

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO
ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL
Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON
SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Vinklinton Yajahuanca Acuña

Asesor:

Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar en momentos duros; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres Grabiél y Leonor, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana Elizabeth que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de madre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Expresar mi agradecimiento a la Universidad Privada del Norte, mi Alma Mater por haberme aceptado ser parte de ella y abrirme las puertas de su seno científico y poder estudiar mi carrera, así como a los diferentes docentes que día a día nos brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

A mis Asesores, Ing. Roger Cerquín Quispe por haberme permitido recurrir a su capacidad y conocimientos para llevar a cabo mi trabajo de investigación, y al Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen, por haber tenido la paciencia para guiarme en el desarrollo de este trabajo.

Por último, agradezco también a mis amigos, puesto que gracias a su compañerismo han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
FÓRMULAS.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos.....	17
1.4. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO II. MÉTODO	19
2.1. Tipo de investigación.....	19
2.2. Diseño de Investigación.....	20
2.3. Variables de Estudio.....	20
2.4. Población y muestra	21
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	22
2.5.1. Técnicas de Recolección de Datos	22
2.5.2. Instrumentos para la recolección de Información.....	22
2.5.3. Análisis de datos	23
2.5.4. Procedimiento.....	23
2.5.5. Aspectos éticos	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS	27
3.1. Calicatas y puntos de exploración.....	27
3.2. Descripción del Perfiles Estratigráficos.....	27
3.3. Clasificación de Suelos	27
3.4. Rendimientos	28
3.5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	29
3.5.1. Análisis de costos unitarios de pavimento de pavimento rígido convencional	29
3.5.2. Análisis de costos unitarios de pavimento rígido con base estabilizada de suelo - cemento	32

3.5.3. Determinación de costo por m2 de pavimento rígido convencional y pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.	34
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	37
4.1. Discusión	37
4.2. Implicancias	42
4.3. Limitaciones.....	43
4.4. Conclusiones	43
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de calicatas para exploración de suelos.....	22
Tabla 2. código de la calicata y coordenadas	27
Tabla 3. Clasificación de suelos.....	28
Tabla 4. Costo Directo por m ² de pavimento de pavimento rígido convencional (Base granular)	34
Tabla 5 Costo por m ² de pavimento con base estabilizada de suelo - cemento	35
Tabla 6. Espesores de diseño obtenidos	37
Tabla 7 Conteo vehicular por tipo de Carga – área de influencia Jr. Perea	72
Tabla 8. Valor de k de subrasante incrementada	77
Tabla 9. Valor de k de subrasante incrementada	77
Tabla 10. Espesores h de las losas	79
Tabla 11. Tabla de relaciones CBR y coeficiente C.....	81
Tabla 12. Valor de k de subrasante incrementada	89
Tabla 13. Módulo de subrasante vs espesores h de las losas	91
Tabla 14. Tabla de relaciones CBR y coeficiente “C”	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cantera	24
Figura 2. Comparación de costo por m ²	36
Figura 3. Comparación de costo por m ²	39
Figura 4. Comparación de costos por partidas título: movimiento de tierras	39
Figura 5. Comparación de costos por partidas título: Obras de concreto simple	40
Figura 6. Comparación de costo por insumo: Mano de obra	41
Figura 7. Comparación de costo por insumo: Materiales	41
Figura 8. Comparación de costo por insumo: Equipo.....	42
Figura 9. Diseño de pavimento rígido convencional.....	84
Figura 10. Diseño de pavimento Suelo – Cemento	96
Figura 11. Contenido de Humedad y Compactación (CBR).....	102
Figura 12. Ensayo de Hinchamiento (CBR)	102
Figura 13. Ensayo de Penetración (CBR).....	102
Figura 14. Ensayo de Proctor Modificado con suelo-cemento (Método A)	103
Figura 15. Ensayo de Hinchamiento (CBR)	103
Figura 16. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR) con presencia del Asesor.....	103
Figura 17. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR) con presencia del Asesor.....	104
Figura 18. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR).....	104
Figura 19. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR).....	104
Figura 20. Preparación de Muestra para Ensayo de compresión simple.	105
Figura 21. Probetas y respectivo curado para Ensayo de compresión simple.....	105
Figura 22. Ensayo de compresión simple 1.....	105
Figura 23. Ensayo de compresión simple 2.....	106
Figura 24. Ensayo de compresión simple 3.....	106
Figura 25. Ensayo de compresión simple 4.....	106

FÓRMULAS

Fórmula 1. Esquinas no protegidas (Neumáticos simples).....	92
Fórmula 2. Esquinas protegidas (Neumáticos simples).....	92
Fórmula 3. Esquinas no protegidas (Neumáticos dobles)	92
Fórmula 4. Esquinas protegidas (Neumáticos dobles)	93
Fórmula 5. Sheets con transferencia de carga	93
Fórmula 6. Sheets sin transferencia de carga	94
Fórmula 7. Dr. Gerald Pickett	95
Fórmula 8. Royal de Bradbury	95

RESUMEN

Esta investigación de tipo descriptivo, no experimental, transeccional, comparativo, tiene como objetivo determinar la diferencia del costo unitario entre un pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento. Su desarrollo consta de tres etapas. La primera comprende la recolección de muestras y ensayos de laboratorio. La segunda los diseños de pavimentos mediante la Portland Cement Association para determinar los espesores del pavimento de concreto rígido convencional y el de base estabilizada con suelo-cemento. La tercera el análisis de costos por metro cuadrado. En sus resultados se obtuvo espesores en el pavimento de concreto convencional una losa de $e=0.18\text{m}$, base granular $e=0.35\text{m}$, mejoramiento de subrasante con geomallas, siendo mayores a los obtenidos del pavimento de base estabilizada con suelo-cemento losa $e=0.15\text{m}$ y base suelo-cemento $e=0.15\text{m}$. El costo unitario por metro cuadrado del pavimento rígido convencional es de S/. 177.27 y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento S/. 121.94. Finalmente, se cumple la hipótesis que la variación entre el costo unitario de un pavimento rígido convencional es más del 25% mayor que el costo de un pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, debido a que el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento presentó una reducción de costos en un 31,21% producto de menores movimiento de tierras y del acarreo de materiales.

Palabras clave: Costo unitario, pavimento rígido, base estabilizada, suelo-cemento.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El progreso de la tecnología alcanzado por la sociedad actual en las décadas más recientes, ha dado la posibilidad de crear de manera persistente una disposición completa de nuevos materiales, que les permiten satisfacer sus necesidades de desarrollo incansables en la construcción. Hoy en día, las vías rurales a través del mantenimiento correctivo tradicional, aplican base granular y aplanan el terreno con maquinaria, pero la práctica de esta modalidad ofrece limitada durabilidad, pues una vez llegada la época de lluvias se produce un deterioro acelerado que afecta el tránsito y el confort de los usuarios. Esto llevaría a que alternativas de menores costos directos terminaran convirtiéndose en un paliativo de corta duración y de mayor costo final. Fue entonces cuando se presentó la opción del sistema de pavimentación “Suelo-Cemento”.

A continuación, se definirá el término pavimento como tal y según el MTC (2006) el pavimento “es la estructura construida sobre la subrasante, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito. De manera semejante, considerando la EG (2013) que existen dos tipos de pavimentos: el pavimento asfáltico y el pavimento rígido; este último responde al trabajo en la elaboración o fabricación de mezclas de concreto hidráulico con cemento Portland, con o sin refuerzo, sobre una superficie debidamente preparada. (MTC, 2006)

Por otro lado, en la actualidad se buscan técnicas adecuadas para mejorar el comportamiento del pavimento, surgiendo entre otras alternativas la estabilización a base de suelo y cemento, la misma que consiste en la construcción de una o más capas

de suelos estabilizados con cemento Portland y demanda para su apropiada práctica, material selecto y reducidas cantidades de cemento; el cual presenta una gran versatilidad puesto que permite extender de manera considerable la utilización de casi todos los suelos como materiales de construcción. (Fuente, 2013)

La ejecución de un suelo-cemento en sitio incluye las siguientes operaciones: el estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, la preparación de la superficie existente, la fabricación y extensión del suelo, su humectación o desecación del suelo, la distribución del cemento, la ejecución de la mezcla, la compactación, la terminación de la superficie y el curado y protección superficial. (Instituto Español del cemento y sus aplicaciones, 2014)

Anteriormente, esta idea comenzó a gestarse hace miles de años y estudiarse metódicamente entre los años 1910 y 1920. En Inglaterra, en 1917, Brooke Bradley empleó con éxito una mezcla de cemento con suelos arcillosos en la construcción de carreteras. Sin embargo, a pesar de los excelentes resultados, la técnica no fue usada posteriormente. Por el contrario, ese mismo año en los Estados Unidos, su uso se incrementó a partir de la patente de Joseph Hay Amies, de una mezcla de suelo con cemento llamada Soilamies. El esfuerzo conjunto de la Portland Cement Association (PCA), el Bureau of Public Roads y el Highway Department del estado de Carolina del Sur contribuyó al desarrollo tecnológico de la estabilización de suelos con cemento, realizando diversos tramos experimentales de carreteras entre 1930 y 1940. (Federación Interamericana del Cemento, 2007).

“El cemento se introdujo como estabilizador para construir una calle en Sarasota”, FL, en 1915 ACI (1997), y “la cal se involucró por primera vez en tramos

cortos de carreteras con la expansión de las carreteras para atender el crecimiento del tráfico de vehículos en 1924” (Akbar, Olgun, Asghar, & Shojaei, 2017).

Después de la Segunda Guerra Mundial se inician en España y Latinoamérica las primeras experiencias con suelo - cemento aplicado en carreteras, siendo Argentina, Colombia y El Salvador ejemplos de países con más de 50 años de experiencia en la construcción de caminos de este tipo. (Federación Interamericana del Cemento, 2007)

El uso de esta técnica para mejorar las propiedades de las capas de soporte de pavimentos viene teniendo una amplia aceptación en las diferentes categorías de la red vial. En América se utiliza en países como El Salvador, Brasil, Guatemala, Colombia, etc.

En El Salvador el 95% de los caminos rurales pavimentados tienen base de suelo cemento, y en los últimos diez años, el 100% de nuevas vías urbanas e interurbanas se han construido utilizando bases de suelo cemento con excelentes resultados (González R. , 2019). Colombia, actualmente ha normalizado el proceso de mejoramiento de suelos con cemento con ayuda de varias entidades como el INVIAS con el artículo 350 de las especificaciones generales de construcción de carreteras en el cual establece el procedimiento constructivo y las características que debe tener el suelo antes de llevar a cabo el proceso de estabilización (García, 2019).

A nivel internacional García (2019) en Colombia realizó un “Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín” en el que recomienda garantizar el contenido óptimo de agua y el tiempo de curado mínimo para lograr obtener la resistencia máxima requerida por el diseño, ya que como se observó en los resultados la resistencia

máxima de las mezclas con 12% de cemento presentaba una disminución cuando eran menores los tiempos de curado. (García, 2019)

Anteliz y Vargas en Bogotá – Colombia (2018) realizaron el estudio “Análisis comparativo de Costos de Pavimento rígido y Suelo - cemento en la construcción de senderos Peatonales Rurales” hallando que las tablas de costos permitieron comparar los materiales, mano de obra, equipos y herramientas, utilizados en cada tramo de prueba para establecer el costo por metro cuadrado, siendo el suelo cemento igual o más económico en todos los ítems. El costo estimado para 160.38 metros cuadrados alcanzó 2 282 621 pesos colombianos para suelo-cemento a comparación de 9.798.388,42 en pavimento rígido. (Anteliz & Vargas, 2018)

En este sentido, Arévalo (2014) en Colombia por su parte encontró que las estructuras típicas de pavimento formadas por materiales de subbase granular y base granular tienden a ser muy costosas, debido a las distancias de acarreo. A diferencia del suelo afirmado con cemento, se pudo determinar que para este caso en particular es económicamente más barato hasta una distancia de acarreo de 32 Km; y para distancias mayores, la mejor opción es considerar utilizar material In Situ para estabilizar. (Arevalo, 2014)

En el Perú, gran parte de los caminos son de bajo volumen de tránsito, siendo una de las causas por lo que no son viables para una pavimentación ya sea con concreto rígido o pavimento asfáltico; dejando los caminos a nivel de afirmado o tan solo en trocha, es por ello que a falta de mantenimiento se deterioran con facilidad produciéndose diferentes tipos de fallas, entre las que destaca el levantamiento de polvo. Por otro lado, dentro del proceso de construcción con cambios producidos por los desastres naturales, la técnica de suelo cemento se recomienda para las distintas

regiones del Perú, sobre todo en las más vulnerables. De esta manera, se puede acelerar la recuperación de la infraestructura vial y así, mejorar la calidad de vida de las comunidades (Asociación de Productores de Cemento, 2017).

Algunos estudios que sobresalen como de Calle y Olivera (2019) en Piura denominado “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” hallando que la estabilización con suelo - cemento obtiene mejores valores de CBR, además el pavimento aumentará su resistencia con el tiempo y a un menor costo de estabilizar con suelo agregado. El costo aproximado de un pavimento de base granular es de S/.892 363.00 y el de base suelo cemento es de S/.403 562.85; esto es, los costos de suelo cemento responden a la mitad del pavimento de base granular. (Calle & Olivera, 2019)

Palacios (2019) en Piura realizó el análisis técnico-económico del suelo-cemento en pisos de viviendas. Iniciativa que toma con el fin de conocer la mezcla, analizándola técnica y económicamente, como un nuevo material de construcción, el mismo que puede ser utilizado como base en pisos de viviendas. En sus hallazgos encontró que el costo de un m² de suelo-cemento es 36.9% menor respecto a uno de concreto simple. Al mismo tiempo concluye que la relación: costo de suelo-cemento / costo de falso piso = S/. 37.24/ 59.01= 0.631%

Aliaga y Soriano (2019) en Lima realizaron el estudio “Análisis comparativo de estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica en bases granulares” hallando que el presupuesto para 1 km de 4 metros de ancho por afirmado de tramo es de S/. 88 720.00, para afirmado y Base Estabilizada con Cemento de tramo S/. 90 200.00 y por afirmado y Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica de tramo de S/. 152

360.00. Luego de haber realizado la comparación, concluyó que la estabilización que presenta mejores resultados según los ensayos de laboratorio, es el cemento portland por la que recomienda optimizar los porcentajes en la dosificación de cada estabilizador, con la finalidad de reducir sus cantidades y, por ende, reducir costos de material. (Aliaga & Soriano, 2019)

De la Torre (2018) en Lima realizó el estudio “Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento portland para el proyecto de conservación vial Puno Tacna tramo Tarata – Capazo – Mazocruz” estimando que las capas estabilizadas con cemento Portland son las más económicas ante los requerimientos del proyecto debido al costo y parcialmente al proceso de manufacturación de las emulsiones asfálticas. Los presupuestos para base integral S/. 26,315,192.56; para base estabilizada con cemento Portland S/. 28,670,040.85 y para base estabilizada con emulsión asfáltica de S/. 29,931,961.26. (De la Torre, 2018)

De la misma manera Arapa & Rivera (2017) en Arequipa realizaron el diseño suelo cemento siguiendo la metodología Portland Cement Association obteniendo una mezcla suelo cemento de 0.15m de espesor y una superficie bituminosa de 0.025 m la cual será desempeñará la función de recubrimiento y protección a la mezcla suelo cemento. Luego afirma que el pavimento Suelo – cemento presenta un costo menor en 38.10% (S/.3'137,034.13) a un pavimento asfáltico en frío (S/. 4'811,132.09), además relacionando el tiempo de ejecución, la construcción de un pavimento suelo cemento tarda un 25.00 % menos que el pavimento asfáltico en frío, cumplirá las necesidades. (Arapa & Rivera, Evaluación del Análisis comparativo de Alternativas de Solución para el diseño del Pavimento de la Carretera acceso a Chilata y Zachigua en el Distrito de Puquina, 2017)

Igualmente, años después otro estudio realizado por Cortes & Fernández (2015) en Lima encontraron que la mezcla suelo cemento adicionando zeolita se posee buenos resultados con los tres tipos de suelos utilizados, a diferencia del biopolímero que solo mejoró uno (Huaycán). Adicionalmente menciona que la utilización de material de cantera para la estabilización de suelos o vías a nivel de afirmado hacen que el costo de la construcción de carreteras aumente; por esto la utilización de aditivos químicos hace posible la utilización de los suelos in situ para la construcción de vías con una carpeta resistente, de bajo costo y con una vida útil mucho más larga que una vía de afirmado convencional. (Cortes & Fernández, 2015)

En Cajamarca, nuestra realidad no parece ser ajena a la nacional y a pesar que se pueden implementar técnicas y tecnología más avanzada en la construcción, poco o nada se hace. Por otro lado, las vías urbanas donde necesariamente hace falta la pavimentación, el ingeniero civil se ha visto obligado a solo proponer el diseño de pavimentos rígidos sin tomar en cuenta otras técnicas más eficientes y económicas para la ejecución y mejoramiento de suelos. La misma que incluye capas de elevada capacidad de soporte y resistentes a los agentes atmosféricos, como también la protección al medio ambiente el cual impone mayores limitaciones de búsqueda y explotación de canteras, práctica que por muchos años ha sido utilizada. Por otro lado, surge la posibilidad de reducir espesores de capas que conforman la estructura del pavimento sin reducir la capacidad estructural de la misma.

Bajo los argumentos señalados, nace la necesidad de realizar un análisis comparativo del costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo – cemento en Cajamarca, dado que en la construcción civil y en especial la construcción de carreteras es indispensable el uso de suelo -

cemento para conformar la base en la cual estará soportada la estructura de la capa de rodamiento. A la vez, Cajamarca presenta en los últimos años un aumento en el desarrollo vial, por lo cual se hace necesario desarrollar métodos que reduzcan tiempo y recursos para elevar el desempeño de la red vial que actualmente se construyen, la misma que puede llegar a ser una alternativa atractiva para para municipios y sin dejar de satisfacer las expectativas de sus pobladores.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la variación de costo unitario entre un pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la variación de costo unitario entre un pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar el estudio de las propiedades de mecánica de suelos in situ para el diseño del pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.
2. Calcular los espesores del pavimento con base estabilizada y compararlos con los obtenidos en el pavimento rígido convencional del expediente del proyecto de creación del servicio de transitabilidad.
3. Determinar la variación de costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La variación de costo unitario entre el pavimento rígido convencional es más del 25% mayor que el costo de un pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito, es de tipo aplicada dado que está orientado a resolver problemas presentados en la actividad de la Ingeniería Civil. Para ello, partiendo de la teoría o investigaciones, se formulan problemas o la hipótesis a resolver, prestando especial importancia a la efectividad o deficiencia (Nicomedes, 2013). El uso del conocimiento y los resultados de la investigación dan como resultado una forma organizada, rigurosa y sistemática de conocer la realidad (Murillo, 2008).

Según profundidad es de tipo descriptivo, porque permitió conocer el sustento del análisis comparativo del costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca 2019; a través de la descripción exacta de los pasos y procedimientos desarrollados.

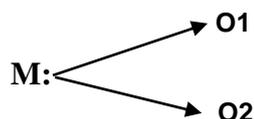
Según la naturaleza de los datos es de tipo cuantitativo, puesto que usó la recopilación de datos para probar una hipótesis, en base a la medición numérica y análisis estadístico, estableciendo patrones y comprobando la teoría. Esta recolección o medición es llevada mediante procedimientos estandarizados y aceptados (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

Según la manipulación de variables es no experimental; puesto que parte de los resultados que se muestran en la investigación no son producto de ensayos de laboratorio. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

2.2. Diseño de Investigación

El diseño optado en la presente investigación es transeccional - comparativo. Comparativo, dado que además del valor de las descripciones, explicación o interpretaciones de la realidad que se pudo realizar, se erigirá un insumo más para el diseño de pavimentos con el fin de observar las ventajas y desventajas del uno frente al otro y a la vez usar como un parámetro de referencia y fuente de legitimación. (Benites & Bernilla, 2014)

Esquema:



Donde:

M: Medición simultánea de análisis de costos unitarios

O: Información que se obtiene de espesores de pavimentos

O1= Espesor de la base estabilizada con suelo-cemento.

O2= Espesor de pavimento rígido convencional.

2.3. Variables de Estudio

Independiente:

Análisis de costos unitarios.

Dependiente:

Espesor de la base estabilizada con suelo-cemento.

Espesor de la base granular.

2.4. Población y muestra

Población

Como población se tomó a toda la obra de pavimentación convencional de concreto rígido en etapa de ejecución del proyecto “Creación del servicio de transitabilidad con la pavimentación del Jr. Perea entre Jr. Celendín y Jr. Señor de Huamantanga, del Jr. Señor de Huamantanga entre Av. La Paz y Av. Nuevo Cajamarca, del Jr. Jharettd Marcell entre Jr. Señor de Huamantanga y Jr. San Mateo, del Psje. Sol de Belén entre Jr. Señor de Huamantanga y Psje. Dully Marzzi, y del Psje. Dully Marzzi entre Psje. Sol de Belen y Jr. Jharettd Marcell - Sector 19 Nuevo Cajamarca, distrito Cajamarca, provincia de Cajamarca - Cajamarca”.

Muestra

El tipo de muestreo fue no probabilístico debido a que no se conoce la probabilidad que tienen las diferentes secciones del servicio de transitabilidad considerada como la población de estudio. El tipo de muestreo fue muestreo por conveniencia, ya que la muestra está disponible en el tiempo o periodo de investigación, debido a que el servicio de transitabilidad considerada como población se encuentra en la etapa de ejecución cuando se está realizando la presente investigación; por lo que la muestra quedó conformada por una sección de un metro cuadrado (m²) de pavimentación del Jr. Perea entre Av. Héroes del Cenepa y Jr. Señor de Huamantanga. El Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2006) recomienda que, de ser el caso carreteras de bajo volumen de tránsito, se realizará una (1) calicata por cada kilómetro de carretera, como indica la Tabla N° 14, sin embargo, de acuerdo al criterio profesional se realizó una (01) para fines de la presente investigación.

Tabla 1

Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	# mín de calicatas	Observación
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con $IMDA \leq 200$ Veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata x Km	La calicata se ubicará longitudinalmente y de forma alternada

Fuente: Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2013)

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para la presente investigación se tuvo en cuenta el uso de la observación directa dado que todos los parámetros obtenidos se observaron directamente en su contexto natural en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte. Estos parámetros de la Calicata (C-01), más el estudio de tráfico obtenido del expediente técnico del Jr Perea servirán de base para el diseño de la Pavimentación a base de suelo con cemento por el método The Portland Cement Association. Así mismo se utilizó un expediente técnico para obtener de este el diseño del pavimento rígido el mismo que servirá de patrón para la comparación con el nuevo diseño.

2.5.2. Instrumentos para la recolección de Información.

Se hizo uso de los protocolos para ensayos de laboratorio, hoja de diseño por the portland cement association y el formato de análisis de precios unitarios (Ver

Anexos). Estos formatos cumplieron con los objetivos y variables planteados en el presente estudio.

2.5.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos se hizo uso de la estadística descriptiva a través del procesamiento de datos organizados en tablas y gráficos estadísticos por medio de una hoja de cálculo en Microsoft Excel.

2.5.4. Procedimiento

Para recolectar datos.

Para la recolección de datos se procedió inicialmente a la extracción de muestras de suelos, mediante excavación manual en el Jr. Perea. Asimismo, para la selección de la muestra representativa se procedió al cuarteo in-situ y realizar así su posterior estudio en laboratorio.

Para la obtención de muestras para contenido de humedad, se procedió a extracción de muestras inalteradas por corte en bloque, tallando un bloque de 30 por 30 cm para luego sellar con tres capas de plástico film y conservar la humedad de la muestra y protegerlo durante el transporte.

El transporte del material desde el Jr. Perea (ver ubicación en anexo N°1) hasta la Universidad privada del Norte, se realizó en bolsas cubiertos por sacos de polietileno para evitar derrames o pérdida de material.



Ubicación Geográfica

Departamento:	Cajamarca
Provincia:	Cajamarca
Distrito:	Cajamarca
Dirección:	Jr. Perea

Coordenadas UTM de la Calicata

Este:	776282.02
Norte:	9205587.90
Cota:	2733.80
Zona:	17 S
Datum:	WGS-84

Figura 1. Ubicación de la cantera

Los estudios de suelos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, así como los diferentes ensayos para su clasificación:

- Contenido de Humedad (NTP 339.127)
- Densidad Natural – Método Volumétrico (ASTM D 854)
- Peso específico (ASTM C127-04)
- Límites de consistencia o de Atterberg (NTP 339.129)
- Análisis granulométrico por lavado (NTP 339.128)
- Análisis granulométrico por Sifonaje.
- Clasificación de Suelos unificados (NTP 339.134)
- Ensayo de Compactación Proctor Modificado (ASTM D1537.91-98)
- Ensayo California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883)
- Ensayo de compresión simple de probetas de suelo-cemento

Una vez obtenido el California Bearing Ratio o Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR), tanto para la base como para la subrasante y el ensayo de resistencia a compresión simple para el suelo-cemento, se procedió al diseño del pavimento con base estabilizada con suelo-cemento, la misma que para un comportamiento adecuado, la EG. 2013 especifica que la mezcla se debe diseñar mediante el método de la Portland Cement Association (PCA). Una vez obtenidos los espesores de los componentes del pavimento Suelo-cemento, estos servirán de base para la comparación con el pavimento de concreto hidráulico diseñado ya en el expediente para el Jr. Perea (Ver anexo 9).

Por último, se realizó una comparación mediante el uso de una plantilla de análisis de precios unitarios a fin de comparar por unidad de producción las partidas de movimiento de tierras y obras de concreto simple, desestimando las obras de arte y drenaje.

Para analizar información.

Se tuvo en cuenta la revisión de bibliografía la misma que permitió la comparación con los antecedentes y la verificación de la viabilidad económica del pavimento a base de suelo-cemento en comparación con el pavimento rígido convencional.

Por otro lado, la tabulación de datos se realizó en forma electrónica, en cuadros que fueron elaboradas en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2016.

Luego el análisis se hizo, sobre la base de datos realizando un análisis detallado para mostrar los resultados de ensayos de laboratorio y del diseño de pavimento según

the Portland Cement Association se evaluó el contenido de concreto rígido y los costos que puede incluir según el análisis de precios unitarios.

2.5.5. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación presenta información válida y confiable, realizada con una metodología que asegure que los resultados responderán a las preguntas que originaron el estudio, describiendo de este modo la importancia social o científica del uso de nuevas alternativas para el diseño de pavimentos. Asimismo, se cuenta con el sustento necesario porque sus conclusiones son adecuadas adjuntando la gran cantidad de bibliografía que la sustente y respetando los derechos de autor y la ética.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Calicatas y puntos de exploración

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio, se han realizado una (01) excavación a cielo abierto usando herramientas manuales.

Tabla 2. código de la calicata y coordenadas

Calicata N°	Coordenadas UTM		Ubicación
	Este	Norte	
C - 1	776282.02	9205587.90	Intersección Jr. Perea y Av. Héroes del Cenepa



3.2. Descripción del Perfiles Estratigráficos

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

La Calicata C-01.- Presenta una capa de 0.15 m con material orgánico con presencia de raíces pequeñas, luego un primer estrato desde 0.15 m hasta 0.75 m. de profundidad constituido por arcilla inorgánica de plasticidad baja o media, con bajo contenido de humedad caracterizado por tener un color marrón claro de consistencia dura. De 0.75m. hasta 1.50m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por arcilla inorgánica de plasticidad media, color marrón.

3.3. Clasificación de Suelos

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D2487 y N.T.P 339.134.

Tabla 3. Clasificación de suelos

CALICATA	C – 01
Estrato	E - 01
Profundidad (m)	De 0.15m. a 0.75m.
% Pasa Tamiz N° 4	100.00
% Pasa Tamiz N° 200	39.36
Límite Líquido (%)	32.20
Índice Plástico (%)	9.92
Contenido de Humedad (%)	12.31
Clasificación S.U.C.S.	CL

Tipo de suelo: CL: Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media

3.4. Rendimientos

En algunas partidas se ha utilizado los mismos rendimientos del proyecto “Creación del servicio de transitabilidad con la pavimentación del Jr. Perea entre jr. Celendín y Jr, Señor de Huamantanga, del Jr. Señor de Huamantanga entre Av. La Paz y Av. Nuevo Cajamarca, del Jr. Jharetd Marcell entre Jr. Señor de Huamantanga y Jr. San Mateo, del Psje. Sol de Belén entre Jr. Señor de Huamantanga y Psje. Dully Marzzi, y del Psje. Dully Marzzi entre Psje. Sol de Belen y Jr. Jharetd Marcell - Sector 19 Nuevo Cajamarca, distrito Cajamarca, provincia de Cajamarca - Cajamarca”, debido a que fueron las mismas características, como la ubicación y tipo del proyecto.

3.5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

3.5.1. Análisis de costos unitarios de pavimento de pavimento rígido convencional

Partida: 2.1.1 CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA

Rendimiento: 550.0000 m³/Día

Costo unitario por m³ **3.76**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.73
471060006	OPERARIO	hh	1	0.0145	20.7	0.3
470020007	PEÓN	hh	2	0.0291	14.83	0.43
EQUIPO						3.03
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.73	0.02
490010002	EXCAVADORA 320 F	hm	1	0.0145	207.37	3.01

Partida: 2.1.2 CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE MANUAL

Rendimiento: 17.5000 m³/Día

Costo unitario por m³ **34.92**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						33.9
470020007	PEÓN	hh	5	2.2857	14.83	33.9
EQUIPO						1.02
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	33.9	1.02

Partida: 2.1.3 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA

Rendimiento: 180.0000 m³/Día

Costo unitario por m³ **16.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.5
471060006	OPERARIO	hh	2	0.0889	20.7	1.84
470020007	PEÓN	hh	1	0.0444	14.83	0.66
EQUIPO						13.73
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.5	0.08
480010002	CAMIÓN VOLQUETE 6x4 330 HP, 15 m ³	hm	1	0.0444	100	4.44
490010002	EXCAVADORA 320 F	hm	1	0.0444	207.37	9.21

Partida: 2.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE, CARGUÍO A MANO

Rendimiento: 43.2000 m³/Día

Costo unitario por m³ **29.72**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						16.48

“Análisis comparativo de costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca 2019”

470020007	PEÓN	hh	6	1.1111	14.83	16.48
EQUIPO						
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	16.48	0.82
480010003	VOLQUETE 6 m3	hm	1	0.1852	67.05	12.42

Partida: 2.1.5 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA Rendimiento:1400.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **2.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.52
471060006	OPERARIO	hh	-	0.0086	20.7	0.18
470020007	PEÓN	hh	-	0.0229	14.83	0.34
EQUIPO						1.67
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.52	0.02
480010004	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	-	0.0023	108.53	0.25
490010003	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	-	0.0029	228.04	0.66
490010004	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	-	0.0057	129.2	0.74

Partida: 2.1.6 PROVISIÓN Y COLOCACIÓN GEOTEXTIL NO TEJIDO TIPO 2 Rendimiento:1300.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **4.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.47
471060006	OPERARIO	hh	0.1	0.0006	20.7	0.01
470020001	OFICIAL	hh	1	0.0062	16.49	0.1
470020007	PEÓN	hh	4	0.0246	14.83	0.36
MATERIALES						3.74
300010002	GEOTEXTIL NO TEJIDO GT TDM 250	m ²	-	1.0500	3.56	3.74
EQUIPO						0.02
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	0.47	0.02

Partida: 2.1.7 PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE GEOMALLA MULTIAXIAL TX 160 Rendimiento:1300.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **10.20**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.47
471060006	OPERARIO	hh	0.1	0.0006	20.7	0.01
470020001	OFICIAL	hh	1	0.0062	16.49	0.1
470020007	PEÓN	hh	4	0.0246	14.83	0.36
MATERIALES						9.71

300010003	GEOMALLA MULTIAXIAL TRIAX TX 160	m ²	-	1.0500	9.25	9.71
EQUIPO						0.02
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	0.47	0.02

Partida: 2.1.8 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR (e=0.35 m.)

Rendimiento: 1400.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **27.44**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.58
471060006	OPERARIO	hh	2	0.0114	20.70	0.24
470020007	PEÓN	hh	4	0.0229	14.83	0.34
MATERIALES						24.25
50010004	MATERIAL DE RÍO CLASIFICADO PARA BASE, ø MÁX 2"	m ³	-	0.4025	60.00	24.15
390020002	AGUA	m ³	-	0.0240	4.23	0.1
EQUIPO						2.61
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.58	0.02
480010004	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.9	0.0051	108.53	0.55
490010003	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0057	228.04	1.3
490010004	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1	0.0057	129.2	0.74

Partida: 2.2.1 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Rendimiento: 16.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **47.33**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						18.6
471060006	OPERARIO	hh	1	0.5000	20.7	10.35
470020001	OFICIAL	hh	1	0.5000	16.49	8.25
MATERIALES						28.17
40020107	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	-	0.2480	4.24	1.05
20020104	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.1300	4.24	0.55
430020001	MADERA EUCALIPTO CEPILLADA	p ²	-	4.8300	5.50	26.57
EQUIPO						0.56
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.60	0.56

Partida: 2.2.2 LOSA DE CONCRETO F'c=210 KG/CM², e=0.18m. DOSIF. C:A:P=1:2:2

Rendimiento: 110.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **65.88**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						14.04

“Análisis comparativo de costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca 2019”

471060006	OPERARIO	hh	2	0.1455	20.7	3.01
470020001	OFICIAL	hh	2	0.1455	16.49	2.4
470020007	PEÓN	hh	8	0.5818	14.83	8.63
MATERIALES						49.47
210020001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	1.8390	20.34	37.41
50010003	ARENA GRUESA DE RÍO	m ³	-	0.0983	60.00	5.9
50010002	GRAVILLA LIMPIA DE RIO 1/2" - 3/4"	m ³	-	0.1002	60.00	6.01
390020002	AGUA	m ³	-	0.0352	4.23	0.15
EQUIPO						2.37
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	14.04	0.7
480010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.0727	10.5	0.76
480010006	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.0727	12.5	0.91

3.5.2. Análisis de costos unitarios de pavimento rígido con base estabilizada de suelo

- cemento

Partida: 3.1.1 CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA

Rendimiento: 550.0000 m³/Día

Costo unitario por m³ **3.76**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial	
MANO DE OBRA						0.73
471060006	OPERARIO	hh	1	0.0145	20.7	0.3
470020007	PEÓN	hh	2	0.0291	14.83	0.43
EQUIPO						3.03
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.73	0.02
490010002	EXCAVADORA 320 F	hm	1	0.0145	207.37	3.01

Partida: 3.1.2 CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE MANUAL

Rendimiento: 17.5000 m³/Día

Costo unitario por m³ **34.92**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial	
MANO DE OBRA						33.9
470020007	PEÓN	hh	5	2.2857	14.83	33.9
EQUIPO						1.02
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	33.9	1.02

Partida: 3.1.3 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA

Rendimiento: 180.0000 m³/Día

Costo unitario por m³ **16.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial	
--------	-------------	-------	----------	----------	----------------	--

MANO DE OBRA						2.5
471060006	OPERARIO	hh	2	0.0889	20.7	1.84
470020007	PEÓN	hh	1	0.0444	14.83	0.66
EQUIPO						13.73
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.5	0.08
480010002	CAMIÓN VOLQUETE 6x4 330 HP, 15 m3	hm	1	0.0444	100	4.44
490010002	EXCAVADORA 320 F	hm	1	0.0444	207.37	9.21

Partida: 3.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE, CARGUÍO A MANO Rendimiento: 43.2000 m³/Día

Costo unitario por m³ **29.72**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial	
MANO DE OBRA						16.48
470020007	PEÓN	hh	6	1.1111	14.83 16.48	
EQUIPO						13.24
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	16.48 0.82	
480010003	VOLQUETE 6 m3	hm	1	0.1852	67.05 12.42	

Partida: 3.1.5 BASE CON SUELO-CEMENTO (ESTABILIZADO IN SITU - 6% CEMENTO), e= 0.15 m Rendimiento: 1300.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **14.46**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial	
MANO DE OBRA						0.81
471060006	OPERARIO	hh	2	0.0123	20.7 0.25	
470020001	OFICIAL	hh	2	0.0123	16.49 0.2	
470020007	PEÓN	hh	4	0.0246	14.83 0.36	
MATERIALES						10.79
210020001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	0.5268	20.34 10.71	
390020002	AGUA	m³	-	0.0182	4.23 0.08	
EQUIPO						2.86
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	0.81 0.04	
490010005	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO DINAPAC	hm	1	0.0062	130 0.81	
490010003	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0062	228.04 1.41	
480010004	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.9	0.0055	108.53 0.6	

Partida: 3.2.1 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO Rendimiento: 16.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **47.33**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial
MANO DE OBRA					18.6
471060006	OPERARIO	hh	1	0.5000	20.7 10.35
470020001	OFICIAL	hh	1	0.5000	16.49 8.25
MATERIALES					28.17
40020107	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	-	0.2480	4.24 1.05
20020104	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.1300	4.24 0.55
430020001	MADERA EUCALIPTO CEPILLADA	p ²	-	4.8300	5.5 26.57
EQUIPO					0.56
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.6 0.56

Partida: 3.2.2 LOSA DE CONCRETO F'C=210 KG/CM2, e=0.15m. DOSIF. C:A:P=1:2:2

Rendimiento: 132.0000 m²/Día

Costo unitario por m² **51.56**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio Parcial
MANO DE OBRA					11.7
471060006	OPERARIO	hh	2	0.1212	20.7 2.51
470020001	OFICIAL	hh	2	0.1212	16.49 2
470020007	PEÓN	hh	8	0.4848	14.83 7.19
MATERIALES					37.87
210020001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	1.5325	20.34 31.17
50010002	GRAVILLA LIMPIA DE RIO 1/2" - 3/4"	m ³	-	0.0557	60 3.34
50010003	ARENA GRUESA DE RÍO	m ³	-	0.0546	60 3.28
390020002	AGUA	m ³	-	0.0195	4.23 0.08
EQUIPO					1.99
10020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	5.0000	11.7 0.59
480010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.0606	10.5 0.64
480010006	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.0606	12.5 0.76

3.5.3. Determinación de costo por m² de pavimento rígido convencional y pavimento de base estabilizada con suelo-cemento.

Tabla 4.

Costo Directo por m² de pavimento rígido convencional (Base granular)

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
2	<u>COSTO DIRECTO (S/.) POR M2 DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL (BASE GRANULAR)</u>					<u>177.27</u>
2.1	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					<u>64.06</u>

2.1.1	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ³	0.47	3.76	1.77	
2.1.2	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE MANUAL	m ³	0.12	34.92	4.19	
2.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m ³	0.59	16.23	9.58	
2.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE, CARGUÍO A MANO	m ³	0.15	29.72	4.46	
2.1.5	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ²	1.00	2.19	2.19	
2.1.6	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN GEOTEXTIL NO TEJIDO TIPO 2	m ²	1.00	4.23	4.23	
2.1.7	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE GEOMALLA MULTIAXIAL TX 160	m ²	1.00	10.2	10.2	
2.1.8	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR (e=0.35 m.)	m ²	1.00	27.44	27.44	
2.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					113.21
2.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	1.00	47.33	47.33	
2.2.2	LOSA DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2, e=0.18m. DOSIF. C:A:P=1:2:2	m ²	1.00	65.88	65.88	

Tabla 5

Costo por m² de pavimento con base estabilizada de suelo - cemento

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
3	<u>COSTO DIRECTO (S/.) POR M2 DE PAVIMENTO RIGIDO CON BASE ESTABILIZADA DE SUELO-CEMENTO</u>					<u>121.94</u>
3.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS					23.05
3.1.1	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ³	0.29	3.76	1.09	
3.1.2	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE MANUAL	m ³	0.07	34.92	2.44	
3.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m ³	0.22	16.23	3.57	
3.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE, CARGUÍO A MANO	m ³	0.05	29.72	1.49	
3.1.5	BASE CON SUELO-CEMENTO (ESTABILIZADO IN SITU - 6% CEMENTO), e= 0.15 m	m ²	1.00	14.46	14.46	
3.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					98.89
3.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	1.00	47.33	47.33	
3.2.2	LOSA DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2, e=0.15m. DOSIF. C:A:P=1:2:2	m ²	1.00	51.56	51.56	

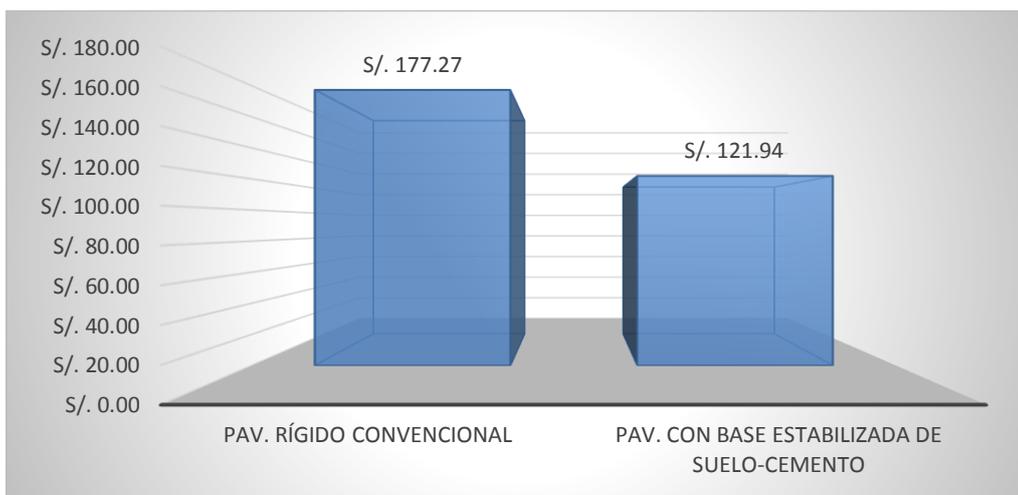


Figura 2. Comparación de costo por m²

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De acuerdo a los hallazgos producidos para la presente investigación se tuvo una reducción de espesor de losa de 3 cm. Adicional a ello se encontró una reducción en la base de 20 cm, con la consecuente eliminación del mejoramiento de la subrasante.

Tabla 6

Espesores de diseño obtenidos

<i>Concreto Rígido convencional.</i>	<i>Con Base Suelo-Cemento</i>
<i>· Losa de Concreto $e = 0.18\ m$</i>	<i>· Losa de Concreto $e = 0.15\ m$</i>
<i>· Base Granular $e = 0.35\ m$</i>	<i>· Base suelo-cemento $e = 0.15\ m$</i>

De acuerdo con la tabla 6 la base granular de 0.35m para pavimento rígido convencional puede ser reemplazada por una base con suelo cemento de 0.15 m de espesor y producir el mismo efecto. Resultado similar a los espesores utilizados frecuentemente en los E.U.A por la Portland Cement Association en donde señala que para tráfico moderado las bases de suelo cemento son de unos 15 cm y para tráfico pesado comúnmente espesores mayores a 20 cm.

Así también los resultados son similares a los encontrados por De La Fuente (2013) en la sección de su libro “Suelo-cemento” en el que indica que Alemania utiliza un mínimo de 18 cm y en promedio 20 cm previendo un aumento a futuro de tráfico pesado en carreteras. Así mismo Holanda es común el uso de 15 cm para tránsito medio. A su vez guarda relación a lo hallado por la Highway Research Board Comité

on Soil Cement Stabilización (1959) en el que 50 estados de la E.U.A respondieron que la máxima capa compactada de una vez era de 20 cm (8”). (De la Fuente, 2013)

Estos hallazgos tienen relación al encontrado por Barboza, Cabañas, Cáceres, & Riveros (2015) en el que, al solo efecto comparativo de costo, de construirse un pavimento con paquete estructural equivalente, cambia simplemente 17cm de base de suelo cemento por 17cm de base granular estabilizada.

De la resistencia a la compresión promedio obtenida con una proporción de cemento al 6% esta alcanzo 19.42 kg/cm^2 . Parámetro que indica el grado de reacción del suelo con el cemento y el agua, la misma que según requerimientos de la norma CE.020 suelos y taludes se encuentra dentro del parámetro mínimo establecido (18.00 kg/cm^2). Esta norma a su vez señala que las mezclas se deben diseñar mediante los ensayos de resistencia a la compresión simple y humedecimiento-secado de testigos, según las normas MTC E 1103 y MTC E 1104. (RNE, 2018)

Este resultado es similar a lo encontrado en El Salvador en el que para todos los casos la resistencia a la compresión simple es de 20 kg/cm^2 . De igual manera la PCA (EUA) para 7 días indica rangos de $14.06 - 21.09 \text{ kg/cm}^2$ tan igual que para INVIAS y España (15 kg/cm^2) (IMCYC, 2008).

Por otra parte, de la comparación de costos para la producción de un m^2 se encontró una variación del 31,21%; tal como se puede observar en la figura 6 en donde para la producción de un metro cuadrado de pavimento rígido convencional sale costando S/. 177.27 y del pavimento de base estabilizada con suelo-cemento S/. 121.94

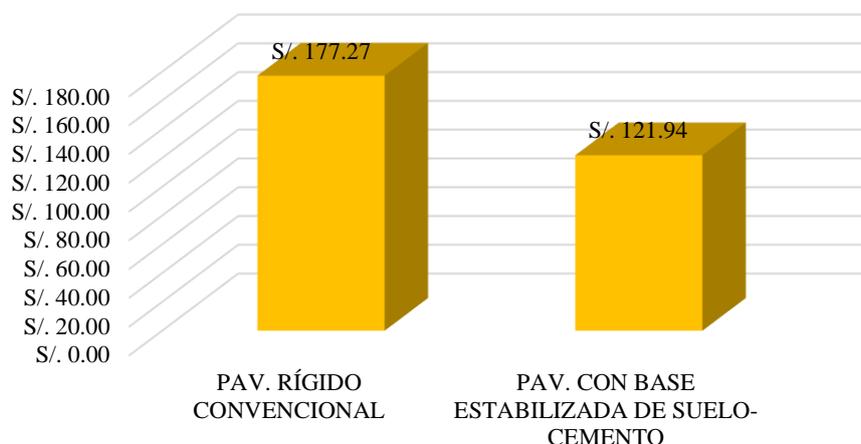


Figura 3. Comparación de costo por m²

En cuanto, a la comparación del costo por partida existe una notable diferencia de costo en la partida título de **movimiento de tierras** con S/. 64.05 para el pavimento rígido convencional y S/. 23.05 para el pavimento con base estabilizada de suelo-cemento, la misma que suele indicar una variación mayor en el costo con 64.02%. Se puede deducir que el pavimento rígido convencional es más de dos veces el costo de un pavimento de base estabilizada con suelo-cemento. Esta por el hecho de requerir materiales de préstamo para la conformación de la base.

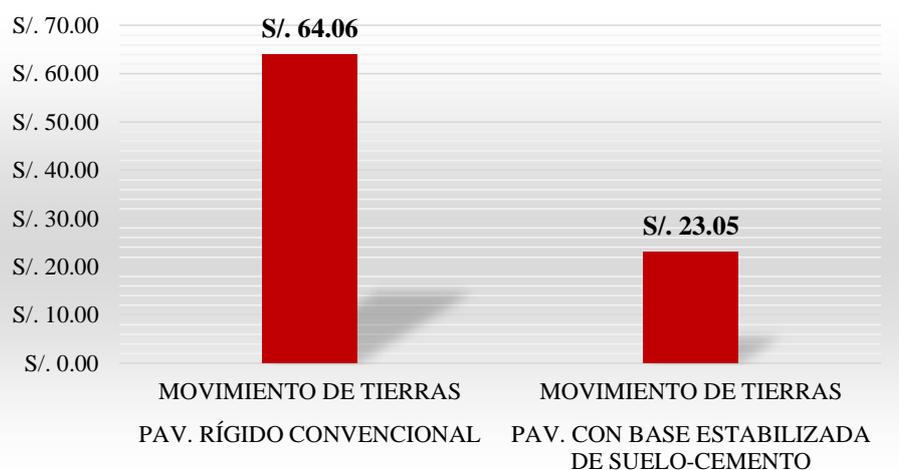


Figura 4. Comparación de costos por partidas título: movimiento de tierras

Por consiguiente, de la comparación de costos por partidas título: **obras de concreto simple** se obtuvo una variación mayor con 12.65%, esto debido a que la estabilización de la base con 6% con cemento y suelo trae consigo la reducción del espesor de losa de concreto simple.

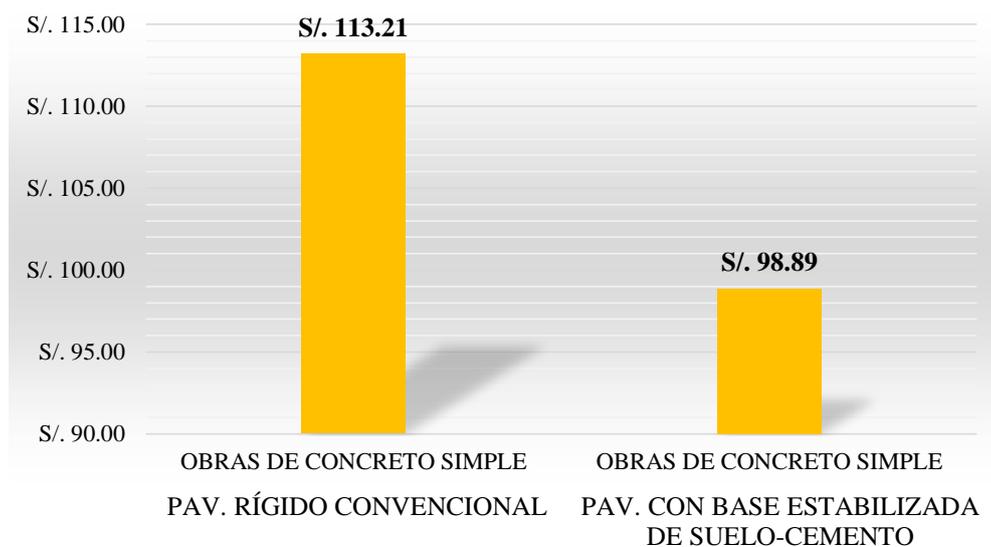


Figura 5. Comparación de costos por partidas título: Obras de concreto simple

Así mismo, de la comparación de costos por insumo: **mano de obra**, la variación mayor de costos para una base estabilizada con cemento es del 18.54%. este porcentaje resulta importante, dado que, aunque se trate de un proceso constructivo no muy común en nuestro medio, sin embargo, puede conllevar a optimizar los costos.

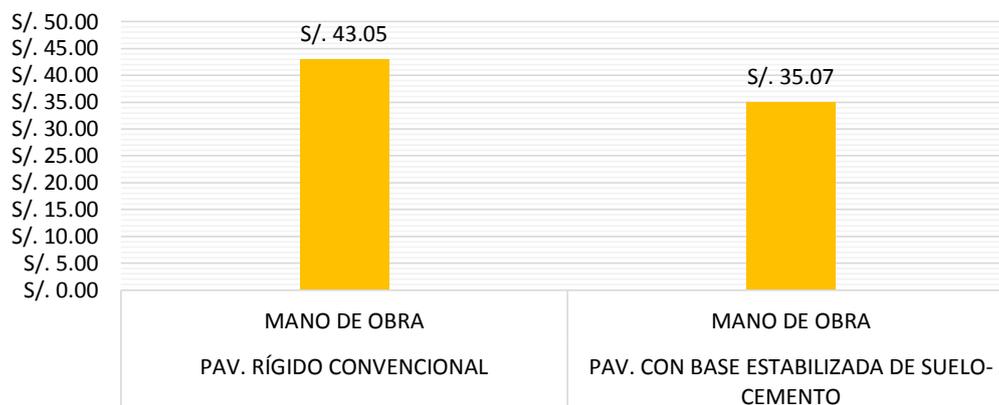


Figura 6. Comparación de costo por insumo: Mano de obra

Además de la comparación de costos por insumo: **materiales**, el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento (6% de cemento) alcanza una reducción del costo del 33.39% en comparación al pavimento rígido convencional. Estos debido no solo a la reducción en el espesor de losa de concreto obtenido sino más bien a la menor adquisición de materiales de préstamo de canteras.

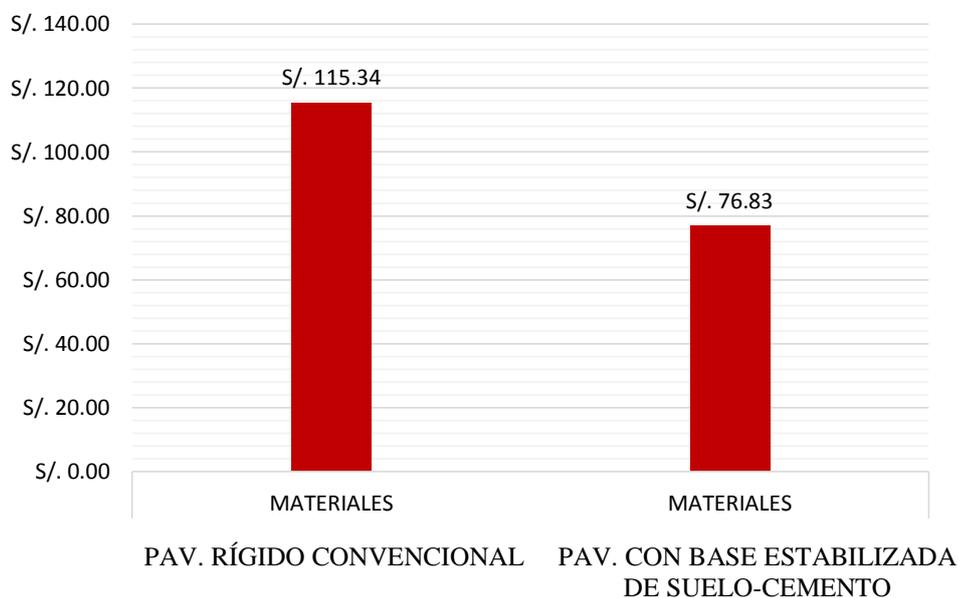


Figura 7. Comparación de costo por insumo: Materiales

En cuanto a la comparación de costo por insumo: **equipos**, el pavimento con base estabilizada con suelo-cemento (6% de cemento), comprende una reducción del 46.82% respecto al pavimento rígido convencional.

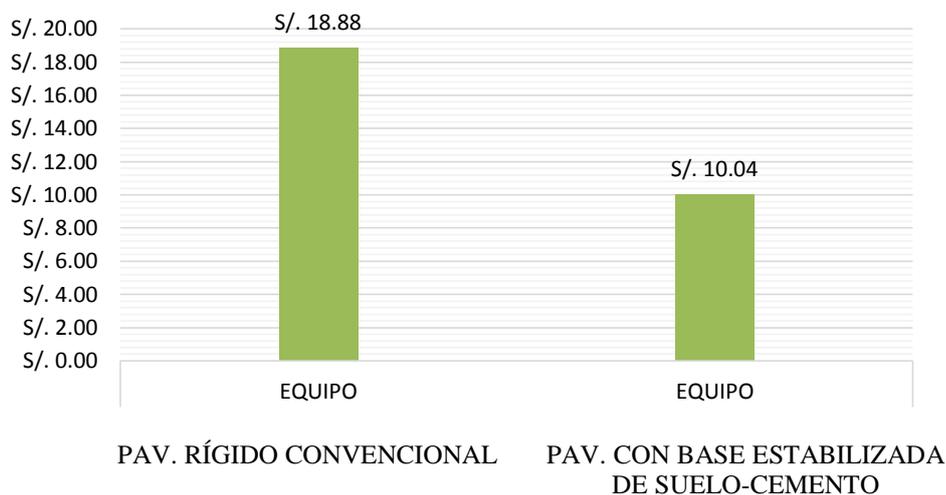


Figura 8. Comparación de costo por insumo: Equipos

4.2. Implicancias

Una de las implicancias más importantes en este estudio es promover el uso de pavimento de base estabilizada con Suelo-Cemento in situ en las distintas jurisdicciones de los gobiernos locales y regionales, corresponde entonces para este caso realizar ensayos que permitan determinar las propiedades del suelo In Situ a fin de que permitan definir si puede ser estabilizado. Luego se tendrá en cuenta los ensayos propios del material estabilizado para determinar la cantidad de cemento necesaria para obtener una resistencia a compresión mínima requerida (18 kg/cm^2) como se mencionó anteriormente.

Por otra parte, se puede llegar a utilizar suelo traído de cantera tal como lo señala Arévalo (2014), los cuales pueden llegar a obtener comportamientos mecánicos

buenos, sin embargo, su transporte al lugar de obra incrementaría mucho más su costo (Arevalo, 2014).

4.3. Limitaciones

Una de las limitantes encontradas fue que la investigación sólo se limita a realizar la comparación con el pavimento rígido más no con otros tipos como el pavimento asfáltico u otras donde son aplicadas nuevas tecnologías.

4.4. Conclusiones

Las propiedades mecánicas de la calicata C1 estudiada para el Jr. Perea son: contenido de humedad 14,94%, promedio densidad de campo 2,02 gr/cm³, promedio del peso Específico 2,43 gr/cm³, límites de Atterberg: limite liquido 37.61 %, limite plástico 22.19 %, índice plástico 15.42%, densidad seca máxima promedio 1.98%. El CBR del suelo cemento 100% y la resistencia a la compresión promedio de las probetas suelo cemento de 19.42 kg/cm² y tipo de suelo CL: Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media

Del cálculo de espesores el pavimento con estabilización de base suelo-cemento (6% de cemento) se obtuvo una losa de concreto $e = 0.15$ m y base suelo cemento $e = 0.15$ m y del pavimento concreto rígido convencional losa de concreto $e = 0.18$ m y base granular $e = 0.35$ m.

Se obtuvo que el pavimento rígido convencional tiene una variación mayor de costos por metro cuadrado con 31,21% (S/. 55.33), este producto debido al mayor movimiento de tierras con (64.02%) más y obras de concreto simple (12.65%). De la

influencia de costos por insumos esta se aumenta en mano de obra (18.54%),
materiales 33.39% y equipo en un 46.82%.

Finalmente, se cumple la hipótesis dado que el costo unitario del pavimento
rígido convencional es más del 25% mayor que el costo de un pavimento de base
estabilizada con suelo-cemento, obteniéndose un 31,21% mayor, por metro cuadrado.

REFERENCIAS

- Akbar, A., Olgun, G., Asghar, A., & Shojaei, M. (2017). *Fundamentos de la estabilización del suelo*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Aliaga, & Soriano. (2019). *Análisis comparativo de estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica en bases granulares*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2673/CIV_T030_46287837_T%20%20%20ALIAGA%20REZZA%20FREDY%20RICHARD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anteliz, & Vargas. (2018). *Análisis comparativo de Costos de Pavimento rígido y Suelocemento en la construcción de senderos Peatonales Rurales*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: http://www.mediafire.com/file/g1wdgvjeq37hziw/Ana%25CC%2581lisis_comparativo_de_Costos_de_Pavimento_ri%25CC%2581gido_y_Suelocemento_en_la_construccio%25CC%2581n_de_senderos_Peatonales_Rurales__VargasHigueraDiegoManuel-AntelizPen%25CC%2583aDianaCarolina_.p
- Arapa, J. A., & Rivera, M. A. (2017). *Evaluación del Análisis comparativo de Alternativas de Solución para el diseño del Pavimento de la Carretera acceso a Chilata y Zachigua en el Distrito de Puquina*. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/5931/45.0195.IC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arapa, J. A., & Rivera, M. A. (2017). *Evaluación del Análisis comparativo de Alternativas de Solución para el diseño del Pavimento de la Carretera acceso a Chilata y Zachigua en el Distrito de Puquina*. Obtenido de

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/5931/45.0195.IC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arevalo, J. A. (2014). *Evaluación técnica y de costos de la utilización de material suelo – cemento con respecto a la utilización de materiales de relleno subbase y base tipo INVIAS.* Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12012/Monog%20Eval%20Suelo-Cemento.pdf;jsessionid=B51BE7EE313D083C905004AAE25C55E0?sequence=1>

Asociación de Productores de Cemento. (2017). *Suelo-Cemento para la Reconstrucción.* Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/suelo-cemento-para-la-reconstruccion>

Base Granular. (s.f.). Obtenido de [ftp://190.60.255.136/Ruta del Sol I/Tramo Villetas - Guaduas/ENTREGA FINAL/disco28/ANEXO B - ESPECIFICACIONES/ESPECIFICACIONES CIVILES/G330.pdf](ftp://190.60.255.136/Ruta%20del%20Sol%20I/Tramo%20Villetas%20-%20Guaduas/ENTREGA%20FINAL/disco28/ANEXO%20B%20-%20ESPECIFICACIONES/ESPECIFICACIONES%20CIVILES/G330.pdf)

Benites, R. A., & Bernilla, S. A. (2014). *Estudio comparativo de elementos fabricados de concreto con material reciclado PET y concreto convencional.* Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/1097/INGENIER%20C3%28DA%20CIVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BVS. (2012). *Principios de la ética de la investigación y su aplicación.* Obtenido de <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2012/pdf/Vol180-2-2012-9.pdf>

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.* Obtenido de Universidad César Vallejo: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35282>

- Ccora, J. (2011). *Estudio comparativo del mejoramiento de la base aplicando estabilizadores: emulsión asfáltica, cal y cemento -Carretera Cañete- Chupaca: tramo Km 152+000 - 158+000.* Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3309/1/ccora_mj.pdf
- Cortes, C. M., & Fernández, M. A. (2015). *Influencia de las zeolitas y biopolimeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del Sur, Este y Norte de Lima para vías a nivel de afirmado.* Obtenido de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/971/1/cortes_cm-fernandez_ma_.pdf
- De la Fuente, E. (2013). *Suelo - Cemento.* México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A. C.
- De la Torre. (2018). *Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento portland para el proyecto de conservación vial Puno Tacna tramo Tarata – Capazo – Mazocruz.* Obtenido de Universidad San Ignacio de Loyola: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3786/1/2018_De-La-Torre-Illesca.pdf
- Federación Interamericana del Cemento. (2007). *El estado del arte del suelocemento en estructuras de pavimentos.* Obtenido de http://www.ibch.com/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=download&id=14&chk=427a505ccb87f4402b9bd7eb4f003d78&no_html=1
- Federación Interamericana del Cemento. (2007). *El Estado del Arte del Suelocemento en Estructuras de Pavimentos.* Obtenido de https://www.ibch.com/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdown&id=14

Fuente, L. E. (2013). *Suelo - cemento*. Obtenido de
http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca_digital/SUELO-CEMENTO

García, J. (2019). *Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23731/1/Suelo%20cemento-%20Tesis.pdf>

González, M. (S/f). *Aspectos Éticos de la Investigación Cualitativa*. Obtenido de
<https://www.oei.es/historico/salactsi/mgonzalez5.htm>

González, R. (2019). *Estado del arte del suelo cemento*. Obtenido de
<https://www.construccionlatinoamericana.com/reportajes/estado-del-arte-del-suelo-cemento/138689.article>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Interamericana. Obtenido de
https://www.academia.edu/17765377/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_Sampieri

IMCYC. (2008). *Suelo - Cemento*. Obtenido de
<http://www.imcyc.com/ct2008/abr08/ingenieria.htm>

Instituto Español del cemento y sus aplicaciones. (2014). *Pliego de prescripciones técnicas para suelocemento fabricado “in situ” para infraestructura ferroviaria*. Obtenido

- de <https://www.ieca.es/producto/pliego-de-prescripciones-tecnicas-para-suelocemento-fabricado-in-situ-para-infraestructura-ferroviaria/>
- Leger, V. (2018). *Análisis de precios unitarios*. Obtenido de <https://victorleger.blogspot.com/2018/12/analisis-de-precios-unitarios.html>
- Mendoza, E., Montañez, A., Mori, C., Olivo, C., & Villa, J. (2014). *Fórmulas de Sheets*. Obtenido de https://api.scribd.com/api/v2/documents/download?api_key=2q2k0zaxvcruc4n72ikqb&api_sig=ZTJiMTYwYzVhOTNhMmRmOTg1OTk2NzNlMDQ5ZDA0MGYxNGQzMdIxNw%3D%3D&app_version=9.6.0&client_version=48&device_manufacturer=HUAWEI&document_id=234178222&is_tablet=true&locale=
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf
- MTC. (2006). *Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial*. Lima: El Peruano.
- Murillo, W. J. (2008). *Investigación científica*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>
- Nicomedes, E. N. (2013). *Tipos de investigación*. Obtenido de Universidad Santo Domingo de Guzmán: <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
- Palacios, W. (2018). *Diseño de Pavimento Rígido*. Obtenido de SCRIB: <https://www.scribd.com/document/369586143/Diseño-de-Pavimento-Rígido-pdf>

- RNE. (2018). Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf
- Salinas, M. R. (2019). “*Concreto Permeable $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para Drenaje Pluvial del Pavimento de la Avenida Pacífico Tramo: Av. Portuaria-Cruce PPAO, Nuevo Chimbote-Ancash-2019*”. Obtenido de Universidad César Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35893/Salinas_CMR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sandoval, C. A. (2002). *Investigación cualitativa. Módulos de investigación social*. Obtenido de Instituto Colombiano para el fomento de Educación Superior: <https://es.calameo.com/read/0045203440f9fa01f0b2a>
- Toirac, J. (2008). *Suelo Cemento como material de la construcción*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización

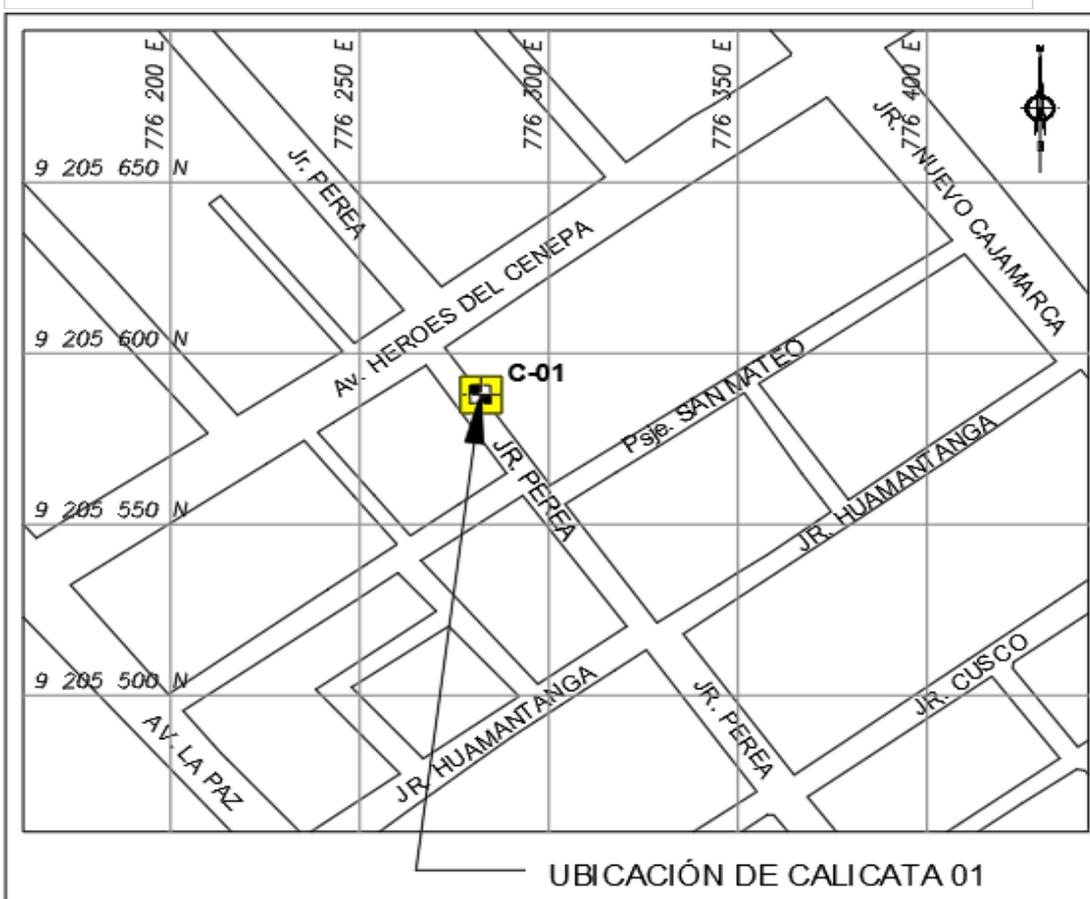
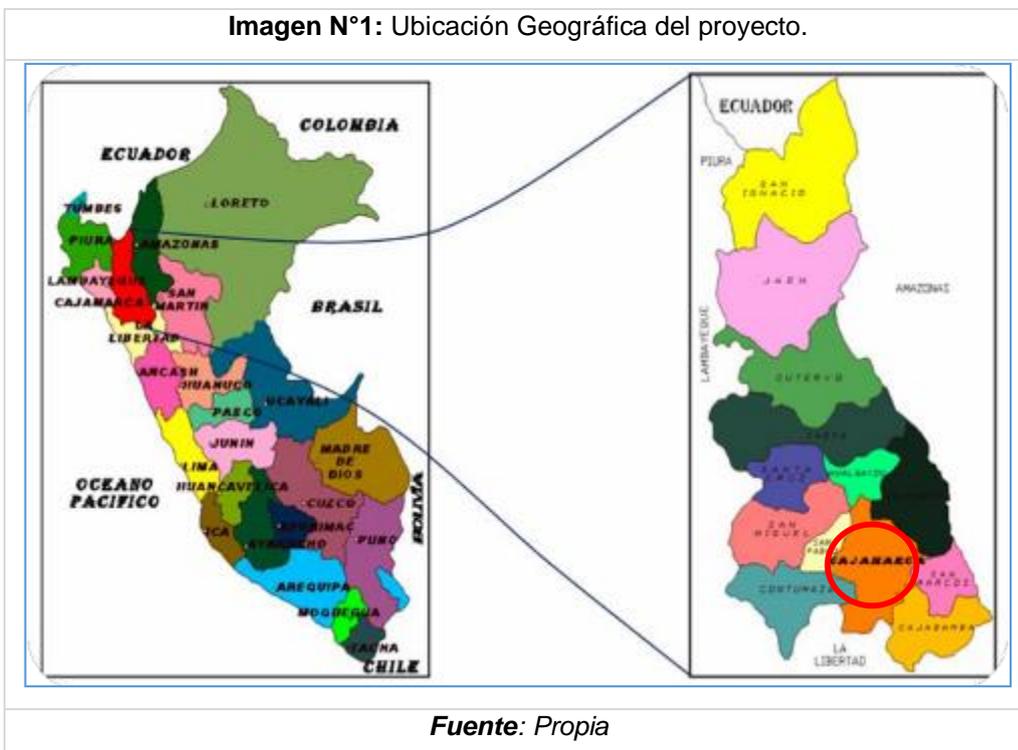
VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Variable independiente: Análisis comparativo del costo unitario	Costo	Soles	Ficha de análisis de costo unitario
Variable dependiente: Porcentaje de cemento en la base estabilizada.	CBR	%	Protocolos de laboratorio / hoja de diseño por la metodología de la Portland Cement Association
	Estudio de tráfico	# de vehículos	
	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	
	Espesor de las capas del pavimento	Metros	

Anexo 2. Matriz de Consistencia.

TITULO	FORMULACION PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO / ESTADISTICOS
<p>“Análisis comparativo del costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca 2019”</p>	<p>¿Cuál es la diferencia del costo unitario entre un pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento?</p>	<p>Objetivo General.</p> <p>Determinar la variación del costo unitario entre un pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento</p> <p>Objetivos Específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el estudio de las propiedades de mecánica de suelos para el diseño del pavimento base estabilizada con suelo-cemento. Calcular los espesores del pavimento con base estabilizada y compararlos con los obtenidos el pavimento rígido convencional del expediente del proyecto de creación del servicio de transitabilidad. Determinar la variación del costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento 	<p>Hipótesis general.</p> <p>El pavimento de base estabilizada con suelo-cemento tiene mejor viabilidad económica que el pavimento rígido convencional.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Análisis comparativo del costo unitario.</p> <p>Operacionalización</p> <p>Se realizó un análisis de precios unitarios por metro cuadrado (m²) de pavimento.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Porcentaje de cemento en la base estabilizada.</p> <p>Operacionalización</p> <p>Se determinó por medio de protocolos de laboratorio y hoja de diseño por la Portland Cement Association.</p>	<p>Población</p> <p>Comprendió toda la obra de pavimentación convencional de concreto rígido en etapa de ejecución “Creación del servicio de transitabilidad con la pavimentación del Jr. Perea, distrito Cajamarca, provincia de Cajamarca - Cajamarca”.</p> <p>Muestra:</p> <p>Estuvo conformada por una sección de pavimentación del Jr. Perea entre Jr. Celendín y Jr. Señor de Huamantanga, la misma que se determinó mediante el muestreo no probabilístico, por criterio técnico o juicio debido a que para la selección de la muestra se tuvo en cuenta el conocimiento y el juicio del investigador.</p>	<p>Tipo:</p> <p>Descriptivo, porque permitió conocer el sustento del análisis comparativo del costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo – cemento.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Transeccional, puesto que las variables permitieron su medición en un momento dado.</p> <p>Comparativo, con el fin de observar las ventajas y desventajas del uno frente al otro y a la vez usar como un parámetro de referencia y fuente de legitimación</p>	<p>Instrumento</p> <p>Protocolos para ensayos de laboratorios y el formato de análisis de precios unitarios. Estos formatos cumplieron con los objetivos y variables planteados en el presente estudio.</p> <p>Estadísticos:</p> <p>Para el análisis de datos se hizo uso de la estadística descriptiva a través del procesamiento de datos organizados en tablas y gráficos estadísticos por medio de una hoja de cálculo en Microsoft Excel.</p>

Anexo 3. Plano de ubicación

Imagen N°1: Ubicación Geográfica del proyecto.



Anexo 4. Resultados de Contenido de humedad estrato 1 visado

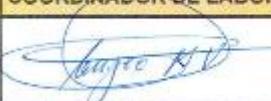
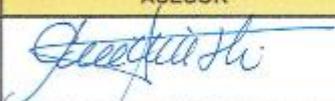
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2218 / NTP 339.127			CH-LS-UPNC:
	TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton		
FECHA DE ENSAYO:	29-04-2019	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio		

<u>Temperatura de Secado</u>	<u>Método</u>
110 °C	Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B	Peso del Recipiente	gr	27.50	27.70	28.80	26.80	26.90	72.80
C	Recipiente + Material Natural	gr	122.10	123.50	126.70	126.60	129.30	172.10
D	Recipiente + Material Seco	gr	111.60	113.10	115.70	115.80	118.80	160.70
E	Peso del material húmedo (Wmh) = C - B	gr	94.60	95.80	97.90	99.80	102.40	99.30
F	Peso del material Seco (Ws) = D - B	gr	84.10	85.40	86.90	89.00	91.90	87.90
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	12.49	12.18	12.66	12.13	11.43	12.97
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	12.31%					

$$(W\%) = \frac{Wmh - Ws}{Ws} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-08-2019	FECHA: 17-08-2019	FECHA: 17-08-2019

Anexo 5. Resultados de Contenido de humedad estrato 2 visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:	
	NORMA: MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127				
	TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	29-04-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

Temperatura de Secado

110 °C

Método

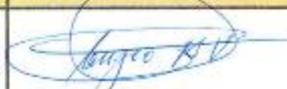
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B	Peso del Recipiente	gr	27.50	27.70	28.80	26.80	26.90	72.80
C	Recipiente + Material Natural	gr	122.10	123.50	126.70	126.60	129.30	172.10
D	Recipiente + Material Seco	gr	111.60	113.10	115.70	115.80	118.80	160.70
E	Peso del material húmedo (W _{mh}) = C - B	gr	94.60	95.80	97.90	99.80	102.40	99.30
F	Peso del material Seco (W _s) = D - B	gr	84.10	85.40	86.90	89.00	91.90	87.90
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	12.49	12.18	12.66	12.13	11.43	12.97
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	12.31%					

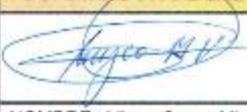
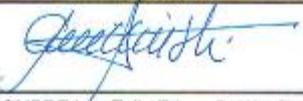
$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Mg. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 6. Resultados Densidad de campo - Método volumétrico visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	DENSIDAD DE CAMPO - MÉTODO VOLUMÉTRICO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			DCMV-LS-UPNC:
	TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	29-04-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	
<p>Temperatura de Secado: 110 °C Método: Horno 110 ± 5 °C</p>					
DENSIDAD NATURAL - MÉTODO VOLUMÉTRICO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso Cilindro	gr	120.03	120.40	118.90
B	Peso Cilindro + Muestra	gr	343.10	331.90	330.90
C	Altura Cilindro	cm	7.90	7.95	7.80
D	Diámetro del Cilindro	cm	4.15	4.15	4.15
E	Volumen del Cilindro; Vmh	cm ³	106.86	107.54	105.51
F	Peso de la Muestra; Wmh = B - A	gr	223.07	211.50	212.00
G	Densidad de campo; G= F/E	gr/cm ³	2.09	1.97	2.01
H	Promedio Densidad de Campo	gr/cm ³	2.02		
$(W\%) = \frac{Wmh (F)}{Vmh (e)}$					
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
					
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña		NOMBRE: Victor Cuzco Minchan		NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen	
FECHA: 17-06-2019		FECHA: 17-06-2019		FECHA: 17-06-2019	

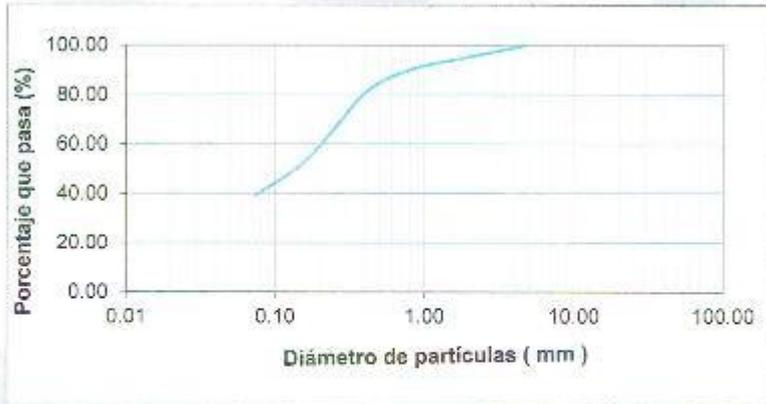
Anexo 7. Resultados Análisis granulométrico E-1 mediante tamizado por lavado visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		AGTL-UPNC:	
TESIS:		“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro	
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	15-05-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

Peso de Muestra Seca. Ws	500.00	gr
--------------------------	--------	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	% RA	% Que Pasa
N. °4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N. °10	2	23.40	4.68	4.68	95.32
N. °20	0.84	24.10	4.82	9.50	90.50
N. °40	0.42	42.80	8.56	18.06	81.94
N. °60	0.25	77.90	15.58	33.64	66.36
N. °100	0.150	72.70	14.54	48.18	51.82
N. °200	0.074	82.30	12.46	60.64	39.36
Pérdida	Lavado	195.80	39.36	100.00	0.00
TOTAL		500.00		100.00	

Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-05-2019	FECHA: 17-05-2019	FECHA: 17-05-2019

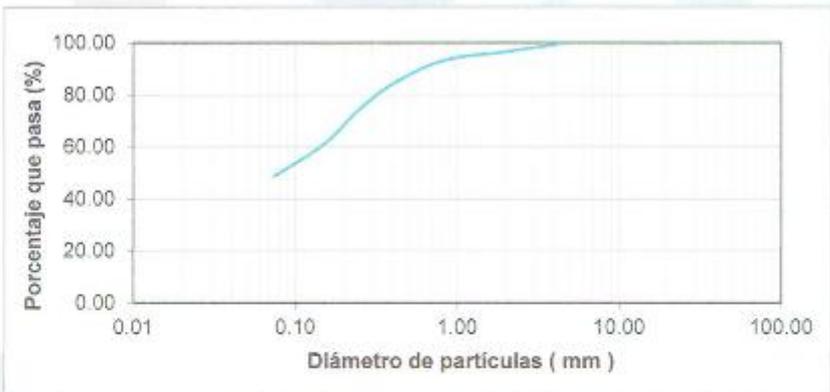
Anexo 8. Resultados Análisis granulométrico E-2 mediante tamizado por lavado visado

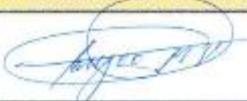
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			AGTL-UPNC:	
TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	03-05-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

Peso de Muestra Seca, Ws	500.00	gr
--------------------------	--------	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	% RA	% Que Pasa
N. °4	4.76	0.00	0.00	0.00	100
N. °10	2	17.3	3.46	3.46	96.54
N. °20	0.84	16.1	3.22	6.68	93.32
N. °40	0.42	41.7	8.34	15.02	84.98
N. °60	0.25	52.36	10.472	25.492	74.508
N. °100	0.150	68.25	13.65	39.142	60.858
N. °200	0.074	61	12.2	51.342	48.658
Pérdida	Lavado	243.29	48.658	100.00	0
TOTAL		500.00		100.00	

Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

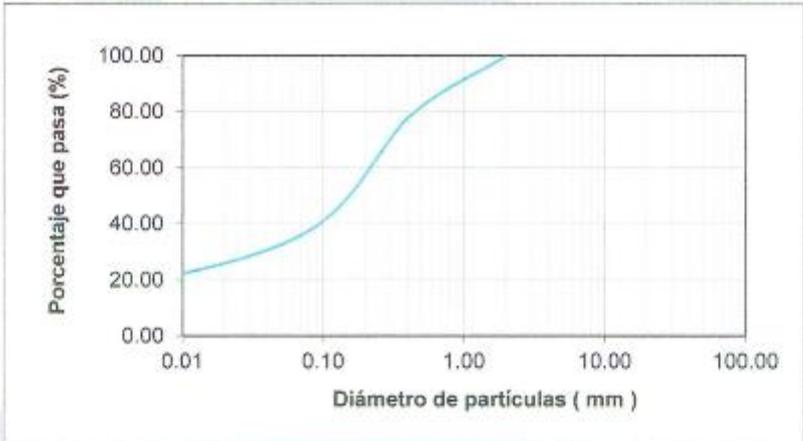
Anexo 9. Resultados Análisis granulométrico E-1 por sifonaje visado

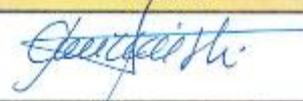
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO POR SIFONAJE			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			AGTSF-LS-UPNC:	
TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	03-05-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

Peso de Muestra Seca, Ws	100.00	gr
--------------------------	--------	----

ANALISIS GRANULOMETRICO POR SIFONAJE					
MALLA	MALLA (mm)	P.R.P (gr)	% RP	%RA	% QUE PASA
N.º 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº40	0.42	21.30	21.30	21.30	78.70
N.º 200	0.074	42.10	42.10	63.40	36.60
Limo	0.002	23.10	23.10	86.50	13.50
Arcilla	0.0002	13.50	13.50	100.00	0.00
TOTAL		100.00	100.00		

Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

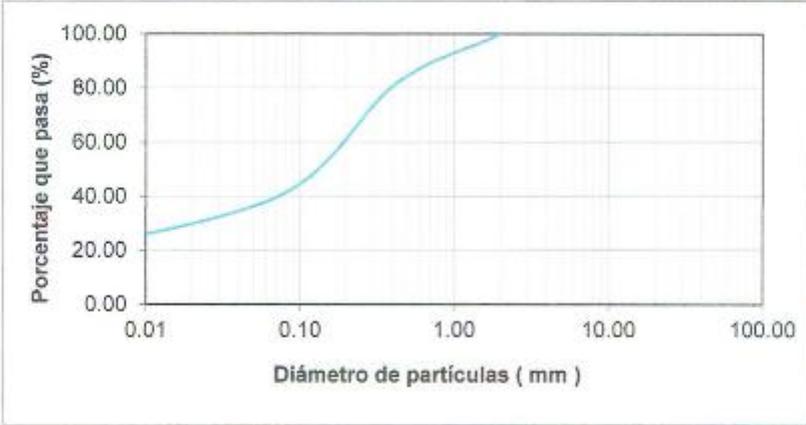
Anexo 10. Resultados Análisis granulométrico E-2 por sifonaje visado

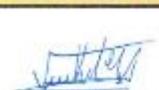
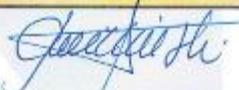
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO POR SIFONAJE			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			AGTSF-LS-UPNC:
	TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton		
FECHA DE ENSAYO:	03-05-2019	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio		

Peso de Muestra Seca, Ws	100.00	gr
--------------------------	--------	----

ANALISIS GRANULOMETRICO POR SIFONAJE					
MALLA	MALLA (mm)	P.R.P (gr)	% RP	%RA	% QUE PASA
N.º 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº40	0.42	17.40	17.40	17.40	82.60
N.º 200	0.074	41.30	41.30	58.70	41.30
Limo	0.002	23.20	23.20	81.90	18.10
Arcilla	0.0002	18.10	18.10	100.00	0.00
TOTAL		100.00		100.00	

Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 11. Resultados Límites de plasticidad E-1 visado

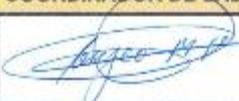
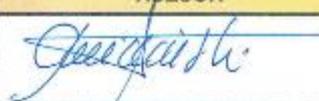
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318		LP-LS-UPNC:	
TESIS:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Marrón Claro	
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton		
FECHA DE ENSAYO:	03-05-2019	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio		

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N.º	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	46.60	46.40	56.50
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	42.80	41.70	48.30
D	Peso de Recipiente	gr	28.80	27.70	27.50
E	Peso del Agua (B-C)	gr	3.80	4.70	8.20
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	14.00	14.00	20.80
G	Número de Golpes	Nº	33	24	16
H	Contenido de Humedad	%	27.14	33.57	39.42
I	Promedio Contenido Humedad (E/F)*100	%	33.38		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N.º	T4	T5	T6
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	30.85	31.10	31.80
C	Suelo Seco + Tara	gr	30.10	30.30	31.10
D	Peso de Tara	gr	26.80	26.90	27.70
E	Peso del Agua (B-C)	gr	0.75	0.80	0.70
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	3.30	3.40	3.40
G	Contenido de Humedad	%	22.73	23.53	20.59
H	Promedio Límite Plástico	%	22.28		

LL =	32.20%	LP =	22.28%	IP =	9.92%
------	--------	------	--------	------	-------

LÍMITE LÍQUIDO

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 12. Resultados Límites de plasticidad E-2 visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: LP-LS-UPNC:	
NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318				
TESIS:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton		
FECHA DE ENSAYO:	16-05-2019	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio		

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N.º	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	36.26	42.30	42.48
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	34.40	38.20	37.50
D	Peso de Recipiente	gr	28.60	27.70	27.50
E	Peso del Agua (B-C)	gr	1.86	4.10	4.98
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	5.80	10.50	10.00
G	Número de Golpes	Nº	30	25	15
H	Contenido de Humedad	%	32.07	39.05	49.80
I	Promedio Contenido Humedad (E/F)*100	%	40.31		

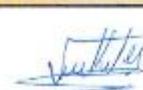
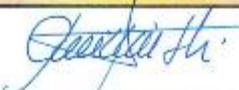
DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N.º	T4	T5	T6
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	37.80	75.80	38.40
C	Suelo Seco + Tara	gr	36.50	75.30	37.50
D	Peso de Tara	gr	33.00	72.00	33.00
E	Peso del Agua (B-C)	gr	1.10	0.50	0.90
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	3.50	3.30	4.50
G	Contenido de Humedad	%	31.43	15.15	20.00
H	Promedio Límite Plástico	%	22.19		

LL =	37.61%	LP =	22.19%	IP =	15.42%
------	--------	------	--------	------	--------

LÍMITE LÍQUIDO



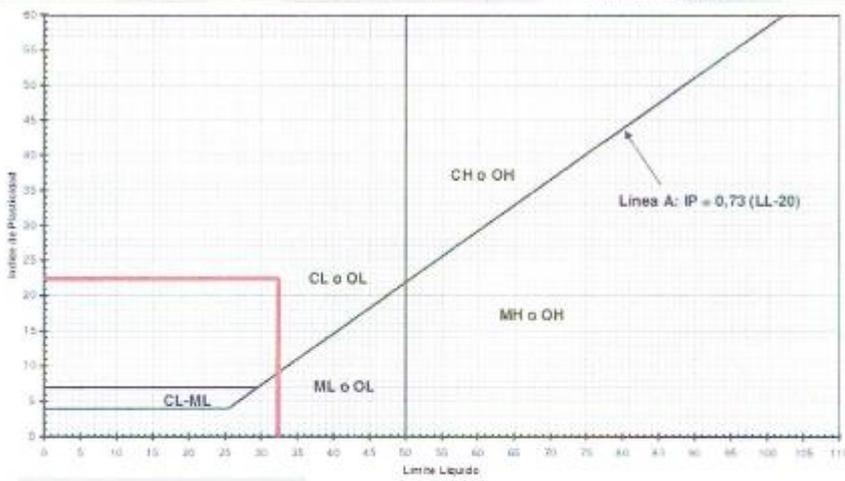
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-05-2019	FECHA: 17-05-2019	FECHA: 17-05-2019

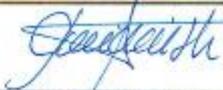
Anexo 13. Resultados clasificación de suelos unificados SUCS E-1 visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO: CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: SUCS-LS-UPNC:	
	NORMA: ASTM D2487 / NTP 339.134				
	TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"				
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019			RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton
FECHA DE ENSAYO:	16-05-2019			REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad
		Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50 LIMOS Y ARCILLAS
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad		
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.		
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta		
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.		
Suelos muy Orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.



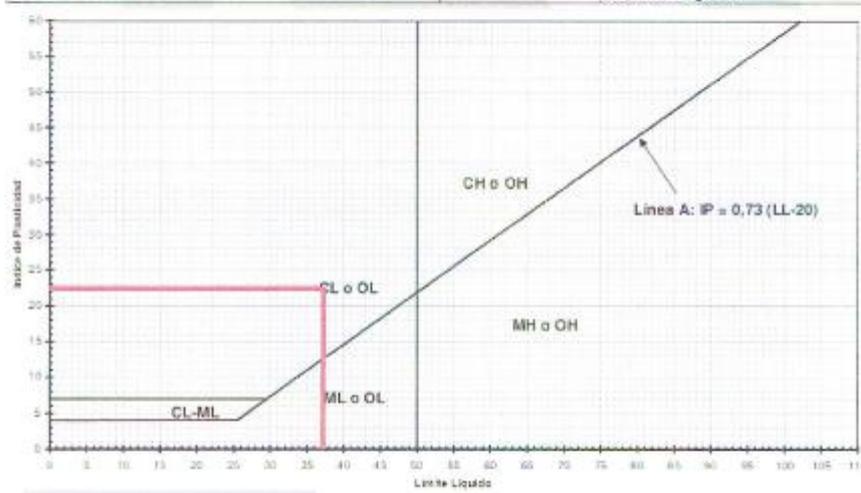
OBSERVACIONES:
CL: Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media

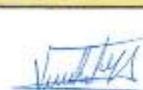
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 14. Resultados clasificación de suelos unificados SUCS E-2 visado

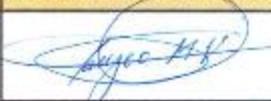
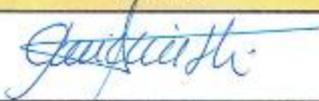
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D2487 / NTP 339.134			SUCS-LS-UPNC:
	TESIS:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”			
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
FECHA DE ENSAYO:	16-05-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO > 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosos o arcillosos, o limos arcillosos con ligera plasticidad
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO > 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
Suelos muy Orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.



OBSERVACIONES:		
CL: Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 15. Resultados Compactación Proctor Modificado E-1 visado

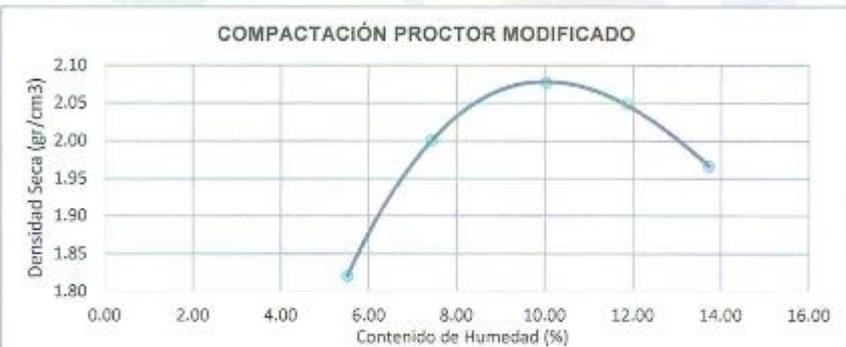
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA												
PROTOCOLO												
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:							
	NORMA:	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141			CPM-LS-UPNC:							
	TESIS:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”										
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	01	TIPO DE MATERIAL:	Suelo-Cemento							
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Gris Oscuro							
FECHA DE MUESTREO:	29-04-2019		RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton								
FECHA DE ENSAYO:	20-05-2019		REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio								
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5					
A	Peso Molde	gr	4175	4175	4175	4175	4175					
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6100	6200	6320	6295	6250					
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1925	2025	2145	2120	2075					
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	934.55	934.55	934.55	934.55	934.55					
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.06	2.17	2.30	2.27	2.22					
Humedad												
G	Recipiente	N°	A	B	A	B	A	B	A	B		
H	Peso Recipiente	gr	26.80	27.60	27.70	28.70	26.80	80.70	72.20	27.50	36.30	32.90
I	Peso Muestra húmeda + Recipientes	gr	121.90	128.50	130.60	112.40	123.20	187.20	171.20	131.40	143.80	131.50
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	116.90	122.70	123.40	106.70	113.60	176.40	160.20	119.80	130.70	119.20
K	Peso del Agua (I-J)	gr	5.00	5.80	7.20	5.70	9.60	10.80	11.00	11.80	13.10	12.30
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	90.10	95.10	95.70	78.00	86.80	95.70	88.00	92.10	94.40	86.30
M	Contenido de Humedad W%	%	5.55	6.10	7.52	7.31	11.06	11.29	12.50	12.81	13.88	14.25
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.82		7.42		11.17		12.66		14.06	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.95		2.02		2.06		2.01		1.95	
												
OBSERVACIONES:												
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR								
												
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña		NOMBRE: Victor Cuzco Minchan		NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen								
FECHA: 17-05-2019		FECHA: 17-05-2019		FECHA: 17-06-2019								

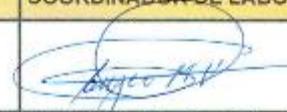
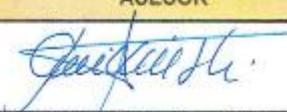
Anexo 16. Resultados Compactación Proctor Modificado E-2 visado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141					DCMV-LS-UPNC:				
TESIS:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"									
CALICATA:	C-01	ESTRATO:	02	TIPO DE MATERIAL:				Suelo			
UBICACIÓN:		Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:				Marrón		
FECHA DE MUESTREO:		29-04-2019			RESPONSABLE:				Yajahuanca Acuña, Vinklinton		
FECHA DE ENSAYO:		13-05-2019			REVISADO POR:				Coordinador de laboratorio		

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5					
A	Peso Molde	gr	4170	4170	4170	4170	4170					
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5940	6150	6275	6281	6230					
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1770	1980	2105	2111	2060					
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	921.36	921.36	921.36	921.36	921.36					
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.92	2.15	2.29	2.29	2.24					
Humedad												
G	Recipiente	N°	A	B	A	B	A	B	A	B		
H	Peso Recipiente	gr	27.80	27.60	27.70	27.70	27.70	27.60	71.90	32.60	72.60	80.60
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	84.80	63.40	67.90	73.10	76.70	71.70	160.00	125.70	193.10	209.80
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	81.70	61.60	65.00	70.10	72.10	67.80	150.70	115.80	178.00	194.80
K	Peso del Agua (I-J)	gr	3.10	1.80	2.90	3.00	4.60	3.90	9.30	9.90	15.10	15.00
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	53.90	34.00	37.30	42.40	44.40	40.20	78.80	83.20	105.40	114.20
M	Contenido de Humedad W%	%	5.75	5.29	7.77	7.08	10.36	9.70	11.80	11.90	14.33	13.13
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.52		7.43		10.03		11.85		13.73	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.82		2.00		2.08		2.05		1.97	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-05-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-05-2019

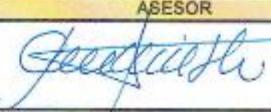
Anexo 17. Resultados resistencia a la compresión probeta de suelo-cemento PSC1 visado

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
NORMA:		MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
TESIS:		“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”		
ID. PROBETA:	PSC-01	DIÁMETRO PROBETA (cm):	15.01	
FECHA DE ELABORACIÓN:	28/05/2019	ÁREA (cm ²):	176.95	
FECHA DE ENSAYO:	04/06/2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0.00	0.00	0
2	100	0.98	0.57	0.009
3	200	1.48	1.13	0.013
4	300	1.74	1.70	0.016
5	400	1.94	2.26	0.017
6	500	2.08	2.83	0.019
7	600	2.21	3.39	0.020
8	700	2.34	3.96	0.021
9	800	2.43	4.52	0.022
10	900	2.55	5.09	0.023
11	1000	2.64	5.65	0.024
12	1100	2.76	6.22	0.025
13	1200	2.91	6.78	0.026
14	1300	3.10	7.35	0.028
15	1400	3.30	7.91	0.030
16	1500	3.54	8.48	0.032
17	1600	3.70	9.04	0.033
18	1700	3.84	9.61	0.035
19	1800	3.98	10.17	0.036
20	1900	4.25	10.74	0.038
21	2000	4.39	11.30	0.040
22	2100	4.48	11.87	0.040
23	2200	4.62	12.43	0.042
24	2300	4.80	13.00	0.043
25	2400	4.94	13.56	0.045
26	2500	5.15	14.13	0.046
27	2600	5.50	14.69	0.050
28	2700	5.80	15.26	0.052
29	2800	6.18	15.82	0.056
30	2900	6.56	16.39	0.059
31	3000	6.98	16.95	0.063
32	3100	7.28	17.52	0.066
33	3200	7.52	18.08	0.068
34	3300	7.76	18.65	0.070
35	3369	8.04	19.04	0.072

DIÁMETRO	15.01	cm
ÁREA	176.95	cm ²
ALTURA	111.00	mm
CARGA	3369	kg
F'c	19.04	kg/cm ²



RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 18. Resultados resistencia a la compresión probeta de suelo-cemento PSC2 visado

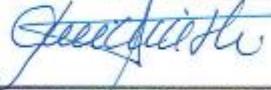
LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
NORMA:		MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
TESIS:		“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”		
ID. PROBETA:	PSC-02	DIÁMETRO PROBETA (cm):	15.00	
FECHA DE ELABORACIÓN:	28/05/2019	ÁREA (cm ²):	176.71	
FECHA DE ENSAYO:	04/06/2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0.00	0.00	0
2	100	0.76	0.57	0.007
3	200	1.17	1.13	0.011
4	300	1.46	1.70	0.013
5	400	1.72	2.26	0.016
6	500	1.89	2.83	0.017
7	600	2.07	3.40	0.019
8	700	2.25	3.96	0.020
9	800	2.36	4.53	0.021
10	900	2.51	5.09	0.023
11	1000	2.59	5.66	0.023
12	1100	2.71	6.22	0.024
13	1200	2.86	6.79	0.026
14	1300	3.05	7.36	0.028
15	1400	3.25	7.92	0.029
16	1500	3.49	8.49	0.031
17	1600	3.65	9.05	0.033
18	1700	3.79	9.62	0.034
19	1800	3.92	10.19	0.035
20	1900	4.12	10.75	0.037
21	2000	4.23	11.32	0.038
22	2100	4.42	11.88	0.040
23	2200	4.56	12.45	0.041
24	2300	4.74	13.02	0.043
25	2400	4.88	13.58	0.044
26	2500	5.10	14.15	0.046
27	2600	5.45	14.71	0.049
28	2700	5.75	15.28	0.052
29	2800	6.10	15.85	0.055
30	2900	6.41	16.41	0.058
31	3000	6.83	16.98	0.062
32	3100	7.16	17.54	0.065
33	3200	7.43	18.11	0.067
34	3300	7.72	18.67	0.070
35	3400	7.91	19.24	0.071
36	3530	8.18	19.98	0.074

DIÁMETRO	15	cm
ÁREA	176.71	cm ²
ALTURA	110.90	mm
CARGA	3530	kg
F'SC	19.98	kg/cm ²



CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 19. Resultados resistencia a la compresión probeta de suelo-cemento PSC3 visado

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TESIS:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019”			
ID. PROBETA:	PSC-03	DIÁMETRO PROBETA (cm):	15.04	
FECHA DE ELABORACIÓN:	28/05/2019	ÁREA (cm ²):	177.66	
FECHA DE ENSAYO:	04/06/2019	RESPONSABLE:	Yajahuanca Acuña, Vinklinton	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	REVISADO POR:	Coordinador de laboratorio	

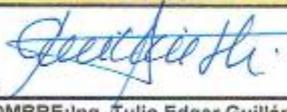
N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0.00	0.00	0
2	100	0.82	0.56	0.007
3	200	1.24	1.13	0.011
4	300	1.50	1.69	0.013
5	400	1.76	2.25	0.016
6	500	1.97	2.81	0.018
7	600	2.16	3.38	0.019
8	700	2.29	3.94	0.021
9	800	2.44	4.50	0.022
10	900	2.56	5.07	0.023
11	1000	2.65	5.63	0.024
12	1100	2.77	6.19	0.025
13	1200	2.92	6.75	0.026
14	1300	3.11	7.32	0.028
15	1400	3.31	7.88	0.030
16	1500	3.51	8.44	0.032
17	1600	3.68	9.01	0.033
18	1700	3.85	9.57	0.035
19	1800	3.96	10.13	0.036
20	1900	4.18	10.69	0.038
21	2000	4.34	11.26	0.039
22	2100	4.46	11.82	0.040
23	2200	4.63	12.38	0.042
24	2300	4.81	12.95	0.043
25	2400	4.95	13.51	0.044
26	2500	5.16	14.07	0.046
27	2600	5.51	14.63	0.050
28	2700	5.81	15.20	0.052
29	2800	6.17	15.76	0.055
30	2900	6.42	16.32	0.058
31	3000	6.73	16.89	0.060
32	3100	7.11	17.45	0.064
33	3200	7.47	18.01	0.067
34	3300	7.77	18.57	0.070
35	3400	8.01	19.14	0.072
35	3420	8.31	19.25	0.075

DIÁMETRO	15.04	cm
ÁREA	177.66	cm ²
ALTURA	111.30	mm
CARGA	3420	kg
F'SC	19.25	kg/cm ²

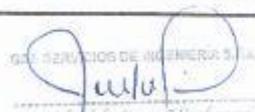
CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

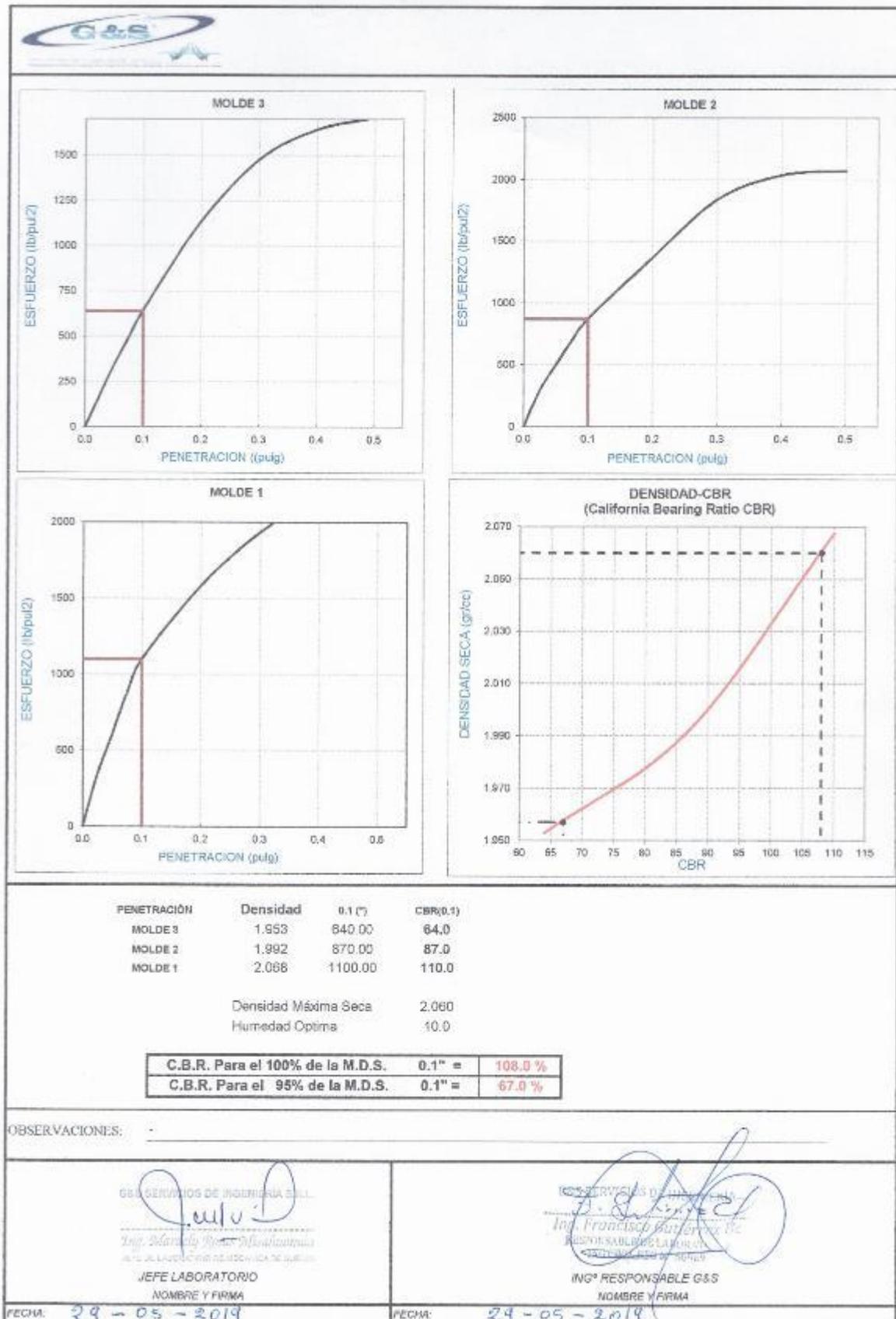


El gráfico muestra la curva esfuerzo-deformación con el eje vertical etiquetado como 'ESFUERZO (kg/cm²)' y el eje horizontal como 'DEFORMACIÓN UNITARIA (εu)'. La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 19.25 kg/cm² de esfuerzo, correspondiente a una deformación unitaria de 0.075.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Vinklinton Yajahuanca Acuña	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan	NOMBRE: Ing. Tullio Edgar Guillén Sheen
FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019	FECHA: 17-06-2019

Anexo 20. Resultados California Bearing Ratio (CBR) visado

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&S										
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)										ASTM
D1883										
PROYECTO	Testis: "Análisis Comparativo de Costo Unitario entre Pavimento Rígido Convencional y Pavimento con Base Estabilizada con Suelo Cemento - Cajamarca 2019"									
DESCRIPCIÓN	Material Jr. Pallas y Héroas del Genepa									
SOLICITANTE	Exl. Vinkinton Yajahuanca Acuña									
COORDENADAS	E: _____ N: _____ C: _____									
FECHA RECEPCIÓN:	29/05/2019									
COMPACTACION C B R										
MOLDE	3			2			1			
Altura Molde mm.	116			116			116			
N° Capas	5			5			5			
H'Golp x Capa	13			27			56			
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			ANTES DE EMPAPAR			
P. Hum. + Molde	11684			11708			11791			
Peso Molde (gr)	6619			7001			6877			
Peso Húmedo (gr)	4885			4707			4914			
Vol. Molde (cc)	2120.05			2122.80			2121.28			
Densidad H. (gr/cc)	2.200			2.218			2.318			
Número de Tara	E-21			E-22			E-27			
P. Húmedo + Tara	400.8			580.0			628.3			
Peso Seco + Tara	372.0			528.7			568.0			
Peso Agua (gr)	27.8			51.3			60.3			
Peso Tara (gr)	73.8			75.2			76.3			
P. Muestra Seca	298.2			453.5			492.7			
Cont. Humedad	12.7%			11.3%			12.0%			
Cont. Hum. Prom.	12.7%			11.3%			12.0%			
DENSIDAD SECA	1.965			1.892			2.068			
ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	241.4	12.29	174.47	406.8	20.72	294.08	478.6	24.38	345.99
1.27	0.050	478.8	24.28	344.68	694.1	38.36	501.74	844.5	43.01	610.80
1.91	0.075	885.0	34.89	495.17	969.1	49.36	700.53	1224.1	62.34	884.85
2.54	0.100	985.0	48.80	647.63	1214.1	61.83	877.83	1529.1	77.88	1105.33
5.08	0.200	1873.6	90.14	1137.03	1895.5	98.53	1370.17	2183.6	111.72	1586.71
7.62	0.300	2047.7	104.29	1480.24	2543.2	129.78	1842.00	2675.5	138.47	1935.96
10.16	0.400	2275.0	115.85	1644.53	2820.0	143.87	2008.15	2997.7	152.67	2169.97
12.70	0.500	2395.9	120.49	1710.24	2898.2	146.08	2073.32	3098.8	157.30	2232.88
OBSERVACIONES:										
Ejecuté prueba con apoyo técnico, bajo sus parámetros de diseño.										
 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.A. Ing. Sánchez Román Winihuana JEFE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA					 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.A. Ing. Francisco Guzmán RESPONSABLE DEL LABORATORIO ING° RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA					
FECHA: 29-05-2019					FECHA: 29-05-2019					



Anexo 21. Estudio de tráfico

Se utilizó el mismo estudio de tráfico que se encontró en el expediente técnico “Creación del servicio de transitabilidad con la pavimentación del Jr. Perea entre jr. Celendín y Jr, Señor de Huamantanga, del Jr. Señor de Huamantanga entre Av. La Paz y Av. Nuevo Cajamarca, del Jr. Jharettd Marcell entre Jr. Señor de Huamantanga y Jr. San Mateo, del Psje. Sol de Belén entre Jr. Señor de Huamantanga y Psje. Dully Marzzi, y del Psje. Dully Marzzi entre Psje. Sol de Belen y Jr. Jharettd Marcell - Sector 19 Nuevo Cajamarca, distrito Cajamarca, provincia de Cajamarca - Cajamarca”. Dicho conteo se realizó en la calle de mayor tráfico para que de acuerdo con esto se pueda hacer el diseño.

Tabla 7

Conteo vehicular por tipo de Carga – área de influencia Jr. Perea

HORA	Número de vehículos por tipo de carga													
	1 - 3 Tn		3 - 6 Tn		H - 10		H - 15		H - 20		H15 - S12		H20 - S16	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
6 am - 7 am	6	4	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
7 am - 8 am	7	5	6	4	5	4	3	3	2	0	0	0	2	0
8 am - 9 am	6	6	5	2	3	2	1	2	1	0	2	0	0	1
9 am - 10am	6	7	4	3	4	5	1	1	0	0	1	0	1	0
10am - 11am	7	6	3	2	3	6	2	2	2	1	0	1	0	1
11am - 12 m	6	6	5	3	6	3	3	1	2	1	1	1	1	1
12 m - 1 pm	8	6	6	4	5	4	3	1	2	1	0	1	1	2
1 pm - 2 pm	8	6	8	3	3	3	3	2	0	1	1	0	0	1
2 pm - 3 pm	7	3	7	4	4	3	1	0	1	2	1	1	2	1
3 am - 4 pm	5	5	6	5	3	2	1	2	0	1	0	0	0	1
4 am - 5 pm	6	4	7	6	6	5	3	3	2	1	1	1	0	2
5 am - 6 pm	6	4	4	3	2	1	1	0	0	1	0	0	1	0
Total	78	62	63	42	46	39	23	17	12	9	7	5	8	10
Promedio	70		53		43		20		11		6		9	
%	33.02		25.00		20.29		9.43		5.19		2.83		4.25	
A 20 años	140		106		86		40		22		12		18	
A 30 años	175		133		108		50		28		15		23	

PROMEDIO DE VEHICULOS POR HORA: 18 Veh/hr

Anexo 21. DISEÑO DE PAVIMENTO SIN GEOMALLAS – MÉTODO PCA

a. Coeficiente de Seguridad

i) Tomando en consideración los vehículos más pesados

- Vehículos por hora (valor redondeado) = 18.00
- Vehículos por año = $18 * 24 * 365 = 157,680.00$
- Vehículos en 20 años = $157680 * 20 = 3,153,600.00$

Ahora tomando en cuenta el Abaco: Coeficiente de Seguridad Vs. N° de Repeticiones de carga que produce la rotura, elaborado por el Departamento de Carreteras de Illinois de EE.UU. de Norte América, obtenemos que:

$3,153,600.00 > 10,000.00$ Repeticiones que producen la Rotura

→ $FS = 2.00$

ii) Según la PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, adopta que: para cargas que producen la rotura del pavimento a las cien mil repeticiones más pesadas que se suponen, han de circular por una vía durante 25 a 30 años, se toma un coeficiente de seguridad ($FS = 2$)

→ $FS = 2.00$

b. Coeficiente de Impacto

Para pavimentos rígidos se recomienda un coeficiente de impacto de 20%, valor que tomaremos para el Diseño:

$$I = 1.20$$

c. Carga de Diseño

Para este caso el vehículo más pesado que transita por esta vía es el T2-S2 (H20-S16), la distribución de carga en sus ruedas, es la siguiente:

- Carga por Rueda Delantera = $1.00 T_n = 1,000.00$ Kg
- Carga por Rueda Posterior = $4.00 T_n = 4,000.00$ Kg

El valor de la carga de diseño, se define por la carga más pesada:

$$P = 1.2 * 4000$$

$$P = 4,800.00 \text{ Kg}$$

d. Características del Concreto

- Módulo de Elasticidad (E)

Según ACI-318-63, para hormigones con los siguientes valores.

$$1.44 \text{ Tn/m}^3 < W < 2.50 \text{ Tn/m}^3$$

Se recomienda la siguiente fórmula:

$$E = (W)^{3/2} * 4300 * \text{RAIZ}(f'c)$$

Donde:

W : Peso unitario del C° Endureido en Tn/m³

f'c : Resistencia Cilíndrica del C° en Tn/m³

En nuestro caso tomaremos un concreto con agregados de arena y piedra, donde:

$$W = 2.30 \text{ Tn/m}^3$$

Cuyo Módulo de Elasticidad es el siguiente:

$$Ec = 15,000 * (f'c)^{0.5}$$

Luego:

$$Ec = 15,000 * (210)^{0.5}$$

$$Ec = 217,371 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Módulo de Poisson (u)**

Relación entre la deformación transversal y longitudinal de un espécimen al determinar su resistencia a la compresión.

Su valor está comprendido entre 0.15 a 0.20

Se adopta como valor representativo:

$$u = 0.17$$

- **Tensión a la Rotura**

Definido por:

$$S = MC/I$$

Donde:

S: Esfuerzo unitario de rotura por flexión

M: Momento actuante

I: momento de Inercia de la sección

C: distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra extrema: $h/2$

Esta fórmula se basa en el caso supuesto de que la carga sea aplicada en la esquina de la losa, no tomando en consideración reacción de la subrasante.

Entonces el esfuerzo producido en la fibra extrema superior del plano de rotura estará dado por:

$$M = PX$$

$$Mr = SI/C$$

Donde:

Mr: Momento resistente de la losa

Se tiene por equilibrio que: $M=SI/C$, donde: $S=MC/I$, esta fórmula nos da el valor de la rotura, el cual no se considera para el Diseño, porque para presentarse la

rotura del concreto, debe sobrepasar el Límite de su Módulo de Rotura. Ante esto, el autor Winter expresa lo siguiente: "Que una estimación razonable de la resistencia de tracción por flexión (M_r) MODULO DE ROTURA para hormigones, debe estar dentro del siguiente intervalo:

$$1.988 * \text{RAIZ} * (f'_c) \leq M_r \leq 3.255 * \text{RAIZ} * (f'_c)$$

Para nuestro caso: $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Entonces:

$$1.988 * (210^{0.5}) \leq M_r \leq 3.255 * (210^{0.5})$$

$$28.81 \leq M_r \leq 47.17 \text{ Kg/cm}^2$$

Por este motivo se toma como Módulo de Rotura el 20% del Esfuerzo a la Compresión del Concreto, entonces:

$$M_r = 0.20 * f'_c$$

$$M_r = 42.00 \text{ Kg/cm}^2$$

- Tensión de Trabajo

Como nuestro Coeficiente de Seguridad es 2, el Esfuerzo de Trabajo para nuestro diseño será:

$$T = \frac{\text{Módulo de Rotura}}{\text{Coef. Seguridad}} = \frac{0.21 f'_c}{2.00} = 0.11 f'_c$$

$$T = 22.05 \text{ Kg/cm}^2$$

2.5.- Módulo de Reacción de la Subrasante (K)

Conocido también con el nombre de COEFICIENTE DE BALASTRO, expresa la resistencia del suelo de la subrasante a ser penetrado por efecto de la penetración de las losas.

Del ábaco: RELACION ENTRE EL VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. Y EL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE K , tenemos que para un:

$$\text{C.B.R.} = 7.14 \quad \rightarrow \quad K = 5.90$$

Por efecto de la Base Granular, el Coeficiente de Balastro, sufrirá una variación, la que será determinada en la Tabla siguiente:

Tabla 8

Valor de k de subrasante incrementada

Valor K (Kg/cm ³)	Valor de k de subrasante incrementada			
	10.00 cm	15.00 cm	22.50 cm	30.00 cm
1.40	1.82	2.10	2.38	3.08
2.80	3.64	3.92	4.48	5.32
5.60	6.16	6.47	7.56	8.96
8.40	8.96	9.24	10.36	12.04

Considerando:

Mejoramiento e = 15.00 cm

Extrapolando tenemos

K(kg/cm³)	e = 15.00	
	2.80	3.92
	5.90	K
	5.60	6.47

$$K = ((6.47 * (2.8 - 5.9) - 3.92 * (5.6 - 5.9)) / (2.8 - 5.6))$$

$$K = 6.74 \text{ Kg/cm}^3$$

Tabla 9

Valor de k de subrasante incrementada

VALOR K (Kg/cm ³)	VALOR DE K DE SUBRASANTE INCREMENTADA			
	10.00 cm	15.00 cm	22.50 cm	30.00 cm
1.40	1.82	2.10	2.38	3.08
2.80	3.64	3.92	4.48	5.32
5.60	6.16	6.47	7.56	8.96
8.40	8.96	9.24	10.36	12.04

Considerando:

$$\text{Sub-base } e = 35.00 \text{ cm}$$

Extrapolando tenemos

$K \text{ (kg/cm}^3\text{)}$	$e = 0.35$	
	2.80	5.88
	6.74	K
	5.60	9.89

$$K = ((9.89 * (2.8 - 6.74)) - 5.88 * (5.6 - 6.74)) / (2.8 - 5.6)$$

$$K = 11.52 \text{ Kg/cm}^3$$

Mediante la fórmula propuesta por el Ing. HARMAN JUAN en su Obra.

Estudio de los componentes del pavimento, el módulo de balastro, se puede calcular con la siguiente fórmula.

$$K_i = K_o + 0.02 * (1.2 e + e^2 / 12)$$

Donde:

K_i : Módulo de reacción de la subrasante incrementado

K_o : Módulo de reacción de la subrasante sin base granular

e : espesor base granular en cm.

Esta fórmula es válida para $e < 30\text{cm}$

Considerando:

$$\text{Sub-base } e = 50.00 \text{ cm}$$

$$K_i = 5.9 + 0.02 * (1.2 * 50 + 50^2 / 12)$$

$$K_i = 11.27 \text{ Kg/cm}^3$$

e. Radio de Rigidez Relativa (L)

$$L = \text{RAIZ}(\text{RAIZ}(E * h^3 / (12 * (1 - u^2) * K)))$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm^2

H : Espesor de la losa en cm.

u : Módulo de Poisson del hormigón

K : Módulo de balastro del terreno en kg/cm^3

L : Radio de rigidez relativa entre la losa y la subrasante en cm.

A continuación, se muestra una Tabla de L en cm, para:

$E=280,000 \text{ Kg/cm}^2$ y con $u=0.15$

Tabla 10

Espesores h de las losas

MODULO SUBRAS. "K" (Kg/cm^3)	ESPESORES h DE LAS LOSAS					
	15.00 cm	17.50 cm	20.00 cm	22.50 cm	25.00 cm	30.00 cm
1.40	88.40	96.80	109.70	119.90	128.00	148.80
2.80	74.40	81.00	92.20	100.80	107.70	125.00
5.60	62.50	67.60	77.70	84.80	90.20	105.20
8.40	56.60	63.50	70.10	76.70	81.50	95.00
11.20	52.60	58.90	65.30	71.40	77.20	88.40
14.00	49.70	55.90	61.70	67.60	72.90	83.30

Para el cálculo de la rigidez relativa, se puede usar el cuadro anterior, interpolando sus valores.

f. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Utilizando el Abaco de la Asociación de Cemento Portland, determinamos espesor de la losa, indicando a continuación el resumen de los datos obtenidos:

- a. Coeficiente de Seguridad = 2.00
- b. Coeficiente de Impacto (I) = 1.20
- c. Carga por Rueda más Pesada = 4,000.00 Kg

- d. *Radio del Círculo Área Contacto* = 21.00 cm
- e. *Coefficiente Rotura del Concreto (Mr)* = 42.00 Kg/cm²
- f. *Esfuerzo de Trabajo C° (T)* = 22.05 Kg/cm²
- g. *Módulo de Balastro (K)* = 11.27 Kg/cm³
- h. *Carga de Diseño (P)* = 4,800.00 Kg

Para determinar el Espesor de la Losa mediante el Abaco del Dr. Picket entramos con los siguientes valores

- *Esfuerzo de Trabajo C° (T)* = 22.05 Kg/cm²
- *Módulo de Balastro (K)* = 11.27 Kg/cm³
- *Carga de Diseño (P)* = 4,800.00 Kg

g. ABACO N° 002 - PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO

Considerando dotar a las losas de elementos de unión (pasadores), en los ábacos respectivos, tomamos la columna correspondiente a: "Esquina protegida con transferencia de carga", determinamos un espesor de 18cm.

Adoptando finalmente:

ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO $h = 18.00$ cm

En la práctica, el pavimento de concreto hidráulico, se puede calcular utilizando las fórmulas de Frank T. Sheets, quién efectuó relaciones empíricas para encontrar la sustentación del terreno, utilizando la fórmula de Clifford Older para la determinación de espesores:

Las fórmulas propuestas por Sheets, son las siguientes.

a. Para llantas neumáticas sencillas:

- Sin transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:

$$S = \frac{2,4 W C}{h^2}$$

- Con transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:

$$S = \frac{1,92 W C}{h^2}$$

b. Para llantas neumáticas dobles:

- Sin transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:

$$S = \frac{1,85 W C}{h^2}$$

- Con transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:

$$S = \frac{1,48 W C}{h^2}$$

Se debe tener presente que, en estas fórmulas, ya se ha considerado el factor de impacto (aprox. 1,20); por lo que la carga W debe ser la carga estática por rueda.

El coeficiente "C" utilizado en estas fórmulas, depende del valor relativo de soporte del suelo y se puede obtener de la tabla siguiente:

Tabla 11
Tabla de relaciones CBR y coeficiente C

TABLA DE RELACIONES	
CBR	C
3 a 10	1.000
10 a 20	0.900
20 a 35	0.842
35 a 50	0.800
50 a 80	0.777

- Utilizando la fórmula de Sheets para llantas neumáticas dobles, con transferencia de cargas, tenemos lo siguiente:

$$S = \frac{1,48 W C}{h^2} \rightarrow h = \text{RAIZ} (1.48W * C/S)$$

$$C = 1.00$$

Remplazando valores, se tiene

$$h = (1.48 * 4000 * 1 / 22.05)^{0.5}$$

$$h = 16.39 \text{ cm}$$

- Considerando la fórmula de Sheets para llantas neumáticas dobles, sin transferencia de cargas se tiene lo siguiente:

$$S = \frac{1,85 W C}{h^2} \rightarrow h = \text{RAIZ} (1.85 W * C/S)$$

Remplazando valores, se tiene

$$h = (1.85 * 4000 * 1 / 22.05)^{0.5}$$

$$h = 18.32 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, adoptaremos:

$$h = 18.00 \text{ cm}$$

FINALMENTE, EL DISEÑO DE PAVIMENTO ADOPTADO SERÁ:

- Losa de Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$e = 0.18 \text{ m}$
- Base Granular	$e = 0.35 \text{ m}$
TOTAL	$e = 0.53 \text{ m}$

h. CHEQUEO DE ESFUERZOS

La verificación de los esfuerzos, se realizará para la carga ubicada en la esquina, en circunstancias en que actúan todos los esfuerzos a la vez (tensión rítica del hormigón a tracción en la cara superior de la losa), los que no deben superar los esfuerzos de trabajo del concreto, cuyo valor es de 22.05 kg/cm^2 .

Calculando previamente la rigidez relativa:

$$L = \text{RAIZ} (\text{RAIZ} (E * h^3 / (12 * (1 - u^2) * K)))$$

Reemplazando valores:

$$L = ((217371 * 18^3 / (12 * (1 - 0.17^2) * 11.27)^{0.5})^{0.5})$$

$$L = 55.74 \text{ cm}$$

i. Esfuerzos por Carga:

Se tienen las fórmulas siguientes:

- *Fórmula del Dr. Gerald Pickett:*

$$S = 3.36 * P / h^2 * (1 - (RAIZ(a/L)) / (0.925 + 0.22 * (a/L)))$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 3.36 * 4800 / (18^2) * (1 - (21/55.74)^{0.5} / (0.925 + 0.22 * (21/55.74)))$$

$$S = 19.46 \text{ Kg/cm}^2 < 22.05 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

- *Fórmula del Royal de Bradbury:*

$$S = 3P/h^2 * (1 - (a/L) \text{ EXP } (0.6))$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 3 * 4800 / 18^2 * (1 - 21 / 55.74) ^ 0.6$$

$$S = 19.70 \text{ Kg/cm}^2 < 22.05 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

- *Fórmula de Frank T. Sheets:*

$$S = \frac{1.48 W C}{h^2}$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 1.48 * 21 * 1 / 18$$

$$S = 18.27 \text{ Kg/cm}^2 < 22.05 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

Como se puede apreciar los valores obtenidos anteriormente de los esfuerzos máximos producidos (para carga en esquina), son menores esfuerzo de trabajo del concreto = 21 Kg/cm²

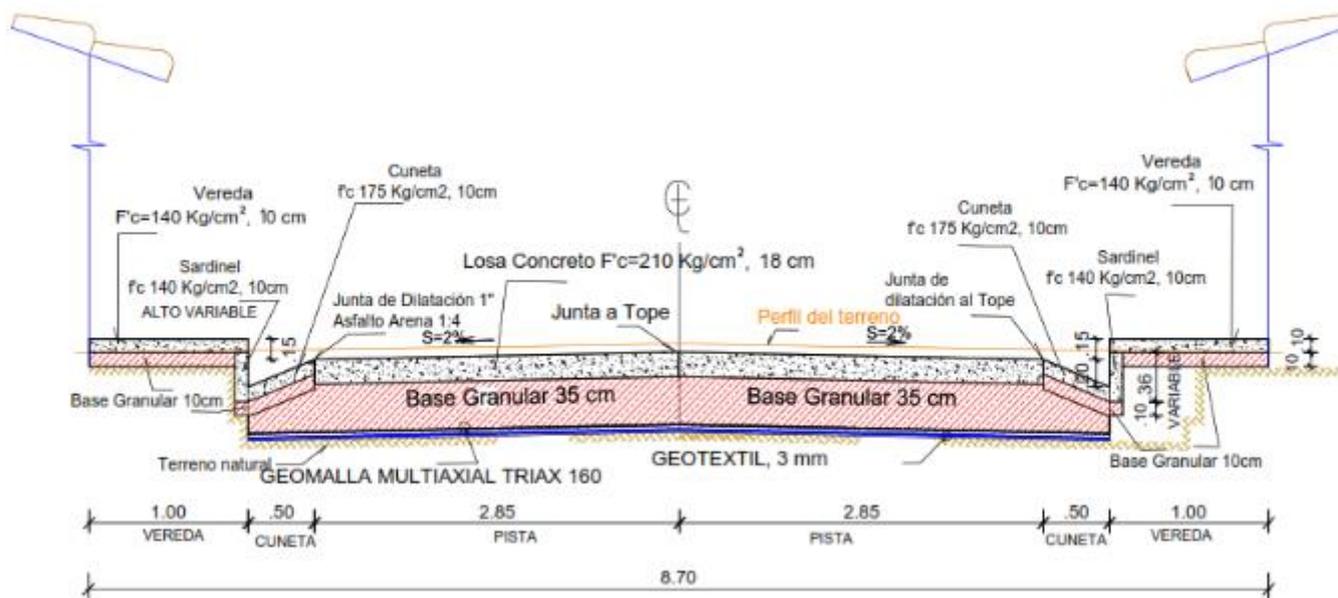


Figura 9. Diseño de pavimento rígido convencional

Anexo 22. DISEÑO DE PAVIMENTO SUELO - CEMENTO

I. DATOS:

- Concreto : $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- C.B.R. : 100.00%
- Vehículo de diseño : H10
- Periodo de diseño : 20 años

II. CÁLCULOS

a. Coeficiente de Seguridad

i) Tomando en consideración los vehículos más pesados

- Vehículos por hora (valor redondeado) = 18.00
- Vehículos por año = $18 * 24 * 365 = 157,680.00$
- Vehículos en 20 años = $157680 * 20 = 3,153,600.00$

Ahora tomando en cuenta el Abaco: Coeficiente de Seguridad Vs. N° de Repeticiones de carga que produce la rotura, elaborado por el Departamento de Carreteras de Illinois de EE.UU de Norte América, obtenemos que:

$$3,153,600.00 > 10,000.00 \text{ Repeticiones que producen la Rotura}$$

$$\rightarrow FS = 2.00$$

ii) Según la PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, adopta que: para cargas que producen la rotura del pavimento a las cien mil repeticiones más pesadas que se suponen, han de circular por una vía durante 25 a 30 años, se toma un coeficiente de seguridad ($FS = 2$)

$$\rightarrow FS = 2.00$$

b. Coeficiente de Impacto

Para Pavimentos Rígidos se recomienda un coeficiente de impacto de 20%, valor que tomaremos para el Diseño:

$$I = 1.20$$

c. Carga de Diseño

Para este caso el vehículo más pesado que transita por esta vía es el T2-S2 (H20-S16), la distribución de carga en sus ruedas, es la siguiente:

- Carga por Rueda Delantera = 2.00 Tn = 2,000.00 Kg
- Carga por Rueda Posterior = 4.00Tn = 4,000.00 Kg

El valor de la carga de diseño, se define por la carga más pesada:

$$P = 1.2 * 4000$$

$$P = 4,800.00 \text{ Kg}$$

d. Características del Concreto

- Módulo de Elasticidad (E)

Según ACI-318-63, para hormigones con los siguientes valores.

$$1.44 \text{ Tn/m}^3 < W < 2.50 \text{ Tn/m}^3$$

Se recomienda la siguiente fórmula:

$$E = (W)^{3/2} * 4300 * \text{RAIZ}(f'c)$$

Donde:

W : Peso unitario del C° Endureido en Tn/m³

f'c : Resistencia Cilíndrica del C° en Tn/m³

En nuestro caso tomaremos un concreto con agregados de arena y piedra, donde:

$$W = 2.30 \text{ Tn/m}^3$$

Cuyo Módulo de Elasticidad es el siguiente:

$$Ec = 15,000 * (f'c)^{0.5}$$

Luego:

$$E_c = 15,000 * (210^{0.5})$$

$$E_c = 217,371 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Módulo de Poisson (u)**

Relación entre la deformación transversal y longitudinal de un espécimen al determinar su resistencia a la compresión.

Su valor está comprendido entre 0.15 a 0.20

Se adopta como valor representativo:

$$u = 0.17$$

- **Tensión a la Rotura**

Definido por:

$$S = MC/I$$

Donde:

S: Esfuerzo unitario de rotura por flexión

M: Momento actuante

I: momento de Inercia de la sección

C: distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra extrema: h/2

Esta fórmula se basa en el caso supuesto de que la carga sea aplicada en la esquina de la losa, no tomando en consideración reacción de la subrasante.

Entonces el esfuerzo producido en la fibra extrema superior del plano de rotura estará dado por:

$$M = PX$$

$$Mr = SI/C$$

Donde:

Mr: Momento resistente de la losa

Se tiene por equilibrio que: $M=SI/C$, donde: $S=MC/I$, está fórmula nos da el valor de la rotura, el cual no se considera para el Diseño, porque para presentarse la rotura del concreto, debe sobrepasar el Límite de su Módulo de Rotura. Ante esto, el autor Winter expresa lo siguiente: "Que una estimación razonable de la Resistencia de

Tracción por Flexión (M_r) MODULO DE ROTURA para Hormigones, debe estar dentro del siguiente intervalo:

$$1.988*RAIZ*(f'c) \leq M_r \leq 3.255*RAIZ*(f'c)$$

Para nuestro caso: $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Entonces:

$$1.988 * (210^{0.5}) \leq M_r \leq 3.255 * (210^{0.5})$$

$$28.81 \leq M_r \leq 47.17 \text{ Kg/cm}^2$$

Por este motivo se toma como Módulo de Rotura el 20% del Esfuerzo a la Compresión del Concreto, entonces:

$$M_r = 0.20*f'c$$

$$M_r = 42.00 \text{ Kg/cm}^2$$

- Tensión de Trabajo

Como nuestro Coeficiente de Seguridad es 2, el Esfuerzo de Trabajo para nuestro diseño será:

$$T = \frac{\text{Módulo de Rotura}}{\text{Coef. Seguridad}} = \frac{0.20 f'c}{2.00} = 0.10 f'c$$

$$T = 21.00 \text{ Kg/cm}^2$$

e. Módulo de Reacción de la Subrasante (K)

Conocido también con el nombre de COEFICIENTE DE BALASTRO, expresa la resistencia del suelo de la subrasante a ser penetrado por efecto de la penetración de las losas.

Del ábaco: RELACIÓN ENTRE EL VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. Y EL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE K, tenemos que para un:

$$C.B.R. = 100.00 \quad \rightarrow K = 21.90$$

Por efecto de la Base Granular, el Coeficiente de Balastro, sufrirá una variación, la que será determinada en la Tabla siguiente:

Tabla 12

Valor de k de subrasante incrementada

Valor K (Kg/cm ³)	Valor de k de subrasante incrementada			
	10.00 cm	15.00 cm	22.50 cm	30.00 cm
1.40	1.82	2.10	2.38	3.08
2.80	3.64	3.92	4.48	5.32
5.60	6.16	6.47	7.56	8.96
8.40	8.96	9.24	10.36	12.04

Considerando:

$$\text{Mejoramiento } e = 20.00 \text{ cm}$$

Extrapolando tenemos

K(kg/cm ³)	e = 20.00
5.60	8.03
21.90	K
8.40	10.92

$$K = ((10.92 * (5.6 - 21.9) - 8.03 * (8.4 - 21.9)) / (5.6 - 8.4))$$

$$K = 24.85 \text{ Kg/cm}^3$$

Mediante la fórmula propuesta por el Ing. HARMAN JUAN en su Obra.

Estudio de los componentes del pavimento, el módulo de balastro, se puede calcular con la siguiente fórmula (Salinas, 2019).

$$K_i = K_o + 0.02 * (1.2 e + e^2 / 12)$$

Donde:

K_i : Módulo de reacción de la subrasante incrementado

K_o : Módulo de reacción de la subrasante sin base granular

e : espesor base granular en cm.

Esta fórmula es válida para $e < 30\text{cm}$

Considerando:

Base $e = 20.00\text{ cm}$

$$K_i = 21.9 + 0.02*(1.2*20 + 20^2/12)$$

$$K_i = 23.05\text{ Kg/cm}^3$$

f. Radio de Rigidez Relativa (L)

$$L = \text{RAIZ}(\text{RAIZ}(E*h^3/(12*(1-u^2)*K)))$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm^2

H : Espesor de la losa en cm.

u : Módulo de Poisson del hormigón

K : Módulo de balastro del terreno en kg/cm^3

L : Radio de rigidez relativa entre la losa y la subrasante en cm.

A continuación, se muestra una Tabla de L en cm, para:

$$E=280,000\text{ Kg/cm}^2 \text{ y con } u=0.15$$

Tabla 13

Módulo de subrasante vs espesores h de las losas

MODULO SUBRAS. "K" (Kg/cm ³)	ESPEORES h DE LAS LOSAS					
	15.00 cm	17.50 cm	20.00 cm	22.50 cm	25.00 cm	30.00 cm
1.40	88.40	96.80	109.70	119.90	128.00	148.80
2.80	74.40	81.00	92.20	100.80	107.70	125.00
5.60	62.50	67.60	77.70	84.80	90.20	105.20
8.40	56.60	63.50	70.10	76.70	81.50	95.00
11.20	52.60	58.90	65.30	71.40	77.20	88.40
14.00	49.70	55.90	61.70	67.60	72.90	83.30

Para el cálculo de la rigidez relativa, se puede usar el cuadro anterior, interpolando sus valores.

b. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Utilizando el Abaco de la Asociación de Cemento Portland, determinamos espesor de la losa, indicando a continuación el resumen de los datos obtenidos:

- i. Coeficiente de Seguridad = 2.00*
- j. Coeficiente de Impacto (I) = 1.20*
- k. Carga por Rueda más Pesada = 4,000.00 Kg*
- l. Radio del Círculo Área Contacto = 21.00 cm*
- m. Coeficiente Rotura del Concreto (Mr) = 42.00 Kg/cm²*
- n. Esfuerzo de Trabajo C° (T) = 21.00 Kg/cm²*
- o. Módulo de Balastro (K) = 23.05 Kg/cm³*
- p. Carga de Diseño (P) = 4,800.00 Kg*

Para determinar el Espesor de la Losa mediante el Abaco del Dr. Picket entramos con los siguientes valores

- Esfuerzo de Trabajo C° (T) = 21.00 Kg/cm²*
- Módulo de Balastro (K) = 23.05 Kg/cm³*
- Carga de Diseño (P) = 4,800.00 Kg*

ABACO N° 002 - PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO

Considerando dotar a las losas de elementos de unión (pasadores), en los ábacos respectivos, tomamos la columna correspondiente a: "Esquina protegida con transferencia de carga", determinamos un espesor de 18cm.

Adoptando finalmente:

ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO $h = 15.00$ cm

En la práctica, el pavimento de concreto hidráulico, se puede calcular utilizando las fórmulas de Frank T. Sheets, quién efectuó relaciones empíricas para encontrar la sustentación del terreno, utilizando la fórmula de Clifford Older para la determinación de espesores (Mendoza, Montañez, Mori, Olivo, & Villa, 2014):

Las fórmulas propuestas por Sheets, son las siguientes.

c. Para llantas neumáticas sencillas:

- *Sin transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:*

$$S = \frac{2,4 W C}{h^2} \quad \text{Fórmula 1. Esquinas no protegidas (Neumáticos simples)}$$

- *Con transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:*

$$S = \frac{1,92 W C}{h^2} \quad \text{Fórmula 2. Esquinas protegidas (Neumáticos simples)}$$

d. Para llantas neumáticas dobles:

- *Sin transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:*

$$S = \frac{1,85 W C}{h^2} \quad \text{Fórmula 3. Esquinas no protegidas (Neumáticos dobles)}$$

- Con transferencia de carga; se tiene la expresión siguiente:

$$S = \frac{1,48 W C}{h^2} \quad \text{Fórmula 4. Esquinas protegidas (Neumáticos dobles)}$$

Se debe tener presente que, en estas fórmulas, ya se ha considerado el factor de impacto (aprox. 1,20); por lo que la carga W debe ser la carga estática por rueda.

El coeficiente "C" utilizado en estas fórmulas, depende del valor relativo de soporte del suelo y se puede obtener de la tabla siguiente:

Tabla 14

Tabla de relaciones CBR y coeficiente "C"

TABLA DE RELACIONES	
CBR	C
3 a 10	1.000
10 a 20	0.900
20 a 35	0.842
35 a 50	0.800
50 a 80	0.777

- Utilizando la fórmula de Sheets para llantas neumáticas dobles, con transferencia de cargas, tenemos lo siguiente:

$$S = \frac{1,48 W C}{h^2} \quad \rightarrow \quad \text{Fórmula 5. Sheets con transferencia de carga}$$

$$h = \text{RAIZ} (1.48W * C/S)$$

$$C = 0.777$$

Remplazando valores, se tiene

$$h = (1.48 * 4000 * 0.777 / 21)^{0.5}$$

$$h = 14.80 \text{ cm}$$

- Considerando la fórmula de Sheets para llantas neumáticas dobles, sin transferencia de cargas se tiene lo siguiente:

$$S = \frac{1,85 W C}{h^2} \rightarrow \text{Fórmula 6. Sheets sin transferencia de carga}$$

$$h = \text{RAIZ} (1.85 W * C/S)$$

Remplazando valores, se tiene

$$h = (1.85 * 4000 * 0.777/21)^{0.5}$$

$$h = 16.55 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, adoptaremos:

$$h = 15.00 \text{ cm}$$

FINALMENTE, EL DISEÑO DE PAVIMENTO ADOPTADO SERÁ:

- Losa de Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ $e = 0.15 \text{ m}$

- Base Granular $e = 0.15 \text{ m}$

TOTAL $e = 0.30 \text{ m}$

c. CHEQUEO DE ESFUERZOS

La verificación de los esfuerzos, se realizará para la carga ubicada en la esquina, en circunstancias en que actúan todos los esfuerzos a la vez (tensión crítica del hormigón a tracción en la cara superior de la losa), los que no deben superar los esfuerzos de trabajo del concreto, cuyo valor es de 22.05 kg/cm^2 .

Calculando previamente la rigidez relativa:

$$L = ((E * h^3 / (12 * (1 - u^2) * K))^{0.5})^{0.5}$$

Reemplazando valores:

$$L = ((217371 * 15^3 / (12 * (1 - 0.17^2) * 22.64))^{0.5})^{0.5}$$

$$L = 40.84 \text{ cm}$$

d. Esfuerzos por Carga:

Se tienen las fórmulas siguientes:

- *Fórmula del Dr. Gerald Pickett:*

$$S = 3.36 * P / h^2 * (1 - (RAIZ(a/L)) / (0.925 + 0.22 * (a/L))) \dots \text{Fórmula 7. Dr. Gerald Pickett}$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 3.36 * 4800 / (15^2) * (1 - (27/40.84)^{0.5} / (0.925 + 0.22 * (27/40.84)))$$

$$S = 17.23 \text{ Kg/cm}^2 < 21.00 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

- *Fórmula del Royal de Bradbury:*

$$S = 3P/h^2 * (1 - (a/L))^{(0.6)} \dots \text{Fórmula 8. Royal de Bradbury}$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 3 * 4800 / 15^2 * (1 - 27/40.84)^{0.6}$$

$$S = 14.07 \text{ Kg/cm}^2 < 21.00 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

- *Fórmula de Frank T. Sheets:*

$$S = \frac{1.48 W C}{h^2}$$

Remplazando valores, se tiene

$$S = 1.48 * 27 * 0.777 / 15$$

$$S = 20.44 \text{ Kg/cm}^2 < 21.00 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

Como se puede apreciar los valores obtenidos anteriormente de los esfuerzos máximos producidos (para carga en esquina), son menores esfuerzo de trabajo del concreto = 21 Kg/cm²

FINALMENTE, EL DISEÑO DEL PAVIMENTO SERÁ:

- Losa de Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$e = 0.15 \text{ m}$
- Base Granular	$e = 0.15 \text{ m}$
TOTAL	$e = 0.30 \text{ m}$

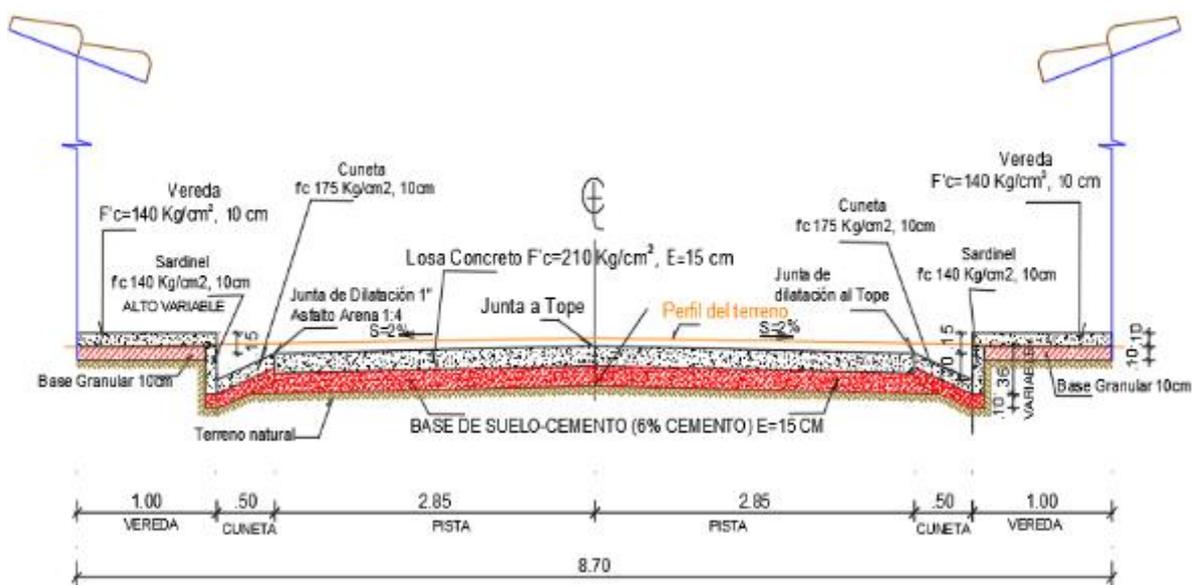
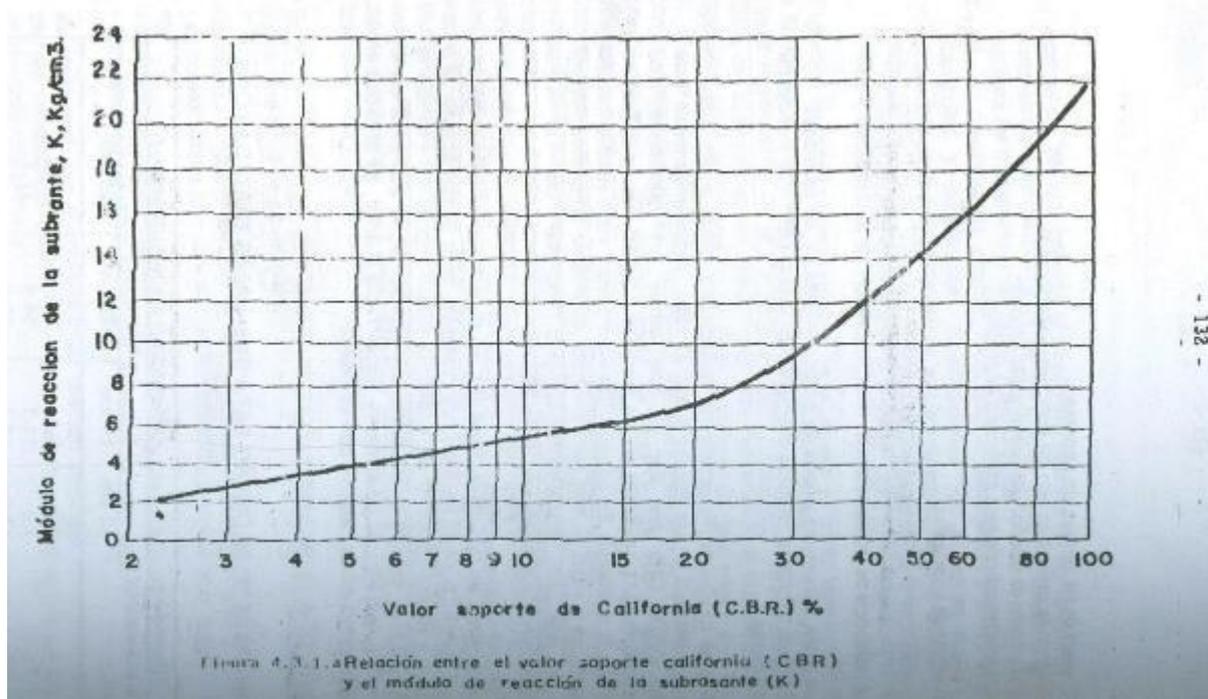


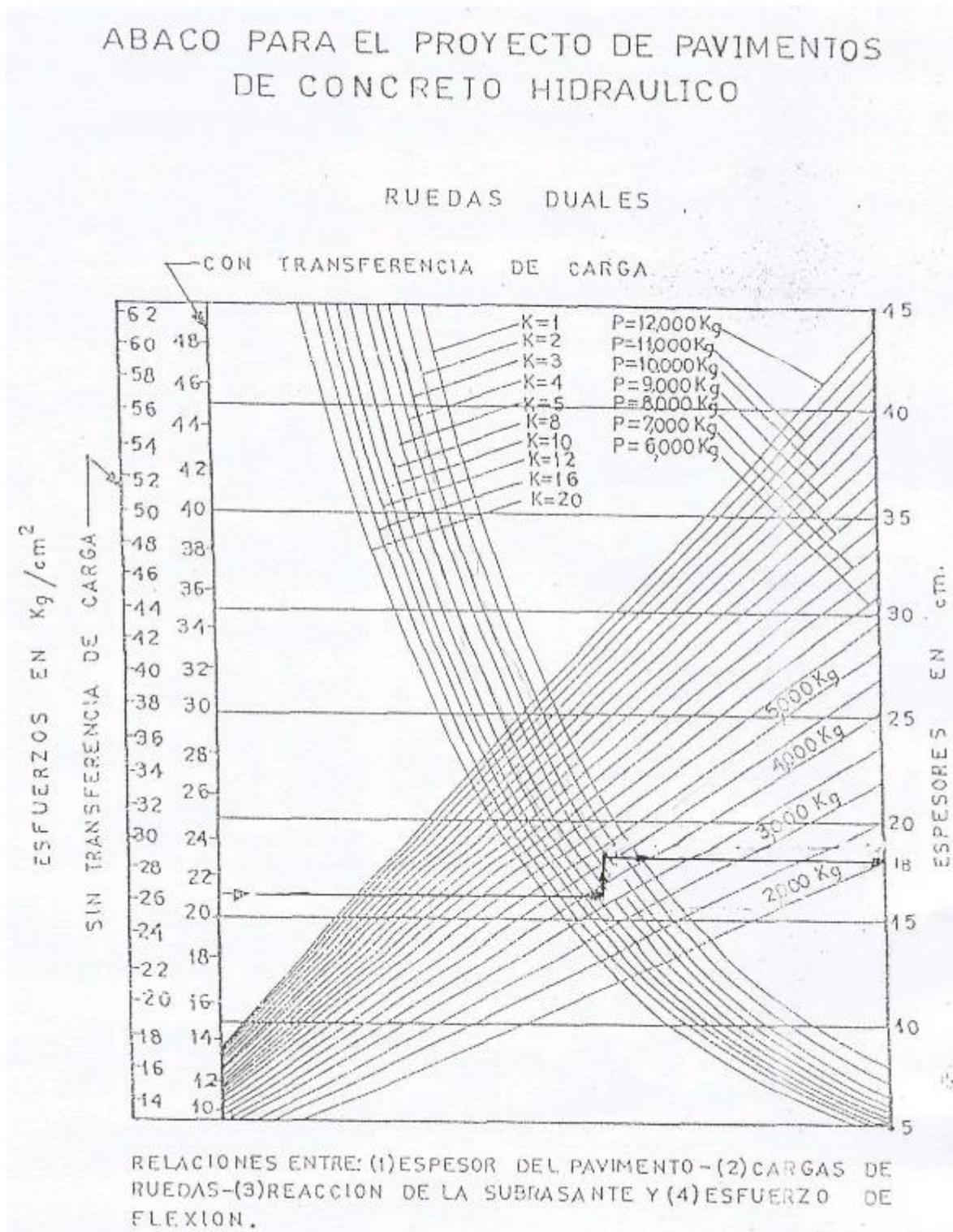
Figura 10. Diseño de pavimento Suelo – Cemento

Anexo 23. Abaco N° 001. Cálculo del módulo de reacción de la subrasante (K)



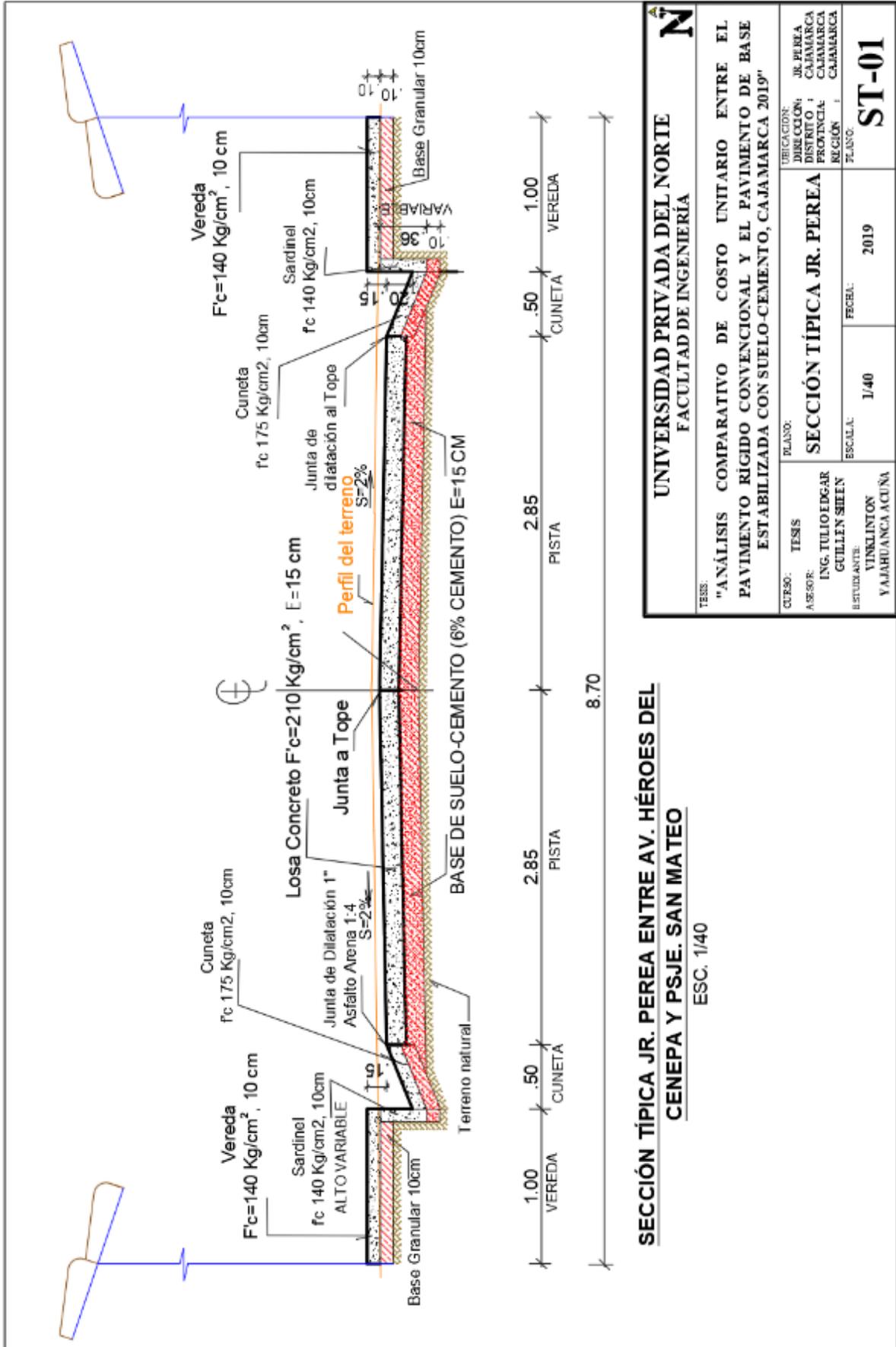
Fuente: (Palacios, 2018)

Anexo 24. Abaco N° 002. Espesor tentativo aprox. de la losa de concreto (del Dr. Picket)



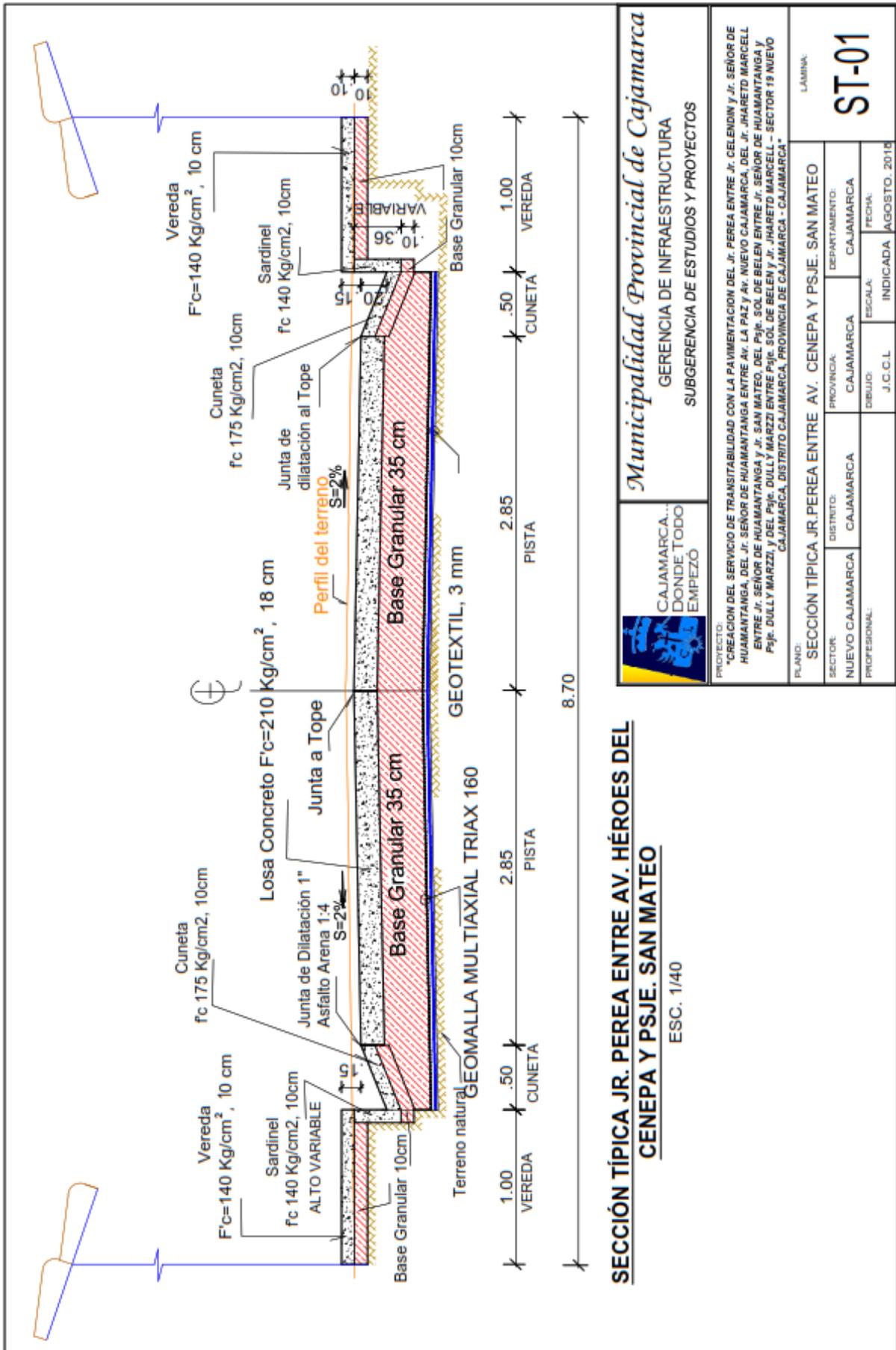
Fuente: (Palacios, 2018)

**Anexo 21. Planos de pavimento con base estabilizada de suelo-cemento con 6% de
cemento y el pavimento rígido convencional del expediente en estudio**



SECCIÓN TÍPICA JR. PEREA ENTRE AV. HÉROES DEL CENEP Y PSJE. SAN MATEO
ESC. 1/40

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA		SECCIÓN TÍPICA JR. PEREA	
TEMA: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y EL PAVIMENTO DE BASE ESTABILIZADA CON SUELO-CEMENTO, CAJAMARCA 2019"	UBICACIÓN: JR. PEREA DISTRITO: CAJAMARCA PROVINCIA: CAJAMARCA REGION: I	FECHA: 2019	PLANO: ST-01
TESIS: ING. TULLIO EDGAR GUILLEN SHEEN	ESCALA: 1/40		
ESTUDIANTE: VINKLINTON YAJAHUANCA ACUÑA			



Anexo 22. Panel Fotográfico

Figura 11. Contenido de Humedad y Compactación (CBR)

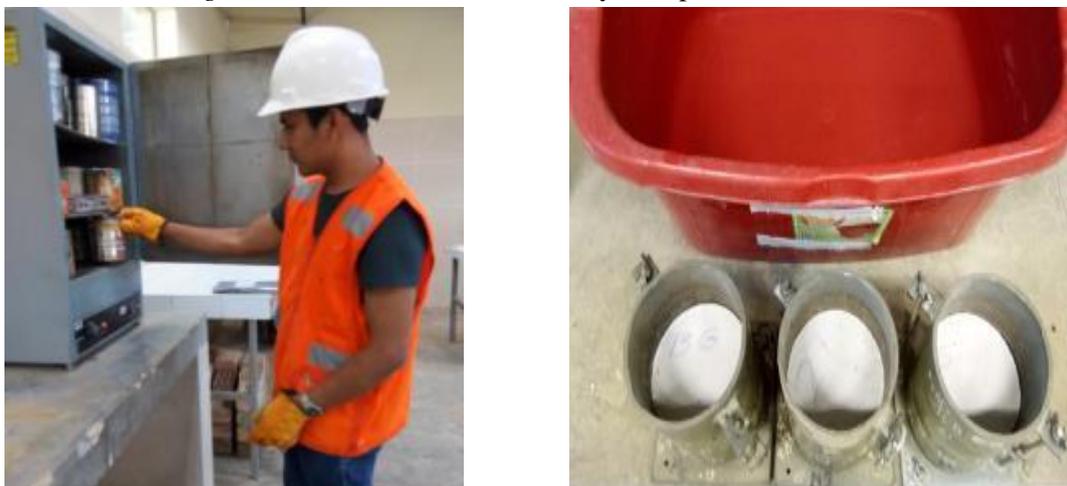


Figura 12. Ensayo de Hinchamiento (CBR)



Figura 13. Ensayo de Penetración (CBR)



Figura 14. Ensayo de Proctor Modificado con suelo-cemento (Método A)



Figura 15. Ensayo de Hinchamiento (CBR)



Figura 16. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR) con presencia del Asesor.



Figura 17. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR) con presencia del Asesor.



Figura 18. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR).



Figura 19. Ensayo de Penetración suelo-cemento (CBR).



Figura 20. Preparación de Muestra para Ensayo de compresión simple.

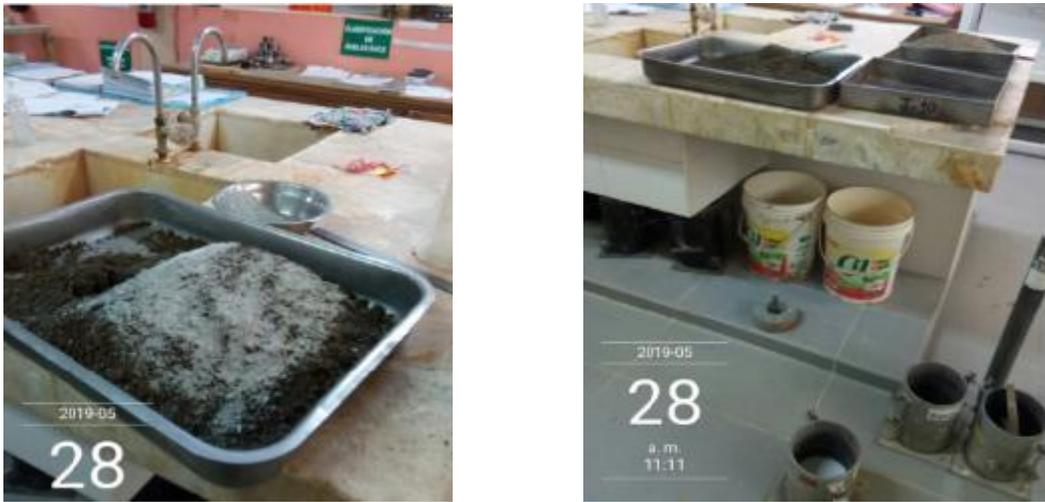


Figura 21. Probetas y respectivo curado para Ensayo de compresión simple.

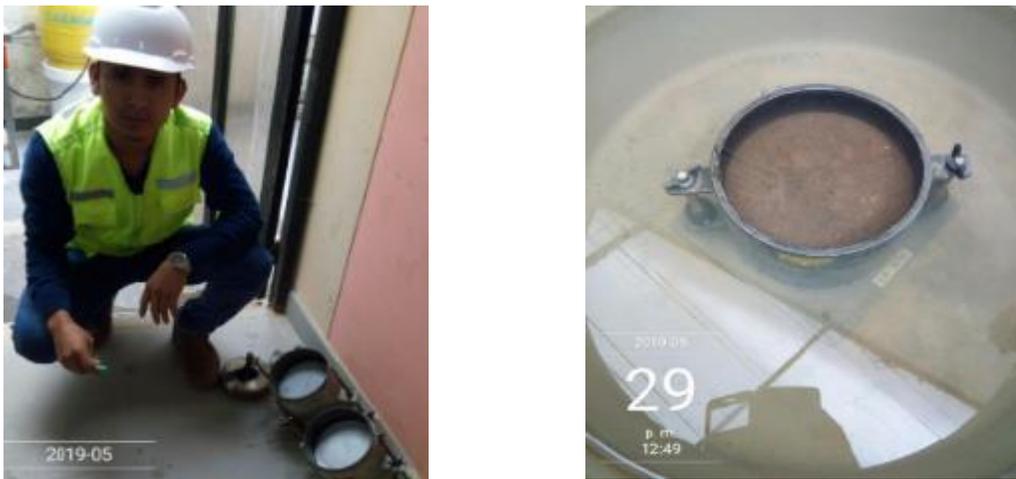


Figura 22. Ensayo de compresión simple 1.



Figura 23. Ensayo de compresión simple 2.

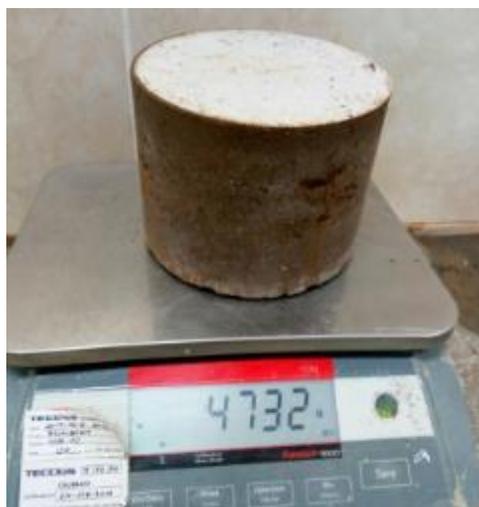


Figura 24. Ensayo de compresión simple 3.



Figura 25. Ensayo de compresión simple 4.

