

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Análisis de los estabilizadores químicos consolid, proes y con-aid en resistencia y economía empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho- Chosica

Por:

Jaime Villalobos Banda
Junior Jeampier Guevara Camus

Asesor:

Ing. Leonel Chahuares Paucar

Lima, setiembre 2020

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACION

Leonel Chahuares Paucar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "ANÁLISIS DE LOS ESTABILIZADORES QUÍMICOS CONSOLID, PROES Y CON-AID EN RESISTENCIA Y ECONOMÍA EMPLEADOS EN SUELOS ARCILLOSOS COMO PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA SUBRASANTE EN LAS VÍAS DE ACCESO ASOC. MARÍA MAGDALENA, LURIGANCHO- CHOSICA" constituye la memoria que presentan los estudiantes Jaime Villalobos Banda y Junior Jeampier Guevara Camus para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en LIMA, a los 20, setiembre del 2020.



Leonel Chahuares Paucar

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....18.....día(s) del mes de.....setiembre.....del año 2020....siendo las.....11:45.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):Ing. Ferrer Canaza Rojas....., el (la) secretario(a): Ing. Roberto Roland Yoctún Rios..... y los demás miembros: Ing. Fiorella Zapata Antezana.....y el (la) asesor(a)...Mg. Leonel Chahuares Paucar.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Análisis de los estabilizadores químicos consolid, proes y con-aid en resistencia y economía empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho- Chosica". de los (las) egresados (as): a).....**JAIME VILLALOBOS BANDA**.....
.....b).....**JUNIOR JEAMPIER GUEVARA CAMUS**.....
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA CIVIL

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **JAIME VILLALOBOS BANDA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	BUENO	MUY BUENO

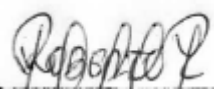
Candidato/a (b): **JUNIOR JEAMPIER GUEVARA CAMUS**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	14	C	ACEPTABLE	BUENO

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Ing. Ferrer Canaza
Rojas



Secretario
Ing. Roberto Roland
Yoctún Rios

Asesor
Mg. Leonel Chahuares
Paucar

Miembro

Miembro
Ing. Fiorella Zapata
Antezana

Candidato (a)
Jaime Villalobos Banda

Candidato/a (b)
Junior Jeampier
Guevara Camus

Análisis de los estabilizadores químicos consolid, proes y con-aid en resistencia y economía empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho- Chosica

Analysis of chemical stabilizers consolidators, proes and con-aid in resistance and economy used in clay soils as a proposal for the improvement of the subgrade in the access roads Asoc. María Magdalena, Lurigancho- Chosica

JAIME VILLALOBOS BANDA*, JUNIOR JEAMPIER GUEVARA CAMUS*

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

Los estabilizadores son componentes químicos que ayudan a mejorar las propiedades de resistencia del suelo. El presente artículo de investigación tiene como objetivo principal analizar de qué manera influye en resistencia y economía los estabilizadores químicos consolid, proes y con-aid basados en investigaciones realizadas aplicados en suelos arcillosos de baja plasticidad como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho – Chosica. Para el desarrollo de la investigación se recolectaron datos de CBR del lugar de estudio, asimismo de investigaciones relacionado al tema mencionado anteriormente. Se realizó las comparaciones de suelo natural y suelo mejorado a partir de los resultados del ensayo de CBR, mediante datos recolectados de investigaciones realizadas. Finalmente, de estos resultados se logró determinar el aditivo más apropiado para la subrasante en cuanto a resistencia y economía.

Palabras Claves: Estabilizadores químicos, Subrasante, CBR, Suelo Natural, Suelo Mejorado

Abstract

Stabilizers are chemical components that help improve the strength properties of the soil. The main objective of this research article is to analyze how chemical stabilizers consolidates, proes and con-aid influence in resistance and economy based on research carried out applied in clay soils of low plasticity as a proposal for the improvement of the subgrade in the access roads Asoc. María Magdalena, Lurigancho - Chosica. For the development of the research, CBR data was collected from the study site, as well as from research related to the above mentioned topic. Comparisons of natural soil and improved soil were made from the results of the CBR trial, using data collected from research. Finally, from these results, the most appropriate additive for the subgrade in terms of strength and economy was determined.

Key words: Chemical Stabilizer, Subgrade, CBR, Natural Soil, Improved Soil.

*Correspondencia de autor: Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: jaimvillalobos@upeu.edu.pe, juniorguevara@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación son de vital importancia para vincular nuestras ciudades de manera que se pueda mantener una economía y calidad de vida para la sociedad. Sin embargo, durante su vida útil se presentan problemas como el deterioro de la superficie (baches, surcos), problemas de mantenimiento a nivel superficial en condiciones húmedas y secas, etc. Por ello el suelo local necesita una estructura con una subrasante adecuada, que permita brindar a la vía una amplia vida útil, y debe estar compuesta por materiales en buenas condiciones con relevantes propiedades físicas y mecánicas.

La capacidad de soporte es un parámetro fundamental que deben tener los suelos, presentando características de resistencia en óptimas condiciones, sin embargo, no todos los suelos cumplen con estos estándares; los suelos arcillosos en su mayoría tienen una baja capacidad de soporte de manera que, no poseen la resistencia suficiente para soportar cargas externas, siendo este una preocupación para los ingenieros civiles del mundo de la geotecnia.

La manera más viable para tratar este tipo de suelos es a través del proceso de la estabilización, en donde el suelo natural es manipulado y tratado a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizadores solo se emplean en suelos que presentan una subrasante inadecuada o pobre; la finalidad de tratar un suelo con este tipo de estabilizadores es poder aportar resistencia.

Por lo tanto, para brindar una adecuada capacidad de soporte se debe modificar las características del suelo alterando sus propiedades existentes mediante el proceso de estabilización química que tiene como finalidad incrementar la resistencia, reducir el índice de plasticidad y permiten mejor trabajabilidad a los suelos.

La presente investigación se enfocará en estudiar los estabilizadores químicos consolid, proes y con-aid con la finalidad de comparar aportes de resistencia en suelos arcillosos para obtener una subrasante adecuada, asimismo verificar que estabilizador es más factible en cuanto a la economía, de manera que, pueda beneficiar a la población “María Magdalena de Carapongo”, permitiendo en un futuro el desarrollo a través de buenas vías de comunicación en óptimas condiciones de operatividad y estableciendo calidad en la transitabilidad peatonal y vehicular.

DESARROLLO

Suelo arcilloso

Los suelos arcillosos por lo general presentan una baja capacidad de soporte (CBR), se dividen como arcillas de baja plasticidad y arcillas de alta plasticidad y según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) se clasifican como un CL y CH respectivamente, por otro lado, según la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO) estos tipos de suelos varían en un rango de clasificación que varía desde un A-4 a A-6. Dentro de sus propiedades físicas un arcilla de baja plasticidad es un límite líquido menor a 50% y su índice de plasticidad es menor a 20%, sin embargo, para el caso de las arcillas de alta plasticidad tiene un límite líquido mayor a 50% y un índice de plasticidad mayor a 20%. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2013)

Además, este tipo de suelos son los más problemáticos desde el punto de vista de la construcción de ingeniería civil, por lo tanto, no pueden ser empleado como material de subrasante debido a las propiedades mecánicas insuficientes que presenta. (Willian & Whitman, 2004)

Subrasante

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en el cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar apoyo uniforme, sin cambios bruscos en el valor de soporte CBR. Para estudiar este terreno de fundación se deberán tomar muestras hasta una profundidad de modo que los esfuerzos transmitidos por las cargas vehiculares, sean prácticamente inapreciables. (Crespo, 2007)

Categoría de subrasante

Tabla 1

Valores de CBR según el MTC

Categoría de Subrasante		CBR
S0	Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1	Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR <6%
S2	Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR <10%
S3	Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4	Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR <30%
S5	Subrasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2013)

Estabilización se suelos

La estabilización de los suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Por lo general este tipo de estabilizadores se emplean en suelo de subrasante inadecuada o pobre, conocidos como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2013)

Estabilización química

La estabilización química, se emplea para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos y lograr que este sea apto teniendo características de resistencia adecuadas. El proceso de estabilización química también permite reducir la plasticidad y el potencial de expansión-contracción en los suelos. (Das, 2013)

Por otro lado, la estabilización química se refiere principalmente a la adición de agentes de estabilizadores químicos específicos, el cual se deben tratar de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada producto a utilizar, y con esto se busca una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr cambios en el suelo alterando sus propiedades con la finalidad de brindar al suelo mayor resistencia y capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica ya sea en la etapa de construcción o servicio. (Angulo & Rojas, 2016)

El sistema consolid

Es una tecnología suiza para la estabilización permanente del suelo. Consolid es un sistema dual, en donde se utilizan dos aditivos, como el Consolid 444 (líquido) y Solidry (polvo), Consolid 444 controla el aumento capilar del agua y Solidry controla la influencia del agua superficial. Los dos aditivos se mezclan con el material a ser tratado para luego dar paso al proceso de compactación. (Cabrejos, 2016)

Consolid 444: Es una sustancia blanca líquida química que tiene la propiedad de disminuir la absorción de agua mediante la reducción de la actividad capilar, reduce la permeabilidad, disminuye el OCH y aumenta la densidad del suelo.

Solidry: Es una sustancia química en polvo de color gris seco el cual evita que el suelo absorba agua, lo que detiene el comportamiento de hinchamiento del suelo.

Dosificación

Tabla 2

Dosificaciones de los productos del sistema consolid

Producto	Dosificación
Consolid 444	0.034% del peso del suelo
Solidry	1.0 a 2.0% del peso del suelo

Fuente: (Cabrejos, 2016)

Proes

La tecnología Proes, consiste en la estabilización química de suelos que contienen características de suelos inestables (arcillas) de baja capacidad de soporte que formaran parte de la estructura de un pavimento. Este producto crea una reacción iónica que aumenta la resistencia, estabilidad frente al agua, proes se plantea en crear soluciones de pavimentación de alta calidad y durabilidad, mejorando el uso de recursos y cuidando la sustentabilidad ambiental de los procesos. El producto Proes es un líquido de color oscuro y apariencia oleosa, producto estable a temperatura ambiente bajo 100 °C (Gil, 2007)

Dosificación

Tabla 3

Dosificación del aditivo Proes

Producto	Dosificación
Proes	0.30 a 0.35 lt/m ³

Fuente: (Gil, 2007)

Con-Aid

Con-aid es un compuesto químico complejo, especialmente para el uso vial, donde uno de sus componentes principales es un reactivo catiónico de alta valencia, que reemplaza de forma permanente los cationes débiles presentes en la capa de agua absorbida a la partícula del suelo y que son responsables de la inestabilidad de los suelos.

El estabilizador aniónico del suelo Con-Aid, originado a partir del petróleo, es líquido viscoso de color rojo intenso sin olor ni sabor, químico soluble en agua, no peligroso, no inflamable, no corrosivo, no tóxico, seguro para el medio ambiente y fácil de usar. (Zelada, 1992)

Dosificación

Tabla 4

Dosificación del aditivo Con-Aid

Producto	Dosificación
Con-aid	0.06 a 0.08 lt/m ³

Fuente: (Zelada, 1992)

Cemento

La adición del cemento mejora las propiedades de ingeniería de los suelos y da como resultado una buena resistencia a la compresión ya que con la adición de cemento se reduce el índice de plasticidad de los suelos. (Fayazh, 2018)

Además, según (Rodríguez & Castillo, 2012) menciona que, el cemento modifica las propiedades de respuesta ante el agua y aumenta significativamente su resistencia, por otro lado, se produce un mejoramiento con respecto a su cambio de volumen y su respuesta ante el intemperismo logrando así una mejora en la resistencia incluso cuando su humedad aumenta.

Propuesta para la mejora de la subrasante

Como propuesta para la mejora de la subrasante, se ha considerado los estudios de suelos con fines de pavimentación realizado en la Asoc. María Magdalena de Carapongo en el año 2019, se extraerán datos de los ensayos de CBR de la calicata C-2; M-2 para fines de comparación.

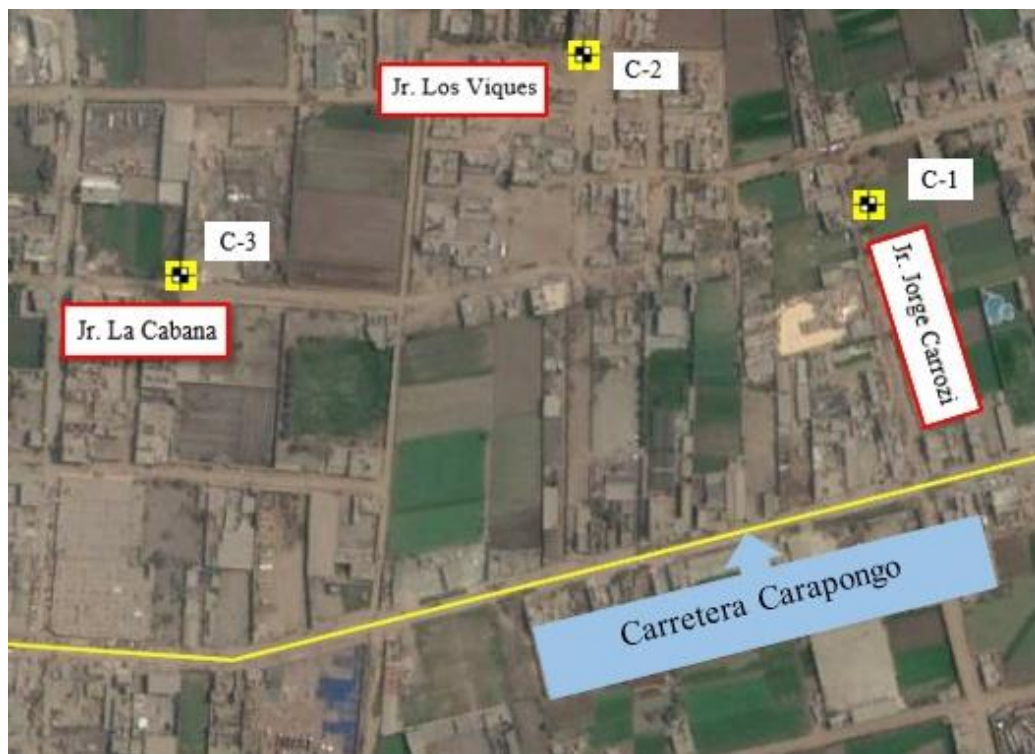


Figura 1. Ubicación del lugar propuesto. Fuente: Google Earth

DATOS RECOLECTADOS

Resultados de la capacidad de soporte del lugar como propuesta

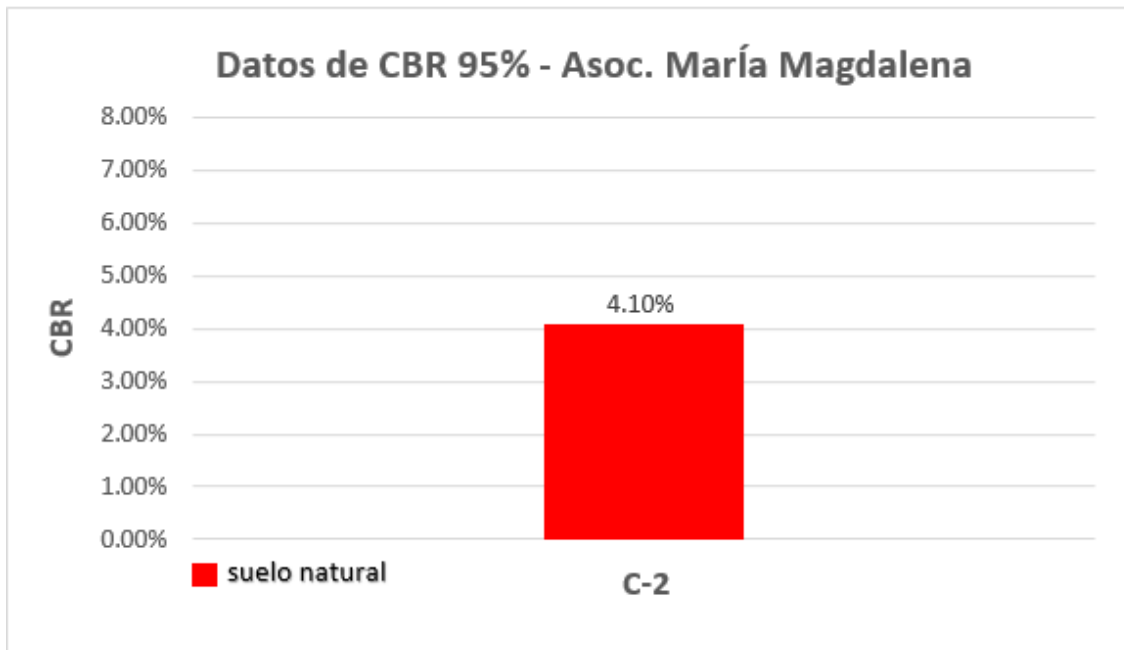


Figura 2. CBR al 95% del suelo natural. Fuente: elaboración propia

En la figura 2 según los ensayos de las propiedades mecánicas se observa que el valor de CBR al 95% es de 4.10 % y la máxima densidad seca (MDS) es de 1.680 gr/cm³, en cuanto al resultado de CBR este valor se encuentra en el rango de la categoría de subrasante pobre citado en el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2013), además de acuerdo a los ensayos de las propiedades físicas del suelo este se clasifico como una arcillas de baja plasticidad (CL) además presento un límite líquido de 38% y un índice de plasticidad de 17%.

Sistema consolid

Según (Chavez, 2018), ha realizado dos exploraciones en campo. Los resultados en suelo natural según los ensayos de las propiedades físicas son: clasificación del suelo según SUCS (CL) y AASTHO A-4(7), presento un índice de plasticidad de 9%; en cuanto a las propiedades mecánicas la Máxima Densidad Seca (MDS) es de 1.739 gr/cm³ y con un CBR de 4.5% categorizándose como una subrasante pobre; al emplear el sistema consolid con las dosificaciones de 0.045% (consolid 444) + 1.5% (solidry) se redujo el índice de plasticidad de 9% a 6%; sin embargo mejoro las propiedades mecánicas en cuanto a la MDS incremento de 1.739 gr/cm³ a 1.881 gr/cm³ y el valor de CBR de 4.5% a 25.60%, respecto a la dosificación de 0.045% (consolid 444) + 2% (solidry) de igual manera se redujo el índice de plasticidad de 9% a 4% y en cuanto a la MDS de 1.739 gr/cm³ a 1.873 gr/cm³ y mejorando considerablemente el valor de CBR de 4.5% a 36.20%, de acuerdo a los resultados el investigador indica que el óptimo porcentaje de dosificación fue de 0.045% (consolid 444) + 2% (solidry). La investigación concluyo que al adicionar el aditivo al suelo reduce el índice de plasticidad, incrementa la MDS por lo tanto mejora la capacidad de soporte pasando de una subrasante pobre a una subrasante excelente.

Según (Gaurang, Khushbu, & Parmar, 2017) para mejorar las propiedades del suelo con la finalidad de obtener una mejor subrasante se tuvo que estabilizar el suelo con el estabilizador químico consolid empleando las siguientes dosificaciones de 1.75% (consolid 444) y 1.75% (solidry), de la exploración en campo realizaron 4 calicatas, de las cuales se analizó sus propiedades físicas y mecánicas del suelo de la C-2 debido a que esta se encontró en un tramo desfavorable. Los resultados fueron los siguientes, al aplicar la dosificación de 1.75% (consolid 444) el índice de plasticidad disminuyó de 15% a 7%, mientras que con la dosificación de 1.75% (solidry) se redujo de 15% a 4.5%, de acuerdo a los ensayos de las propiedades mecánicas con la dosificación de 1.75 % (consolid 444) el valor de CBR incrementa de 3.53% a 9.53% pasando a ser de una subrasante pobre a una subrasante regular y con la dosificación de 1.75% (solidry) el CBR también mejoro de 3.53% a 19.99% clasificándose una subrasante de regular a buena. La investigación concluye que los aditivos consolid 444 y solidry disminuye el índice de plasticidad y mejoran las propiedades mecánicas de los suelos, además el investigador recomendó analizar los dos aditivos en conjunto para obtener mejorar trabajabilidad en el suelo y mejores resultados.

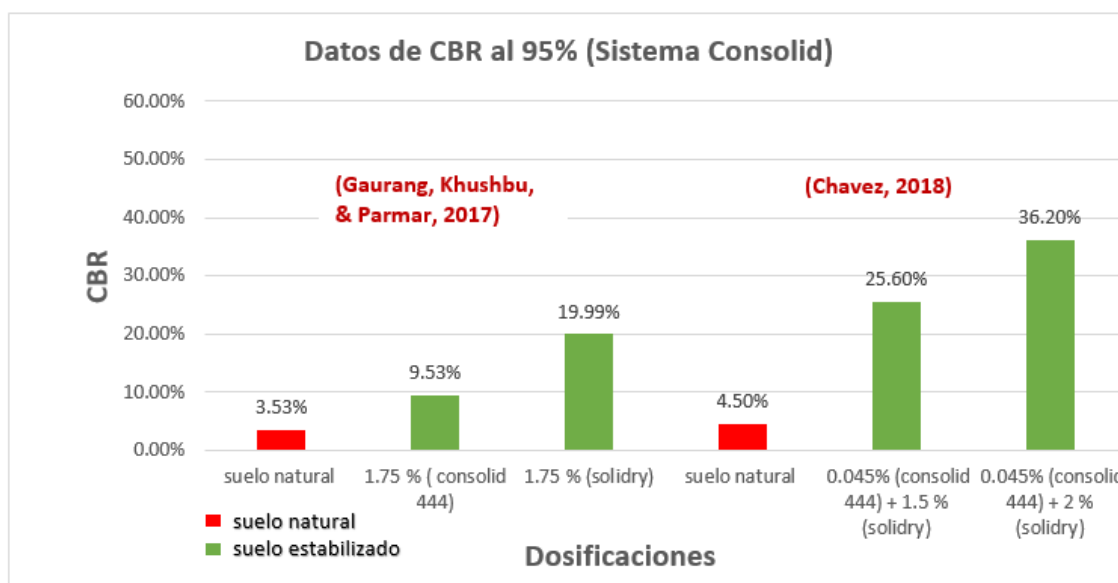


Figura 3. Comparación de resultados con el sistema consolid de (Gaurang, Khushbu, & Parmar, 2017) y (Chavez, 2018)

Aditivo proes

De acuerdo a su investigación elaborado por (Carranza & Fernandez, 2018), para los cuales ha realizado 8 exploraciones en campo de las cuales se extrajeron 16 muestras en total para ser ensayadas en laboratorio dicho estudio ha ejecutado los ensayos mecánicos para 4 calicatas (2,4,6,8), sin embargo, se mostrarán los resultados de una calicata correspondiente a la C-4 porque es el tramo más desfavorable, en cuanto a las propiedades físicas que presenta el material sin aditivo son: se determinó mediante la clasificación SUCS Y AASHTO un suelo CL (arcilla de baja plasticidad) y A-5(9) respectivamente y el suelo presento un límite líquido de 44.10% y índice de plasticidad de 8.90%, respecto a las propiedades mecánicas presento una MDS de 1.91 gr/cm³ y el valor de CBR al 95% fue de 3 % considerándose como una subrasante inadecuada; al emplear los aditivos proes y con-aid con las dosificaciones en líquido y sólido se presentaron los siguientes resultados: al aplicar el aditivo proes con una dosificación de 0.35 lt/m³ se redujo el IP de 8.90 % a 4.50%, por otro lado la MDS aumento de 1.91 gr/cm³ a 2.06 gr/cm³ y el valor de CBR incremento de 3% a 12%; sin embargo cuando se aplicó la dosificación de 0.35 lt/m³ + 50 kg/m³ de cemento portland la MDS incremento de 1.91 gr/cm³ a 2.22 gr/cm³ y el CBR de 3% a 60% de modo que la subrasante pobre paso a ser una subrasante excelente.

Asimismo, (Chavez, 2018) también utilizo el aditivo proes con las dosificaciones de 0.30 lt/m³ + 50 kg/m³ y 0.35 lt/m³ + 50 kg/m³ de cemento Portland respecto a la dosificación de 0.35 lt/m³ + 50 kg/m³ de cemento Portland ya que esta fue la dosificación apropiada se obtuvo los siguientes resultados: en cuanto a las propiedades físicas el IP se redujo de 25% a 7%, y según los ensayos de las propiedades mecánicas la MDS incremento de 1.739 gr/cm³ a 1.875 gr/cm³ y el CBR paso a ser de 4.5% a 45.7%. Dicha investigación concluyo que el aditivo proes mejoro la resistencia del suelo pasando a ser de una subrasante pobre a una subrasante excelente, además el investigador mencionó que el índice de plasticidad del suelo también disminuyo.

Sin embargo en la investigación elaborada por (Castillo, 2018), quien realizó un estudio de 10 calicatas de las cuales se analizaron 3 calicatas para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas con porcentajes de dosificación de (0.23, 0.27, 0.30, 0.33) lt/m³ + 45 kg/m³ de cemento portland, la dosificación optima en dicho estudio fue de 0.27 lt/m³ + 45 kg/m³ de cemento portland de los cuales se mostraran los resultados del tramo más desfavorable siendo en la C-3 siendo estos los siguientes: para los ensayos de las propiedades físicas se determinó según las clasificación SUCS Y AASHTO es suelo fue una arcilla de baja plasticidad (CL) y A-6 (10) respectivamente, el IP se redujo de 15.40% a 8.50%, para el caso de los ensayos de propiedades mecánicas la MDS aumento de 1.370 gr/cm³ a 1.660 gr/cm³ y el valor de CBR incremento de 6.9% a 75 %. La investigación comprobó que el aditivo proes con la dosificación optima de 0.27 lt/m³ + 45 kg/m³ de cemento portland mejora las propiedades mecánicas del suelo clasificándolo así a la subrasante de regular a excelente.

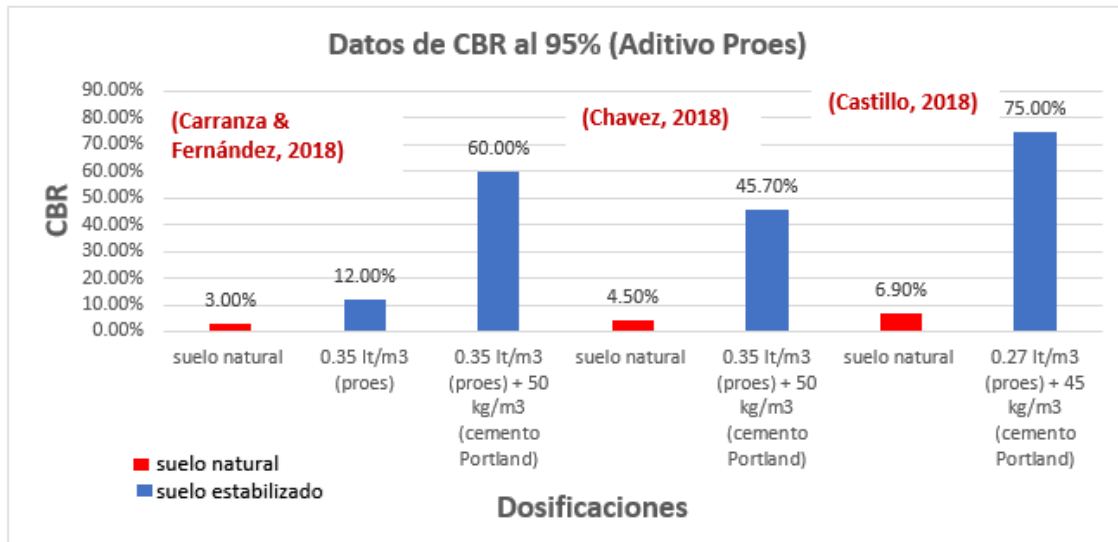


Figura 4. Comparación de resultados con el aditivo proes de (Carranza & Fernández, 2018); (Chavez, 2018) y (Castillo, 2018)

Aditivo con-aid

Según la investigación realizada por (Carranza & Fernandez, 2018) al emplear una dosificación de 0.05 lt/m³(con-aid) produjo los siguientes cambios en el suelo: en cuanto a las propiedades físicas el índice de plasticidad se redujo de 8.90% a 3.5% y respecto a las propiedades mecánicas la MDS paso a ser de 1.910 gr/m³ a 2.050 gr/m³ y el CBR de 3.00% a 10.00%; más aún cuando se agregó una dosificación de 0.05 lt/m³ + 50 kg/m³ de cemento portland la MDS aumento de 1.910 gr/cm³ a 2.160 gr/cm³ y lo más importante fue que el valor de CBR también incremento de 3.00% a 52.00% considerándose así una subrasante excelente. El investigador concluyo que el aditivo con-aid mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Asimismo (Palomino, 2006) realizo ensayos en laboratorio con el aditivo con-aid con el fin de determinar la óptima dosificación de aditivo aplicado en arcillas de baja plasticidad (CL), dicho estudio trabajo con 0.05 lt/m³ y 0.06 lt/m³, y se determinó que la óptima dosificación fue de 0.06 lt/m³ y esto presento los siguientes resultados: la MDS se elevó de 1.940 gr/cm³ a 2.00 gr/cm³ y en cuanto al CBR incremento de 9.18% a 19.92% pasando hacer de una subrasante regular a buena. Las conclusiones fueron que en el laboratorio se obtuvieron un comportamiento favorable de las propiedades mecánicas del suelo, además dicha investigación concluyo que el aditivo con-aid actúa en el suelo haciendo perder el agua en las partículas del suelo, por lo tanto, estas se acomodan íntimamente unas con otras, incrementando la capacidad de soporte del suelo.

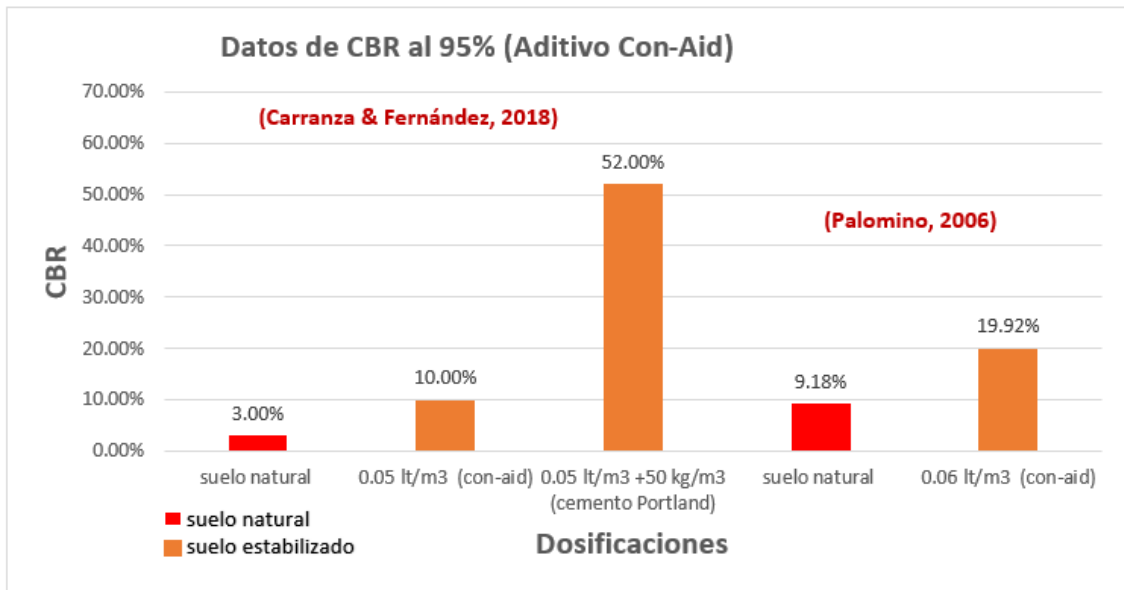


Figura 5. Comparación de resultados con el aditivo con-aid de (Chavez, 2018) y (Palomino, 2006)

Resumen de las dosificaciones óptimas de los aditivos sistema consolid, proes y con-aid

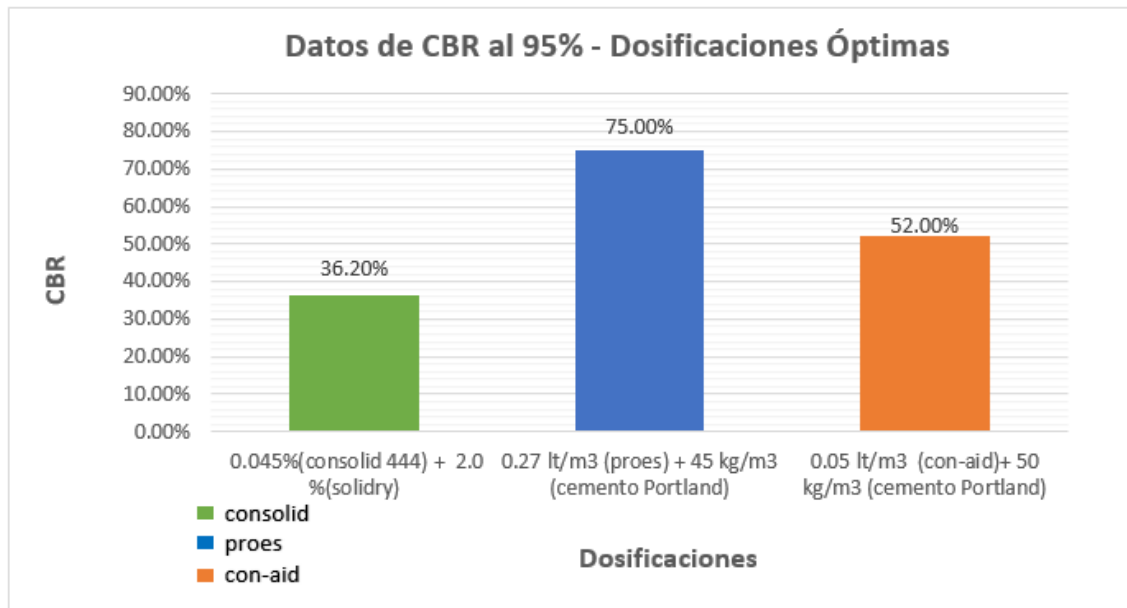


Figura 6. Comparación de dosificaciones óptimas de (Chavez, 2018); (Castillo, 2018) y (Carranza & Fernandez, 2018)

En la Figura 6 se muestran los resultados finales de las dosificaciones optimas de acuerdo a las investigaciones descritas anteriormente; para sistema consolid la dosificación es de 0.045% (consolid 444) + 2.00% (solidry), en cambio para el aditivo proes su dosificación es de 0.27 lt/m3 (proes) + 45 kg/m3 cemento Portland y por último el aditivo con-aid tiene una dosificación de 0.05 lt/m3 (con-aid) + 50 kg/m3 cemento Portland, las dosificaciones se aplicaran de acuerdo al tipo de suelo es por ello que se debe tener conocimiento del tipo de suelo a tratar y esto se refleja en los ensayos de laboratorio.

Asimismo, los valores de CBR se incrementan al emplear los aditivos y esto se evidencia en la figura 6, con el sistema consolid la subrasante paso a ser de una condición pobre a excelente con un valor de CBR de 36.20 %, del mismo modo al emplear el aditivo proes más la adición de cemento Portland presenta un CBR de 75.00% pasando a ser de una subrasante regular a una subrasante excelente y con el aditivo con-aid más la adición de cemento Portland la subrasante inadecuadas paso a ser una subrasante excelente con un CBR de 52.00%, todas las investigaciones mencionadas concluyeron que al utilizar un aditivo químico este mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo y esto se comprueba en la investigación realizada por (Zelada, 1992), el cual ha utilizado nuevas tecnología, como el uso de estabilizadores iónicos aplicados en los departamentos de Junín, Puno y Pasco, donde los suelos son principalmente arcillosos, dicha empresa concluyo de que se ha logrado reducir el índice de plasticidad de los suelos, el aumento de la máxima densidad seca y como consecuencia el aumento del CBR.

Se ha visto que algunas investigaciones han empleado dosificaciones en líquido y sólido, esto con el fin de determinar cuál es la mejora de capacidad de soporte del suelo en estudio, sin embargo, es recomendable trabajar con las dos combinaciones ya que el aditivo líquido es un inhibidor de asenso capilar y el que induce la modificación de la carga de las partículas del suelo para que se aglutinen más, en cambio el sólido es un impermeabilizador y potencializa el efecto del líquido elevando la capacidad de soporte, a esto hay que hacer mención de que el sistema consolid incorpora los dos aditivos, en cambio para los aditivos proes y con-aid su presentación es en líquido por lo tanto se utiliza cemento Portland para cumplir la condición de mejorar aún más la capacidad de soporte de los suelo.

CONCLUSIONES

Según el análisis se concluye que el aditivo proes con la adición de cemento Portland mejora las propiedades mecánicas del suelo, obteniéndose un valor de CBR de 75.00%. Por lo general cada aditivo sí aporta a la mejora de la subrasante y su uso es indispensable para ser aplicados en suelos que presenten subrasante en malas condiciones, sin embargo, haciendo un análisis de mercado los aditivos se distribuyen por galones con una capacidad de 20 litros y tiene los siguientes precios, para el sistema consolid es de S/. 134.40, el aditivo proes S/. 120.00 y el aditivo con-aid tiene un precio de S/. 330.00, además el precio del cemento Portland es de S/ 24.00. Por lo tanto, el aditivo proes aporta mayor resistencia y también es el más económico en el mercado.

Asimismo, en cuanto al lugar propuesto para la mejora de subrasante, según los ensayos de las propiedades físicas este suelo se clasifica como una arcilla de baja plasticidad (CL), en cuanto a las propiedades mecánicas presento una capacidad de soporte de 4.10% clasificándose como una subrasante pobre, por lo que es oportuno emplear el aditivo proes en sólido en las vías de acceso de la Asoc. María Magdalena ya que garantiza buenos resultados para el mejoramiento de la subrasante.

REFERENCIAS

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones . (2013). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Angulo, D., & Rojas, H. (2016). Ensayo de fiabilidad con aditivo proes para la estabilización de suelo en el AA.HH el Milagro. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Científica del Perú, Iquitos, Perú.
- Cabrejos, J. (12 de octubre de 2016). *Ingeniería Ambiental para la estabilización de suelos y construcción vial*. Obtenido de Sistema Consolid Perú: <https://www.sistemaconsolid.com/>
- Carranza, A. L., & Fernandez, D. C. (2018). Aplicación de los aditivos Proes y con-aid para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la vía de acceso al C.P. Barraza , Ladero, La Libertad 2018. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Castillo, P. (2018). Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores calamarca – huaso, la libertad, 2018. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.
- Chavez, R. (2018). Estudio Comparativo empleando el aditivo proes y consolid para la estabilización de suelos en caminos vecinales, 2018. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Crespo, C. (2007). *Caminos, ferrocarriles. aeropuertos, puentes y puertos*. México DF, México: LIMUSA.
- Das, M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México DF, México: CENGAGE Learning .
- Fayazh, B. (2018). Study of soil Stabilization with Cement and Demolition Waste in Highway Subgrade. *IJRASET*, 6, 1-5.
- Gaurang, C., Khushbu, B., & Parmar, N. (2017). A laboratory study of thickness desing of flexible pavement by the consolid system in black catton soil. *IJAERD*, 4, 1-5.
- Gil, F. (14 de agosto de 2007). *Tecnología de Pavimentos Proes*. Obtenido de Proestech Perú: <http://www.proes.cl/#resume>
- Palomino, R. (2006). Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rodríguez, A., & Castillo, H. (2012). *La ingeniería de Suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas*. México DF, México : LIMUSA.
- Willian, T., & Whitman, R. (2004). *Mecánica de suelos*. México DF, México : LIMUSA.

Zelada, W. (6 de stiembre de 1992). *Soluciones de Ingeniería*. Obtenido de Grupo de Tecnología de Materiales: <http://www.tdm.com.pe/>