

FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL Y CEMENTO TIPO I PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN AVENIDA VÍCTOR RAÚL, CENTRO POBLADO EL CARMELO, VIRÚ, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jhony Jamilthon Avila Valencia
Katerin Arleny Rodríguez Solano

Asesor:

Mg. Germán Sagástegui Vásquez

Trujillo - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	1
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.3. BASES TEÓRICAS	24
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	44
1.5. OBJETIVOS	44
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	44
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44
1.6. HIPÓTESIS	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	46
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
2.3. VARIABLES	47
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS).....	49
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	54
2.6. PROCEDIMIENTO	58
CAPITULO III: RESULTADOS	78
3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO	78
3.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO	78

3.1.2.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR SUCS Y AASHTO	78
3.1.3.	CONTENIDO DE HUMEDAD	79
3.1.4.	LÍMITES DE CONSISTENCIA	80
3.1.5.	PROCTOR MODIFICADO	80
3.1.6.	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	83
3.1.7.	COMPRESIÓN NO CONFINADA	85
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		87
4.1.	DISCUSIÓN	87
4.1.1.	LIMITACIONES	87
4.1.2.	INTERPRETACIÓN COMPARATIVA	87
4.1.3.	IMPLICANCIAS	95
4.2.	CONCLUSIONES	120
4.3.	RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS		123
ANEXOS		128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Métodos de compactación de Proctor Modificado</i> _____	37
Tabla 2 <i>Diseño de investigación</i> _____	47
Tabla 3 <i>Matriz de clasificación de las variables</i> _____	49
Tabla 4 <i>Numero de ensayos de CBR para muestra natural</i> _____	51
Tabla 5 <i>Numero de ensayos de CBR con cal y cemento</i> _____	51
Tabla 6 <i>Numero de ensayos de Proctor para muestra natural</i> _____	52
Tabla 7 <i>Numero de ensayos de Proctor con cal y cemento</i> _____	52
Tabla 8 <i>Numero de ensayos de compresión no confinada para muestra natural</i> _____	53
Tabla 9 <i>Numero de ensayos de compresión no confinada con cal y cemento</i> _____	53
Tabla 10 <i>Lista de materiales</i> _____	54
Tabla 11 <i>Resumen del conteo vehicular</i> _____	67
Tabla 12 <i>Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos</i> _____	68
Tabla 13 <i>Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño</i> _____	69
Tabla 14 <i>Factores de Crecimiento Acumulado (Fca) Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE</i> _____	70
Tabla 15 <i>Datos de CBR y modulo resiliente para diseño de pavimento</i> _____	71
Tabla 16 <i>Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril</i>	71
Tabla 17 <i>Índice de Servicialidad inicial (Pi) según rango de tráfico</i> _____	72
Tabla 18 <i>Índice de Servicialidad final (Pt) según rango de tráfico</i> _____	72

Tabla 19 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico _____	73
Tabla 20 Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) _____	73
Tabla 21 Calidad del drenaje _____	74
Tabla 22 Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles _____	74
Tabla 23 Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_i _____	75
Tabla 24 Análisis granulométrico de las calicatas _____	78
Tabla 25 Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO _____	78
Tabla 26 Contenido de humedad de muestras patrón _____	79
Tabla 27 Límites de consistencia de las muestras patrón _____	80
Tabla 28 Ensayo de Proctor de las muestras patrón _____	81
Tabla 29 Ensayo de Proctor de la calicata C-1 con cemento _____	81
Tabla 30 Ensayo de Proctor de la calicata C-2 con cal _____	82
Tabla 31 Ensayo de Proctor de la calicata C-3 con cemento _____	82
Tabla 32 Ensayo de Proctor de la calicata C-4 con cal _____	83
Tabla 33 Ensayo de CBR para las muestras patrón _____	83
Tabla 34 Prueba de normalidad – Shapiro - Wilk _____	86
Tabla 35 Resultado de Análisis de la Varianza (Anova) _____	86

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Diferentes tipos de cal</i>	29
<i>Figura 2: Contenido de asfalto para estabilizar</i>	32
<i>Figura 3: Estructura de un pavimento flexible</i>	34
<i>Figura 4: Molde de ensayo CBR</i>	36
<i>Figura 5: Molde de ensayo de Proctor Modificado</i>	38
<i>Figura 6: Cantidad mínima de muestra para realizar el ensayo de contenido de humedad</i>	39
<i>Figura 7: Tamaño de los tamices para el ensayo de granulometría</i>	40
<i>Figura 8: Clasificación de suelos según la metodología SUCS</i>	42
<i>Figura 9: Clasificación de suelos según la metodología AASTHO 93</i>	43
<i>Figura 10: Tramo de 4 km de la avenida Víctor Raúl, El Carmelo, Viru</i>	59
<i>Figura 11: Ubicación de la calicata C-1</i>	60
<i>Figura 12: Ubicación de la calicata C-2</i>	60
<i>Figura 13: Ubicación de la calicata C-3</i>	61
<i>Figura 14: Ubicación de la calicata C-4</i>	61
<i>Figura 15: Tamaño de los tamices para el ensayo de granulometría</i>	63
<i>Figura 16 Ecuación para el diseño de un pavimento flexible</i>	76
<i>Figura 17 Calculo de W18 mediante software AASTHO 93</i>	76
<i>Figura 18: Resultados de CBR de suelos estabilizados con cal y cemento tipo I</i>	84
<i>Figura 19: Resultados de compresión no confinada para suelo natural y estabilizado</i>	85
<i>Figura 20: Contenido de humedad de muestras patrón</i>	97
<i>Figura 21: Límite líquido de la muestra patrón</i>	98
<i>Figura 22: Límite plástico de la muestra patrón</i>	99
<i>Figura 23: Índice de plasticidad de muestras patrón</i>	99
<i>Figura 24: Máxima densidad seca de muestras patrón</i>	101
<i>Figura 25: Contenido de humedad óptimo de muestras patrón</i>	101
<i>Figura 26: Máxima densidad seca de C-1 con 8% y 10% de cemento</i>	102
<i>Figura 27: Contenido de humedad óptima de C-1 con 8% y 10% de cemento</i>	103
<i>Figura 28: Máxima densidad seca de C-3 con 8% y 10% de cemento</i>	104

Figura 29: Contenido de humedad óptima de C-3 con 8% y 10% de cemento	104
Figura 30: Máxima densidad seca de C-2 con 8% y 10% de cal	105
Figura 31: Contenido de humedad óptimo de C-2 con 8% y 10% de cal	106
Figura 32: Máxima densidad seca de C-4 con 8% y 10% de cal	107
Figura 33: Contenido de humedad óptimo de C-4 con 8% y 10% de cal	107
Figura 34: Ensayo de CBR de muestra patrón a 0.1" de penetración	109
Figura 35: Ensayo de CBR de muestra patrón a 0.2" de penetración	109
Figura 36: CBR de la C-1 ensayado con 8% de cemento	110
Figura 37: CBR de C-1 ensayado con 10% de cemento	111
Figura 38: CBR de C-3 ensayado con 8% de cemento	112
Figura 39: CBR de C-3 ensayado con 10% de cemento	112
Figura 40: CBR de C-2 ensayado con 8% de cal	113
Figura 41: CBR de C-2 ensayo con 10% de cal	114
Figura 42: CBR de C-4 ensayado con 8% de cal	115
Figura 43: CBR de C-4 ensayado con 10% de cal	115
Figura 44: Muestras ensayadas con el suelo natural	116
Figura 45: Muestra de C-1 ensayada con 8% y 10% de cemento	117
Figura 46: Muestras de C-2 ensayadas con 8% y 10% de cal	117
Figura 47: Muestra de C-3 ensayadas con 8% y 10% de cemento	118
Figura 48: Muestra de C-4 ensayadas con 8% y 10% de cal	118
Figura 49: Tránsito en la avenida Víctor Raúl, el carmelo Virú	128
Figura 50: Estado de la avenida Víctor Raúl, el carmelo Virú	128
Figura 51: Calicata C-1 de la Avenida Víctor Raúl El Carmelo - Viru	129
Figura 52: Calicata C-2 de la Avenida Víctor Raúl El Carmelo - Viru	129
Figura 53: Calicata C-3 de la Avenida Víctor Raúl El Carmelo - Viru	130
Figura 54: Toma de la altura de la Calicata C-4	130
Figura 55: Muestras de suelo de la calicata C-4	131
Figura 56: Calicata C-4 terminada	131
Figura 57: Tamizado de las muestras de suelo	132
Figura 58: Tamizado de la muestra por la malla N° 200	132
Figura 59: Pesado de la muestra para Limite liquido	133
Figura 60: Secado de la muestra en el horno por 24 horas	133

Figura 61: Compactación del material para el ensayo de CBR _____	134
Figura 62: Ensayo de compresión no confinada _____	134
Figura 63: Ensayo de compresión no confinada _____	135
Figura 64: Ensayo de CBR _____	135

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en el laboratorio de cerámicos y suelos de la Universidad Nacional de Trujillo, se determinó la influencia de la cal y cemento tipo I en la estabilización de la subrasante de la avenida Víctor Raúl, centro poblado el Carmelo, provincia de Virú. Para esta esta tesis se utilizó un diseño experimental, cuasi experimental, el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó mediante la técnica de observación, el instrumento usado fue la guía de observación. Para esta investigación se realizó 4 calicatas y se realizó ensayos de CBR agregando 8% y 10% de cal y cemento, logrando aumentar su CBR de 5.75% hasta 54.50% con cal y 57.94% con cemento, una resistencia de 0.90 kg/cm² hasta 2.00 kg/cm² con cal y 2.05 kg/cm² con cemento para compresión no confinada, para Proctor la M.D.S. paso de 1.54 gr/cm³ a 1.86 gr/cm³ con cemento y 1.80 gr/cm³ con cal, su contenido de humedad optimo paso de 18% a 12% con cemento, de 16% a 12% con cal. Se concluye que ambos estabilizantes en estas cantidades de 8% y 10% logran una subrasante excelente, pero con el 10% de cemento se logran los valores más altos.

Palabras claves: cal, cemento portland, estabilización, suelos, subrasante, CBR

ABSTRACT

The present research was carried out in Trujillo, in the laboratory of ceramics and soils of the National University of Trujillo, the influence of lime and cement type I in the stabilization of the subgrade of Victor Raul Avenue in the town of El Carmelo, province of Viru was determined. For this thesis an experimental, quasi-experimental design was used, the sampling was non-probabilistic by judgment, the data collection was carried out by means of the observation technique, the instrument used was the observation guide. For this research, 4 pits were dug and CBR tests were performed by adding 8% and 10% of lime and cement, achieving an increase in CBR from 5.75% to 54.50% with lime and 57.94% with cement, a resistance of 0.90 kg/cm² to 2.00 kg/cm² with lime and 2.05 kg/cm² with cement for unconfined compression. 00 kg/cm² with lime and 2.05 kg/cm² with cement for unconfined compression, for Proctor the M.D.S. went from 1.54 gr/cm³ to 1.86 gr/cm³ with cement and 1.80 gr/cm³ with lime, its optimum moisture content went from 18% to 12% with cement, from 16% to 12% with lime. It is concluded that both stabilizers in these quantities of 8% and 10% achieve an excellent subgrade, but with 10% cement the highest values are obtained.

Key words: lime portland cement, stabilization, soils, subgrade, CBR

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Benavides, F. (2016). *Comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, al adicionar cemento portland, 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad de Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Calle, E, & Olivera, J. (2019). *Uso de la técnica base suelo cemento en el pavimento flexible de la Av. Los Algarrobos entre Av. R y Av. Las amapolas -26 de octubre –Piura*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Carvajal De La Rosa, E & Pozo, D. (2019). *Estudio de suelo, estabilización del material granular existente con cemento mh y diseño de pavimento flexible en las calles del sector la Milina, Parroquia José Luis Tamayo, Cantón Salinas, provincia de Santa Elena*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Castillo, B. (2017). *Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Chávez, D, & Odar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Estrada, F, & Pintado, J. (2019). *Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo i y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

- Flores, J. (2015). *Estabilización de suelos con fines de conformación de la estructura de un pavimento flexible estabilizado con cemento en la ciudad de Juliaca*. (Tesis de pregrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú.
- García, A. (2015). *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Peru.
- García, M & Diaz, L. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Gavilanes, E. (2015). *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. (Tesis de pregrado). Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador.
- Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Ambato, Ecuador.
- Guerrero, R (2019). *Capacidad portante de suelo cohesivo estabilizado con cal y sulfato de calcio en 10%, 15% y 25%*. (Tesis de pregrado). Universidad de Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Quimis, A. and Moreno, L., 2018. Metodología De La Investigación Científica. 1st ed. Manabí: Área de innovación y desarrollo, S.L, p.132.
- Hidalgo, D. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Hernández, J., Mejía, D. & Zelaya. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador*. (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.

Huancoillo, Y. (2017). *Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvió Huancané – Chupa – Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Landa, J, & Torres, M. (2019). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru.

Lopez, J, & Ortiz, G. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización san Luis de la ciudad de Abancay*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú.

Lujerio, L. (2018). *Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú-Huaraz*. (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Perú.

Mamani, M (2018). *Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Perú.

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para la construcción –EG 2013. Tomo I. [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de, http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Perú. [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de octubre del 2018 de,

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Moale, A & Rivera, E. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.

Moreno, V, & Rodriguez, S. (2019). *Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Ancash – 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Perú.

MTC (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de octubre del 2018 de, https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Niño, A. (2018). *Adición de cal para mejora de suelos con fines de cimentación en condominio monte - carmelo, distrito el Carmen - Chíncha - Ica, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Oliveira, M., Correa, R., y Tavares V. (2008). Patologías em pavimento flexível. *Unitoledo*. Recuperado de <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/2179>

Pereira, R. S., Emmert, F., Miguel, E. P., & Gatto, A. (2018). Soil Stabilization with Lime for the Construction of Forest Roads. *Floresta e Ambiente*, 25(2). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.007715>

Péterfalvi, J., Primusz, P., Markó, G., Kisfaludi, B., & Kosztka, M. (2015). Evaluation of the Effect of Lime-Stabilized Subgrade on the Performance of an Experimental Road Pavement. *Croat. j. for. Eng.*, 14.

- Pico, J. (2016). *Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Pérez, w, & Torres, J. (2015). *Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad*. (Tesis de pregrado). Universidad de Santander, Colombia.
- Robles, J. (2018). *Análisis y estabilización de arcilla negra con cloruro de sodio (NACL), arena pómez, cal y cemento, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2010). Norma ce.010 pavimentos urbanos. Recuperado de <https://bit.ly/32eEdfK>
- Rodriguez, M. (2019). *Influencia de los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de la base de pavimentos flexibles -Trujillo, 2019*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Rodriguez, V, & Alcántara, J. (2019). *Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo I más cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el porvenir - La Libertad* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
- Rodríguez, M., Echaveguren T., y Thenoux., G. (2017). Including reliability in the AASHTO-93 flexible pavement design method integrating pavement deterioration models. *Revista de La Construcción*, 16(2), 284-294. <https://doi.org/10.7764/RDLC.16.2.284>
- Vasquez, A. (2018). *Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la Vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de sub rasante*. (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Perú.

Zaika, Y. (2019). Design of improved lime expansive soil for embankment of flexible pavement. International Journal of Geomate, 17(60).
<https://doi.org/10.21660/2019.60.8116>