

n representa el número de experimentos, I la matriz de información, y p el número de variables desconocidas.

El algoritmo convergió en promedio después de 4 iteraciones.

Estadísticos para cada iteración:

Iteración	Log(I)
0	6.123
1	7.327
2	7.679
3	8.031
4	8.165
5	8.281
6	8.351
7	8.446
8	8.669
9	8.856
10	8.883

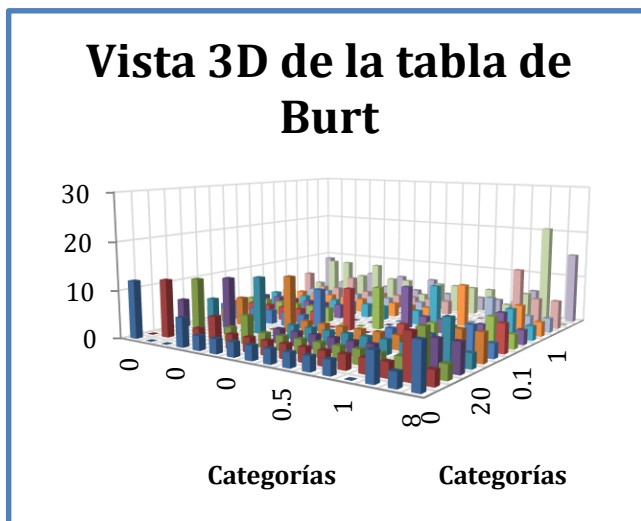


Repetición	Número de experimentos	Iteración	Log(I)	Log(1/n*I ^1/p)
1	12	0	-10.860	-1.984
2	12	5	8.669	-0.357
3	12	0	-9.083	-1.836
4	12	0	-8.189	-1.762
5	12	8	8.798	-0.346
6	12	4	8.415	-0.378
7	12	0	-10.668	-1.968
8	12	4	8.633	-0.360
9	12	7	8.669	-0.357
10	12	10	8.883	-0.339

Tabla de Burt:

	0	8	15	0	20	30	0	0.04	0.1	0.5		0	0.5	1	1.5	1	8
0	12	0	0	6	3	3	3	3	3	3		3	3	0	6	3	9
8	0	12	0	3	6	3	3	3	3	3		3	3	3	3	9	3
15	0	0	12	3	3	6	3	3	3	3		3	3	3	3	9	3
0	6	3	3	12	0	0	3	3	3	3		3	3	0	6	6	6
20	3	6	3	0	12	0	3	3	3	3		3	3	3	3	9	3
30	3	3	6	0	0	12	3	3	3	3		3	3	3	3	6	6
0	3	3	3	3	3	3	9	0	0	0		3	0	3	3	6	3
0.04	3	3	3	3	3	3	0	9	0	0		3	3	0	3	3	6
0.1	3	3	3	3	3	3	0	0	9	0		0	3	3	3	6	3
0.5	3	3	3	3	3	3	0	0	0	9		3	3	0	3	6	3
0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3		9	0	0	0	6	3
0.5	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3		0	9	0	0	6	3
1	0	3	3	0	3	3	3	0	3	0		0	0	6	0	3	3
1.5	6	3	3	6	3	3	3	3	3	3		0	0	0	12	6	6
1	3	9	9	6	9	6	6	3	6	6		6	6	3	6	21	0
8	9	3	3	6	3	6	3	6	3	3		3	3	3	6	0	15

Vista 3D de la tabla de Burt:



Información sobre las variables:

Nombre corto	Nombre largo	Unidad	Unidad (símbolo)
CL_Cao	Arcilla	Porcentaje	%
G34	Arena	Porcentaje	%
C444	Consolid	Porcentaje	%
Solidry	Solidry	Porcentaje	%
TMezcla	Tiempo	Minutos	min

Nombre del modelo: Consol_Caoli

Diseño de experimentos(Optimizado):

Observación	Orden de clasificación	Orden del run	Repetición	Arcilla	Arena	Consolid	Solidr y	Tiempo	CBR *
Obs1	1	1	1	15	30	0.1	1.5	1	61.4
Obs9	2	9	1	8	20	0.1	1	1	49.5
Obs5	3	5	1	15	30	0	1	8	50.9
Obs8	4	8	1	0	0	0.1	0.5	8	17.6
Obs10	5	10	1	15	0	0.5	0	1	28.9
Obs11	6	11	1	0	20	0.5	1.5	8	34.7
Obs12	7	12	1	0	30	0.04	0	8	10.3
Obs2	8	2	1	8	0	0.04	1.5	8	35.5
Obs4	9	4	1	15	20	0.04	0.5	1	18.1
Obs6	10	6	1	8	20	0	0	1	13.8
Obs7	11	7	1	0	0	0	1.5	1	31.5
Obs3	12	3	1	8	30	0.5	0.5	1	9.0
Obs13	1	1	2	15	30	0.1	1.5	1	82.7
Obs16	2	4	2	15	20	0.04	0.5	1	26.8
Obs22	3	10	2	15	0	0.5	0	1	40.0
Obs14	4	2	2	8	0	0.04	1.5	8	62.7
Obs18	5	6	2	8	20	0	0	1	16.8
Obs19	6	7	2	0	0	0	1.5	1	35.2
Obs15	7	3	2	8	30	0.5	0.5	1	17.0
Obs21	8	9	2	8	20	0.1	1	1	24.6
Obs20	9	8	2	0	0	0.1	0.5	8	14.7
Obs23	10	11	2	0	20	0.5	1.5	8	33.3
Obs24	11	12	2	0	30	0.04	0	8	13.1
Obs17	12	5	2	15	30	0	1	8	36.9
Obs25	1	1	3	15	30	0.1	1.5	1	55.3
Obs28	2	4	3	15	20	0.04	0.5	1	27.9
Obs34	3	10	3	15	0	0.5	0	1	31.5
Obs26	4	2	3	8	0	0.04	1.5	8	54.6
Obs30	5	6	3	8	20	0	0	1	9.5
Obs31	6	7	3	0	0	0	1.5	1	43.8
Obs27	7	3	3	8	30	0.5	0.5	1	19.5
Obs33	8	9	3	8	20	0.1	1	1	26.1
Obs32	9	8	3	0	0	0.1	0.5	8	27.1
Obs35	10	11	3	0	20	0.5	1.5	8	44.3
Obs36	11	12	3	0	30	0.04	0	8	29.9
Obs29	12	5	3	15	30	0	1	8	31.1

Observación	Arcilla (g)	Arena (g)	Consolid (ml)	Solidry (g)	Agua destilada	Tota	Prueba	CBR_Corr	R_Corr_densid	BR_Corr_hur	Succión	Costo
Obs1	766	1532	5	77	592	2972	Obs36	40.11	40.11	30.8	7.4	0.27
Obs9	408	1021	5	51	523		Obs25	66.79	66.79	56.3	6.35	0.18
Obs5	766	1532	0	51	592		Obs27	23.43	23.43	20.3	6.05	0.21
Obs8	0	0	5	26	408		Obs20	27.70	27.70	13.9	6.2	0.06
Obs10	766	0	26	0	470		Obs32	29.84	29.84	27.1	6.53	0.38
Obs11	0	1021	26	77	490		Obs15	20.58	20.58	17.5	6.29	0.34
Obs12	0	1532	2	0	531		Obs21	34.11	34.11	25.4	6.17	0.09
Obs2	408	0	2	77	441		Obs26	69.24	69.24	52.4	6.01	0.11
Obs4	766	1021	2	26	551		Obs19	46.36	46.36	34.8	5.85	0.20
Obs6	408	1021	0	0	523		Obs18	20.89	20.89	17.5	8.17	0.11
Obs7	0	0	0	77	408		Obs1	104.72	104.72	65.3	5.5	0.03
Obs3	408	1532	26	26	564		Obs2	56.27	56.27	36.0	4.5	0.40
Obs13	766	1532	5	77	592		Obs3	10.85	10.85	9.3	6.03	0.27
Obs16	766	1021	2	26	551		Obs4	24.75	24.75	18.3	6.5	0.20
Obs22	766	0	26	0	470		Obs5	63.37	63.37	52.5	5.5	0.38
Obs14	408	0	2	77	441		Obs6	17.52	17.52	14.6	9.5	0.11
Obs18	408	1021	0	0	523		Obs7	47.61	47.61	29.9	5	0.11
Obs19	0	0	0	77	408		Obs8	25.58	25.58	17.8	6.8	0.03
Obs15	408	1532	26	26	564		Obs9	56.41	56.41	50.2	6.5	0.40
Obs21	408	1021	5	51	523		Obs10	37.51	37.51	30.0	6	0.18
Obs20	0	0	5	26	408		Obs11	56.66	56.66	36.4	5	0.06
Obs23	0	1021	26	77	490		Obs12	11.25	11.25	10.3	8	0.34
Obs24	0	1532	2	0	531		Obs13	106.45	106.45	87.6	5.84	0.09
Obs17	766	1532	0	51	592		Obs14	75.40	75.40	64.3	6.64	0.21
Obs25	766	1532	5	77	592		Obs16	27.51	27.51	26.3	6.29	0.27
Obs28	766	1021	2	26	551		Obs17	40.92	40.92	37.0	7	0.20
Obs34	766	0	26	0	470		Obs22	47.91	47.91	39.2	7.26	0.38
Obs26	408	0	2	77	441		Obs23	40.16	40.16	33.6	5.44	0.11
Obs30	408	1021	0	0	523		Obs24	14.03	14.03	13.6	8.5	0.11
Obs31	0	0	0	77	408		Obs28	35.37	35.37	28.2	6.68	0.03
Obs27	408	1532	26	26	564		Obs29	53.95	53.95	32.8	6.4	0.40
Obs33	408	1021	5	51	523		Obs31	53.35	53.35	43.8	8.07	0.18
Obs32	0	0	5	26	408		Obs33	38.84	38.84	27.4	6.74	0.06
Obs35	0	1021	26	77	490		Obs34	31.75	31.75	30.5	6.38	0.34
Obs36	0	1532	2	0	531		Obs35	53.12	53.12	44.7	6.54	0.09
Obs29	766	1532	0	51	592		Obs30	12.47	12.47	10.0	8.67	0.21

Resumen Ellistat
(Ccorca Gerardo)

Muestra	Arcilla	Arena	Consolid	Solidry	w%	Ds	CBR (*)
Obs1	15	30	0.1	1.5	7.2%	2.09	61.4
Obs9	8	20	0.1	1	10.8%	2.00	49.5
Obs5	15	30	0	1	9.9%	2.03	50.9
Obs8	0	0	0.1	0.5	8.4%	2.00	17.6
Obs10	15	0	0.5	0	9.5%	2.04	28.9
Obs11	0	20	0.5	1.5	7.5%	2.07	34.7
Obs12	0	30	0.04	0	11.2%	1.98	10.3
Obs2	8	0	0.04	1.5	7.7%	2.00	35.5
Obs4	15	20	0.04	0.5	9.0%	2.00	18.1
Obs6	8	20	0	0	9.7%	2.09	13.8
Obs7	0	0	0	1.5	8.1%	1.87	31.5
Obs3	8	30	0.5	0.5	10.2%	2.04	9.0
Obs13	15	30	0.1	1.5	9.5%	2.09	82.7
Obs16	15	20	0.04	0.5	12.0%	1.93	26.8
Obs22	15	0	0.5	0	10.2%	1.93	40.0
Obs14	8	0	0.04	1.5	10.2%	2.02	62.7
Obs18	8	20	0	0	9.9%	2.06	16.8
Obs19	0	0	0	1.5	9.3%	1.94	35.2
Obs15	8	30	0.5	0.5	10.1%	2.03	17.0
Obs21	8	20	0.1	1	8.9%	2.03	24.6
Obs20	0	0	0.1	0.5	6.5%	1.87	14.7
Obs23	0	20	0.5	1.5	10.2%	1.99	33.3
Obs24	0	30	0.04	0	11.4%	2.05	13.1
Obs17	15	30	0	1	11.1%	1.97	36.9
Obs25	15	30	0.1	1.5	10.2%	2.01	55.3
Obs28	15	20	0.04	0.5	9.7%	1.99	27.9
Obs34	15	0	0.5	0	12.2%	1.91	31.5
Obs26	8	0	0.04	1.5	9.7%	1.89	54.6
Obs30	8	20	0	0	9.4%	2.07	9.5
Obs31	0	0	0	1.5	10.1%	1.97	43.8
Obs27	8	30	0.5	0.5	10.2%	2.05	19.5
Obs33	8	20	0.1	1	8.2%	2.07	26.1
Obs32	0	0	0.1	0.5	11.2%	1.97	27.1
Obs35	0	20	0.5	1.5	10.2%	1.99	44.3
Obs36	0	30	0.04	0	9.2%	2.03	29.9
Obs29	15	30	0	1	7.1%	2.07	31.1

(*) CBR no sumergido, corregido por densidad y estandarizado a la humedad óptima

Observación	Constante	Arcilla- 1	Arcilla- 2	Arena- 1	Arena- 2	Consolid- 1	Consolid- 2	Consolid- 3	Solidry- 1	Solidry- 2		Solidry- 3	Tiempo- 1
Obs1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0		1	-1
Obs9	1	1	0	-1	-1	1	0	0	0	0		1	1
Obs5	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0		0	-1
Obs8	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0		0	-1
Obs10	1	0	1	0	1	-1	-1	-1	0	1		0	1
Obs11	1	1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1
Obs12	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0		1	-1
Obs2	1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	1	0		0	1
Obs4	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		0	-1
Obs6	1	0	1	-1	-1	0	0	1	-1	-1		-1	-1
Obs7	1	-1	-1	1	0	0	0	1	0	0		1	1
Obs3	1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1		-1	1

ENSAYO DE CBR

Estadísticos
descriptivos:

Variabl e	Observacione s	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínim o	Máxim o	Media	Desv. típica
CBR*	36	0	36	9.030	82.667	32.37 5	17.05 4

Variabl e	Categorías	Frecuencias	%
Arcilla	0	12	33.333
	8	12	33.333
	15	12	33.333
Arena	0	12	33.333
	20	12	33.333
	30	12	33.333
Consoli d	0	9	25.000
	0.04	9	25.000
	0.1	9	25.000
	0.5	9	25.000
Solidry	0	9	25.000
	0.5	9	25.000
	1	6	16.667
	1.5	12	33.333
Tiempo	1	21	58.333
	8	15	41.667

Información sobre las variables:

Nombre corto	Nombre largo	Unidad	Unidad (símbolo)
CL_Ca			
o	Arcilla	Porcentaje	%
G34	Arena	Porcentaje	%
C444	Consolid	Porcentaje	%
Solidry	Solidry	Porcentaje	%
TMezcla	Tiempo	Minutos	min

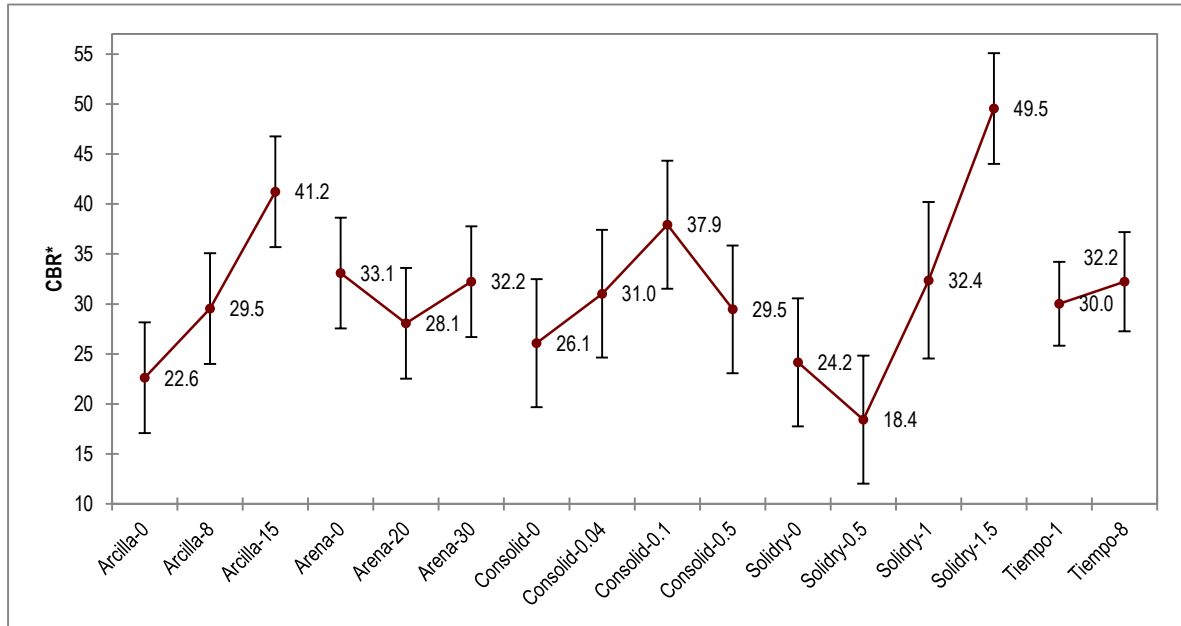
Nombre del modelo:
Consol_Caoli

Diseño de experimentos(Optimizado):

Observación	Orden de clasificación	Orden del run	Repetición	Arcilla	Arena	Consolid	Solidry	Tiempo	CBR_prom
Obs1	1	1	1	15	30	0.1	1.5	1	61.4383889
Obs2	2	9	1	8	20	0.1	1	1	49.5271359
Obs3	3	5	1	15	30	0	1	8	50.8690625
Obs4	4	8	1	0	0	0.1	0.5	8	17.5534657
Obs5	5	10	1	15	0	0.5	0	1	28.9486343
Obs6	6	11	1	0	20	0.5	1.5	8	34.7094157
Obs7	7	12	1	0	30	0.04	0	8	10.2752503
Obs8	8	2	1	8	0	0.04	1.5	8	35.4668414
Obs9	9	4	1	15	20	0.04	0.5	1	18.0570056
Obs10	10	6	1	8	20	0	0	1	13.7758328
Obs11	11	7	1	0	0	0	1.5	1	31.5094988
Obs12	12	3	1	8	30	0.5	0.5	1	9.02974879
Obs13	1	1	2	15	30	0.1	1.5	1	82.6669628

Obs14	2	4	2	15	20	0.04	0.5	1	26.79051 03 39.96909
Obs15	3	10	2	15	0	0.5	0	1	87 62.71071
Obs16	4	2	2	8	0	0.04	1.5	8	22 16.78802
Obs17	5	6	2	8	20	0	0	1	84 35.23981
Obs18	6	7	2	0	0	0	1.5	1	92 16.98468
Obs19	7	3	2	8	30	0.5	0.5	1	83 24.63085
Obs20	8	9	2	8	20	0.1	1	1	75 14.70154
Obs21	9	8	2	0	0	0.1	0.5	8	53 33.25883
Obs22	10	11	2	0	20	0.5	1.5	8	86 13.05238
Obs23	11	12	2	0	30	0.04	0	8	56 36.93177
Obs24	12	5	2	15	30	0	1	8	02 55.28737
Obs25	1	1	3	15	30	0.1	1.5	1	85 27.94857
Obs26	2	4	3	15	20	0.04	0.5	1	79 31.50888
Obs27	3	10	3	15	0	0.5	0	1	59 54.55030
Obs28	4	2	3	8	0	0.04	1.5	8	15 9.496036
Obs29	5	6	3	8	20	0	0	1	83 43.80457
Obs30	6	7	3	0	0	0	1.5	1	86 19.49284
Obs31	7	3	3	8	30	0.5	0.5	1	44 26.06705
Obs32	8	9	3	8	20	0.1	1	1	7 27.11143
Obs33	9	8	3	0	0	0.1	0.5	8	5 44.25911
Obs34	10	11	3	0	20	0.5	1.5	8	44 29.93176
Obs35	11	12	3	0	30	0.04	0	8	03 31.14693
Obs36	12	5	3	15	30	0	1	8	21

Gráficos de las medias:



Regresión de la variable CBR*:

Estadísticos de bondad del ajuste:

Observaciones	36.000
Suma de los pesos	36.000
GL	24.000
R ²	0.796
R ² ajustado	0.703
MEC	86.388
RMSE	9.295
MAPE	22.977
DW	1.554
Cp	12.000
AIC	169.922
SBC	188.924
PC	0.407
Press RMSE	4664.970
	522286744.40
Press	1
Q ²	-51307.378

Análisis de varianza:

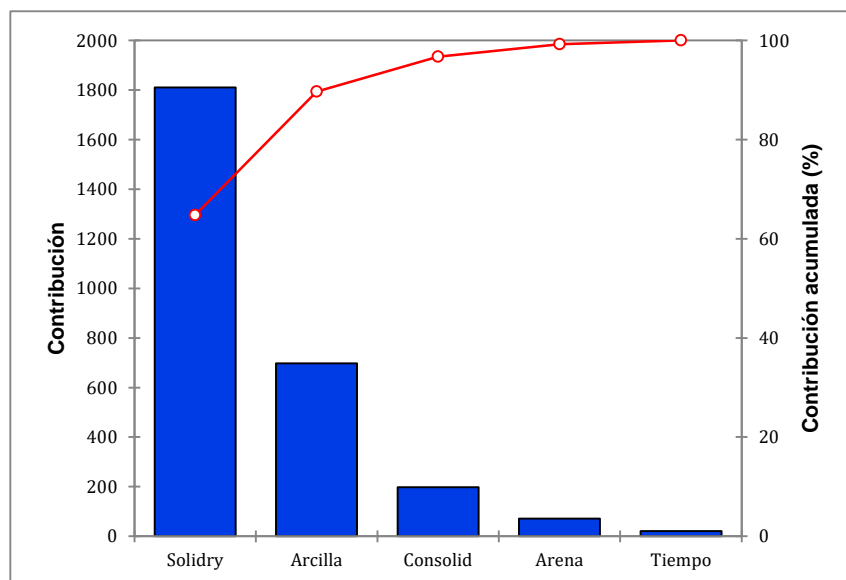
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	11	8106.046	736.913	8.530	< 0.0001
Error	24	2073.320	86.388		
Total		10179.36			
corregido	35	6			

Calculado contra el modelo

$Y=0$

Contribución de las variables:

	Solidry	Arcilla	Consolid	Arena	Tiempo
Contribución	1810.500	697.059	197.492	70.647	20.787
Contribución (%)	64.742	24.926	7.062	2.526	0.743
% acumulado	64.742	89.668	96.730	99.257	100.000



Parámetros del modelo:

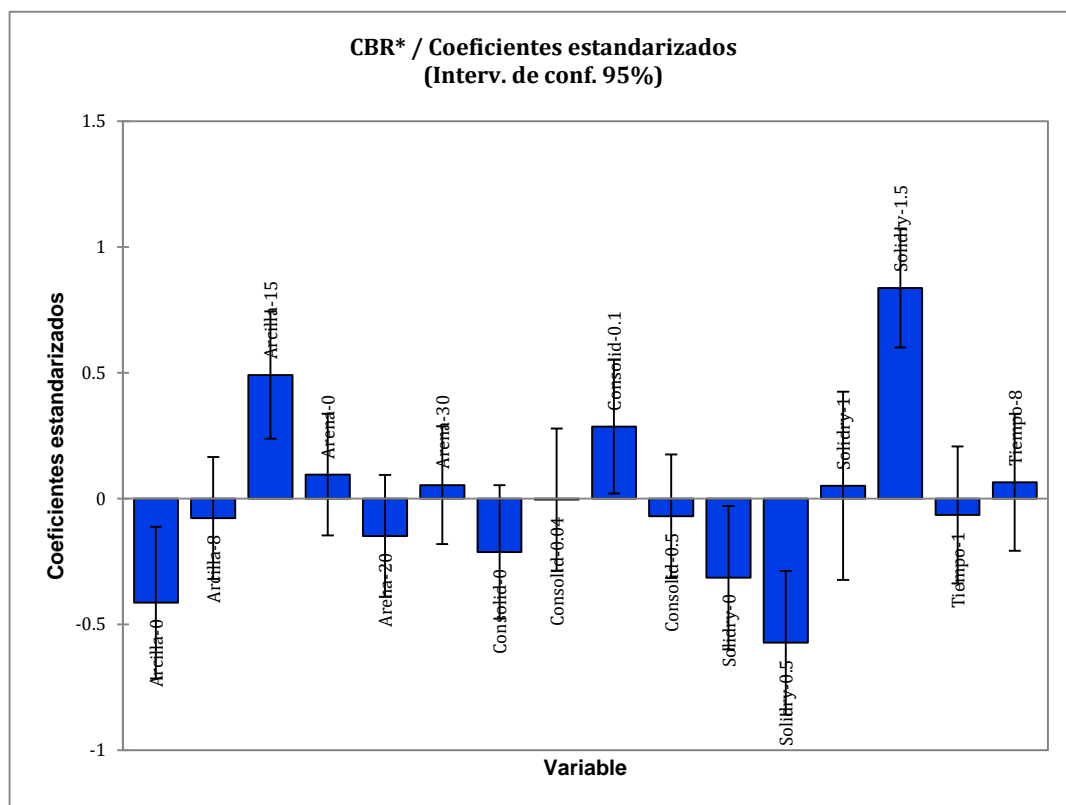
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
				<		
Intercepción	31.127	1.628	19.123	0.0001	27.768	34.487
Arcilla-0	-8.513	3.008	-2.830	0.009	-14.722	-2.305
Arcilla-8	-1.599	2.419	-0.661	0.515	-6.590	3.393
Arcilla-15	10.112	2.530	3.997	0.001	4.891	15.333
Arena-0	1.963	2.408	0.815	0.423	-3.007	6.934
Arena-20	-3.067	2.419	-1.268	0.217	-8.058	1.925
Arena-30	1.103	2.334	0.473	0.641	-3.714	5.921
Consolid-0	-5.041	3.060	-1.647	0.113	-11.357	1.275
Consolid-0.04	-0.105	3.262	-0.032	0.975	-6.837	6.627
Consolid-0.1	6.806	3.060	2.224	0.036	0.491	13.122
Consolid-0.5	-1.660	2.831	-0.586	0.563	-7.503	4.183
Solidry-0	-6.963	3.060	-2.276	0.032	-13.279	-0.648
Solidry-0.5	-12.699	3.060	-4.150	0.000	-19.015	-6.383
Solidry-1	1.244	4.440	0.280	0.782	-7.920	10.407
				<		
Solidry-1.5	18.418	2.709	6.799	0.0001	12.827	24.010
Tiempo-1	-1.104	2.250	-0.491	0.628	-5.747	3.540
Tiempo-8	1.104	2.250	0.491	0.628	-3.540	5.747

Ecuación del modelo:

Coeficientes

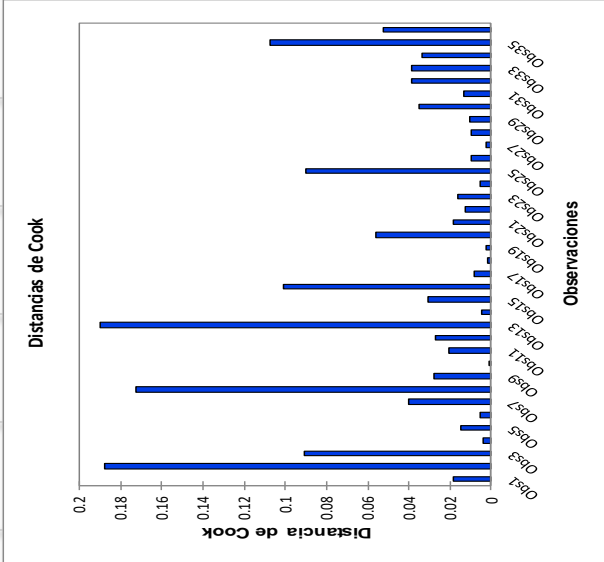
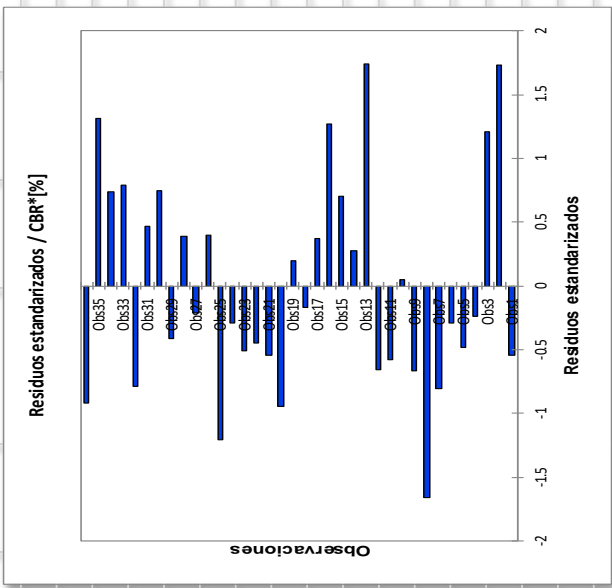
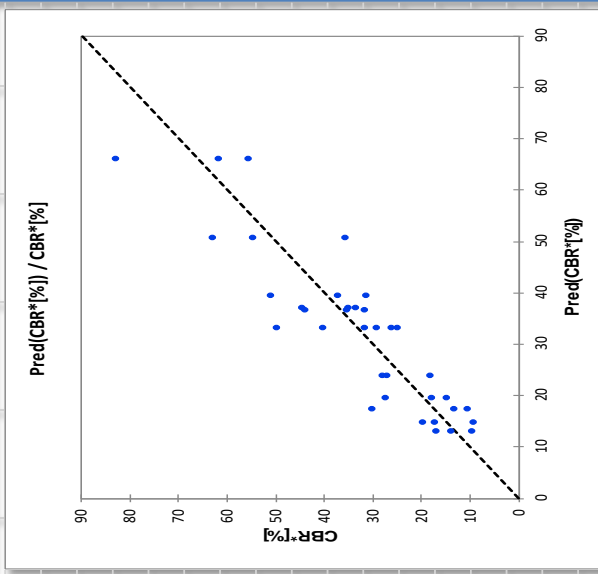
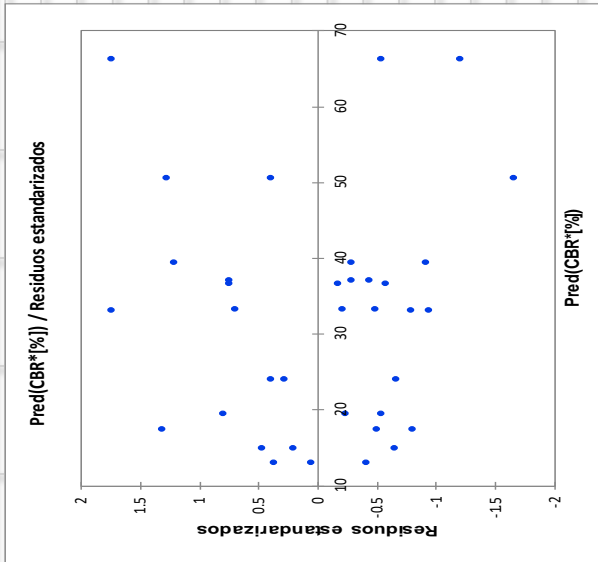
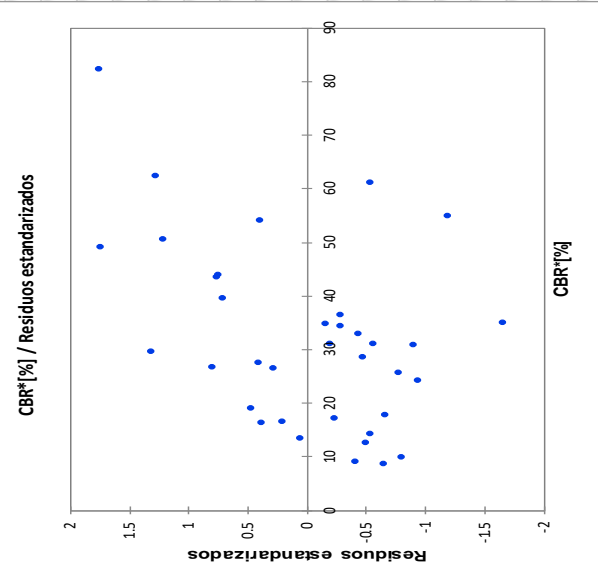
estandarizados:

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Arcilla-0	-0.413	0.146	-2.830	0.009	-0.715	-0.112
Arcilla-8	-0.078	0.117	-0.661	0.515	-0.320	0.165
Arcilla-15	0.491	0.123	3.997	0.001	0.237	0.745
Arena-0	0.095	0.117	0.815	0.423	-0.146	0.337
Arena-20	-0.149	0.117	-1.268	0.217	-0.391	0.093
Arena-30	0.054	0.113	0.473	0.641	-0.180	0.288
Consolid-0	-0.212	0.129	-1.647	0.113	-0.478	0.054
Consolid-0.04	-0.004	0.137	-0.032	0.975	-0.287	0.279
Consolid-0.1	0.286	0.129	2.224	0.036	0.021	0.552
Consolid-0.5	-0.070	0.119	-0.586	0.563	-0.316	0.176
Solidry-0	-0.314	0.138	-2.276	0.032	-0.600	-0.029
Solidry-0.5	-0.573	0.138	-4.150	0.000	-0.858	-0.288
Solidry-1	0.051	0.181	0.280	0.782	-0.324	0.425
Solidry-1.5	0.837	0.115	7.296	< 0.0001	0.600	1.074
Tiempo-1	-0.065	0.132	-0.491	0.628	-0.337	0.208
Tiempo-8	0.065	0.132	0.491	0.628	-0.208	0.337



Predicciones y residuos:

Observación	Peso	CBR*	Pred(CBR*)	Residuo	Residuo estd.	sobre la pred.	inferior 95%	superior 95%	bre la pred.	erior 95%	Ob	rior 95%	Ob	red. ajustada	D de Cook
Obs1	1	61.438	66.464	-5.026	-0.541	5.366	55.389	77.540	10.732	44.314	88.615	68.977	0.018		
Obs2	1	49.527	33.408	16.119	1.734	5.366	22.333	44.484	10.732	11.258	55.559	25.349	0.188		
Obs3	1	50.869	39.649	11.220	1.207	5.366	28.574	50.725	10.732	17.499	61.800	34.039	0.091		
Obs4	1	17.553	19.789	-2.235	-0.241	5.366	8.714	30.864	10.732	-2.362	41.939	20.906	0.004		
Obs5	1	28.949	33.476	-4.527	-0.487	5.366	22.400	44.551	10.732	11.325	55.626	35.739	0.015		
Obs6	1	34.709	37.409	-2.700	-0.290	5.366	26.334	48.484	10.732	15.259	59.560	38.759	0.005		
Obs7	1	10.275	17.753	-7.478	-0.805	5.366	6.678	28.828	10.732	-4.397	39.904	21.492	0.040		
Obs8	1	35.467	50.909	-15.442	-1.661	5.366	39.834	61.985	10.732	28.759	73.060	58.631	0.173		
Obs9	1	18.057	24.265	-6.208	-0.668	5.366	13.190	35.341	10.732	2.115	46.416	27.370	0.028		
Obs10	1	13.776	13.353	0.423	0.045	5.366	2.278	24.429	10.732	-8.797	35.504	13.142	0.000		
Obs11	1	31.509	36.851	-5.342	-0.575	5.366	25.776	47.927	10.732	14.701	59.002	39.522	0.021		
Obs12	1	9.030	15.169	-6.139	-0.661	5.366	4.094	26.244	10.732	-6.981	37.320	18.239	0.027		
Obs13	1	82.667	66.464	16.203	1.743	5.366	55.389	77.540	10.732	44.314	88.615	58.363	0.190		
Obs14	1	26.791	24.265	2.525	0.272	5.366	13.190	35.341	10.732	2.115	46.416	23.003	0.005		
Obs15	1	39.969	33.476	6.494	0.699	5.366	22.400	44.551	10.732	11.325	55.626	30.229	0.031		
Obs16	1	62.711	50.909	11.801	1.270	5.366	39.834	61.985	10.732	28.759	73.060	45.009	0.101		
Obs17	1	16.788	13.353	3.435	0.370	5.366	2.278	24.429	10.732	-8.797	35.504	11.636	0.009		
Obs18	1	35.240	36.851	-1.611	-0.173	5.366	25.776	47.927	10.732	14.701	59.002	37.657	0.002		
Obs19	1	16.985	15.169	1.816	0.195	5.366	4.094	26.244	10.732	-6.981	37.320	14.261	0.002		
Obs20	1	24.631	33.408	-8.777	-0.944	5.366	22.333	44.484	10.732	11.258	55.559	37.797	0.056		
Obs21	1	14.702	19.789	-5.087	-0.547	5.366	8.714	30.864	10.732	-2.362	41.939	22.332	0.019		
Obs22	1	33.259	37.409	-4.150	-0.447	5.366	26.334	48.484	10.732	15.259	59.560	39.484	0.012		
Obs23	1	13.052	17.753	-4.701	-0.506	5.366	6.678	28.828	10.732	-4.397	39.904	20.104	0.016		
Obs24	1	36.932	39.649	-2.717	-0.292	5.366	28.574	50.725	10.732	17.499	61.800	41.008	0.005		
Obs25	1	55.287	66.464	-11.177	-1.203	5.366	55.389	77.540	10.732	44.314	88.615	72.053	0.090		
Obs26	1	27.949	24.265	3.683	0.396	5.366	13.190	35.341	10.732	2.115	46.416	22.424	0.010		
Obs27	1	31.509	33.476	-1.967	-0.212	5.366	22.400	44.551	10.732	11.325	55.626	34.459	0.003		
Obs28	1	54.550	50.909	3.641	0.392	5.366	39.834	61.985	10.732	28.759	73.060	49.089	0.010		
Obs29	1	9.496	13.353	-3.857	-0.415	5.366	2.278	24.429	10.732	-8.797	35.504	15.282	0.011		
Obs30	1	43.805	36.851	6.953	0.748	5.366	25.776	47.927	10.732	14.701	59.002	33.375	0.035		
Obs31	1	19.493	15.169	4.324	0.465	5.366	4.094	26.244	10.732	-6.981	37.320	13.007	0.014		
Obs32	1	26.067	33.408	-7.341	-0.790	5.366	22.333	44.484	10.732	11.258	55.559	37.079	0.039		
Obs33	1	27.111	19.789	7.323	0.788	5.366	8.714	30.864	10.732	-2.362	41.939	16.128	0.039		
Obs34	1	44.259	37.409	6.850	0.737	5.366	26.334	48.484	10.732	15.259	59.560	33.984	0.034		
Obs35	1	29.932	17.753	12.179	1.310	5.366	6.678	28.828	10.732	-4.397	39.904	11.664	0.107		
Obs36	1	31.147	39.649	-8.502	-0.915	5.366	28.574	50.725	10.732	17.499	61.800	43.900	0.052		



ENSAYO DE SUCCION

Estadísticos
descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Succión	36	0	36	4.500	9.500	6.564	1.077

Variable	Categorías	Frecuencias	%
Arcilla	0	12	33.333
	8	12	33.333
	15	12	33.333
Arena	0	12	33.333
	20	12	33.333
	30	12	33.333
Consolid	0	9	25.000
	0.04	9	25.000
	0.1	9	25.000
	0.5	9	25.000
Solidry	0	9	25.000
	0.5	9	25.000
	1	6	16.667
	1.5	12	33.333
Tiempo	1	21	58.333
	8	15	41.667

Información sobre las variables:

Nombre corto	Nombre largo	Unidad	Unidad (símbolo)
CL_Cao	Arcilla	Porcentaje	%
G34	Arena	Porcentaje	%
C444	Consolid	Porcentaje	%
Solidry	Solidry	Porcentaje	%
TMezcla	Tiempo	Minutos	min

Nombre del modelo:
Consol_Caoli

Diseño de
 experimentos(Optimizado):

Observación	Orden de clasificación	Orden del run	Repetición	Arcilla	Arena	Consolidación	Solididad	Tiempo	CBR_prom
Obs1	1	1	1	15	30	0.1	1.5	1	7.4
Obs2	2	9	1	8	20	0.1	1	1	6.35
Obs3	3	5	1	15	30	0	1	8	6.05
Obs4	4	8	1	0	0	0.1	0.5	8	6.2
Obs5	5	10	1	15	0	0.5	0	1	6.53
Obs6	6	11	1	0	20	0.5	1.5	8	6.29
Obs7	7	12	1	0	30	0.04	0	8	6.17
Obs8	8	2	1	8	0	0.04	1.5	8	6.01
Obs9	9	4	1	15	20	0.04	0.5	1	5.85
Obs10	10	6	1	8	20	0	0	1	8.17
Obs11	11	7	1	0	0	0	1.5	1	5.5
Obs12	12	3	1	8	30	0.5	0.5	1	4.5
Obs13	1	1	2	15	30	0.1	1.5	1	6.03
Obs14	2	4	2	15	20	0.04	0.5	1	6.5
Obs15	3	10	2	15	0	0.5	0	1	5.5
Obs16	4	2	2	8	0	0.04	1.5	8	9.5
Obs17	5	6	2	8	20	0	0	1	5
Obs18	6	7	2	0	0	0	1.5	1	6.8
Obs19	7	3	2	8	30	0.5	0.5	1	6.5
Obs20	8	9	2	8	20	0.1	1	1	6
Obs21	9	8	2	0	0	0.1	0.5	8	5
Obs22	10	11	2	0	20	0.5	1.5	8	8
Obs23	11	12	2	0	30	0.04	0	8	5.84
Obs24	12	5	2	15	30	0	1	8	6.64
Obs25	1	1	3	15	30	0.1	1.5	1	6.29
Obs26	2	4	3	15	20	0.04	0.5	1	7
Obs27	3	10	3	15	0	0.5	0	1	7.26
Obs28	4	2	3	8	0	0.04	1.5	8	5.44
Obs29	5	6	3	8	20	0	0	1	8.5
Obs30	6	7	3	0	0	0	1.5	1	6.68
Obs31	7	3	3	8	30	0.5	0.5	1	6.4
Obs32	8	9	3	8	20	0.1	1	1	8.07
Obs33	9	8	3	0	0	0.1	0.5	8	6.74
Obs34	10	11	3	0	20	0.5	1.5	8	6.38
Obs35	11	12	3	0	30	0.04	0	8	6.54
Obs36	12	5	3	15	30	0	1	8	8.67

Regresión de la variable **Succión**:

Estadísticos de bondad del ajuste:

Observaciones	36.000
Suma de los pesos	36.000
GL	24.000
R ²	0.166
R ² ajustado	-0.217
MEC	1.413
RMSE	1.189
MAPE	12.454
DW	2.463
Cp	12.000
AIC	21.846
SBC	40.848
PC	1.669
Press RMSE	76.295
Press	139703.164
Q ²	-3437.030

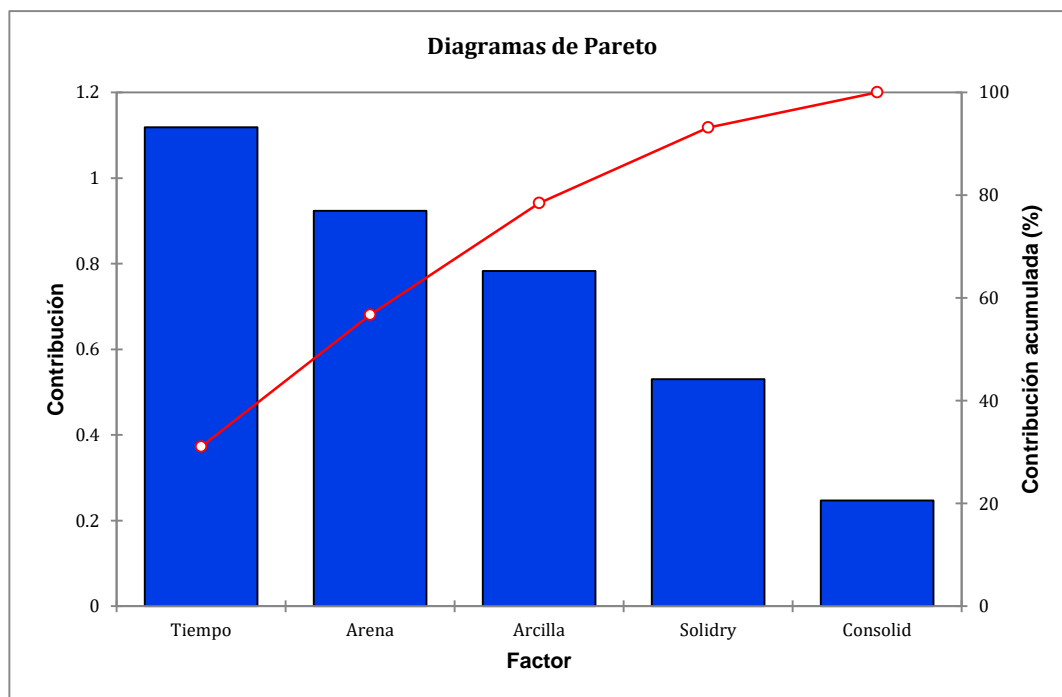
Análisis de varianza:

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	11	6.726	0.611	0.433	0.926
Error	24	33.909	1.413		
Total corregido	35	40.635			

Calculado contra el modelo $Y=0$

Contribución de las variables:

	Tiempo	Arena	Arcilla	Solidry	Consolid
Contribución	1.118	0.924	0.783	0.530	0.247
Contribución (%)	31.050	25.645	21.741	14.713	6.852
% acumulado	31.050	56.695	78.435	93.148	100.000



Regresión de la variable Succión:

Estadísticos de bondad del ajuste:

Observaciones	36.000
Suma de los pe	36.000
GL	24.000
R ²	0.166
R ² ajustado	-0.217
MEC	1.413
RMSE	1.189
MAPE	12.454
DW	2.463
Cp	12.000
AIC	21.846
SBC	40.848
PC	1.669
Press RMSE	76.295
Press	139703.164
Q ²	-3437.030

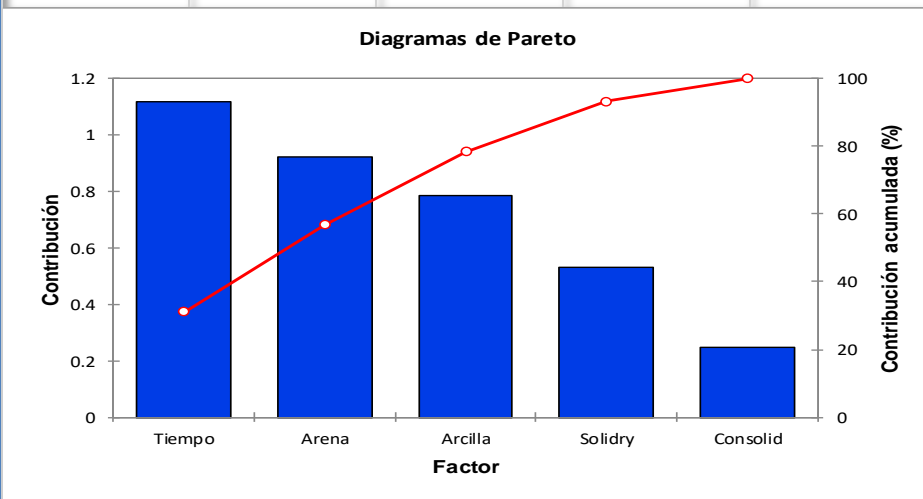
Análisis de varianza:

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Medio cuadrado	F	Pr > F
Modelo	11	6.726	0.611	0.433	0.926
Error	24	33.909	1.413		
Total corregido	35	40.635			

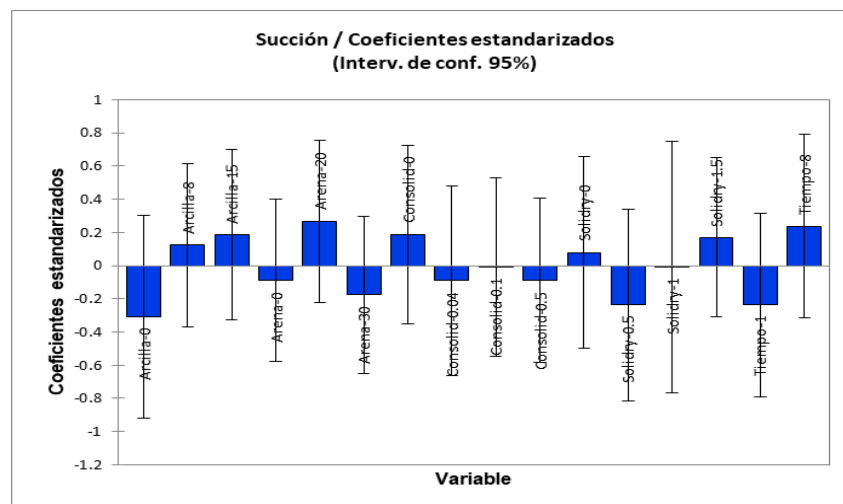
Calculado contra el modelo Y=0

Contribución de las variables:

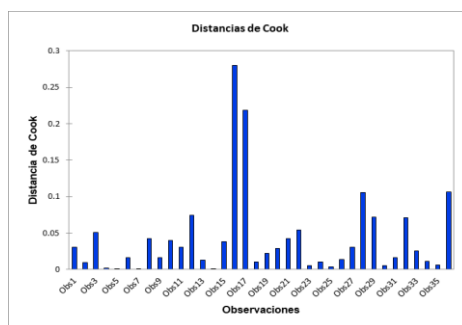
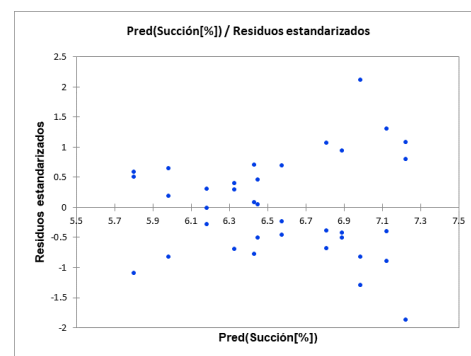
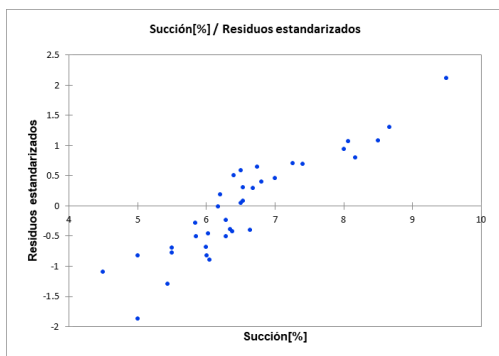
	Tiempo	Arena	Arcilla	Solidry	Consolid
Contribución	1.118	0.924	0.783	0.530	0.247
Contribución (%)	31.050	25.645	21.741	14.713	6.852
% acumulado	31.050	56.695	78.435	93.148	100.000



Parámetros del modelo:							
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	límite inferior (95%)	límite superior (95%)	
Intercepción	6.585	0.208	31.634	< 0.0001	6.156	7.015	
Arcilla-0	-0.403	0.385	-1.046	0.306	-1.197	0.391	
Arcilla-8	0.160	0.309	0.517	0.610	-0.479	0.798	
Arcilla-15	0.243	0.324	0.750	0.460	-0.425	0.910	
Arena-0	-0.119	0.308	-0.385	0.704	-0.754	0.517	
Arena-20	0.345	0.309	1.116	0.275	-0.293	0.984	
Arena-30	-0.227	0.299	-0.760	0.455	-0.843	0.389	
Consolid-0	0.280	0.391	0.716	0.481	-0.528	1.088	
Consolid-0.04	-0.137	0.417	-0.330	0.745	-0.998	0.723	
Consolid-0.1	-0.010	0.391	-0.026	0.979	-0.818	0.797	
Consolid-0.5	-0.132	0.362	-0.366	0.718	-0.880	0.615	
Solidry-0	0.109	0.391	0.278	0.783	-0.699	0.917	
Solidry-0.5	-0.330	0.391	-0.843	0.408	-1.138	0.478	
Solidry-1	-0.017	0.568	-0.031	0.976	-1.189	1.155	
Solidry-1.5	0.238	0.346	0.688	0.498	-0.477	0.953	
Tiempo-1	-0.256	0.288	-0.890	0.382	-0.850	0.338	
Tiempo-8	0.256	0.288	0.890	0.382	-0.338	0.850	
Ecuación del modelo:							
Coeficientes estandarizados:							
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	límite inferior (95%)	límite superior (95%)	
Arcilla-0	-0.309	0.296	-1.046	0.306	-0.920	0.301	
Arcilla-8	0.123	0.238	0.517	0.610	-0.368	0.613	
Arcilla-15	0.187	0.249	0.750	0.460	-0.327	0.700	
Arena-0	-0.091	0.237	-0.385	0.704	-0.580	0.397	
Arena-20	0.265	0.238	1.116	0.275	-0.225	0.756	
Arena-30	-0.174	0.229	-0.760	0.455	-0.648	0.299	
Consolid-0	0.186	0.260	0.716	0.481	-0.351	0.724	
Consolid-0.04	-0.091	0.278	-0.330	0.745	-0.664	0.482	
Consolid-0.1	-0.007	0.260	-0.026	0.979	-0.544	0.531	
Consolid-0.5	-0.088	0.241	-0.366	0.718	-0.585	0.409	
Solidry-0	0.078	0.280	0.278	0.783	-0.499	0.655	
Solidry-0.5	-0.236	0.280	-0.843	0.408	-0.813	0.341	
Solidry-1	-0.011	0.367	-0.031	0.976	-0.769	0.747	
Solidry-1.5	0.169	0.232	0.729	0.473	-0.310	0.648	
Tiempo-1	-0.238	0.267	-0.890	0.382	-0.789	0.314	
Tiempo-8	0.238	0.267	0.890	0.382	-0.314	0.789	



Predicciones y residuos:													
Observación	Peso	Succión	Pred(Succión)	Residuo	Residuo estd.	l. sobre la pred.	inferior 95%	superior 95%	bre la pred.	erior 95%	Obrior 95%	le red. ajustada	D de Cook
Obs1	1	7.400	6.573	0.827	0.695	0.686	5.157	7.990	1.373	3.741	9.406	6.160	0.030
Obs2	1	6.350	6.807	-0.457	-0.384	0.686	5.390	8.223	1.373	3.974	9.639	7.035	0.009
Obs3	1	6.050	7.120	-1.070	-0.900	0.686	5.704	8.536	1.373	4.287	9.953	7.655	0.051
Obs4	1	6.200	5.980	0.220	0.185	0.686	4.564	7.396	1.373	3.147	8.813	5.870	0.002
Obs5	1	6.530	6.430	0.100	0.084	0.686	5.014	7.846	1.373	3.597	9.263	6.380	0.000
Obs6	1	6.290	6.890	-0.600	-0.505	0.686	5.474	8.306	1.373	4.057	9.723	7.190	0.016
Obs7	1	6.170	6.183	-0.013	-0.011	0.686	4.767	7.600	1.373	3.351	9.016	6.190	0.000
Obs8	1	6.010	6.983	-0.973	-0.819	0.686	5.567	8.400	1.373	4.151	9.816	7.470	0.042
Obs9	1	5.850	6.450	-0.600	-0.505	0.686	5.034	7.866	1.373	3.617	9.283	6.750	0.016
Obs10	1	8.170	7.223	0.947	0.796	0.686	5.807	8.640	1.373	4.391	10.056	6.750	0.040
Obs11	1	5.500	6.327	-0.827	-0.695	0.686	4.910	7.743	1.373	3.494	9.159	6.740	0.030
Obs12	1	4.500	5.800	-1.300	-1.094	0.686	4.384	7.216	1.373	2.967	8.633	6.450	0.075
Obs13	1	6.030	6.573	-0.543	-0.457	0.686	5.157	7.990	1.373	3.741	9.406	6.845	0.013
Obs14	1	6.500	6.450	0.050	0.042	0.686	5.034	7.866	1.373	3.617	9.283	6.425	0.000
Obs15	1	5.500	6.430	-0.930	-0.782	0.686	5.014	7.846	1.373	3.597	9.263	6.895	0.038
Obs16	1	9.500	6.983	2.517	2.117	0.686	5.567	8.400	1.373	4.151	9.816	5.725	0.280
Obs17	1	5.000	7.223	-2.223	-1.870	0.686	5.807	8.640	1.373	4.391	10.056	8.335	0.219
Obs18	1	6.800	6.327	0.473	0.398	0.686	4.910	7.743	1.373	3.494	9.159	6.090	0.010
Obs19	1	6.500	5.800	0.700	0.589	0.686	4.384	7.216	1.373	2.967	8.633	5.450	0.022
Obs20	1	6.000	6.807	-0.807	-0.679	0.686	5.390	8.223	1.373	3.974	9.639	7.210	0.029
Obs21	1	5.000	5.980	-0.980	-0.824	0.686	4.564	7.396	1.373	3.147	8.813	6.470	0.042
Obs22	1	8.000	6.890	1.110	0.934	0.686	5.474	8.306	1.373	4.057	9.723	6.335	0.055
Obs23	1	5.840	6.183	-0.343	-0.289	0.686	4.767	7.600	1.373	3.351	9.016	6.355	0.005
Obs24	1	6.640	7.120	-0.480	-0.404	0.686	5.704	8.536	1.373	4.287	9.953	7.360	0.010
Obs25	1	6.290	6.573	-0.283	-0.238	0.686	5.157	7.990	1.373	3.741	9.406	6.715	0.004
Obs26	1	7.000	6.450	0.550	0.463	0.686	5.034	7.866	1.373	3.617	9.283	6.175	0.013
Obs27	1	7.260	6.430	0.830	0.698	0.686	5.014	7.846	1.373	3.597	9.263	6.015	0.030
Obs28	1	5.440	6.983	-1.543	-1.298	0.686	5.567	8.400	1.373	4.151	9.816	7.755	0.105
Obs29	1	8.500	7.223	1.277	1.074	0.686	5.807	8.640	1.373	4.391	10.056	6.585	0.072
Obs30	1	6.680	6.327	0.353	0.297	0.686	4.910	7.743	1.373	3.494	9.159	6.150	0.006
Obs31	1	6.400	5.800	0.600	0.505	0.686	4.384	7.216	1.373	2.967	8.633	5.500	0.016
Obs32	1	8.070	6.807	1.263	1.063	0.686	5.390	8.223	1.373	3.974	9.639	6.175	0.071
Obs33	1	6.740	5.980	0.760	0.639	0.686	4.564	7.396	1.373	3.147	8.813	5.600	0.026
Obs34	1	6.380	6.890	-0.510	-0.429	0.686	5.474	8.306	1.373	4.057	9.723	7.145	0.012
Obs35	1	6.540	6.183	0.357	0.300	0.686	4.767	7.600	1.373	3.351	9.016	6.005	0.006
Obs36	1	8.670	7.120	1.550	1.304	0.686	5.704	8.536	1.373	4.287	9.953	6.345	0.106



ENSAYO DE PROCTOR

DATOS DEL PROYECTO:

Nombre del proyecto:
 Ubicación:
 Fecha del trabajo de campo:
 Fecha del trabajo en laboratorio:
 Ensayo: Proctor Modificado
 Norma de referencia: MITC E 116-2000

Altura de Molde (cm):	11.818
Diámetro de Molde (cm):	15.219
Volumen del molde (cc):	2147.02

DATOS DE LA DENSIDAD

Ensayo	No	1	2	3	4	5	6	7
Peso del Molde y Muestra	g	10326	10274	10722	10994	11236	11208	11002
Peso del Molde	g	6386	6262	6288	6356	6432	6430	6270
Peso de la Muestra Comprimada	g	3930	4012	4434	4638	4804	4778	4732
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.831448	1.8686	2.0652	2.16021	2.2375	2.225	2.204
Densidad Seca	g/cm ³	1.776827	1.7689	1.9023	1.94861	1.989	1.964	1.933

DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Cápsula	No	38	3	31	4	22	7	30	18	24	20	23	15	9	14	34	31	9	34	14	20	18
Peso de la cápsula	g	20.8	20.4	20.6	20.4	20.9	21.1	20.6	21.2	21.5	21.4	20.5	20.7	20.2	20.1	20.6	20.6	20.5	20.6	20.2	21.5	21.3
Peso de la Cáps. + Suelo Húmedo	g	227	229.5	225.5	208.5	211	208.5	187.7	191.3	194.3	178.7	175.6	181.8	239.5	227.2	201.2	218.5	196.5	178	287	211.5	206.5
Peso de la Cáps. + Suelo Seco	g	221	223.5	219	198	201	198.8	174	178.2	180.9	163.8	160.9	165	212.5	206	181.8	183.7	177.7	159.1	251	188.3	185.9
Peso del Agua	g	6.0	6.0	6.5	10.5	10.0	9.7	13.7	13.1	13.4	14.9	14.7	16.8	27.0	21.2	19.4	24.8	18.8	18.9	36.0	23.2	20.6
Peso del Suelo Seco	g	200.2	203.1	198.4	177.6	180.1	177.7	153.4	157.0	159.4	142.4	140.4	144.3	192.3	185.9	161.2	173.1	157.2	138.5	230.8	166.8	164.6
Contenido de Humedad	%	3.0%	3.0%	3.3%	5.9%	5.6%	5.5%	8.9%	8.3%	8.4%	10.5%	10.5%	11.6%	14.0%	11.4%	12.0%	14.3%	12.0%	13.6%	15.6%	13.9%	12.5%
Contenido de Humedad Promedio	%		3.1%		5.6%	5.6%	5.6%	8.6%	8.6%	8.6%	10.9%	10.9%	12.5%	12.5%	12.5%	13.3%	13.3%	13.3%	13.3%	14.0%	14.0%	14.0%

TABLA RESUMEN

N° del ensayo Proctor Modificado	w	g
1	3.1%	1.77583
2	5.6%	1.76886
3	8.6%	1.90234
4	10.9%	1.94861
5	12.5%	1.98903
6	13.3%	1.96399
7	14.0%	1.9332

DMS	1.97
COH	12.10%
R2	0.9700
RMSE	

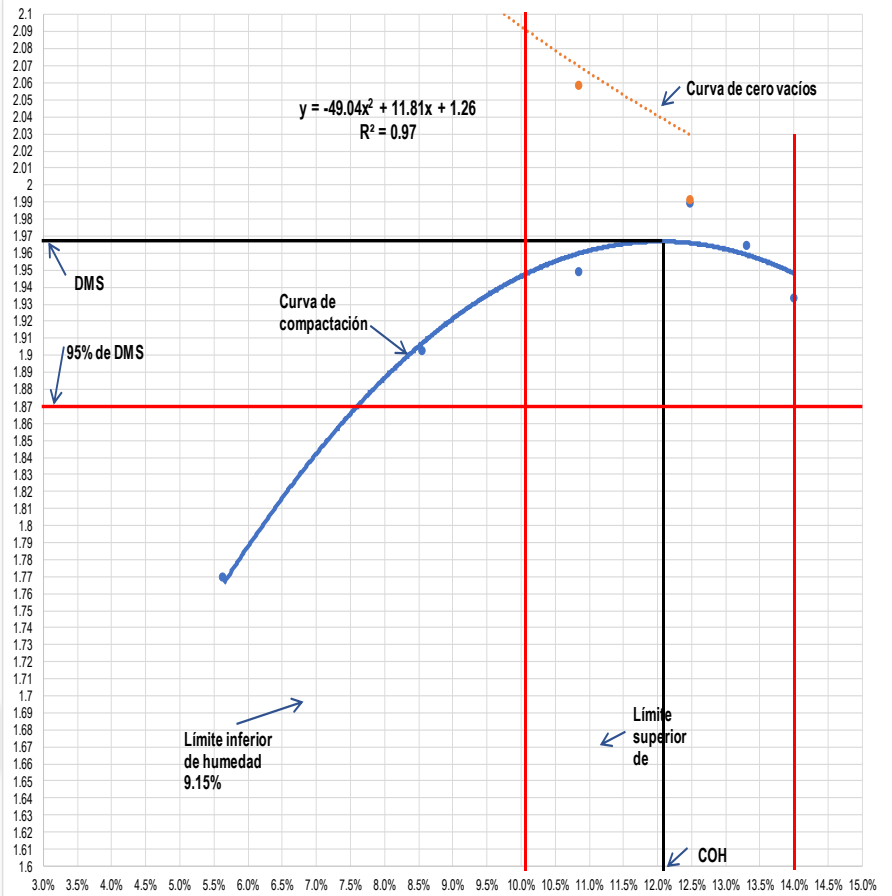
BANDAS DE CONFIANZA

Limite superior de la DMS	1.970
Limite inferior de la DMS	1.970
Porcentaje de la DMS en exp. tec.	95%
Mínimo minimorum de la DMS	1.87
Tolerancia humedad	2%
Limite superior de la Humedad	14.10%
Limite inferior de la Humedad	10.10%

Curva de cero vacíos

Gs	w
2.65	2.0%
	3.1%
	5.6%
	8.6%
	10.9%
	12.5%

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{w + \frac{1}{G_s}}$$



+ DATOS DEL PROYECTO:

Nombre del proyecto:
 Ubicación:
 Fecha del trabajo en laboratorio:

NÚMERO DE MUESTRA: **1**
 Ensayo: CBR - PDC
 Norma de referencia: ASTM D6951

Altura de Molde (cm): **11.818**
 Diámetro de Molde (cm): **15.209**
 Volumen del molde (cc) : **2147.02**

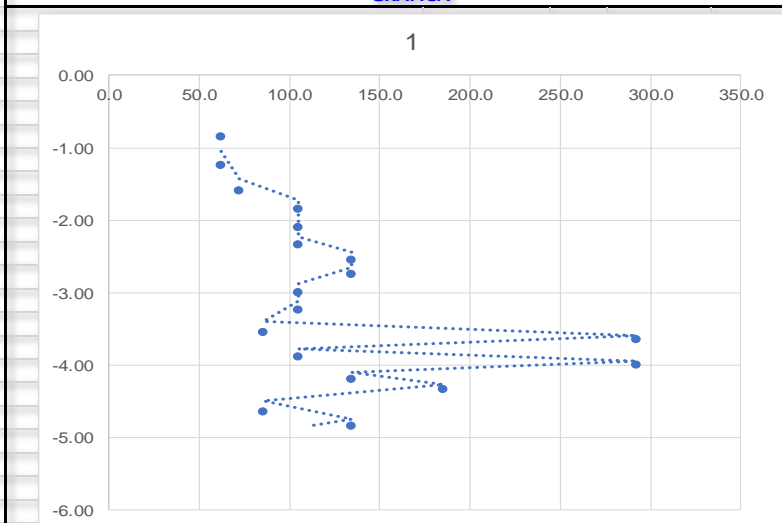
+ DATOS DE LA DENSIDAD

Peso del molde y muestra compacta enrasada g **11154**
 Peso del molde vacío g **6334**
 Peso muestra ejetada húmeda g **4552**
 Peso muestra ejetada seca (110° 24h) g **4246**
 Peso de la Muestra Compacta g **4820**
 Densidad Húmeda g/cm3 **2.24**
 Contenido de humedad % **7.2%**
 Densidad Seca g/cm3 **2.09**
 Grado de compactación %
 Esfuerzo cortante remojado (Torvane) kg/cm2
 Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)
 Altura de ascensión capilar luego de una hora **5.50**

+ DATOS DE CBR

Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
Oed	0.45	-0.45	0.00	0.00
1	0.85	-0.85	4.00	61.8
2	1.25	-1.25	4.00	61.8
3	1.60	-1.60	3.50	71.8
4	1.85	-1.85	2.50	104.6
6	2.10	-2.10	2.50	104.6
7	2.35	-2.35	2.50	104.6
9	2.55	-2.55	2.00	134.3
10	2.75	-2.75	2.00	134.3
11	3.00	-3.00	2.50	104.6
12	3.25	-3.25	2.50	104.6
13	3.55	-3.55	3.00	85.3
14	3.65	-3.65	1.00	292.0
16	3.90	-3.90	2.50	104.6
17	4.00	-4.00	1.00	292.0
18	4.20	-4.20	2.00	134.3
19	4.35	-4.35	1.50	185.4
22	4.65	-4.65	3.00	85.3
26	4.85	-4.85	2.00	134.3
PROMEDIO				109.6

GRAFICA



DATOS DEL PROYECTO:

Nombre del proyecto:	
Ubicación:	
Fecha del trabajo en laboratorio:	
NÚMERO DE MUESTRA	2
Ensayo:	CBR - PDC
Norma de referencia:	ASTM D6951
Altura de Molde (cm):	11.818
Diametro de Molde (cm):	15.209
Volumen del molde (cc) :	2147.02

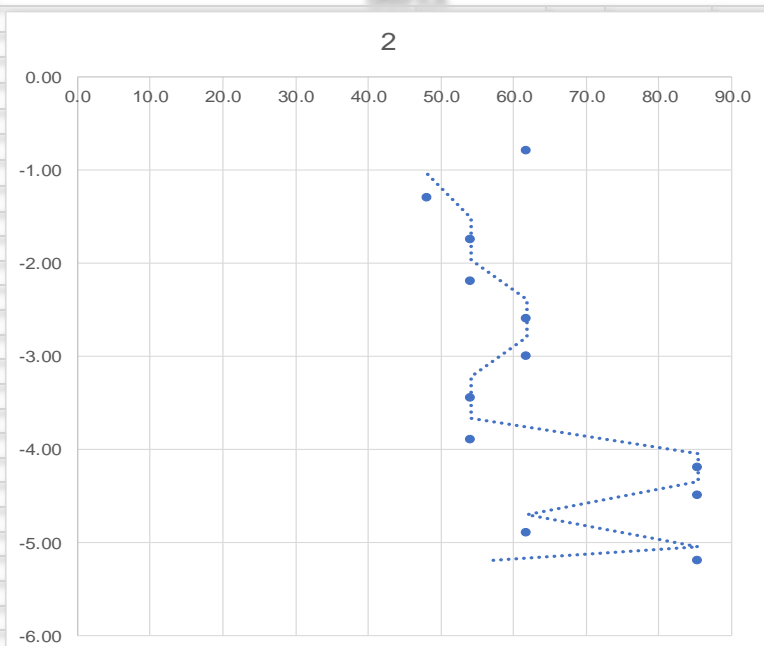
+ DATOS DE LA DENSIDAD

Peso del molde y muestra compacta enrasada	g	11022
Peso del molde vacío	g	6394
Peso muestra ejectada húmeda	g	4230
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g	3926
Peso de la Muestra Compacta	g	4628
Densidad Húmeda	g/cm3	2.16
Contenido de humedad	%	7.7%
Densidad Seca	g/cm3	2.00
Grado de compactación	%	
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2	
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)		
Altura de ascensión capilar luego de una hora		4.50

+ DATOS DE CBR

	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.40	-0.40	0.00	0.00
	1	0.80	-0.80	4.00	61.8
	2	1.30	-1.30	5.00	48.1
	3	1.75	-1.75	4.50	54.2
	4	2.20	-2.20	4.50	54.2
	5	2.60	-2.60	4.00	61.8
	6	3.00	-3.00	4.00	61.8
	7	3.45	-3.45	4.50	54.2
	8	3.90	-3.90	4.50	54.2
	9	4.20	-4.20	3.00	85.3
	10	4.50	-4.50	3.00	85.3
	11	4.90	-4.90	4.00	61.8
	12	5.20	-5.20	3.00	85.3
PROMEDIO					56.3

GRAFICA

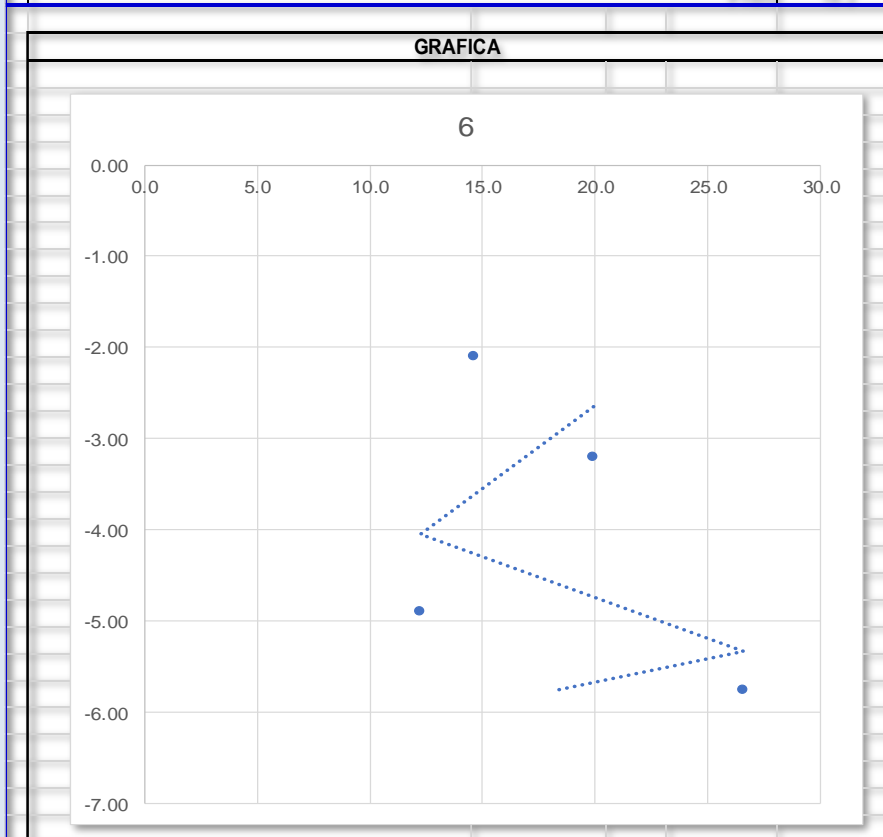


+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		3			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diametro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11108	
Peso del molde vacío	g			6288	
Peso muestra eyectada húmeda	g			4636	
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g			4206	
Peso de la Muestra Compacta	g			4820	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.24	
Contenido de humedad	%			10.2%	
Densidad Seca	g/cm3			2.04	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora				6.03	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.65	-1.65	0.00	0.00
	1	3.65	-3.65	20.00	10.2
	2	5.50	-5.50	18.50	11.1
	3	7.25	-7.25	17.50	11.8
	PROMEDIO				11.0
GRAFICA					
3					

+ DATOS DEL PROYECTO:																	
Nombre del proyecto:																	
Ubicación:																	
Fecha del trabajo en laboratorio:																	
NÚMERO DE MUESTRA		4															
Ensayo:		CBR - PDC															
Norma de referencia:		ASTM D6951															
Altura de Molde (cm):		11.818															
Diametro de Molde (cm):		15.209															
Volumen del molde (cc) :		2147.02															
+ DATOS DE LA DENSIDAD																	
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			10892													
Peso del molde vacío	g			6222													
Peso muestra ejectada húmeda	g			4596													
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g			4218													
Peso de la Muestra Compacta	g			4670													
Densidad Húmeda	g/cm3			2.18													
Contenido de humedad	%			9.0%													
Densidad Seca	g/cm3			2.00													
Grado de compactación	%																
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2																
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)																	
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.50													
+ DATOS DE CBR																	
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)	Prom											
	Oed	0.50	-0.50	0.00	0.00												
	1	1.45	-1.45	9.50	23.5												
	2	2.30	-2.30	8.50	26.6												
	3	3.25	-3.25	9.50	23.5												
	4	4.10	-4.10	8.50	26.6												
	5	5.05	-5.05	9.50	23.5												
	PROMEDIO				24.7												
GRAFICA																	
4																	
<table border="1"> <caption>Data points for the CBR vs Blow (Oed) graph</caption> <thead> <tr> <th>Blow (Oed)</th> <th>CBR A4 (1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.5</td> <td>-1.45</td> </tr> <tr> <td>24.1</td> <td>-3.25</td> </tr> <tr> <td>24.7</td> <td>-4.10</td> </tr> <tr> <td>25.3</td> <td>-3.25</td> </tr> <tr> <td>26.6</td> <td>-2.30</td> </tr> </tbody> </table>						Blow (Oed)	CBR A4 (1)	23.5	-1.45	24.1	-3.25	24.7	-4.10	25.3	-3.25	26.6	-2.30
Blow (Oed)	CBR A4 (1)																
23.5	-1.45																
24.1	-3.25																
24.7	-4.10																
25.3	-3.25																
26.6	-2.30																

+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	5				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11228
Peso del molde vacío	g				6428
Peso muestra eyectada húmeda	g				4434
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				4036
Peso de la Muestra Compacta	g				4800
Densidad Húmeda	g/cm3				2.24
Contenido de humedad	%				9.9%
Densidad Seca	g/cm3				2.03
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					5.50
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.49	-0.49	0.00	0.00
	1	0.95	-0.95	4.60	52.9
	2	1.50	-1.50	5.50	43.3
	3	2.00	-2.00	5.00	48.1
	4	2.45	-2.45	4.50	54.2
	5	2.95	-2.95	5.00	48.1
	6	3.45	-3.45	5.00	48.1
	8	3.95	-3.95	5.00	48.1
	9	4.20	-4.20	2.50	104.6
	11	4.50	-4.50	3.00	85.3
	12	4.75	-4.75	2.50	104.6
	13	5.10	-5.10	3.50	71.8
	PROMEDIO				64.5
GRAFICA					
5					

+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		6			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diámetro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			10882	
Peso del molde vacío	g			5956	
Peso muestra eyectada húmeda	g			4882	
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g			4452	
Peso de la Muestra Compacta	g			4926	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.29	
Contenido de humedad	%			9.7%	
Densidad Seca	g/cm3			2.09	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora				9.50	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.65	-0.65	0.00	0.00
	1	2.10	-2.10	14.50	14.6
	2	3.20	-3.20	11.00	19.9
	3	4.90	-4.90	17.00	12.2
	4	5.75	-5.75	8.50	26.6
				Prom	18.3

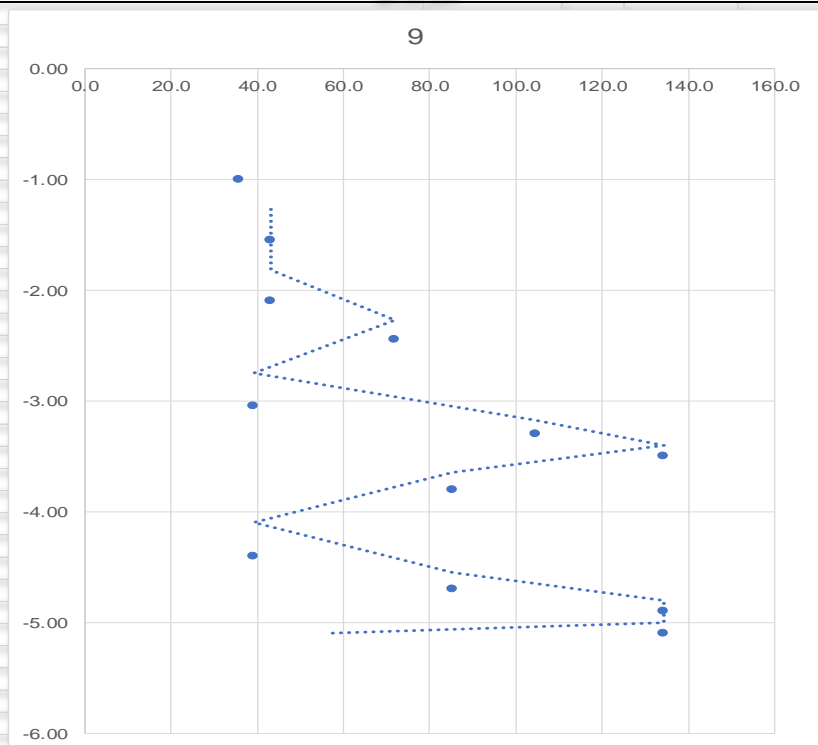


+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					7
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10586
Peso del molde vacío	g				6248
Peso muestra eyectada húmeda	g				3724
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3444
Peso de la Muestra Compacta	g				4338
Densidad Húmeda	g/cm3				2.02
Contenido de humedad	%				8.1%
Densidad Seca	g/cm3				1.87
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					5.00
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.55	-0.55	0.00	0.00
	1	1.50	-1.50	9.50	23.5
	2	2.05	-2.05	5.50	43.3
	3	2.60	-2.60	5.50	43.3
	4	3.10	-3.10	5.00	48.1
	5	3.50	-3.50	4.00	61.8
	6	4.00	-4.00	5.00	48.1
	7	4.55	-4.55	5.50	43.3
	8	4.90	-4.90	3.50	71.8
	9	5.25	-5.25	3.50	71.8
				Prom	50.5
GRAFICA					
7					

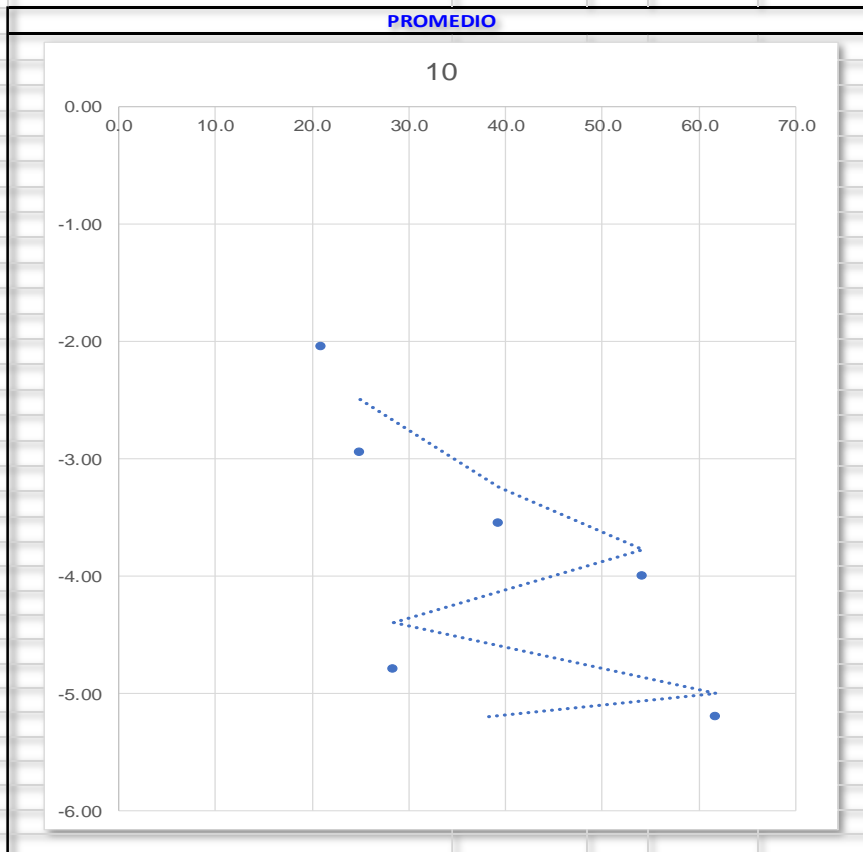
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	8				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10944
Peso del molde vacío	g				6288
Peso muestra ejetada húmeda	g				4348
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g				4010
Peso de la Muestra Compacta	g				4656
Densidad Húmeda	g/cm3				2.17
Contenido de humedad	%				8.4%
Densidad Seca	g/cm3				2.00
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6.80
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.55	-1.55	0.00	0.00
	1	2.75	-2.75	12.00	18.1
	2	3.65	-3.65	9.00	24.9
	3	4.60	-4.60	9.50	23.5
	4	5.25	-5.25	6.50	35.9
				Prom	25.6
GRAFICA					
8					

+ DATOS DEL PROYECTO:				
Nombre del proyecto:				
Ubicación:				
Fecha del trabajo en laboratorio:				
NÚMERO DE MUESTRA		9		
Ensayo:		CBR - PDC		
Norma de referencia:		ASTM D6951		
Altura de Molde (cm):		11.818		
Diámetro de Molde (cm):		15.209		
Volumen del molde (cc) :		2147.02		
+ DATOS DE LA DENSIDAD				
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11036
Peso del molde vacío	g			6284
Peso muestra ejectada húmeda	g			4458
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g			4024
Peso de la Muestra Compacta	g			4752
Densidad Húmeda	g/cm3			2.21
Contenido de humedad	%			10.8%
Densidad Seca	g/cm3			2.00
Grado de compactación	%			
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2			
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)				
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.50
+ DATOS DE CBR				
Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
Oed	0.35	-0.35	0.00	0.00
1	1.00	-1.00	6.50	35.9
2	1.55	-1.55	5.50	43.3
3	2.10	-2.10	5.50	43.3
4	2.45	-2.45	3.50	71.8
5	3.05	-3.05	6.00	39.3
6	3.30	-3.30	2.50	104.6
7	3.50	-3.50	2.00	134.3
8	3.80	-3.80	3.00	85.3
9	4.40	-4.40	6.00	39.3
10	4.70	-4.70	3.00	85.3
11	4.90	-4.90	2.00	134.3
12	5.10	-5.10	2.00	134.3
Prom				56.3

GRAFICA



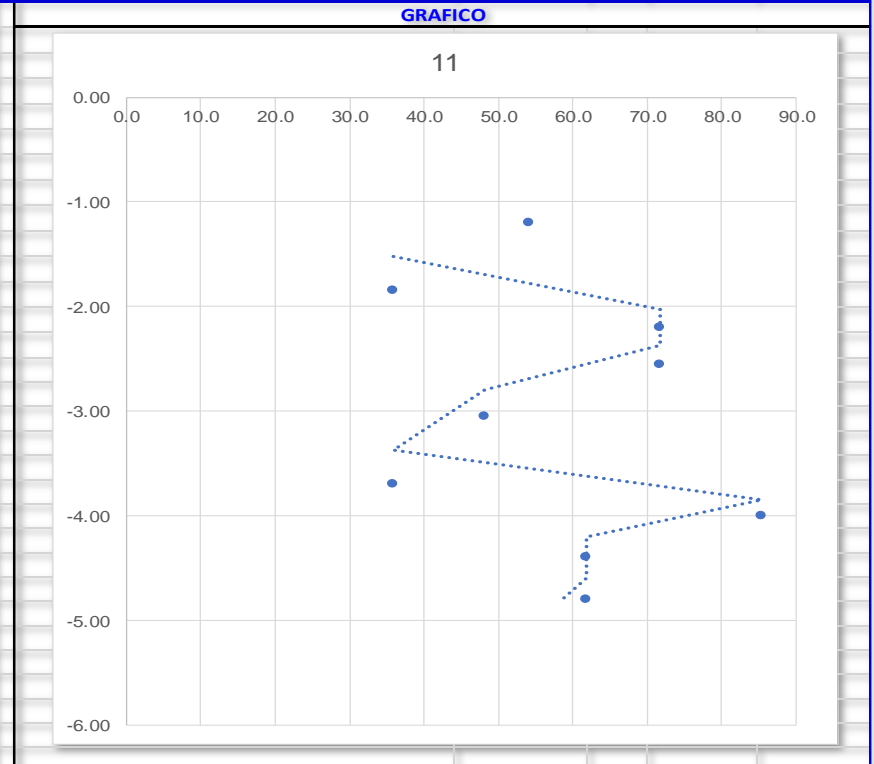
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		10			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diámetro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11190	
Peso del molde vacío	g			6394	
Peso muestra eyectada húmeda	g			4688	
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g			4282	
Peso de la Muestra Compacta	g			4796	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.23	
Contenido de humedad	%			9.5%	
Densidad Seca	g/cm3			2.04	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora				6.00	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.00	-1.00	0.00	0.00
	1	2.05	-2.05	10.50	21.0
	2	2.95	-2.95	9.00	24.9
	4	3.55	-3.55	6.00	39.3
	5	4.00	-4.00	4.50	54.2
	6	4.80	-4.80	8.00	28.4
	7	5.20	-5.20	4.00	61.8
	Prom				38.3



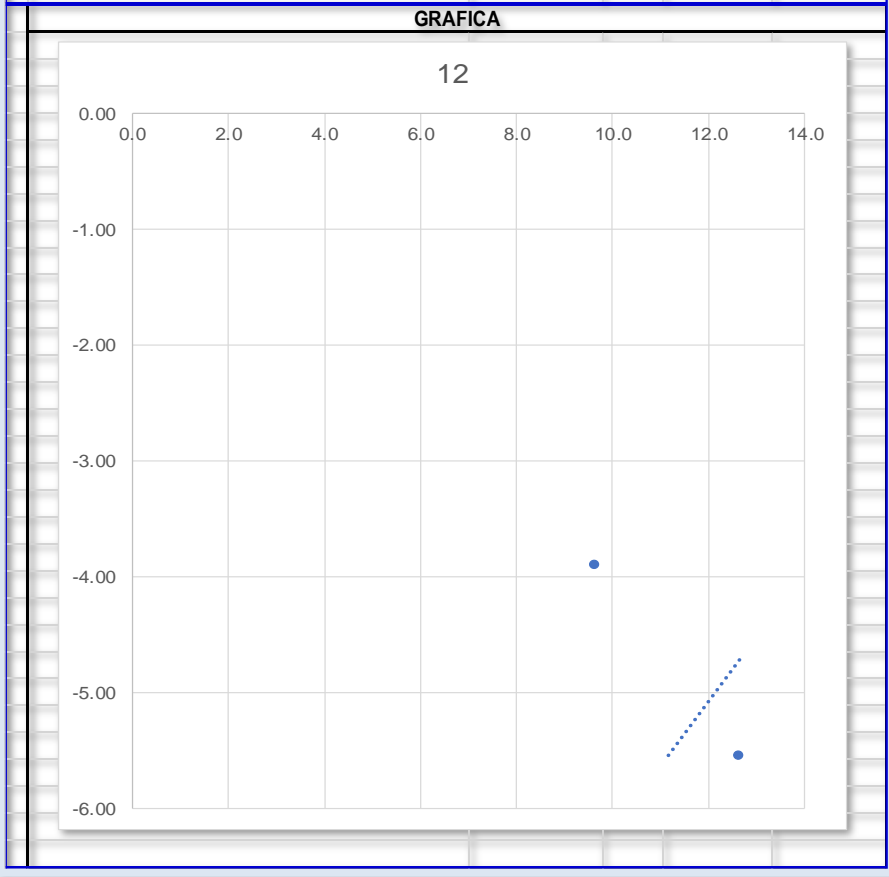
+ DATOS DEL PROYECTO:	
Nombre del proyecto:	
Ubicación:	
Fecha del trabajo en laboratorio:	
NÚMERO DE MUESTRA	11
Ensayo:	CBR - PDC
Norma de referencia:	ASTM D6951
Altura de Molde (cm):	11.818
Diametro de Molde (cm):	15.209
Volumen del molde (cc) :	2147.02

+ DATOS DE LA DENSIDAD		
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g	11212
Peso del molde vacío	g	6444
Peso muestra eyectada húmeda	g	4458
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g	4146
Peso de la Muestra Compacta	g	4768
Densidad Húmeda	g/cm3	2.22
Contenido de humedad	%	7.5%
Densidad Seca	g/cm3	2.07
Grado de compactación	%	
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2	
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)		
Altura de ascensión capilar luego de una hora		5.00

+ DATOS DE CBR				
Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
Oed	0.75	-0.75	0.00	0.00
1	1.20	-1.20	4.50	54.2
2	1.85	-1.85	6.50	35.9
3	2.20	-2.20	3.50	71.8
4	2.55	-2.55	3.50	71.8
5	3.05	-3.05	5.00	48.1
7	3.70	-3.70	6.50	35.9
8	4.00	-4.00	3.00	85.3
9	4.40	-4.40	4.00	61.8
10	4.80	-4.80	4.00	61.8
			Prom	58.5



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	12				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diámetro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11084	
Peso del molde vacío	g			6352	
Peso muestra ejetada húmeda	g			4718	
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g			4242	
Peso de la Muestra Compacta	g			4732	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.20	
Contenido de humedad	%			11.2%	
Densidad Seca	g/cm3			1.98	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora				8.00	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.80	-1.80	0.00	0.00
	1	3.90	-3.90	21.00	9.6
	2	5.55	-5.55	16.50	12.6
				Prom	11.1



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					13
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11158
Peso del molde vacío	g				6248
Peso muestra eyectada húmeda	g				4478
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				4088
Peso de la Muestra Compacta	g				4910
Densidad Húmeda	g/cm3				2.29
Contenido de humedad	%				9.5%
Densidad Seca	g/cm3				2.09
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora					5.84
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.50	-0.50	0.00	0.00
	2	1.05	-1.05	5.50	43.3
	3	1.55	-1.55	5.00	48.1
	4	2.05	-2.05	5.00	48.1
	5	2.40	-2.40	3.50	71.8
	6	2.70	-2.70	3.00	85.3
	7	3.00	-3.00	3.00	85.3
	8	3.20	-3.20	2.00	134.3
	9	3.50	-3.50	3.00	85.3
	10	3.75	-3.75	2.50	104.6
	11	3.95	-3.95	2.00	134.3
	12	4.20	-4.20	2.50	104.6
	13	4.50	-4.50	3.00	85.3
	14	4.70	-4.70	2.00	134.3
	15	4.90	-4.90	2.00	134.3
	16	5.10	-5.10	2.00	134.3
				Prom	111.1
GRAFICA					
13					

+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					14
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10734
Peso del molde vacío	g				5956
Peso muestra eyectada húmeda	g				4272
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3876
Peso de la Muestra Compacta	g				4778
Densidad Húmeda	g/cm3				2.23
Contenido de humedad	%				10.2%
Densidad Seca	g/cm3				2.02
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6.64
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.60	-0.60	0.00	0.00
	1	1.25	-1.25	6.50	35.9
	2	1.75	-1.75	5.00	48.1
	3	2.25	-2.25	5.00	48.1
	4	2.75	-2.75	5.00	48.1
	5	3.05	-3.05	3.00	85.3
	6	3.45	-3.45	4.00	61.8
	7	3.80	-3.80	3.50	71.8
	8	4.05	-4.05	2.50	104.6
	9	4.30	-4.30	2.50	104.6
	10	4.60	-4.60	3.00	85.3
	12	4.90	-4.90	3.00	85.3
	13	5.10	-5.10	2.00	134.3
				Prom	76.12

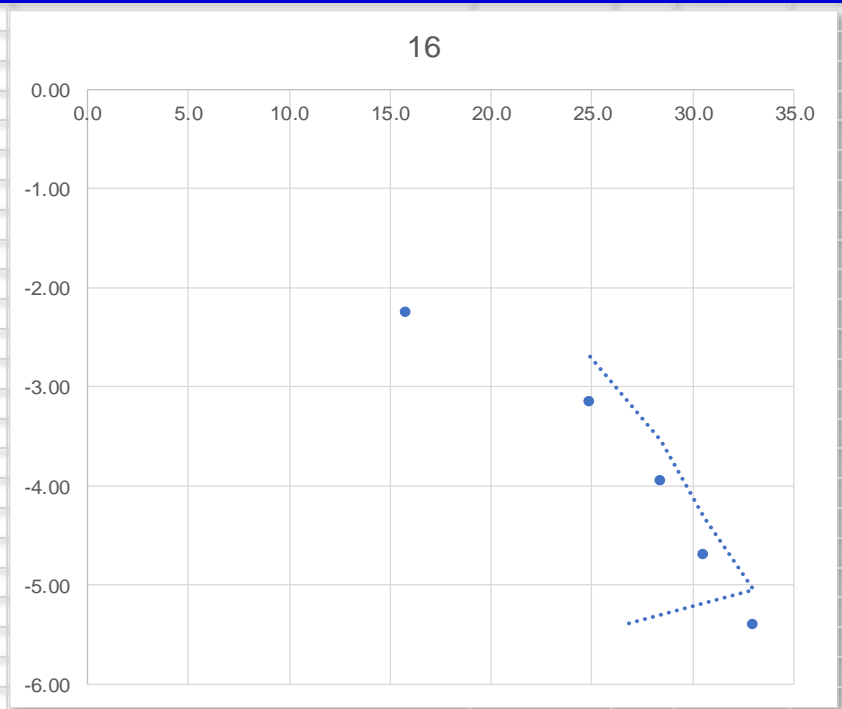
14

+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	15				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g		11256		
Peso del molde vacío	g		6444		
Peso muestra eyectada húmeda	g		4562		
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g		4142		
Peso de la Muestra Compacta	g		4812		
Densidad Húmeda	g/cm3		2.24		
Contenido de humedad	%		10.1%		
Densidad Seca	g/cm3		2.03		
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora			6.29		
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.45	-0.45	0.00	0.00
	1	1.75	-1.75	13.00	16.5
	2	2.75	-2.75	10.00	22.2
	3	3.90	-3.90	11.50	18.9
	4	4.80	-4.80	9.00	24.9
	5	5.80	-5.80	10.00	22.2
				Prom	20.9

15

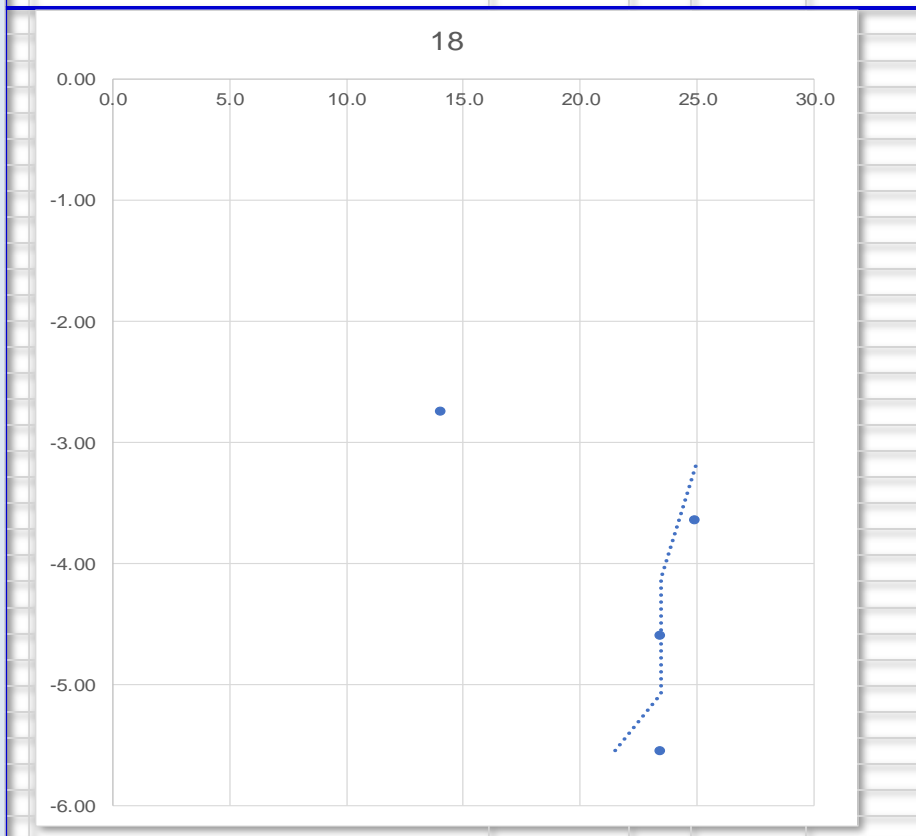
Blow	CBR A4 (1)
1	16.5
2	22.2
3	18.9
4	24.9
5	22.2

+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		16			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diametro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11070	
Peso del molde vacío	g			6428	
Peso muestra ejectada húmeda	g			4286	
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g			3828	
Peso de la Muestra Compacta	g			4642	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.16	
Contenido de humedad	%			12.0%	
Densidad Seca	g/cm3			1.93	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.29	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.90	-0.90	0.00	0.00
	1	2.25	-2.25	13.50	15.8
	2	3.15	-3.15	9.00	24.9
	3	3.95	-3.95	8.00	28.4
	4	4.70	-4.70	7.50	30.6
	5	5.40	-5.40	7.00	33.0
				Prom	26.6

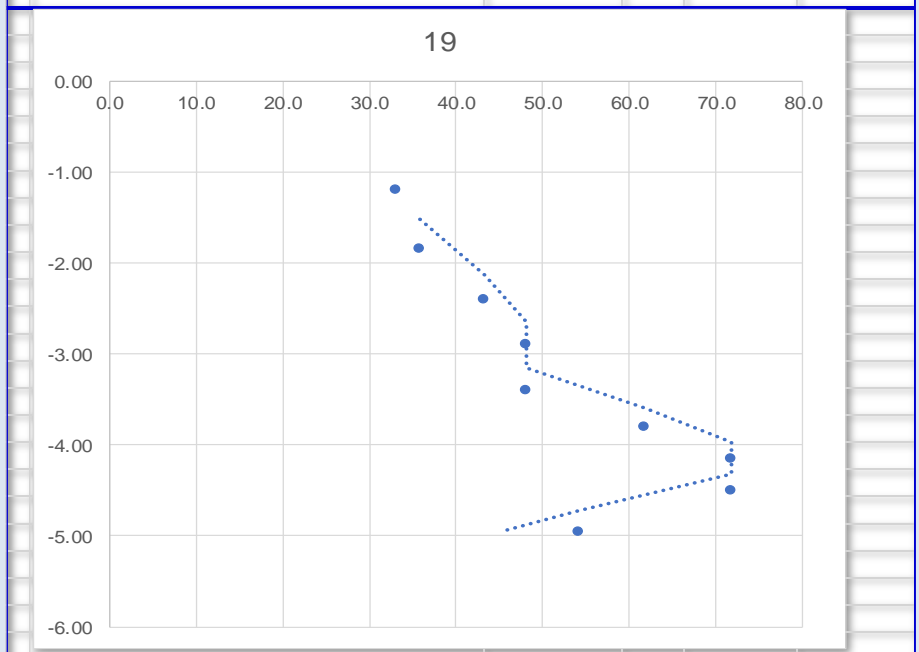


+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	17				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10924
Peso del molde vacío	g				6222
Peso muestra eyectada húmeda	g				4328
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3896
Peso de la Muestra Compacta	g				4702
Densidad Húmeda	g/cm3				2.19
Contenido de humedad	%				11.1%
Densidad Seca	g/cm3				1.97
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					7.00
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.50	-0.50	0.00	0.00
	1	1.35	-1.35	8.50	26.6
	2	2.00	-2.00	6.50	35.9
	3	2.75	-2.75	7.50	30.6
	4	3.30	-3.30	5.50	43.3
	5	3.80	-3.80	5.00	48.1
	6	4.45	-4.45	6.50	35.9
	7	4.90	-4.90	4.50	54.2
	8	5.40	-5.40	5.00	48.1
				Prom	40.3
17					

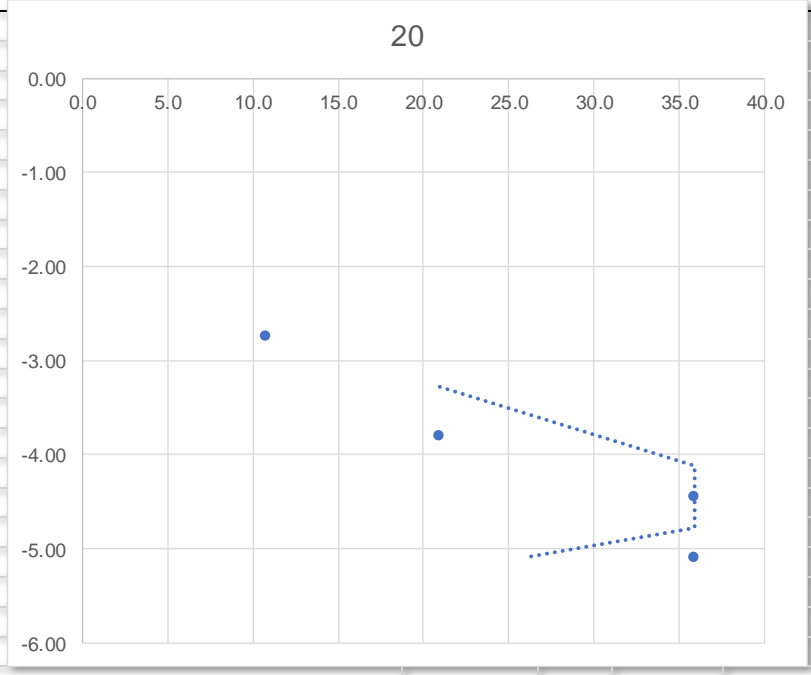
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	18				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11184
Peso del molde vacío	g				6334
Peso muestra ejetada húmeda	g				4764
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g				4336
Peso de la Muestra Compacta	g				4850
Densidad Húmeda	g/cm3				2.26
Contenido de humedad	%				9.9%
Densidad Seca	g/cm3				2.06
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora					8.17
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.25	-1.25	0.00	0.00
	1	2.75	-2.75	15.00	14.1
	2	3.65	-3.65	9.00	24.9
	3	4.60	-4.60	9.50	23.5
	4	5.55	-5.55	9.50	23.5
				Prom	21.5



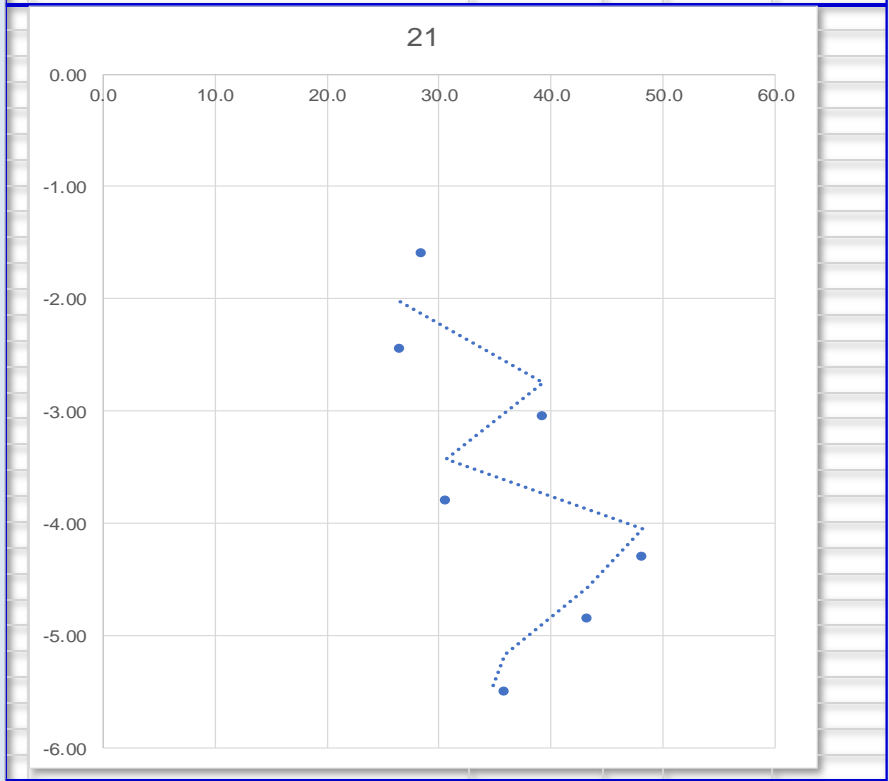
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					19
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc):					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10808
Peso del molde vacío	g				6246
Peso muestra eyectada húmeda	g				4028
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3684
Peso de la Muestra Compacta	g				4562
Densidad Húmeda	g/cm3				2.12
Contenido de humedad	%				9.3%
Densidad Seca	g/cm3				1.94
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					5.85
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.50	-0.50	0.00	0.00
	1	1.20	-1.20	7.00	33.0
	2	1.85	-1.85	6.50	35.9
	3	2.40	-2.40	5.50	43.3
	5	2.90	-2.90	5.00	48.1
	6	3.40	-3.40	5.00	48.1
	7	3.80	-3.80	4.00	61.8
	8	4.15	-4.15	3.50	71.8
	9	4.50	-4.50	3.50	71.8
	10	4.95	-4.95	4.50	54.2
				Prom	45.0



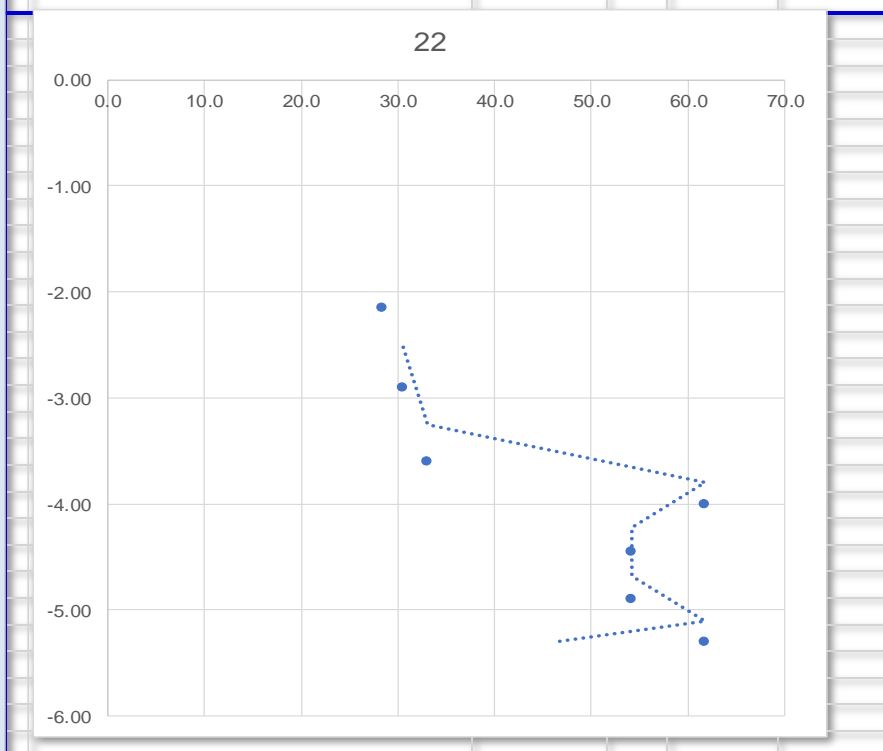
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		20			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diametro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			10498	
Peso del molde vacío	g			6224	
Peso muestra ejectada húmeda	g				
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g				
Peso de la Muestra Compacta	g			4274	
Densidad Húmeda	g/cm3			1.99	
Contenido de humedad	%			6.5%	
Densidad Seca	g/cm3			1.87	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)				0.00	
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.20	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.85	-0.85	0.00	0.00
	1	2.75	-2.75	19.00	10.8
	2	3.80	-3.80	10.50	21.0
	3	4.45	-4.45	6.50	35.9
	4	5.10	-5.10	6.50	35.9
				Prom	25.88



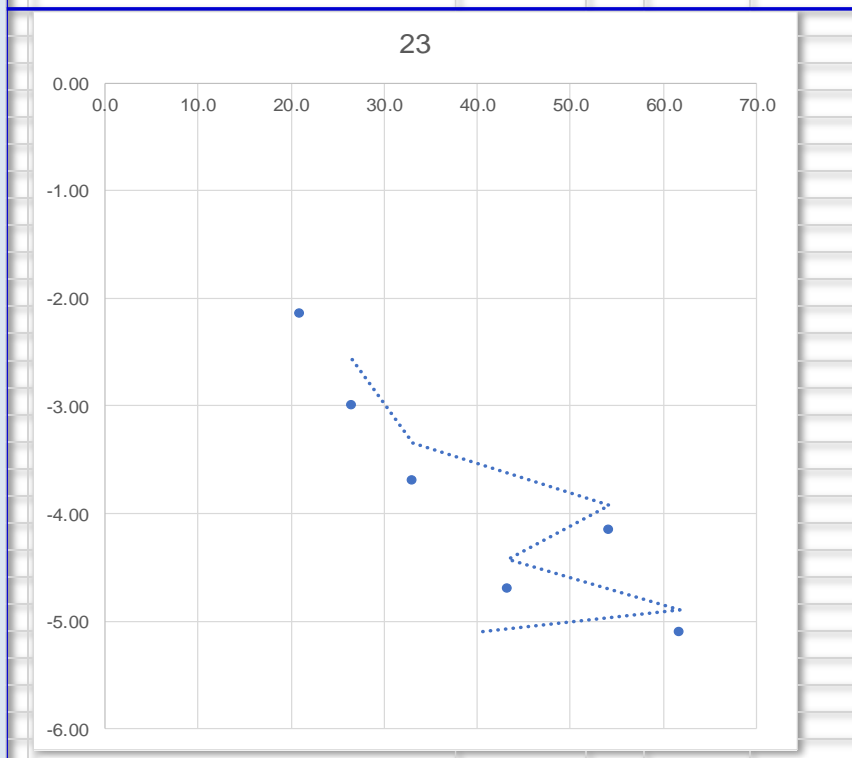
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	21				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g		11136		
Peso del molde vacío	g		6394		
Peso muestra ejectada húmeda	g		4418		
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g		4058		
Peso de la Muestra Compacta	g		4742		
Densidad Húmeda	g/cm3		2.21		
Contenido de humedad	%		8.9%		
Densidad Seca	g/cm3		2.03		
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora			6.17		
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.80	-0.80	0.00	0.00
	1	1.60	-1.60	8.00	28.4
	2	2.45	-2.45	8.50	26.6
	4	3.05	-3.05	6.00	39.3
	5	3.80	-3.80	7.50	30.6
	6	4.30	-4.30	5.00	48.1
	7	4.85	-4.85	5.50	43.3
	8	5.50	-5.50	6.50	35.9
				Prom	34.6



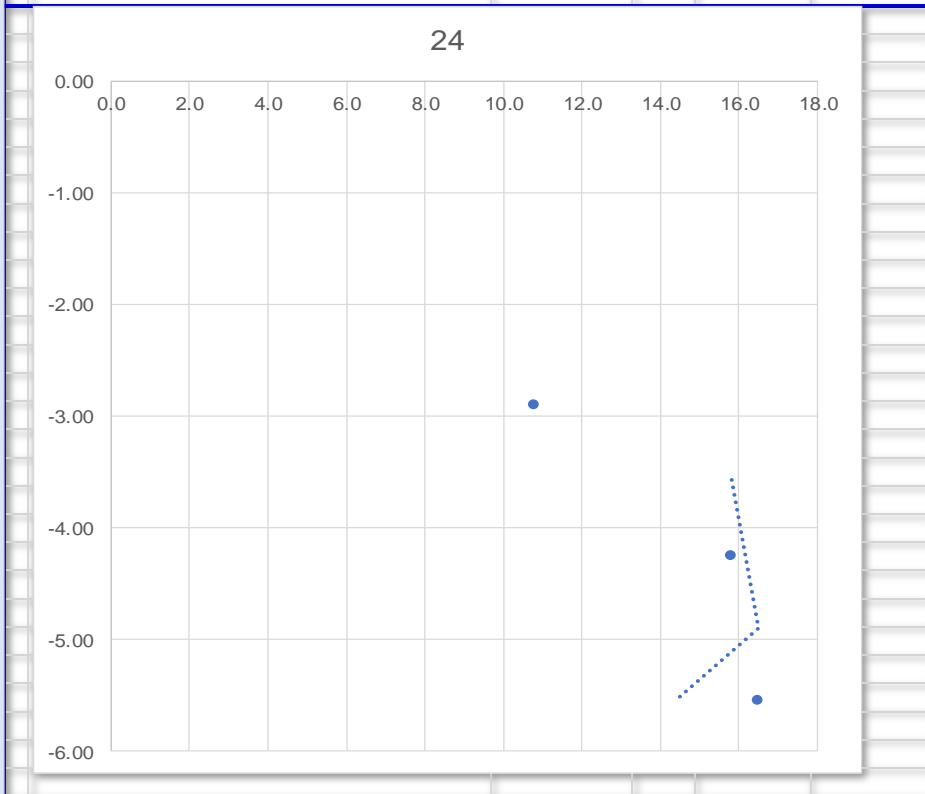
+ DATOS DEL PROYECTO:				
Nombre del proyecto:				
Ubicación:				
Fecha del trabajo en laboratorio:				
NÚMERO DE MUESTRA	22			
Ensayo:	CBR - PDC			
Norma de referencia:	ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):	11.818			
Diametro de Molde (cm):	15.209			
Volumen del molde (cc) :	2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD				
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			10926
Peso del molde vacío	g			6352
Peso muestra ejetada húmeda	g			4432
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g			4020
Peso de la Muestra Compacta	g			4574
Densidad Húmeda	g/cm3			2.13
Contenido de humedad	%			10.2%
Densidad Seca	g/cm3			1.93
Grado de compactación	%			
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2			
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)				
Altura de ascención capilar luego de una hora				7.26
+ DATOS DE CBR				
Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
Oed	1.35	-1.35	0.00	0.00
1	2.15	-2.15	8.00	28.4
2	2.90	-2.90	7.50	30.6
3	3.60	-3.60	7.00	33.0
4	4.00	-4.00	4.00	61.8
5	4.45	-4.45	4.50	54.2
6	4.90	-4.90	4.50	54.2
7	5.30	-5.30	4.00	61.8
			Prom	46.3



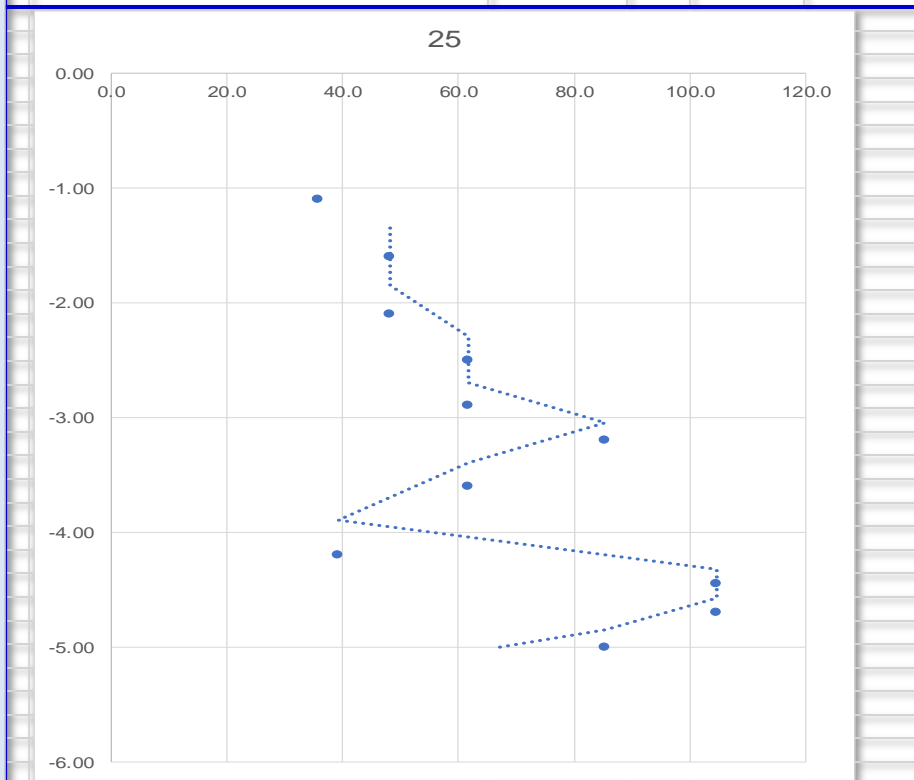
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					23
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11104
Peso del molde vacío	g				6396
Peso muestra eyectada húmeda	g				4354
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3952
Peso de la Muestra Compacta	g				4708
Densidad Húmeda	g/cm3				2.19
Contenido de humedad	%				10.2%
Densidad Seca	g/cm3				1.99
Grado de compactación	%				#jREF!
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora					5.44
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.10	-1.10	0.00	0.00
	1	2.15	-2.15	10.50	21.0
	2	3.00	-3.00	8.50	26.6
	3	3.70	-3.70	7.00	33.0
	4	4.15	-4.15	4.50	54.2
	5	4.70	-4.70	5.50	43.3
	6	5.10	-5.10	4.00	61.8
				Prom	40.0



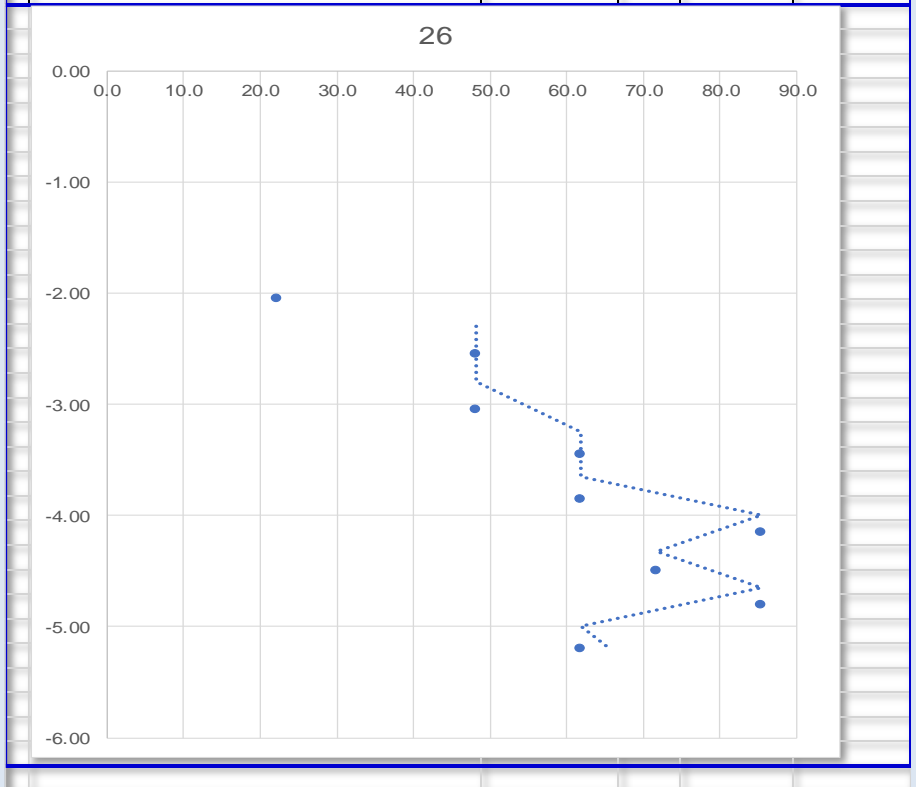
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					24
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11152
Peso del molde vacío	g				6248
Peso muestra ejectada húmeda	g				4660
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g				4182
Peso de la Muestra Compacta	g				4904
Densidad Húmeda	g/cm3				2.28
Contenido de humedad	%				11.4%
Densidad Seca	g/cm3				2.05
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					8.50
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.00	-1.00	0.00	0.00
	1	2.90	-2.90	19.00	10.8
	2	4.25	-4.25	13.50	15.8
	3	5.55	-5.55	13.00	16.5
				Prom	14.4



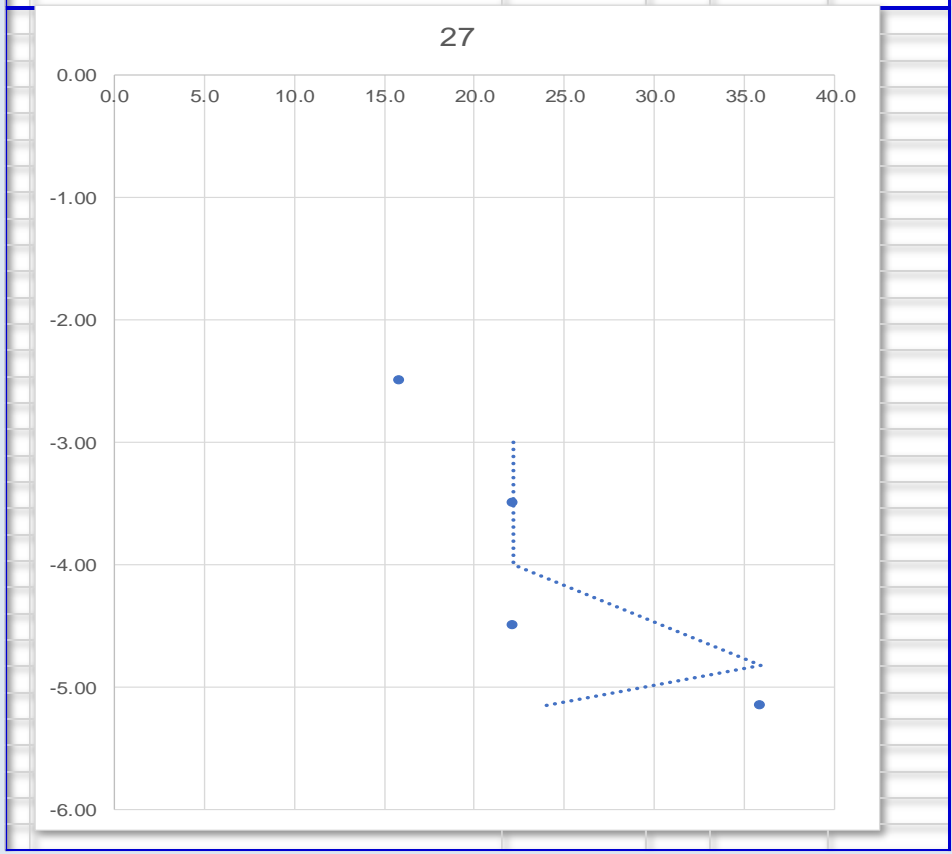
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					25
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11138
Peso del molde vacío	g				6394
Peso muestra eyectada húmeda	g				4442
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				4032
Peso de la Muestra Compacta	g				4744
Densidad Húmeda	g/cm3				2.21
Contenido de humedad	%				10.2%
Densidad Seca	g/cm3				2.01
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					0
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6.4
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.45	-0.45	0.00	0.00
	1	1.10	-1.10	6.50	35.9
	2	1.60	-1.60	5.00	48.1
	3	2.10	-2.10	5.00	48.1
	4	2.50	-2.50	4.00	61.8
	5	2.90	-2.90	4.00	61.8
	6	3.20	-3.20	3.00	85.3
	7	3.60	-3.60	4.00	61.8
	9	4.20	-4.20	6.00	39.3
	10	4.45	-4.45	2.50	104.6
	11	4.70	-4.70	2.50	104.6
	12	5.00	-5.00	3.00	85.3
				Prom	66.98



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					26
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diametro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				10852
Peso del molde vacío	g				6396
Peso muestra eyectada húmeda	g				4284
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				3906
Peso de la Muestra Compacta	g				4456
Densidad Húmeda	g/cm3				2.08
Contenido de humedad	%				9.7%
Densidad Seca	g/cm3				1.89
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6.01
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.05	-1.05	0.00	0.00
	1	2.05	-2.05	10.00	22.2
	2	2.55	-2.55	5.00	48.1
	3	3.05	-3.05	5.00	48.1
	4	3.45	-3.45	4.00	61.8
	5	3.85	-3.85	4.00	61.8
	6	4.15	-4.15	3.00	85.3
	7	4.50	-4.50	3.50	71.8
	8	4.80	-4.80	3.00	85.3
	9	5.20	-5.20	4.00	61.8
				Prom	65.5



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	27				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11132
Peso del molde vacío	g				6284
Peso muestra eyectada húmeda	g				4638
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g				4208
Peso de la Muestra Compacta	g				4848
Densidad Húmeda	g/cm3				2.26
Contenido de humedad	%				10.2%
Densidad Seca	g/cm3				2.05
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					1
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.15	-1.15	0.00	0.00
	1	2.50	-2.50	13.50	15.8
	2	3.50	-3.50	10.00	22.2
	3	4.50	-4.50	10.00	22.2
	4	5.15	-5.15	6.50	35.9
				Prom	24.00

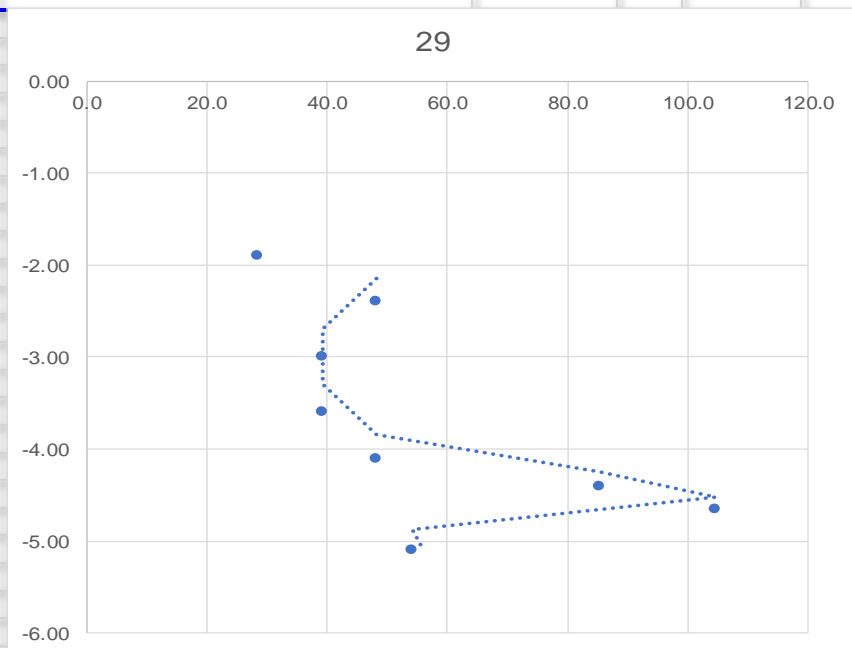


+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					28
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diámetro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11040
Peso del molde vacío	g				6350
Peso muestra ejetada húmeda	g				4340
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g				3956
Peso de la Muestra Compacta	g				4690
Densidad Húmeda	g/cm3				2.18
Contenido de humedad	%				9.7%
Densidad Seca	g/cm3				1.99
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora					6.68
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	0ed	3.05	-3.05	0.00	0.00
	1	3.70	-3.70	6.50	35.9
	2	4.50	-4.50	8.00	28.4
	3	5.20	-5.20	7.00	33.0
	4	5.70	-5.70	5.00	48.1
	5	6.45	-6.45	7.50	30.6
				Prom	35.2
28					

+ DATOS DEL PROYECTO:	
Nombre del proyecto:	
Ubicación:	
Fecha del trabajo en laboratorio:	
NÚMERO DE MUESTRA	29
Ensayo:	CBR - PDC
Norma de referencia:	ASTM D6951
Altura de Molde (cm):	11.818
Diametro de Molde (cm):	15.209
Volumen del molde (cc) :	2147.02

+ DATOS DE LA DENSIDAD		
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g	11014
Peso del molde vacío	g	6248
Peso muestra eyectada húmeda	g	4470
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g	4174
Peso de la Muestra Compacta	g	4766
Densidad Húmeda	g/cm3	2.22
Contenido de humedad	%	7.1%
Densidad Seca	g/cm3	2.07
Grado de compactación	%	
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2	
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)		
Altura de ascensión capilar luego de una hora		6.40

+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.10	-1.10	0.00	0.00
	1	1.90	-1.90	8.00	28.4
	2	2.40	-2.40	5.00	48.1
	3	3.00	-3.00	6.00	39.3
	5	3.60	-3.60	6.00	39.3
	6	4.10	-4.10	5.00	48.1
	7	4.40	-4.40	3.00	85.3
	8	4.65	-4.65	2.50	104.6
	9	5.10	-5.10	4.50	54.2
				Prom	55.9



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		30			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diametro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11184	
Peso del molde vacío	g			6334	
Peso muestra eyectada húmeda	g			4794	
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g			4384	
Peso de la Muestra Compacta	g			4850	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.26	
Contenido de humedad	%			9.4%	
Densidad Seca	g/cm3			2.07	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascención capilar luego de una hora				8.67	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.95	-0.95	0.00	0.00
	1	3.00	-3.00	20.50	9.9
	2	4.70	-4.70	17.00	12.2
	3	6.00	-6.00	13.00	16.5
				Prom	12.9

30

Blow	CBR A4 (1)
0.95	0.00
3.00	9.9
4.70	12.2
6.00	16.5

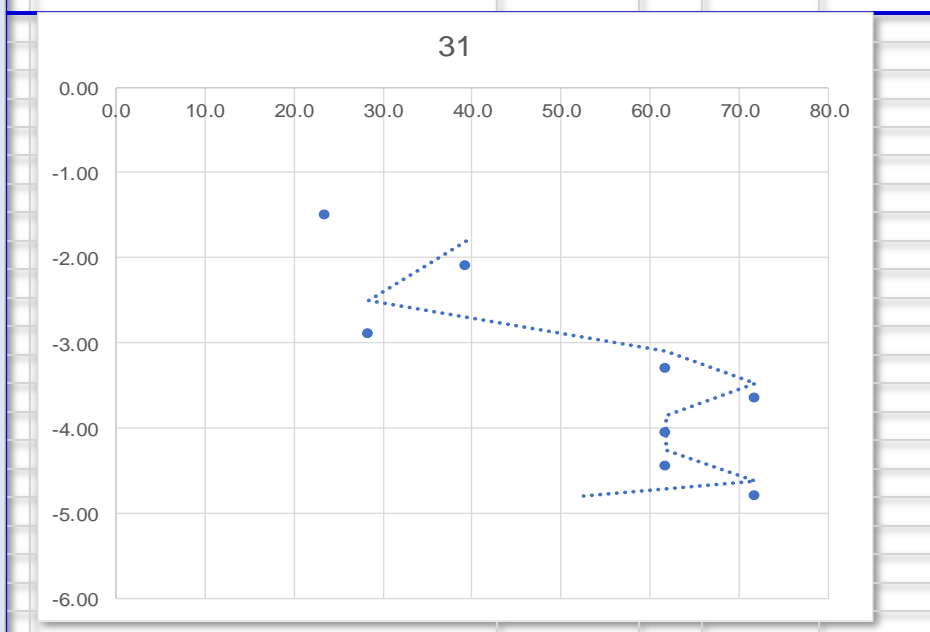
+ DATOS DEL PROYECTO:	
Nombre del proyecto:	
Ubicación:	
Fecha del trabajo en laboratorio:	
NÚMERO DE MUESTRA	31
Ensayo:	CBR - PDC
Norma de referencia:	ASTM D6951
Altura de Molde (cm):	11.818
Diametro de Molde (cm):	15.209
Volumen del molde (cc) :	2147.02

+ DATOS DE LA DENSIDAD

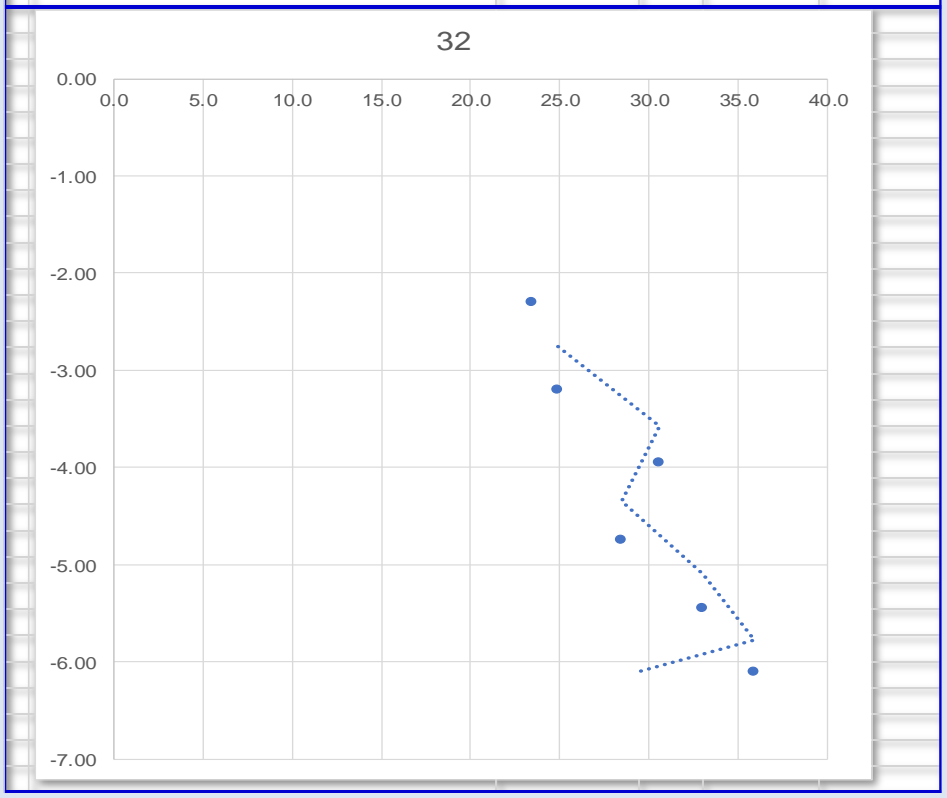
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g	10610
Peso del molde vacío	g	5956
Peso muestra ejetada húmeda	g	4038
Peso muestra ejetada seca (110° 24h)	g	3668
Peso de la Muestra Compacta	g	4654
Densidad Húmeda	g/cm3	2.17
Contenido de humedad	%	10.1%
Densidad Seca	g/cm3	1.97
Grado de compactación	%	
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2	
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)		
Altura de ascensión capilar luego de una hora		8.07

+ DATOS DE CBR

Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
Oed	0.55	-0.55	0.00	0.00
1	1.50	-1.50	9.50	23.5
2	2.10	-2.10	6.00	39.3
4	2.90	-2.90	8.00	28.4
5	3.30	-3.30	4.00	61.8
6	3.65	-3.65	3.50	71.8
7	4.05	-4.05	4.00	61.8
8	4.45	-4.45	4.00	61.8
9	4.80	-4.80	3.50	71.8
			Prom	52.5



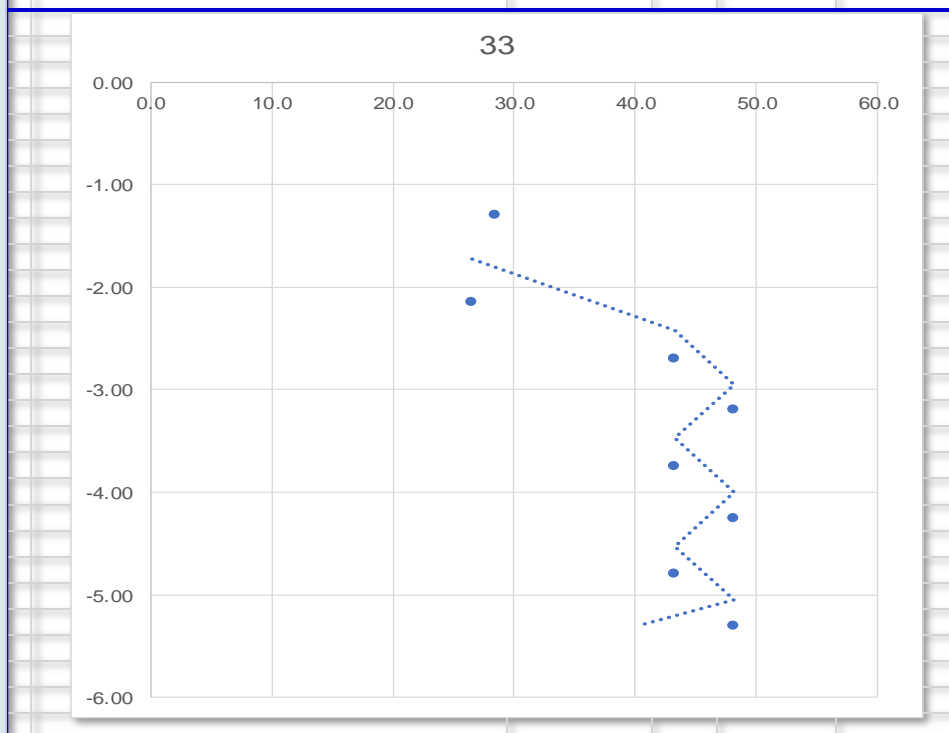
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		32			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diámetro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada		g		11144	
Peso del molde vacío		g		6444	
Peso muestra ejectada húmeda		g		4044	
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)		g		3638	
Peso de la Muestra Compacta		g		4700	
Densidad Húmeda		g/cm3		2.19	
Contenido de humedad		%		11.2%	
Densidad Seca		g/cm3		1.97	
Grado de compactación		%			
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)		kg/cm2			
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)				0.00	
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.53	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	1.35	-1.35	0.00	0.00
	1	2.30	-2.30	9.50	23.5
	2	3.20	-3.20	9.00	24.9
	3	3.95	-3.95	7.50	30.6
	4	4.75	-4.75	8.00	28.4
	5	5.45	-5.45	7.00	33.0
	6	6.10	-6.10	6.50	35.9
				Prom	29.4



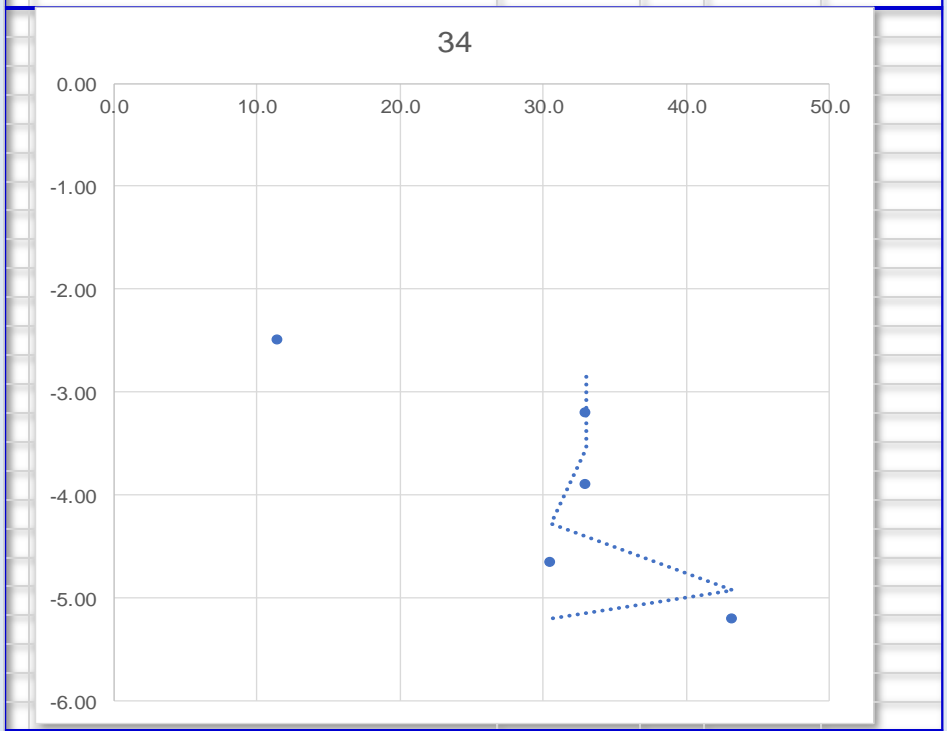
+ DATOS DEL PROYECTO:	
Nombre del proyecto:	
Ubicación:	
Fecha del trabajo en laboratorio:	
NÚMERO DE MUESTRA	33
Ensayo:	CBR - PDC
Norma de referencia:	ASTM D6951
Altura de Molde (cm):	11.818
Diametro de Molde (cm):	15.209
Volumen del molde (cc) :	2147.02

+ DATOS DE LA DENSIDAD		
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g	11094
Peso del molde vacío	g	6288
Peso muestra ejectada húmeda	g	4280
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g	3954
Peso de la Muestra Compacta	g	4806
Densidad Húmeda	g/cm3	2.24
Contenido de humedad	%	8.2%
Densidad Seca	g/cm3	2.07
Grado de compactación	%	
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2	
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)		
Altura de ascensión capilar luego de una hora		6.74

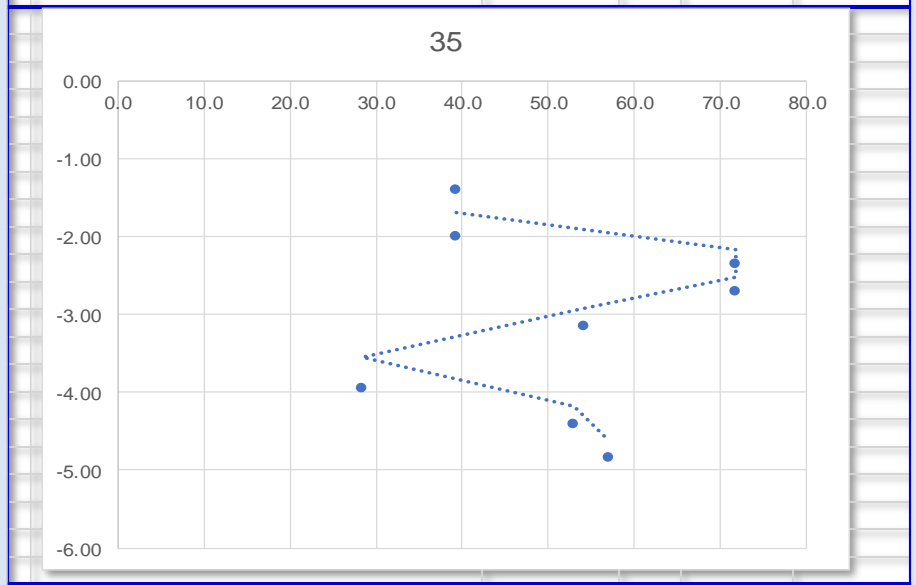
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	0ed	0.50	-0.50	0.00	0.00
	1	1.30	-1.30	8.00	28.4
	2	2.15	-2.15	8.50	26.6
	3	2.70	-2.70	5.50	43.3
	4	3.20	-3.20	5.00	48.1
	5	3.75	-3.75	5.50	43.3
	6	4.25	-4.25	5.00	48.1
	7	4.80	-4.80	5.50	43.3
	9	5.30	-5.30	5.00	48.1
				Prom	40.2



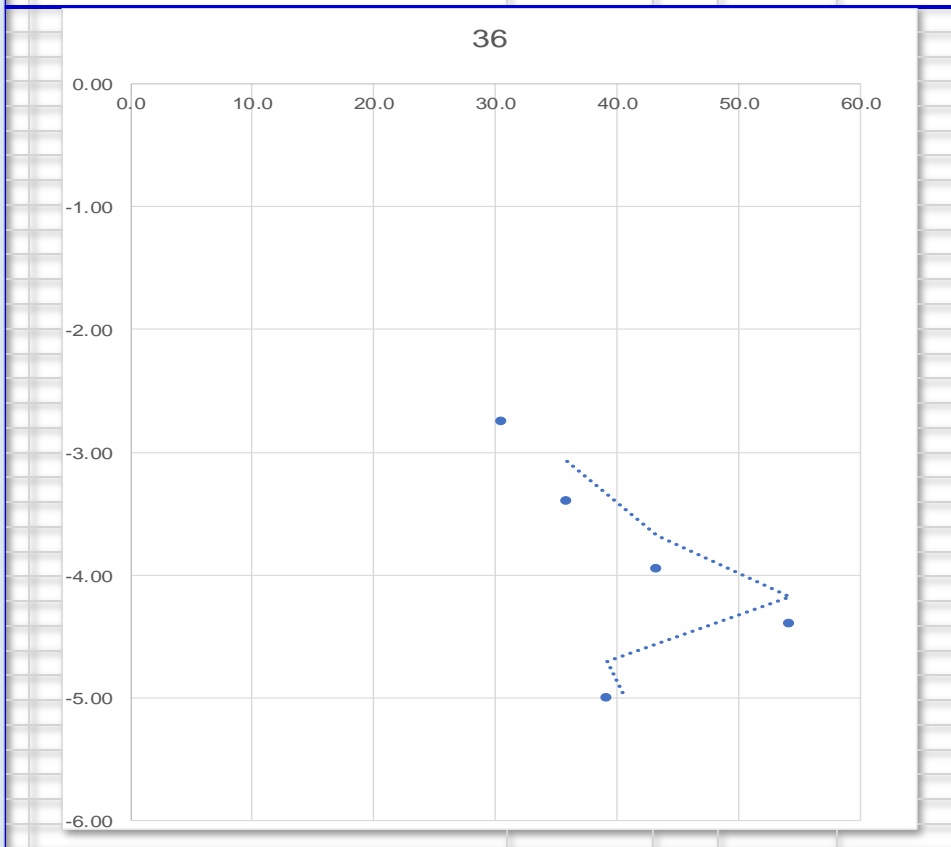
+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA	34				
Ensayo:	CBR - PDC				
Norma de referencia:	ASTM D6951				
Altura de Molde (cm):	11.818				
Diametro de Molde (cm):	15.209				
Volumen del molde (cc) :	2147.02				
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11020
Peso del molde vacío	g				6426
Peso muestra ejectada húmeda	g				4288
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g				3822
Peso de la Muestra Compacta	g				4594
Densidad Húmeda	g/cm3				2.14
Contenido de humedad	%				12.2%
Densidad Seca	g/cm3				1.91
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora					6.38
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.70	-0.70	0.00	0.00
	2	2.50	-2.50	18.00	11.5
	3	3.20	-3.20	7.00	33.0
	4	3.90	-3.90	7.00	33.0
	5	4.65	-4.65	7.50	30.6
	6	5.20	-5.20	5.50	43.3
				Prom	30.3



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA		35			
Ensayo:		CBR - PDC			
Norma de referencia:		ASTM D6951			
Altura de Molde (cm):		11.818			
Diametro de Molde (cm):		15.209			
Volumen del molde (cc) :		2147.02			
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g			11106	
Peso del molde vacío	g			6394	
Peso muestra eyectada húmeda	g			4222	
Peso muestra eyectada seca (110° 24h)	g			3830	
Peso de la Muestra Compacta	g			4712	
Densidad Húmeda	g/cm3			2.19	
Contenido de humedad	%			10.2%	
Densidad Seca	g/cm3			1.99	
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					
Altura de ascensión capilar luego de una hora				6.54	
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	0.80	-0.80	0.00	0.00
	1	1.40	-1.40	6.00	39.3
	2	2.00	-2.00	6.00	39.3
	3	2.35	-2.35	3.50	71.8
	4	2.70	-2.70	3.50	71.8
	5	3.15	-3.15	4.50	54.2
	7	3.95	-3.95	8.00	28.4
	11	4.41	-4.41	4.59	53.0
	12	4.84	-4.84	4.30	57.0
		5.27	-5.27	4.30	57.0
		5.70	-5.7	4.30	57.0
				Prom	52.9



+ DATOS DEL PROYECTO:					
Nombre del proyecto:					
Ubicación:					
Fecha del trabajo en laboratorio:					
NÚMERO DE MUESTRA					36
Ensayo:					CBR - PDC
Norma de referencia:					ASTM D6951
Altura de Molde (cm):					11.818
Diámetro de Molde (cm):					15.209
Volumen del molde (cc) :					2147.02
+ DATOS DE LA DENSIDAD					
Peso del molde y muestra compacta enrasada	g				11144
Peso del molde vacío	g				6396
Peso muestra ejectada húmeda	g				4216
Peso muestra ejectada seca (110° 24h)	g				3862
Peso de la Muestra Compacta	g				4748
Densidad Húmeda	g/cm3				2.21
Contenido de humedad	%				9.2%
Densidad Seca	g/cm3				2.03
Grado de compactación	%				
Esfuerzo cortante remojado 5 horas (Torvane)	kg/cm2				
Agrietamiento visual (0:ninguno; 1:leve; 2:moderado)					0
Altura de ascensión capilar luego de una hora	mm				7
+ DATOS DE CBR					
	Blow	A4 (1)	z	DPI A4 (1)	CBR A4 (1)
	Oed	2.00	-2.00	0.00	0.00
	1	2.75	-2.75	7.50	30.6
	2	3.40	-3.40	6.50	35.9
	3	3.95	-3.95	5.50	43.3
	4	4.40	-4.40	4.50	54.2
		5.00	-5.00	6.00	39.3
				Prom.	40.63





CERTIFICATE OF REGISTRATION

CONSOLID İNŞAAT TARIM ORMAN ÜR. DAY. TÜK. MALLARI TURZ.
GIDA TEMZ. HİZ. YAT. DAN. SAN. İÇ VE DIŞ TİC. LTD. ŞTİ.

HIZIRBEY MAH. 1547 SOK. NO:72/5 ISPARTA

Sertifika No: AQ / 14001.95

Yukarıda adı geçen kuruluş, aşağıda belirtilen kapsamda bir kalite yönetim sistemi yürürlüğe koymuş ve uygulamakta olup ilgili kalite standartlarına uygunluğu ALBERK QA TEKNİK tarafından onaylanmıştır.

ISO 14001:2004

ALTYAPI, ÜSTYAPI İNŞAAT TAHHÜT HİZMETLERİNİN SUNUMU,
KİMYEVİ MADDELER VE İNŞAAT MALZEMELERİ ÜRETİMİ

EA 12-15-28

Bu belge, firma ISO 14001:2004 standardının gerektirdiği tüm şartları yerine getirdiği ve ALBERK QA TEKNİK'e talep sorumluluğuna taahhüt süreci geçirilmiştir.

Sertifika Değerlendirme Tarihi : 26 Aralık 2008

Sertifika Geçerlilik Tarihi : 26 Aralık 2009

Sertifika Yeniden Değerlendirme Tarihi : 26 Aralık 2011

Değerlendirme Periyodu : 3 Yıl

Genel Müdür
Latif Murat YILMAZ



ALBERK QA ULUSLARARASI TEKNİK KONTROL VE
DEĞERLENDİRME LTD. ŞTİ.
Fıratpaşa Cad. No:29 Kağıdı Plaza
Kültür-1 K. Halkalı/İstanbul TÜRKİYE
Tel : 0216 572 49 18-11-12
Faks : 0216 572 49 14
www.gatvteknik.com



TGA TRAGUNGSGEMEINSCHAFT
FÜR AKKREDITIERUNG
GERMAN ASSOCIATION FOR
ACCREDITATION (DIN)
TGA-28-94-17-01



HIGH EFFECTIVELY SOIL STABILIZATION PRODUCTS	CONSOLID 444 Concentrate	SOLIDRY Concentrate
		
Quality Control and Management	ISO 9001 : 2000 Certificate	ISO 9001 : 2008 Certificate

Calle Lima, Barrio Profesional B-7 Of.304 Edif. Ecological Profesional – Cusco
Of. 084-287237 - Cel. 984760516 - informes@corporacionkontikisac.com
www.corporacionkontikisac.com



CONSOLID

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ADITIVOS QUÍMICOS PARA LA MEJORA DE SUBBASE Y BASE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

CONSOLID® es un sistema de estabilización de alta tecnología que se diferencia de los métodos tradicionales porque torna la compactación del suelo en un estado absolutamente irreversible.

El Sistema **CONSOLID®** actúa favoreciendo la compactación y regulando la humedad óptima del suelo independizando el estado del mismo de las variaciones climáticas como lluvias o sequías.

El Sistema **CONSOLID®** es un catalizador del proceso natural de petrificación de los suelos cohesivos. Otra ventaja no menos importante del Sistema **CONSOLID®** es su capacidad para lograr la impermeabilidad total del suelo, evitando las filtraciones y ascensiones capilares del agua, causante principal de la destrucción de una carretera. Las propiedades del suelo tratado con el Sistema **CONSOLID®**, se mantienen inalterables durante años con mínimo mantenimiento entre 7 y 10 años, garantizando así, una óptima conservación y transitabilidad. Consecuentemente, como resultado, se logra un importante ahorro de aproximadamente 35%. Una de las características técnicas es su capacidad de incrementar su capacidad de soporte (CBR) según lo requiera el tipo de vía.

Los aditivos **CONSOLID®** se insertan entre las partículas del suelo formando complejas estructuras moleculares que actúan mediante procesos catalíticos que reducen la tensión superficial del agua que circunda dichas partículas de manera tal, que la película de agua que las cubre y hace las veces de barrera entre ellas, es dispersada permitiendo así su evaporación.

Los productos **CONSOLID®**, demuestran su efectivo poder de mejoramiento de las propiedades de resistencia y permeabilidad de los finos-arcillosos. Trabaja igual con cualquier tipo de suelos, activa las fuerzas cohesivas propias del suelo y reduce la influencia del agua de forma importante y duradera.

El Sistema CONSOLID® tiene un enorme impacto sobre la sensibilidad al agua del suelo (controlando el ascenso de humedad por capilaridad o la disolución por lluvias) y la disminuye a su cantidad óptima.

De esta forma, el suelo pierde en gran medida su comportamiento mecánico natural, como es el encogimiento cuando se seca y la hinchazón cuando se humedece, lo cual trae aparejado la pérdida de la compactación del suelo y disgregación que produce la rotura del camino por inestabilidad mecánica.



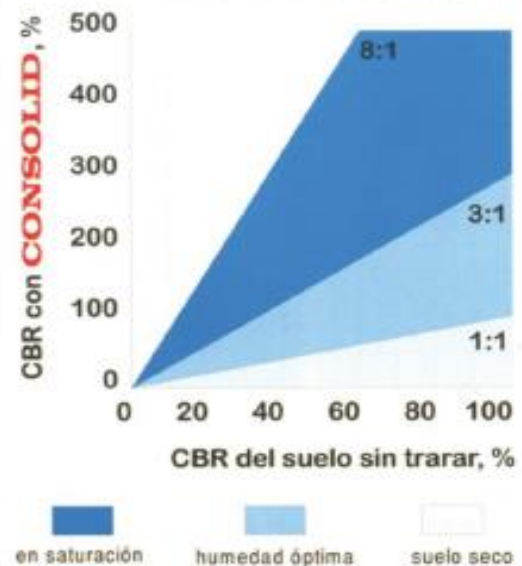
El suelo descompactado es mecánicamente inestable, por lo que en un camino se producen polvo, barro y pozos.

Con humedad óptima y con una fuerte presión se reacomodan las partículas hasta formar un cuerpo compacto.

El estado de compactación del suelo es el ideal para soportar las grandes cargas que ocasiona el tránsito.

Acompañando los comportamientos descritos, y como consecuencia de ellos, se produce en los suelos tratados un aumento significativo del valor de soporte.

Expresado en términos porcentuales del valor CBR (California Bearing Ratio) se observa que aumenta entre un 20 a un 50% para un suelo en condiciones de humedad óptimas, pero, sobre todo, debe destacarse que el valor soporte aumenta al menos de 3 a 5 veces en situaciones de alta humedad respecto al del suelo no tratado.



Lo que ocurre, es que el material tratado al no verse afectado por ataque del agua, mantiene

en forma permanente su valor de humedad óptimo y el comportamiento característico del suelo seco. Cabe destacar, que la base estabilizada con el **Sistema CONSOLID®** tiene una duración indefinida, pudiendo medirse en más de 10 años.

Es importante mencionar que el Sistema **CONSOLID®** evita la formación de estructuras de suelo rígidas susceptibles a ser destruidas con el uso, como ocurre con el suelo cemento. Esto le confiere condiciones excepcionales en cuanto a la capacidad de resistir cualquier tipo de tránsito por más pesado que sea (por ej. una pista de aterrizaje).

Las características de este recubrimiento varían de acuerdo al tipo de tránsito (en cuanto a peso e intensidad) que debe soportar la calle o camino estabilizado. Puede ir desde un simple regado asfáltico con una delgada capa de arena gruesa o pedregullo para caminos con poco tránsito, hasta carpetas asfálticas de 10 a 40 mm.

Esta capa es el resultado de estabilizar una capa de suelos de un camino o carretera sea de su fundación para la subbase y base compuestas de suelo agregado (nuevo y/o recuperado), aditivos químicos y agua en proporciones adecuadas, mezcladas en campo o premezcladas en planta y construidos sobre una subrasante/subbase o base preparadas de acuerdo con las especificaciones y los detalles técnicos como perfiles, pendientes y secciones típicas mostradas en los planos o establecidas por los Ingenieros responsables.

PAVIMENTO CON SISTEMA TRADICIONAL



PAVIMENTO CON CONSOLID®



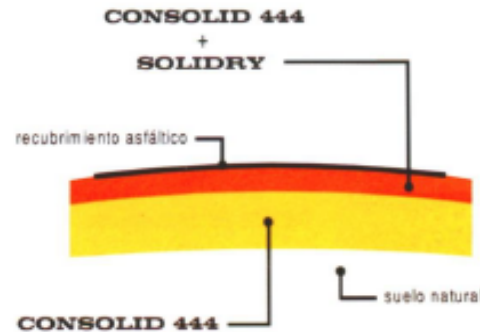
2. DISEÑO DE LA ESTABILIZACION

A continuación, exponemos algunas nociones muy simples acerca de cómo se realiza el diseño de una base estabilizada con el **Sistema CONSOLID®**, siendo los procedimientos aquí explicados útiles para obras sencillas. Para casos de mayor complejidad se requerirán estudios de ingeniería que no describiremos aquí por qué están fuera del alcance y de los objetivos de este manual.



El **Sistema CONSOLID®** consiste básicamente en el mezclado de los productos o aditivos que lo componen con el suelo a tratar.

El **Sistema CONSOLID®** se aplica en dos etapas. Primero se mezclan 15 a 25 centímetros de suelo con **CONSOLID®** y luego se agrega **SOLIDRY** a la parte superior de 10 cm junto con el primer componente tal como se observa en el esquema.



El diseño de la estabilización consistirá en la elección de tres tipos de parámetro: la combinación de los productos, la dosis de aditivos a emplear y los espesores de suelo a tratar.

	CONSOLID 444	SOLIDRY
Presentación	Líquido de color blanco	Polvo fino de color gris/beige
Envase	Barril de 200 lt.	Bolsa de 25 kg
Aplicación	Con camión cisterna	De forma manual
Preparación	Combinar con agua 1:4	Listo para usar
Conservación	Barril cerrado	En lugar seco

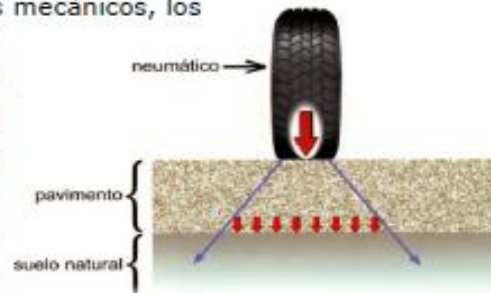
3. ESPESORES DE TRATAMIENTO

Se puede definir a un pavimento como un elemento estructural que aleja y distribuyen la carga puntual que genera el neumático de un vehículo, sobre el terreno natural.

Como puede apreciarse en el gráfico, el peso del vehículo se transmite a la superficie del pavimento a través del neumático en forma de carga puntual (flecha roja grande). Esta carga es transmitida hacia abajo en forma cónica (flechas azules), de tal manera que cuanto más grande es la altura del cono, mayor es la superficie

de la base, con lo cual se distribuye la carga (inicialmente puntual en la parte superior) en toda la base (flechas rojas pequeñas).

Con esto significa que la elección del espesor de tratamiento está relacionada con los requerimientos mecánicos, los cuales la base estabilizada vaya a estar sometida, debiéndose tener en cuenta el tipo de tránsito (en cantidad y en calidad o peso) que circulará Y las condiciones naturales de valor soporte que el suelo tenga, ya sea en la porción a tratar o en la parte inferior o sub base que es donde la primera se apoya.



A modo de ejemplo, podemos establecer que un tránsito pesado y/o una sub-base débil demandará un mayor espesor de tratamiento. Por el contrario, el tránsito de una calle en un barrio residencial y/o una sub-base buena requerirá un espesor significativamente menor.

4. DOSIS

La elección de la dosis está relacionada en alguna medida con la composición química del suelo y en mayor medida con su composición granulo métrica, es decir, con la cantidad de granos finos (donde principalmente actúan los componentes) en relación con las partículas de mayor tamaño, ya que estas últimas ocupan volúmenes de suelo que no necesitan ser estabilizados. Esto significa que generalmente a mayor cantidad de partículas grandes, menor será la cantidad de productos necesarios.

La siguiente tabla nos muestra las dosis que se requieren de cada producto expresados en porcentajes del peso del suelo segunda columna y la cantidad de producto por metro cúbico de suelo tercera columna asumiendo que este último pesa aproximadamente 2000 kilos.

CONSOLID 444	0.032% del peso del suelo	0.64 litros/m ³
SOLIDRY	1% a 2% del peso del suelo	20 a 40 kg/m ³



5. CANTIDAD DE ADITIVO POR m²:

a. Aditivo C444

Obsérvese en la tabla de la dosis que la cantidad de Consolid 444 salvo en condiciones especiales es fija. Lo que podemos variar es el espesor de la capa a tratar (de 15 a 25 cm). La siguiente tabla muestra la cantidad de producto necesario por metro cuadrado, según los distintos espesores.

litros/m ²	CONSOLID 444		
	Espesores a tratar en cm.		
	15 cm	20 cm	25 cm
Dosis Estándar (0,032%)	0,10 l/m ²	0,13 l/m ²	0,16 l/m ²

b. Aditivo Solidry

Las dosis que observamos en la tabla son variables. A efectos prácticos, dividiremos estos rangos de dosis en mínima, estándar y máxima. En la siguiente tabla combinamos las tres dosis a utilizar con distintos espesores, obteniendo las cantidades de aditivo necesario para estabilizar cada combinación de dosis/espesor

kilogramos/m ²	SOLIDRY		
	Espesores a tratar en cm.		
	5 cm	7,5 cm	10 cm
Dosis Mínima (1%)	1,00 kg/m ²	1,50 kg/m ²	2,00 kg/m ²
Dosis Estándar (1,5%)	1,50 kg/m ²	2,25 kg/m ²	3,00 kg/m ²
Dosis Máxima (2%)	2,00 kg/m ²	3,00 kg/m ²	4,00 kg/m ²

La experiencia indica que si se tiene cuidado en realizar un buen mezclado de los productos (Ver método de aplicación), las dosis estándar tienen un excelente desempeño en la gran mayoría de los suelos. No obstante, el ensayo de ascensión capilar es la forma correcta para determinar la dosis.

6. REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Con el Sistema CONSOLID[®], el aporte de materiales de cantera es mínimo

(generalmente no supera el 20 %). Esto genera también un gran ahorro entre 25 y 30%. El Sistema CONSOLID[®], logra que el material que se dispone en la vía, se pueda convertir en material de construcción, con el consecuente ahorro.



6.1. Suelo Agregado

Consistirá de cualquier combinación de grava, limo y arcilla u otra combinación de materiales libres de materia orgánica u otros no adecuados. Pueden ser materiales encontrados en el sitio de construcción o materiales obtenidos de fuentes aprobadas. En caso de material granular chancado o no chancado consistirá de piedras y rocas duras y durables, de calidad aceptada, libres de un exceso de partículas planas alargadas, blandas o desintegradas u otras no adecuadas, en lo posible los ensayos de laboratorio no permitirán el uso de esos materiales. Es el intento de esta Especificación utilizar suelos existentes en la cama de base o en sitios cercanos si la calidad es satisfactoria. Si la calidad y/o cantidad es deficiente, el suelo agregado será obtenido completamente o parcialmente de fuentes aprobadas de otros lugares.

Todos los materiales que pasan la Malla N.º 4 producidas en la operación de chancado o piedra o grava deberán ser incorporados en el material de base.

El agregado tendrá un porcentaje de resistencia a la abrasión que no exceda 50 tal como se determina en el Método AASHTO T96.

6.2. Suelo Agregado Recuperado

Donde el suelo agregado está ya en el lugar, el Contratista no será responsable por su gradación o calidad excepto por la remoción de materiales de gran tamaño, esta actividad será dirigida por el Ingeniero Responsable. En general, el suelo agregado recuperado será usado para la base mezclada estabilizada de la carretera la cual consistirá de material que satisfaga los requerimientos.

7. COMPOSICION DEL SISTEMA CONSOLID®

7.1. Aditivo C444

Una combinación de emulsión invertida (0.4 a 0.8 l por metro cúbico de suelo) los cuales deben causar una aglomeración irreversible de las partículas finas del suelo,

INFORME N° 01 – 2021–GHS/UCV/RO.

A : Universidad Cesar Vallejo De la facultad de Ingeniería y Arquitectura de Escuela Profesional de Ingeniería Civil

DE : Bach de Ing. Civil. Gerardo Huaraca Solano

REFERENCIA : INFORME DE TURNITIN

FECHA : Lima, 24 de marzo del 2021.

Por el presente, tengo a bien dirigirme a Uds. Con la finalidad de hacer llegar mi **INFORME DE TURNITIN**, del Tesis Titulado **"EFECTO DEL SISTEMA CONSOLID EN EL CBR Y LA ASCENCIÓN CAPILAR DEL MATERIAL PARA BASE DE PAVIMENTO DE LA CANTERA DE TOTORA, CUSCO, 2020"**, la similitud del informe de turnitin me arrojó un porcentaje de 21.4% al tema de la tesis presentada de cual lo detallo en el cuadro adjuntado



Es cuanto informo para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente;

Firma