



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Influencia del cemento Viforte en estabilización de pavimento  
asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2,  
Vichayal, Piura, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Chávez Zúñiga, María del Pilar ([0000-0002-6320-7549](mailto:0000-0002-6320-7549))

**ASESOR:**

Mg. Diaz Huiza, Luis Humberto ([0000-0003-13045008](mailto:0000-0003-13045008))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a mi madre por ser mi motor y empuje, a mi padre por ser mi modelo de aspiración profesional y a mi familia por todo su apoyo y comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre y a mi madre por las herramientas brindadas para esta investigación, por su apoyo, por el respaldo y la oportunidad de seguir la carrera.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA .....	31
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	31
3.2. Variables y Operacionalización.....	31
3.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis .....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.5. Procedimiento.....	33
3.6. Método de análisis de datos .....	34
3.7. Aspectos éticos.....	34
IV. RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN .....	44
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES .....	48
REFERENCIA .....	49
ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos típicos de cemento para varios tipos de suelo. ....	11
Tabla 2: Propiedades del suelo cemento. ....	18
Tabla 3: Especificaciones de la emulsión. ....	22
Tabla 4: Aumento en la resistencia a la compresión simple con el tiempo para varios tipos de suelo. ....	26
Tabla 5: Rangos de resistencia a la compresión en suelo-cemento. ....	26
Tabla 6: Matriz de operacionalización de variables. ....	32
Tabla 7: Resultados de densidad-humedad. ....	37
Tabla 8: Fórmula de trabajo para probetas de resistencia a la compresión. ....	38
Tabla 9: Fórmula de trabajo para probetas de módulo de elasticidad. ....	38
Tabla 10: Resistencia a la compresión. ....	39
Tabla 11: Límites de consistencia. ....	40
Tabla 12: Módulo de elasticidad. ....	42
Tabla 13: Matriz de consistencia. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recicladora y cisterna de agua. ....	3
Figura 2: Recicladora al vacío con agua. ....	3
Figura 3: Extracción de muestras. ....	4
Figura 4: Plano de ubicación del tramo 1. ....	9
Figura 5: Imagen del inicio del tramo antes de la intervención. ....	10
Figura 6: Imagen del final del tramo antes de la intervención. ....	10
Figura 7: Ventajas de la estabilización con cemento VIAFORTE. ....	13
Figura 8: Plano de ubicación del río Chira. ....	14
Figura 9: Foto del punto de extracción de agua. ....	14
Figura 10: Ilustración de la banda de gradación para los requisitos mínimos de aglutinante. ....	16
Figura 11: Efecto de la compactación en la resistencia a la compresión simple de suelos arenosos. ....	20
Figura 12: Influencia del tiempo en el retardo del mezclado en la resistencia a la compresión simple. ....	20
Figura 13: Efecto del retraso de la compactación después del hidratado, en la resistencia a la compresión simple. ....	21
Figura 14: Variación de la compresión simple con el tiempo. ....	23
Figura 15: Curvas típicas que muestran la variación de la resistencia a la compresión con el contenido de cemento. ....	24
Figura 16: Influencia del tiempo de curado en la resistencia a la compresión simple. ....	24
Figura 17: Formas típicas que muestran la influencia del contenido de cemento en el agrietamiento. ....	25
Figura 18: Ejemplo de curva de densidad vs humedad añadida. ....	27
Figura 19: Margen de humedad en curva de densidad vs humedad añadida. ....	28
Figura 20: Ejemplo curva de resistencia a la compresión vs cemento. ....	29
Figura 21: Curva esfuerzo vs deformación en función del tiempo en suelo-cemento. ....	30
Figura 22: Curva de densidad-humedad de 2.5% de cemento. ....	36

Figura 23: Curva de densidad-humedad de 3% de cemento. ....	36
Figura 24: Curva de densidad-humedad de 3.5% de cemento. ....	37
Figura 25: Curva de resistencia a la compresión. ....	39
Figura 26: Reducción del índice de plasticidad contra el contenido de cemento. ....	40
Figura 27: Reducción del índice de plasticidad con el tiempo. ....	41
Figura 28: Curva de módulo de elasticidad. ....	42
Figura 29: Tamizado de material por la malla N°4 para separar agregado gruesos y finos.....	68
Figura 30: Saturación de material que pasa malla 3/4" y retenido en malla N°4. .	68
Figura 31: Almacenamiento de material que pasa malla N°4 por peso.....	69
Figura 32: Peso de Cemento Viaforte según porcentaje a analizar. ....	69
Figura 33: Peso de agua potable para mezcla según humedad de prueba. ....	70
Figura 34: Material granular que retenido en malla N°4 saturado con superficie seca y material granular que pasa la misma, mezclado con cemento Viaforte.....	70
Figura 35: Combinación de materiales granulares con agua según humedad de prueba. ....	71
Figura 36: Material terminado y listo para ser utilizado en ensayos para suelo-cemento.....	71
Figura 37: Compactado en molde Proctor modificado. ....	72
Figura 38: Compactado de última capa en molde Proctor modificado. ....	72
Figura 39: Peso de muestra para determinación de densidad. ....	73
Figura 40: Extracción de muestra para determinación de humedad. ....	73
Figura 41: Moldes de 4x8" para ensayo de resistencia a la compresión no confinada. ....	84
Figura 42: Compactado de material granular en moldes de 4x8".....	84
Figura 43: Enrasado de briquetas de 4x8". ....	85
Figura 44: Reposo de briquetas por 24 horas. ....	85
Figura 45: Desmoldado de briquetas después de 24 horas de reposo. ....	86
Figura 46: Curado y etiquetado de briquetas hasta su fecha de rotura programada. ....	86
Figura 47: Curado en poza de agua 4 horas previas a su rotura. ....	87
Figura 48: Compresión de briquetas a una velocidad de 160 kg/seg.....	87
Figura 49: Falla de briqueta por compresión no confinada. ....	88

Figura 50: Compactación de probetas de 6x12". .....	96
Figura 51: Codificación de probetas de 6x12" para módulo de elasticidad. ....	96
Figura 52: Probeta de 6x12" desmoldada. ....	97
Figura 53: Instalación de armazón y calibración diales para módulo de elasticidad. .....	97
Figura 54: Ejecución de ensayo de módulo de elasticidad.....	98
Figura 55: Probeta de 6x12" ensayada. ....	98

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal establecer la influencia del cemento Viaforte en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021. La metodología de la investigación es de tipo aplicada por la intención de generar conocimiento sobre la influencia del cemento Viaforte en diferentes cantidades de cemento en pavimento asfáltico reciclado, el diseño es experimental y pre experimental ya que analiza las causas y efectos de las variables. Se obtuvieron como resultados que la cantidad de cemento Viaforte optima es de 2.55%, logrando con esta cantidad alcanzar los parámetros especificados en la norma. Se concluye que el cemento VIAFORTE de Pacasmayo influye de forma positiva a la estabilización con suelo-cemento donde se contempla un pavimento flexible que cuenta con una estructura de 10 cm de pavimento asfáltico envejecido y 20 cm de base granular, debido a que cumple con los parámetros establecidos por las normas en los ensayos de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, usando 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte.

**Palabras clave:** Suelo-cemento, pavimento asfáltico reciclado, estabilización de suelo, cemento Viaforte.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to establish the influence of Viaforte cement in stabilizing aged recycled asphalt pavement on the Costanera 2 highway, Vichayal, Piura, 2021. The research methodology is of a basic type due to the intention of generating knowledge about the influence of Viaforte cement in different amounts of cement in recycled asphalt pavement, the design is experimental and pre-experimental since it analyzes the causes and effects of the variables. The results were that the optimal quantity of Viaforte cement is 2.55%, achieving with this quantity the parameters specified in the standard. It is concluded that the VIAFORTE cement from Pacasmayo positively influences the stabilization with soil-cement where a flexible pavement is contemplated that has a structure of 10 cm of aged asphalt pavement and 20 cm of granular base, because it complies with the parameters established by the standards in the tests of resistance to compression and modulus of elasticity, using 2%, 2.5% and 3% of Viaforte cement.

**Keywords:** Soil-cement, recycled asphalt pavement, soil stabilization, cement Viaforte.

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática a nivel mundial, actualmente, el desarrollo tecnológico nos permite producir nuevos materiales que satisfagan las necesidades estructurales en los proyectos viales, las cuales han cambiado debido a un incremento en el volumen de tráfico y cargas vehiculares. El suelo con cemento y agua es uno de esos materiales que han logrado, a partir de la época de los cuarenta, un amplio uso en los proyectos viales. Esta mezcla es llamada suelo-cemento.

El suelo-cemento es un material que compactado y construido con determinadas técnicas tiene un amplio campo de aplicación. Los materiales que los componen son económicos y abundantes.

Las técnicas de tratamientos de suelos, en especial aquellas tratadas con cemento es considerado una aportación importante en la ingeniería, porque permite ampliar la utilización de casi todos los suelos como materiales de construcción y se logre cumplir con las normas especificadas.

Existe tres razones de la aplicación de la técnica de suelo-cemento, el primero es el hecho de que los suelos o materiales granulares o reciclados asfálticos son los materiales que se tienen a la mano, más baratos y expeditos para su uso, la segunda razón es que con la ayuda del desarrollo tecnológico se utilizan maquinarias modernas para su aplicación y equipos de laboratorio apropiados para realizar un diseño y un control de calidad óptimo. Tercero, porque permite la reducción del tiempo de construcción y costos.

En la presente investigación se hará énfasis en el uso del cemento VIAFORTE, el cuál es de uso exclusivo para estabilizar suelos para vías y carreteras, este tipo de cemento tiene como características principales: controlar las fisuras por retracción, mayor durabilidad y mayor trabajabilidad.

En esta investigación se realizará un diseño completo para hallar el óptimo contenido de cemento VIAFORTE en un pavimento asfáltico reciclado, en el proyecto denominado Costanera 2, ubicado en Vichayal, Piura. El procedimiento para la extracción de muestras del pavimento reciclado será el siguiente: Se

extrajeron muestras de reciclado usando una recicladora con una velocidad de 10 m/min, velocidad usada para la actividad de estabilizado de reciclado con cemento, esto con la finalidad de simular la granulometría resultante de la actividad, debido a que el huso granulométrico depende de la velocidad de la recicladora, se elaboró un diseño de una muestra representativa. La figura 1 muestra por orden de izquierda a derecha una recicladora y una cisterna de agua, necesarias para la extracción de muestras al vacío, la figura 2 muestra el proceso de extracción de muestras, que empieza con el reciclado (con agua) y por último la figura 3 nos muestra la extracción del material reciclado al vacío para proceder con el diseño.

Esta investigación se justifica teóricamente debido a que busca proporcionar información a las entidades públicas sobre estabilización de suelo-cemento usando alternativas de nuevos cementos.

A nivel social se justifica debido a que el propósito de esta investigación es validar un nuevo tipo de cemento, lo que ayudará a tener alternativas en el mercado para estabilizar suelo-cemento.

A nivel práctico y académico permitirá reflexionar sobre incursionar en la innovación de alternativas de cemento para suelo-cemento con asfalto reciclado.

A nivel metodológico la investigación busca tener utilidad, para que puedan realizarse futuras investigaciones donde se innove en nuevas alternativas de insumos para estabilización de suelos-cemento con pavimento envejecido reciclado.



*Figura 1: Recicladora y cisterna de agua.*



*Figura 2: Recicladora al vacío con agua.*



*Figura 3: Extracción de muestras.*

## **Preguntas de la investigación**

### **Pregunta general**

¿Como influye del cemento VIAFORTE en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021?

### **Problemas específicos**

- ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de humedad-densidad?.
- ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de resistencia a la compresión?.
- ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de módulo de elasticidad?.

Se propuso para esta investigación, según pregunta general, analizar la influencia de diferentes porcentajes de cemento en una muestra de reciclado al vacío de 20

cm de carpeta asfáltica y 10 cm de base granular, mediante los ensayos de resistencia a compresión y módulo de elasticidad, según las preguntas específicas.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

Establecer la influencia del cemento Viaforte en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de humedad-densidad.
- Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de resistencia a la compresión.
- Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de módulo de elasticidad.

## **Hipótesis de la investigación**

### **Hipótesis general**

El cemento VIAFORTE influye positivamente en la estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.

### **Hipótesis específicas**

- El cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de humedad-densidad.
- El cemento VIAFORTE influye positivamente en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.
- El cemento VIAFORTE influye positivamente en los ensayos de módulo de elasticidad.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Antecedentes Internacionales**

Cardona y Sánchez (2018), en su tesis titulada “Análisis de una mezcla suelo-cemento con adición de viruta de acero”, la cual tiene como objetivo analizar el comportamiento mecánico de una mezcla de suelo-cemento con adición de viruta de acero en diferentes proporciones con respecto al peso y definir si es apto para proponerlo como material estabilizante. La metodología usada en esta tesis fue no experimental. Se obtuvo como resultado que la viruta de acero en porcentajes de 7.5 y 10 por ciento y se concluye que es apto para la estabilización de suelo-cemento ya que cumple con los requisitos exigidos en términos de resistencia y durabilidad, pero no es económicamente viable.

Parra, M. (2018), en su tesis “Estabilización de suelo con cal y ceniza volante”, la cual tiene como objetivo realizar la estabilización química de un suelo, mediante la adición de cal y ceniza en diferentes proporciones para determinar la dosificación óptima, evaluando la resistencia a la compresión y tracción. La metodología usada en esta tesis fue no experimental. Se obtuvo como resultado el aumento de la resistencia a la compresión de la cal en comparación con la ceniza volante, al aumentar el porcentaje de estabilizante, y se evidencia también que la cal tiene mayor resistencia a la tracción que la ceniza volante. Se obtuvo como conclusión que la cal otorga una mejor resistencia al caolín en lo referente a esfuerzos y deformaciones máximas, mientras que la ceniza volante no aportó una significativa mejora al suelo.

Pullas, N. (2019), en su tesis titulada “Comparación técnico-económica entre una base estabilizada y la recuperación de asfalto existente para la elaboración de un pavimento flexible”, la cual tiene como objetivo realizar un análisis técnico-económico sobre la construcción de una base estabilizada y la recuperación de asfalto existente en diferentes tramos de la vía Conocoto-Amaguaña. Esto se remite en la parte técnica a los cambios en el diseño del paquete estructural. En la parte económica se realizará un análisis económico de dichos rubros y la repercusión de

la implementación del proyecto en un periodo de una década. La metodología usada en esta tesis es no experimental. Se obtuvo como resultado que la base granular sería de 20 – 25 cm a una base estabilizada de 10 cm, para lo cual se concluye que al realizar la comparación costo - beneficio de las propuestas se evidencia que la alternativa de recuperación de asfalto existente es la alternativa económica viable con un VAN positivo y con un TIR de 13%.

### **Antecedentes Nacionales**

Hidalgo y Saavedra (2020), en su tesis titulada “Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín”, la que tiene como objetivo realizar un estudio que permita determinar si la adición de las cenizas de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar pueden ser utilizadas como material estabilizante en suelos arcillosos. La metodología es de diseño experimental ya que es un diseño que no se ha realizado con anterioridad, el cual se comprobará mediante ensayos, cuyos resultados demuestren la funcionalidad esperada. Se obtuvo como resultado Cada 1000 kg de cada agregado obtenemos 90 kg y 40 kg de ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar respectivamente. Las subrasantes en suelos similares no disminuyen de 1 metro de espesor del estrato, lo que significa al menos la utilización de 500 kg y 450 kg de cada agregado aproximadamente. Se concluyó de esta investigación que el suelo estabilizado con ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar trae cambios favorables que hacen posible usar el material a nivel subrasante. Debido a su alto porcentaje de sílice presente que los convierte en potenciales agentes estabilizadores primarios o secundarios.

Becerra y Herrera (2019), en su tesis titulada “Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Viaforte, Mochica y Qhuna; Lambayeque. 2018”, tiene como objetivo realizar el estudio de estabilización de arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo Viaforte, Mochica y Qhuna en la región Lambayeque al periodo 2018. La metodología de diseño es experimental porque se verifica la hipótesis mediante la manipulación de las variables. Se obtuvo como resultado que el cemento Qhuna

tiene mayores resistencias en comparación a los cementos Mochica y Viaforte. Se concluyó que el cemento Qhuna es el seleccionado como el mejor, debido a que tiene un mejor comportamiento.

Velásquez, C. (2018), en su tesis titulada “Influencia del cemento portland tipo 1 en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina”, tiene como objetivo evaluar la influencia del cemento portland tipo 1 en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. La metodología es de diseño experimental debido a que se modifican las variables. Se obtuvo como resultado que el cemento portland tipo 1 en porcentajes hasta 5% redujo el índice de plasticidad a 15%, el índice de contracción a menos de 19% e incrementó el CBR a más de 10%. Se concluyó que el cemento Portland tipo 1 en la estabilización de suelo arcilloso redujo el índice de plasticidad, índice de contracción y el incremento de se CBR.

## **BASES TEÓRICAS**

### **Suelo-cemento**

Para el entendimiento de esta investigación se citarán diferentes instituciones o entidades para poder incluir diferentes puntos de vista y ampliar el concepto del mismo.

La American Concrete Institute (2009) define el suelo-cemento como una mezcla de suelo y cantidades medidas de cemento Portland y agua, compactado a una alta densidad. El suelo - cemento se puede definir además como un material producido al mezclar, compactar y curar una mezcla de suelo/agregado, cemento Portland, posiblemente otros materiales cementosos y agua para formar un material endurecido con propiedades específicas. Las partículas de suelo/agregado están unidas por pasta de cemento, pero a diferencia del hormigón, la partícula individual no está completamente cubierta con cemento.

La Portland Cement Association (PCA) propone que el suelo-cemento es una mezcla altamente compactada de suelo/agregado, cemento y agua, la cual es usada como base en un pavimento para carreteras, calles residenciales, áreas de estacionamiento, aeropuertos, áreas de manejo y almacenamiento de materiales.

Sus ventajas son de tener gran resistencia y durabilidad y se combinan con un bajo costo inicial para convertirlo en el valor excepcional en su campo. Generalmente se coloca una fina superficie bituminosa sobre el suelo-cemento para completar el pavimento. El suelo-cemento también es denominado base estabilizada con cemento o base tratada con cemento. Independientemente del nombre, los principios que rigen su composición y construcción son los mismos.

El tipo de suelo a utilizarse puede ser según la PCA cualquier combinación de material granular como arena, limo, arcilla, grava o piedra triturada, también materiales granulares locales como la escoria, la cal y sus derivados, además de materiales de desecho y pavimentos viejos existentes con y sin superficies bituminosas pueden recuperarse, en el caso de esta investigación se usó un pavimento asfáltico existente, donde existen 5 cm de carpeta asfáltica y 20 cm de base granular. La figura 4 nos muestra el plano de ubicación del tramo 1 de la carretera Costanera 2 usada para la elaboración del diseño, la figura 5 nos muestra el inicio y la figura 6 nos muestra el fin del tramo antes de realizarse la intervención del suelo-cemento.



Figura 4: Plano de ubicación del tramo 1.



*Figura 5: Imagen del inicio del tramo antes de la intervención.*



*Figura 6: Imagen del final del tramo antes de la intervención.*

La PCA nos dice también que los espesores de suelo-cemento se ven disminuidos a comparación de los requeridos en bases granulares bajo las mismas condiciones de tráfico y sobre la misma subrasante. Esto debido a que el suelo-cemento distribuye en áreas amplias las cargas. Las muestras tomadas de carreteras

elaboradas con suelo-cemento muestran que la resistencia aumenta con la edad, lo que explica su buen desempeño a largo plazo.

## Materiales del Suelo-cemento

### Cemento

De la Fuente, E. (2013) nos dice en su libro que cualquier cemento puede ser utilizado en la estabilización de suelos. La cantidad de cemento puede oscilar entre el 2% al 25% del peso seco de la mezcla y se procura no pase del 15% por razones económicas, y está en función de la eficiencia del mezclado.

La American Concrete Institute (2009) nos dice que los requisitos de cemento varían según las propiedades deseadas y el tipo de suelo a aplicar, y este puede variar desde 2% hasta 16% por peso seco del suelo. En medida de que aumente la porción arcillosa del suelo, aumenta la cantidad de cemento óptimo. La tabla 1 es una estimación inicial para los procedimientos de dosificación de la mezcla, no son recomendaciones de dosificación.

Tabla 1: Requisitos típicos de cemento para varios tipos de suelo.

Clasificación de suelo AASHTO	Clasificación de suelo ASTM	Rango de cemento requerido, % por peso	Contenido de cemento para la prueba de densidad-humedad (ASTM D558), % por peso	Contenido de cemento para la prueba de durabilidad (ASTM D559 y D560), % por peso
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3 a 5	5	3-5-7
A-1-b	GM, GP, SM, SP	5 a 8	6	4-6-8

A-2	GM, GC, SM, SC	5 a 9	7	5-7-9
A-3	SP	7 a 11	9	7-9-11
A-4	CL, ML	7 a 12	10	8-10-12
A-5	ML, MH, CH	8 a 13	10	8-10-12
A-6	CL, CH	9 a 15	12	10-12-14
A-7	MH, CH	10 a 16	13	11-13-15

Fuentes: American Concrete Institute.

Para esta investigación se usó el cemento de Pacasmayo VIAFORTE, que es un estabilizador de suelos, que tiene como beneficios:

- Elevada capacidad de soporte a la explanada
- Su aplicación mejora la calidad de suelos deficientes
- Tiene resistencia a la erosión y a todo tipo de clima
- Moderado calor de hidratación que disminuye el riesgo de fisuras
- Excelente trabajabilidad
- Amigable con el medio ambiente ya que disminuye la huella de CO2

Gatañadú, R (2020) nos da las ventajas de la estabilización de suelos con cemento VIAFORTE, la cual se ve reflejada en la figura 7. El anexo 2 nos muestra la ficha técnica del cemento VIAFORTE.



Figura 7: Ventajas de la estabilización con cemento VIAFORTE.

## Agua

De la Fuente, E. (2013) nos dice que las funciones del agua en el suelo-cemento son las de producir la aglutinación de las partículas sólidas hidratando el cemento y facilitar la compactación produciendo la lubricación entre las partículas. También nos dice que la cantidad de agua en suelos plásticos varía entre el 10 y 20 % del peso seco de la mezcla y en materiales granulares la cantidad de agua es menor al 10%, De la Fuente hace la recomendación de que el agua debe estar relativamente limpia y libre de cantidades apreciables de ácidos, álcalis y materia orgánica que puedan afectar el cemento. El contenido de agua se debe determinar teniendo en cuenta la trabajabilidad, manejabilidad, la necesidad de evitar los agrietamientos y alcanzar la compactación adecuada.

La American Concrete Institute (2009) nos dice también que el agua es necesario porque ayuda a obtener la máxima compactación y para la hidratación del cemento. Nos dice también que el contenido de agua en el suelo-cemento usualmente está en el rango de 5 a 13 % del peso del cemento de suelo secado al horno. La ACI

nos dice también que el agua de mar se ha utilizado satisfactoriamente, la presencia de cloruros en el agua de mar puede aumentar las resistencias iniciales.

El agua usada para el proyecto fue el extraído en el río Chira, el cual cumplía los requerimientos mínimos de las especificaciones técnicas del proyecto, el anexo 3 muestra los ensayos realizados al agua. La figura 8 nos muestra el plano de ubicación del río Chira y la figura 9 nos muestra una foto del río Chira donde se extraía el agua.



*Figura 8: Plano de ubicación del río Chira.*



*Figura 9: Foto del punto de extracción de agua.*

Las especificaciones técnicas del proyecto indica que el agua deberá ser limpia y deberá ser limpia de material álcalis y otras sustancias deletéreas, su PH medido según norma deberá estar comprendido entre 5.5 y 8.0 y el contenido de sulfatos expresados como SO<sub>4</sub> máximo 3000 y determinado según norma. En general se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

### **Suelo**

La American Concrete Institute (2009) nos dice que casi todos los tipos de suelos se pueden utilizar para suelo-cemento. Algunas excepciones incluyen suelos orgánicos, arcillas altamente plásticas, suelos con niveles medios a altos de sulfatos y suelos arenosos de mala reacción. La ACI nos dice también que son preferibles los suelos granulares debido a que se pulverizan y se mezclan fácilmente a diferencia de los suelos finos y dan como resultado un suelo-cemento más económico debido a que requieren de menor cantidad de cemento. Los requisitos de gradación requeridos no son tan restrictivos como el concreto convencional.

La PCA nos recomienda una gradación para minimizar el mínimo de contenido de cemento, la cual se muestra en la figura 10.

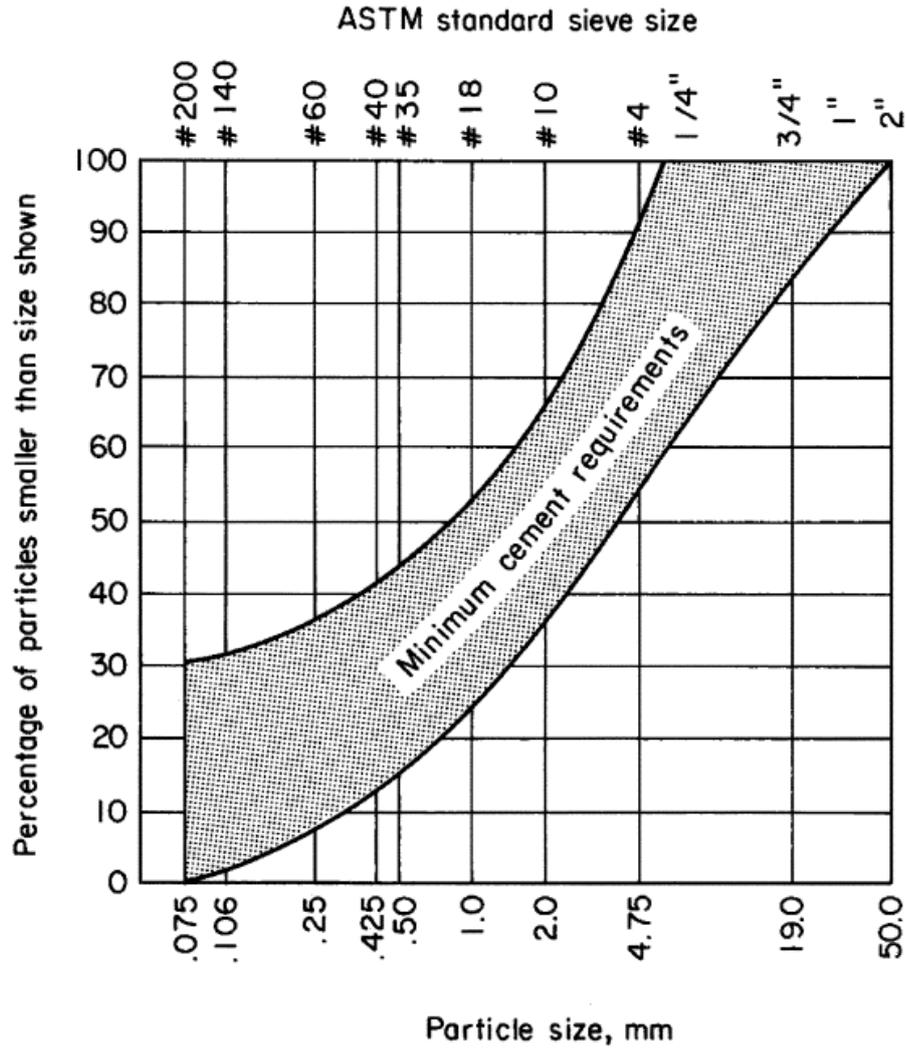


Figura 10: Ilustración de la banda de gradación para los requisitos mínimos de aglutinante.

De la Fuente, E. (2013) nos dice que cualquier suelo puede estabilizarse con cemento, a excepción de los suelos con bastantes contenidos de sales, sustancias orgánicas o materiales deletéreos. Es de conocimiento también que en el campo los suelos que se pueden utilizar se encuentran limitados por:

- Granulometría adecuada
- Consideraciones constructivas; donde se debe tomar en cuenta la facilidad para realizar el mezclado, la facilidad para hacer la compactación, el adecuado contenido de agua natural del suelo y evitar tratamientos costosos de los materiales.
- Requerimiento de diseño

- Consideraciones ambientales
- Requerimiento de diseño
- Consideraciones sobre los requerimientos del producto terminado
- Consideraciones de costo
- Tipo de suelos
- Existencia de cantidades apreciables de sales y materia orgánica
- Influencia de la composición mineralógica

Para esta investigación se usó el material existente el cual consistía en un pavimento flexible envejecido, el cual contenía una estructura de 10 cm de carpeta asfáltica y 20 cm de base granular, la muestra para el diseño fue extraído bajo el procedimiento de reciclado al vacío el cual consistió en realizar la actividad de reciclado con una recicladora y una cisterna de agua simulando la velocidad a usar, la cual fue de 10 m/min, esto con la finalidad de mantener la granulometría que se usará en el proceso constructivo, ya que este depende de la velocidad de la recicladora. Ver la figura 2.

Las especificaciones técnicas del proyecto nos dicen que la granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7. Se trata de los materiales que se ubican entre la superficie y los 50 centímetros de profundidad aproximadamente, y que se propone estabilizar mediante el empleo de cemento y aditivos anti-retracción. Adicionalmente se pueden incluir aditivos químicos para el tratamiento de particularidades de algunos suelos con la intención de optimizar el uso del cemento. Esta decisión debe tomarse a partir de ensayos de laboratorio de la fase constructiva cuando éstos reflejen altos valores del porcentaje de cemento. Esta decisión debe tomarse a partir de ensayos de laboratorio de la fase constructiva cuando éstos reflejen altos valores del porcentaje de cemento.

El anexo 12 muestra todos los ensayos realizados a los agregados.

### **Mezcla**

De la Fuente, E. (2013) nos da conceptos generales a las consideraciones que debe tener la mezcla:

## Características generales

En el color y la textura no se presentan cambios significativos respecto al suelo original. En suelos granulares se presenta una estructura similar a la del suelo que la compone, a excepción de los hechos de que se forman nuevos vínculos entre sus gránulos y que las partículas de cemento rellenan los huecos entre ellos.

## Relación agua-cemento

La cantidad de agua depende de la elaboración y trabajabilidad que se desee obtener en la mezcla con la finalidad de aprovechar mejor los equipos de construcción disponibles.

## Criterios para la dosificación de las mezclas

El objetivo de la dosificación es seleccionar un contenido de cemento y de agua que pueda proporcionar a la mezcla los requerimientos de durabilidad, resistencia, flexibilidad y otros deseables con el menor costo y tiempo de construcción. Según sea el énfasis o preferencia que se le den a cada una de estas propiedades así será la dosificación propuesta para lograrlas.

Las propiedades requeridas según el Instituto Mexicano del Concreto y el Cemento se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Propiedades del suelo cemento.

Resistencia a la compresión simple saturada y no confinada	21 – 56 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de rotura	5 – 11 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad estático a la flexión	42,000 – 140,000 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.12 – 0.14
Radio de curvatura crítico	100 – 300 m

Fuente: Instituto Mexicano del Concreto y el Cemento.

## **Métodos comunes de mezclado en obra**

Existen tres métodos:

- Mezclado en el lugar
- Premezclado
- Por medio de plantas mezcladoras móviles

Para este proyecto se decidió por la técnica de plantas mezcladoras móviles, como lo es la maquina recicladora.

## **Compactación de la mezcla**

La compactación de la mezcla tiene efectos considerables en las propiedades del suelo-cemento terminado. Este aumenta considerablemente la resistencia a la compresión simple, la durabilidad y disminuye la permeabilidad y la tendencia al agrietamiento. La figura 11 nos muestra el efecto de la compactación en la resistencia a la compresión simple de suelos arenosos. Influye en el resultado final la diferencia de tiempo transcurrida entre el inicio de la hidratación y cuando se termina el mezclado y la compactación. La figura 12 nos muestra la influencia del tiempo en el retardo del mezclado en la resistencia a la compresión y la figura 13 nos muestra el efecto del retraso de la compactación después del hidratado en el ensayo de resistencia a la compresión simple. Es importante considerar que la durabilidad y resistencia de un suelo compactado cerca del punto óptimo de humedad decrecen considerablemente después de un retraso de dos horas del inicio de la compactación, a partir del comienzo de la hidratación del cemento.

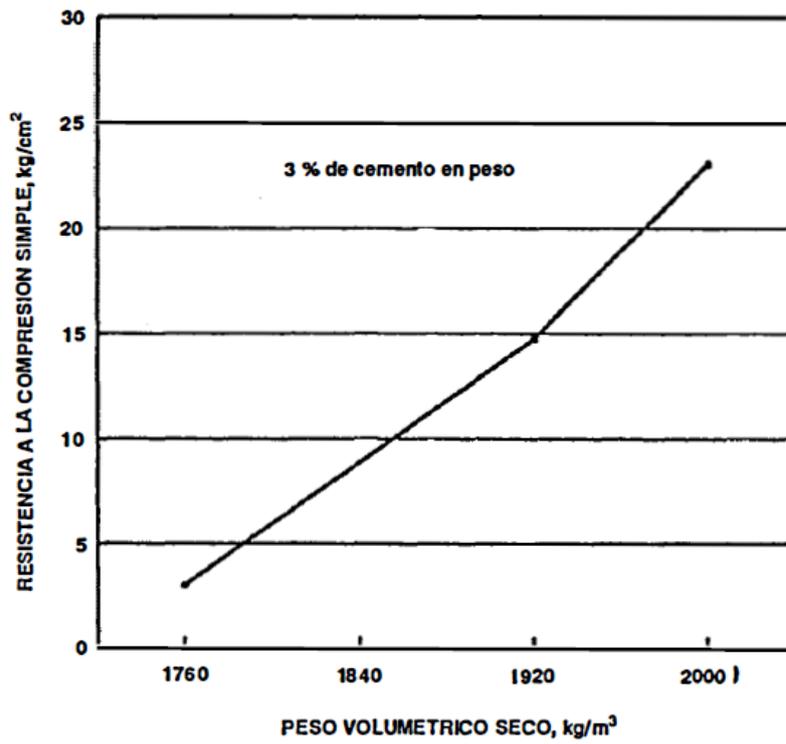


Figura 11: Efecto de la compactación en la resistencia a la compresión simple de suelos arenosos.

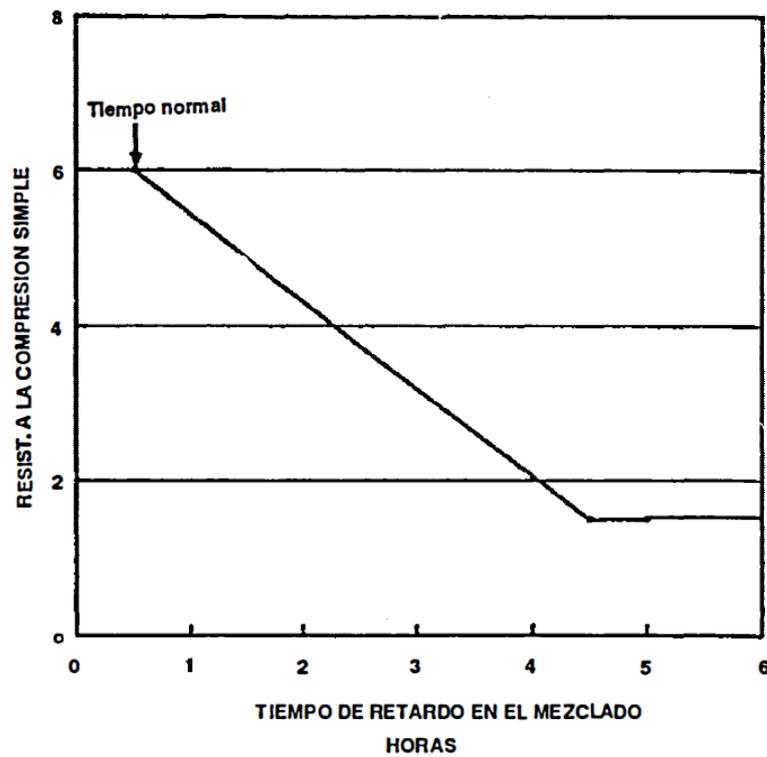


Figura 12: Influencia del tiempo en el retardo del mezclado en la resistencia a la compresión simple.

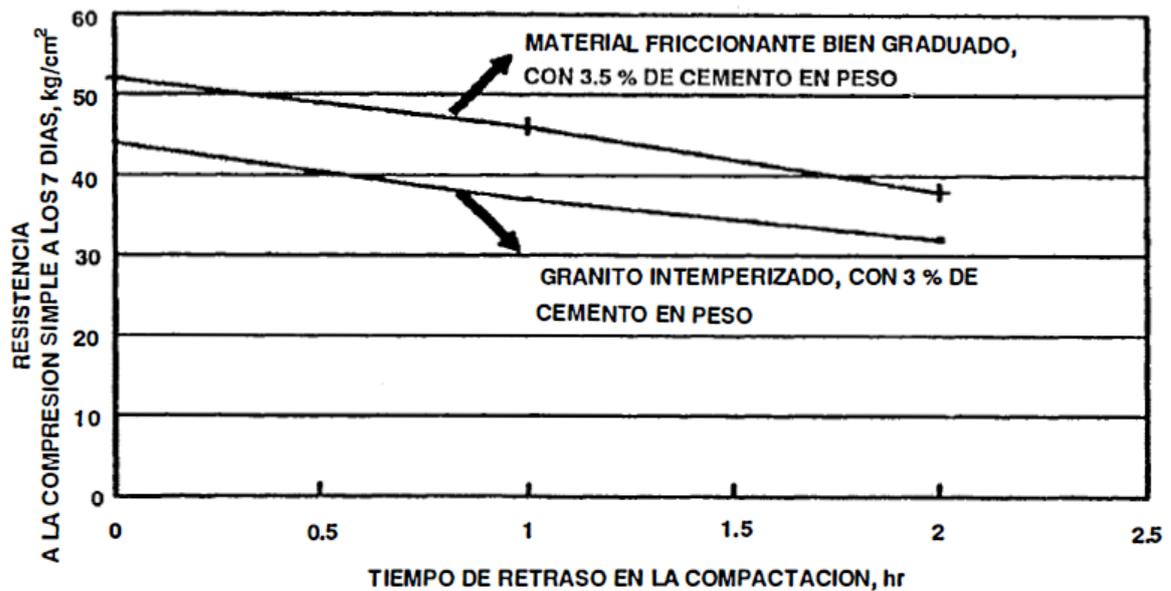


Figura 13: Efecto del retraso de la compactación después del hidratado, en la resistencia a la compresión simple.

### Curado de la mezcla

Es necesario realizar un buen curado al suelo-cemento para poder alcanzar mejores resistencias, por otro lado, un curado prolongado y en exceso aumentará el agrietamiento. En los trabajos de pavimentación es frecuente que se realice el curado con materiales asfáltico, aunque también se utilizan otros materiales como el papel impermeable, plásticos, paja húmeda, mallas de algodón húmedas o de otra fibra. La figura 16 nos muestra la influencia del tiempo de curado en el ensayo de resistencia a la compresión simple.

Para el proyecto se usó la emulsión PRIMETEC, el cual es una emulsión para imprimación elaborada por TDM, en el anexo 4 encontraremos la ficha técnica del PRIMETEC y la tabla 3 nos muestra las especificaciones de la emulsión.

Tabla 3: Especificaciones de la emulsión.

Ensayos		Método		PRIMETEC	
ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN		ASTM	MTC	MÍNIMO	MÁXIMO
Viscosidad Brookfield a 25°C SP 29, 20 RPM,cP		D 4402	-	-	300
Elasticidad al almacenamiento, 24 hr, %		D 244	-	-	1
Destilación	Contenido de asfalto residual, %	D 244	E 401	50	-
	Contenido de solventes, %	D 244	E 401	0	15
Prueba del tamiz N°20, %		D 244	E 405	-	0.1
Carga de partícula		D 244	E 407	Positiva	
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN		ASTM	MTC	MÍNIMO	MÁXIMO
Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, dmm		D5	E 304	100	-
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm		D 113	E 306	40	-
Solubilidad en tricloroetileno, %		D 2042	E 302	97.5	-

Fuente: TDM.

## Propiedades

Para la elaboración de estas bases teóricas se hará mención de conceptos relevantes para esta investigación respecto a las propiedades del suelo – cemento, citando diferentes bibliografías.

### Resistencia a la compresión simple

De la Fuente, E. (2013) nos dice que la resistencia varía con:

- El contenido y el tipo de cemento usado.
- La eficiencia lograda en el mezclado del cemento con el suelo.
- Las características y efectividad de los aditivos usados.
- El tipo y cantidad de materia orgánica, sales y materiales deletéreos que existen en el suelo.
- La cantidad y calidad del agua.

- El tiempo transcurrido después de realizados la humectación, mezclado y compactado de los materiales.
- El grado de compactación alcanzado.
- La duración y forma de hacer el curado.
- Las prevenciones tomadas para disminuir el agrietamiento.
- El tipo de suelo usado.

La resistencia aumenta considerablemente durante los primeros noventa días, para después seguir aumentando, pero lentamente hasta alcanzar un valor límite. Esto se puede apreciar en la figura 14.

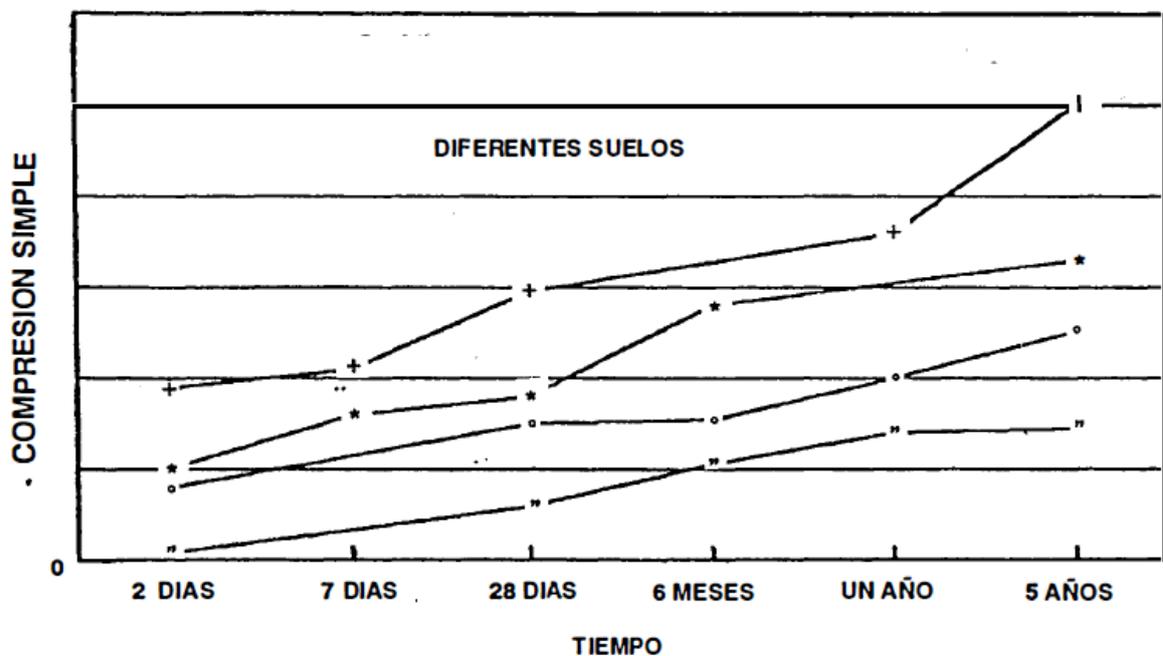


Figura 14: Variación de la compresión simple con el tiempo.

De la fuente nos dice también que generalmente la resistencia a la compresión aumenta gradualmente con el incremento del contenido de cemento hasta alcanzar un cierto límite, el cual podemos apreciar en la figura 15.

Se alcanzará mejores resistencias a la compresión si se logra un mayor grado de pulverización y mejor mezclado. Una buena compactación ayudará también a mejorar la resistencia a la compresión, véase las figuras 11 y 13. La figura 16 nos demuestra que un buen curado aumenta los valores de resistencia a la compresión.

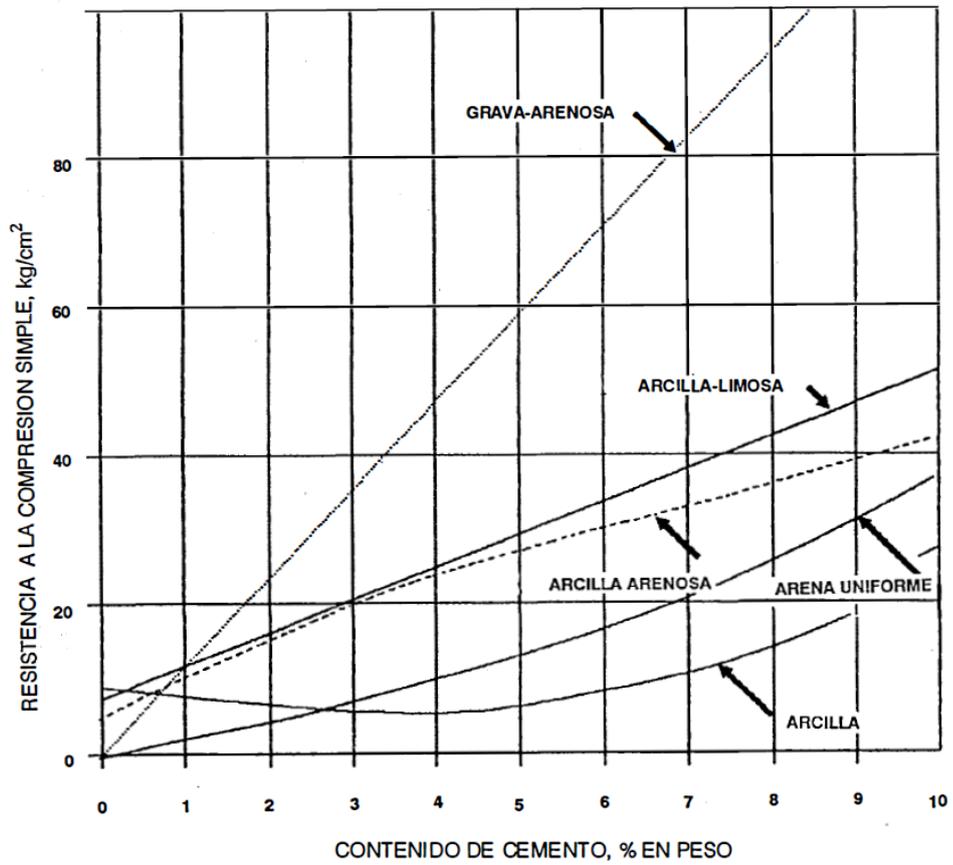


Figura 15: Curvas típicas que muestran la variación de la resistencia a la compresión con el contenido de cemento.

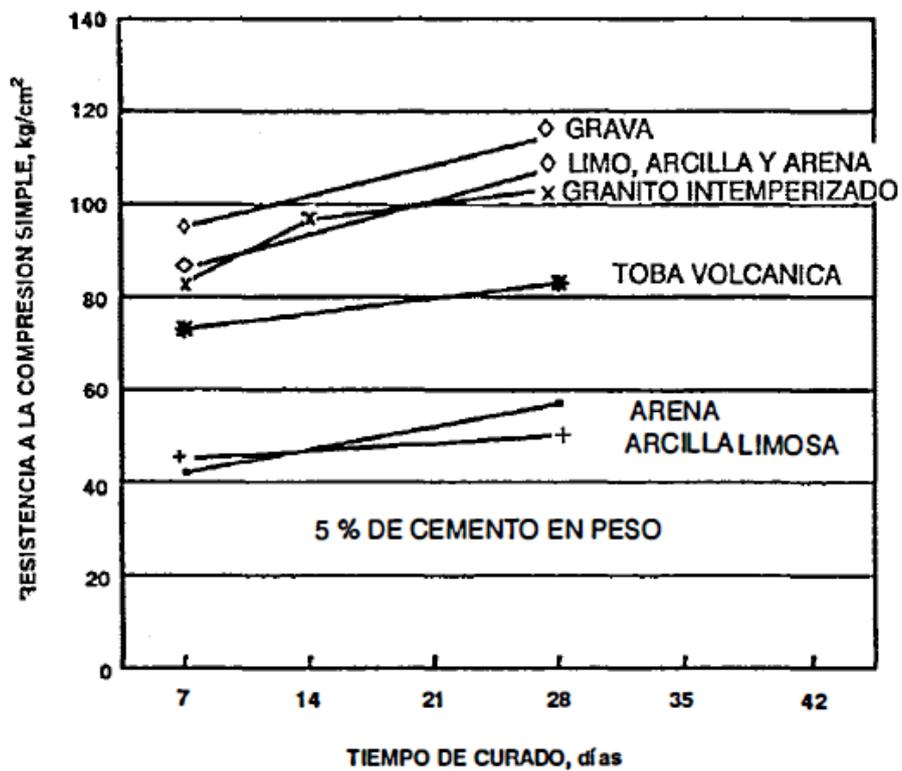


Figura 16: Influencia del tiempo de curado en la resistencia a la compresión simple.

De la Fuente también nos dice que por agrietamiento se producirá una disminución de la resistencia a la compresión, la tendencia al agrietamiento aumenta con el contenido de cemento. El agrietamiento del suelo-cemento primero decrece con la proporción de cemento hasta un mínimo y después se incrementa, la cual puede visualizarse en la figura 17.

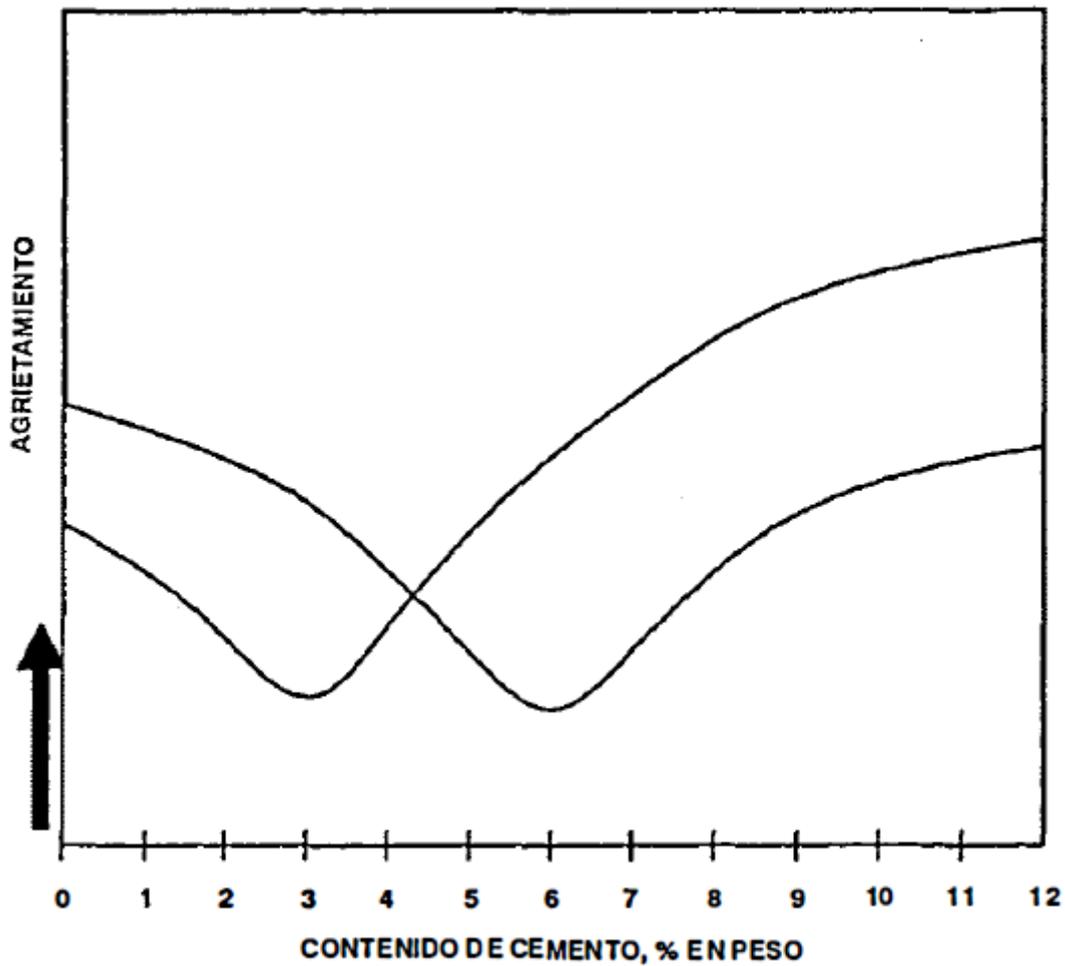


Figura 17: Formas típicas que muestran la influencia del contenido de cemento en el agrietamiento.

Se alcanza una resistencia mayor a la compresión en mezclas con suelos bien graduados y de partículas duras, la tabla 4 muestra el aumento en el ensayo de resistencia a la compresión para varios tipos de suelos.

Tabla 4: Aumento en la resistencia a la compresión simple con el tiempo para varios tipos de suelo.

Tipo de suelo	Resistencia a la compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
Gravas y Arenas (A-1, A-2 y A-3)	21 - 42	28 - 70
Suelos limosos (A-4 y A-5)	17 - 35	21 - 63
Suelos arcillosos (A-6 y A-7)	14 - 28	18 - 42

Fuente: De la Fuente, Eduardo.

La American Concrete Institute (2009) nos dice que la resistencia a la compresión no confinada es la propiedad más referida del suelo-cemento y generalmente se mide de acuerdo con la ASTM D1633. El ensayo indica el grado de reacción de la mezcla de suelo, cemento y agua y la velocidad de endurecimiento. La tabla 5 muestra los rangos del ensayo de resistencia a la compresión en suelo-cemento.

Tabla 5: Rangos de resistencia a la compresión en suelo-cemento.

Soil Type	Soaked compressive strength, psi	
	7-day	28-day
Sandy and gravelly soils: AASHTO Groups A-1, A-2, A-3 Unified Groups GW, GC, GP, GM, SW, SC, SP, SM	300 to 600	400 to 1000
Silty soils: AASHTO Groups A-4 and A-5 Unified Groups ML and CL	250 to 500	300 to 900
Clayey soil: AASHTO Group A-6 and A-7 Unified Groups MH and CH	200 to 400	250 to 600

Specimens moist-cured 7 or 28 days, then soaked in water before strength testing.

Note: 1 psi = 0.0069 Mpa

Fuente: American Concrete Institute.

## Módulo de elasticidad

De la Fuente, E (2013) nos dice que el módulo de elasticidad estático es muy variable y depende de la cantidad de cemento y del tipo de suelo y es bajo comparado con el del concreto y muy alto si es comparado con el suelo natural. Los valores de módulo de elasticidad para un suelo-cemento fluctúan en un suelo-cemento granular muy bueno es de 70 000 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y de 40 000 kg/cm<sup>2</sup> para suelos granulares mezclados con finos.

## Laboratorio y dosificación de mezclas

### Paso 1: Determinación del % de agua

La humedad óptima está poco influida por el porcentaje de cemento por lo tanto se hallará la humedad óptima y su máxima densidad con el ensayo de Proctor modificado (ASTM D558 / D558M-19). La figura 18 nos muestra un ejemplo de una curva de densidad versus humedad añadida. En esta gráfica se demuestra que la humedad gobierna la densidad. La figura 19 nos muestra también el margen de humedad, el cual debe tomarse en cuenta para la elaboración del diseño.

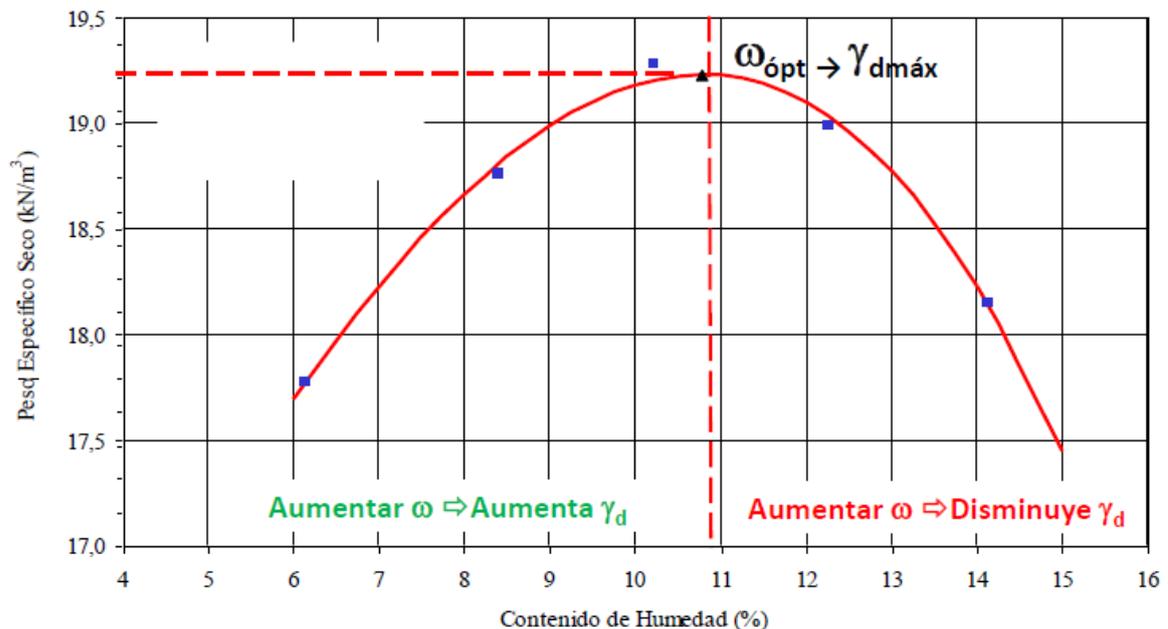


Figura 18: Ejemplo de curva de densidad vs humedad añadida.

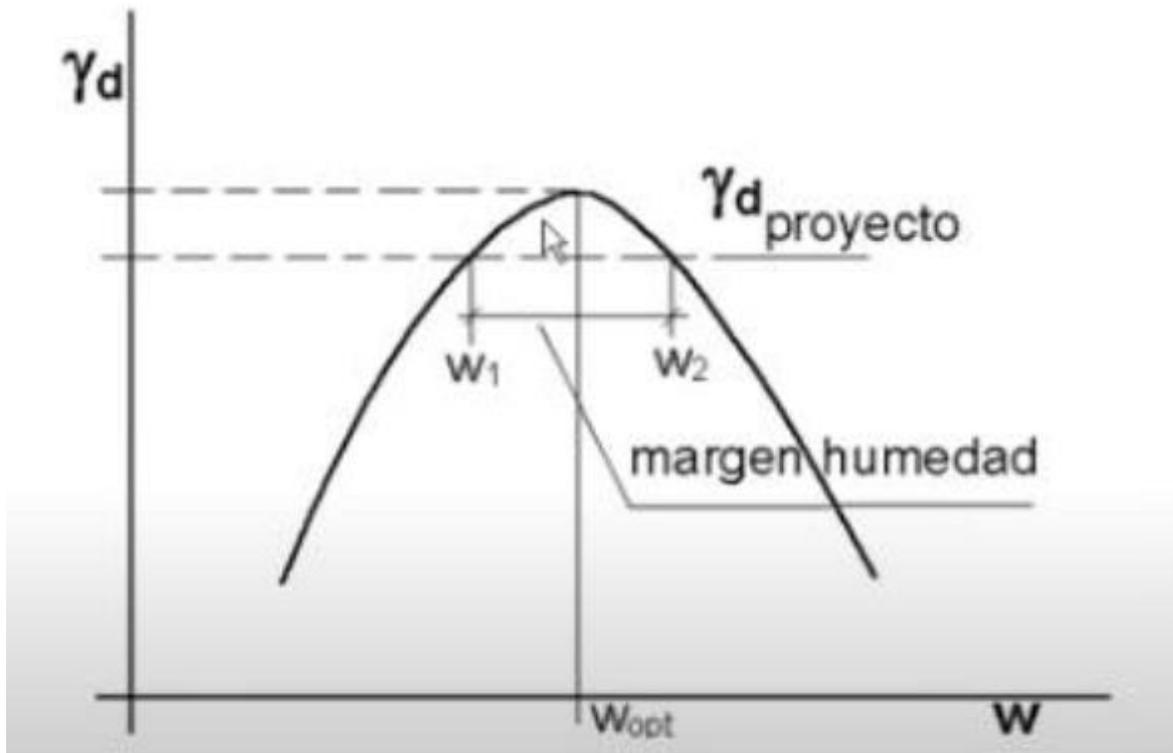


Figura 19: Margen de humedad en curva de densidad vs humedad añadida.

El anexo 5 muestra el procedimiento seguido en el proyecto para realizar el ensayo de Proctor modificado. El anexo 6 muestra un panel fotográfico de la preparación de material y el ensayo de humedad-densidad.

### **Paso 2: Fórmula de trabajo**

Con la máxima densidad hallada en el paso 1 hallar la fórmula de trabajo para las probetas de resistencia a la compresión de 4x8 pulgadas y para las probetas de módulo de elasticidad de 6x12 pulgadas, probando en diferentes cantidades de capas y a diferentes cantidades de golpes por capa hasta llegar a la máxima densidad.

### **Paso 3: Dosificación de cemento**

Con la humedad óptima determinada se prueba con varios porcentajes de cemento para halla el porcentaje de cemento óptimo, para esto se debe respetar las dosificaciones mínimas que dependen de la región, los ensayos a realizar son resistencias a la compresión a 7 días y se realizarán 3 probetas por porcentaje de

cemento, para esto se seguirá el procedimiento elaborado para el proyecto en el anexo 7 preparación de probetas, el anexo 8 muestra el procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión. Se adjuntó también en el anexo 9 un panel de fotos del ensayo de resistencia a la compresión.

La figura 20 nos muestra un ejemplo de una curva de resistencia a la compresión versus cemento.

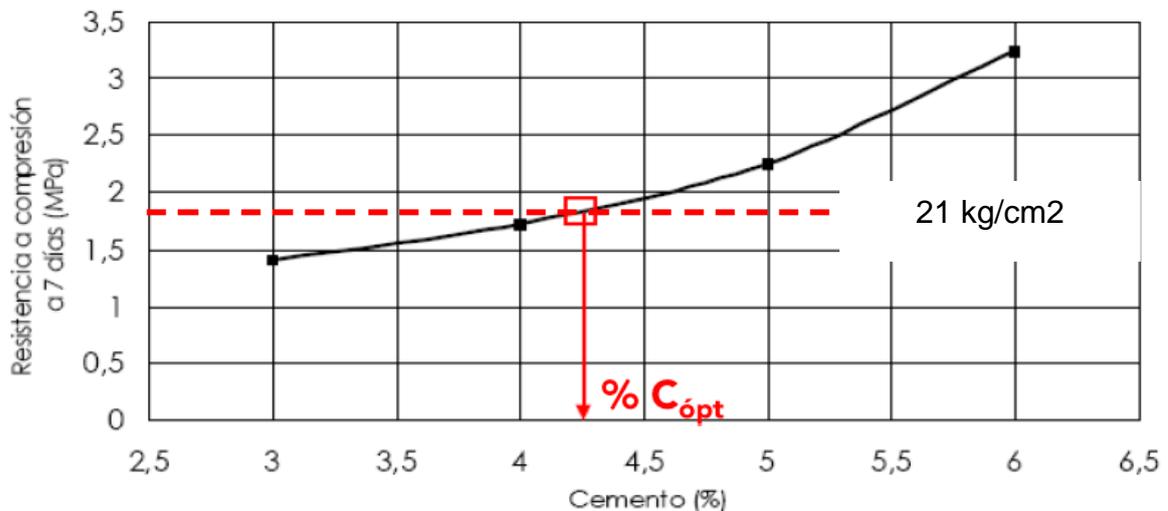


Figura 20: Ejemplo curva de resistencia a la compresión vs cemento.

#### Paso 4: Módulo de elasticidad

Se hallará el módulo de elasticidad teniendo en consideración que este debe ser mayor a 70,000 kg/cm<sup>2</sup> (7,000 MPa) según la Portland Cement Association (PCA), y se siguió con el procedimiento descrito en el anexo 10 preparado para el proyecto. El anexo 11 muestra un panel de fotos del ensayo de módulo de elasticidad. La Figura 23 muestra la evolución en el tiempo de las curvas típicas de esfuerzo versus deformación.

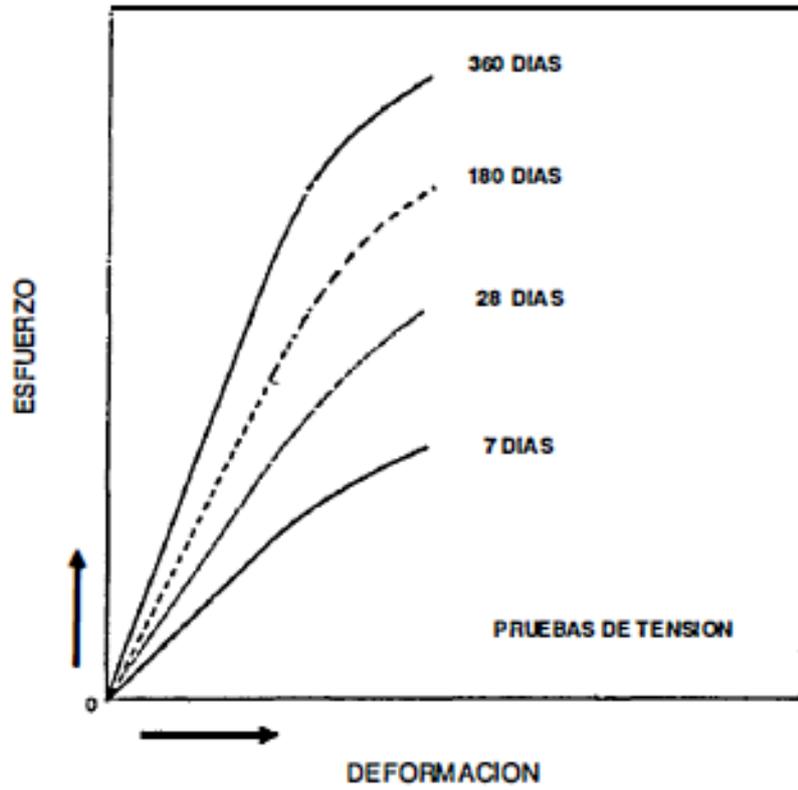


Figura 21: Curva esfuerzo vs deformación en función del tiempo en suelo-cemento.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Esta investigación fue aplicada debido a que la intención es generar conocimiento nuevo sobre el cemento VIAFORTE y su influencia en diferentes porcentajes en pavimento asfáltico reciclado.

##### **Diseño de investigación**

El diseño es experimental, ya que se alteran las variables en función a diferentes porcentajes de cemento y pre experimental ya que se analizan las causas y efectos de las variables.

#### **3.2. Variables y Operacionalización**

##### **Variable Independiente**

Cemento Viaforte

##### **Variable Dependiente**

Estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido

La tabla 6 muestra de operacionalización de variables, ver el anexo 1 para ver la matriz de consistencia de la investigación.

Tabla 6: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
Cemento Viaforte	Es un tipo de cemento especial para estabilización de suelo-cemento producido por Pacasmayo.	La cantidad de cemento VIAFORTE se hallará mediante una ficha de registro de datos.	Cantidad optima de cemento	% de cemento requerido	Razón: Cantidad (%)
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
Estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido	Procedimiento para mejorar las propiedades mecánicas de un pavimento asfáltico existente envejecido que será reciclado.	Los resultados obtenidos de la estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido se registrarán en una ficha de registro de datos.	Densidad-humedad	% de humedad en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	Razón: cantidad (%)
				Máxima densidad seca (gr/cc) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	Razón: cantidad (%)
			Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión promedio (Rc kg/cm <sup>2</sup> ) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	Intervalo: > 21 kg/cm <sup>2</sup>
			Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad promedio (E kg/cm <sup>2</sup> ) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	Intervalo: > 70,000 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis**

#### **Población**

La población abarca los proyectos donde se considera realizar estabilización de suelos con cemento en los términos de referencia.

#### **Muestra**

La muestra fue material de reciclado al vacío, cantidad necesaria para realizar el diseño de suelo-cemento.

#### **Muestreo**

El tipo de muestreo usado en esta investigación fue no probabilístico y direccionado, donde se recolecta en el tramo, por medio de reciclado al vacío, las muestras representativas para la elaboración del diseño de suelo-cemento.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para esta investigación se usó la técnica de observación, ya que se realizarán ensayos de laboratorio. Los instrumentos aplicados son las fichas de registro de datos, donde se recolectarán los datos observados en los ensayos de laboratorio para realización del diseño.

Los instrumentos de la investigación se realizarán de acuerdo a los procedimientos anexados en esta investigación los cuales siguen lo descrito en las normas técnicas peruanas MTC E 1101, MTC E 1102, MTC E 1103 y las normas estadounidense ASTM C469.

### **3.5. Procedimiento**

Una vez recolectada la muestra de reciclado de pavimento asfáltico al vacío se realizará una caracterización de las muestras (análisis granulométrico y límites de Attemberg) para luego elaborar las probetas para el ensayo de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad estos ensayos serán realizados en función a

los procedimientos descritos en los anexos los cuales fueron elaborados según la información del proveedor de cemento VIAFORTE y están en función a las normas:

- MTC E 1101 Preparación en laboratorio de probetas de suelo-cemento
- MTC E 1103 Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento
- ASTM C469 Módulo de elasticidad estático de suelo-cemento

Toda la información antes descrita se recolectará a través de las fichas de registro de datos que fueron elaboradas para el proyecto.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el análisis de datos se usarán hojas de cálculo Excel, donde se usarán gráfico de líneas de tendencia con la finalidad de relacionar esfuerzos vs % de cemento VIAFORTE y así hallar el contenido óptimo de cemento requerido.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los datos usados para esta investigación fueron obtenidos desde el documento original de obra y laboratorio, no existiendo ni cambio ni alteraciones por parte del autor, más allá de aquellas para organizar la información por motivos de la investigación misma; siguiendo la resolución del consejo universitario N° 0262-2020/UCV.

Se desarrolló la presente investigación señalando que es propia e innovadora, citare correctamente información de otros autores y me someteré al software TURNITIN para verificar el contenido y similitud con otros trabajos de investigación.

## IV. RESULTADOS

En la investigación se buscó dar a conocer lo referente a nuevas alternativas de estabilización en este contexto se usó el cemento VIAFORTE de Pacasmayo el cual es especial para esta metodología de estabilización suelo-cemento, lo que llevó a demostrar que el cemento VIAFORTE cumple con los parámetros establecidos para estabilizar suelo-cemento.

En el anexo 12 se encuentran todos los ensayos realizados con el cemento VIAFORTE de Pacasmayo de donde se extrae la información presentada en el presente capítulo (ver anexo 13 para encontrar las calibraciones de equipos). Ver el anexo el anexo 3 para encontrar los ensayos correspondientes al agua utilizada para el proyecto.

**Hipótesis específica 1: El cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de humedad-densidad.**

Se realizó el ensayo de densidad-humedad siguiendo el procedimiento planteado en el anexo 5, en tres porcentajes de cemento VIAFORTE: 2.5%, 3% y 3.5%. La figura 22 muestra la curva de densidad-humedad con porcentaje de cemento de 2.5%, la figura 23 muestra la curva de 3% de cemento y la figura 24 muestra la curva de 3.5% de cemento (ver anexo 12 para ver resultados de los ensayos).

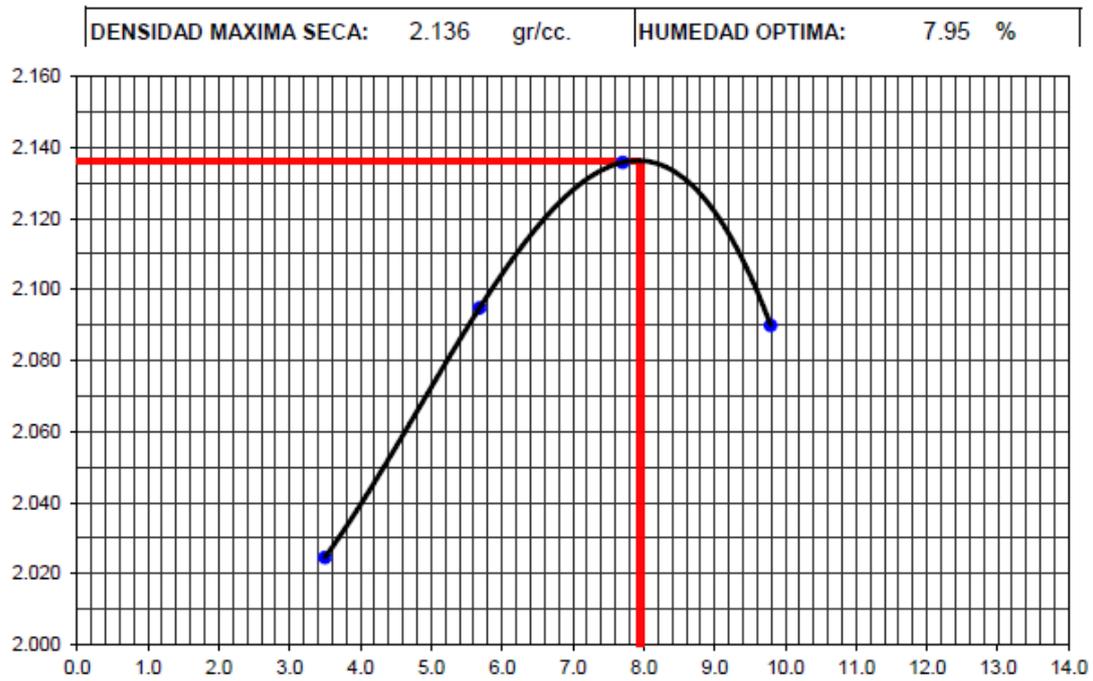


Figura 22: Curva de densidad-humedad de 2.5% de cemento.

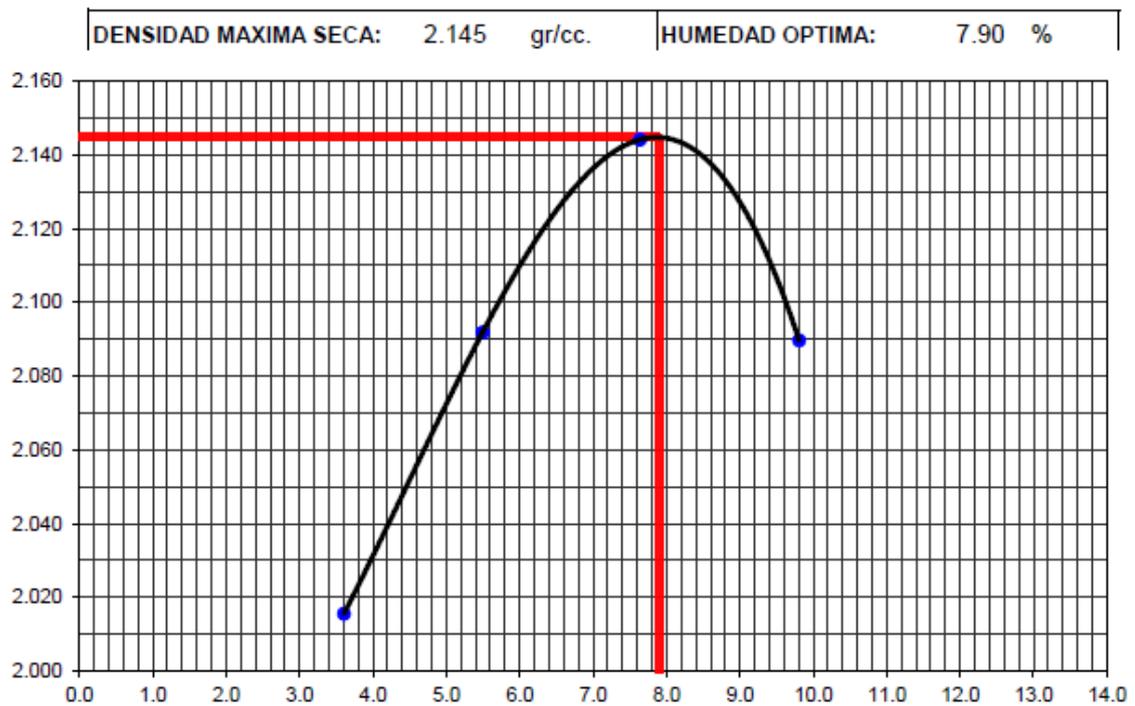


Figura 23: Curva de densidad-humedad de 3% de cemento.

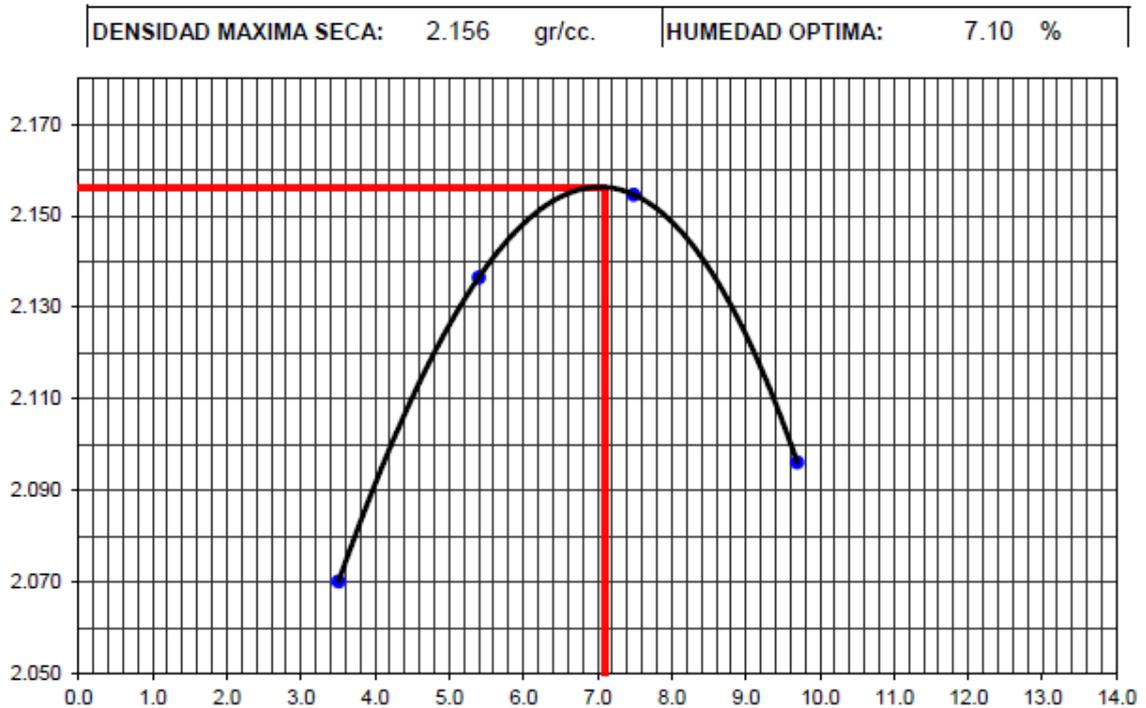


Figura 24: Curva de densidad-humedad de 3.5% de cemento.

La tabla 7 muestra el resumen de resultados de densidad-humedad del suelo-cemento (ver anexo 12 para ver resultados de los ensayos).

Tabla 7: Resultados de densidad-humedad.

% Cemento	Densidad máxima seca	Humedad óptima
2 %	2.136 gr/cc.	7.95 %
2.5 %	2.145 gr/cc.	7.90 %
3 %	2.156 gr/cc.	7.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados de la tabla 7 donde se aprecia la tendencia que a mayor cantidad de cemento aumenta la máxima densidad seca y disminuye la humedad óptima. Luego de obtenido el contenido óptimo de cemento se tiene que tomar en cuenta que, según De la Fuente, E (2013), el contenido de agua ayudará a la trabajabilidad y manejabilidad de la mezcla, más el uso de un equipo adecuado de

compactación se logrará llegar a las densidades adecuadas y se evitarán los agrietamientos excesivos.

Lo que valida la hipótesis de que el cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de densidad-humedad.

### **Hipótesis específica 2: El cemento VIAFORTE influye positivamente en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión**

#### **Fórmula de trabajo**

Se halla la fórmula de trabajo para la elaboración de las probetas de 4x8 pulgadas del ensayo de resistencia a la compresión y de las probetas de 6x12 pulgadas del ensayo de módulo de elasticidad la cuales se resumen en las tablas 8 y 9 respectivamente.

*Tabla 8: Fórmula de trabajo para probetas de resistencia a la compresión.*

<b>% Cemento</b>	<b>N° Capas</b>	<b>N° Golpes/Capa</b>
2%	5	35
2.5%	5	40
3%	5	45

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 9: Fórmula de trabajo para probetas de módulo de elasticidad.*

<b>% Cemento</b>	<b>N° Capas</b>	<b>N° Golpes/Capa</b>
2%	10	65
2.5%	10	70
3%	10	73

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Determinación del % de cemento**

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión siguiendo el procedimiento encontrado en el anexo 8, usando el cemento VIAFORTE en porcentajes de 2%,

2.5% y 3%, la tabla 10 nos muestra el resumen de estos resultados y la figura 25 nos muestra la curva de tendencia de resistencia a la compresión versus el porcentaje de cemento lo que nos permitirá hallar el contenido óptimo de cemento (ver anexo 12 para ver resultados de los ensayos).

Tabla 10: Resistencia a la compresión.

% Cemento	Resistencia a la compresión promedio (3 días)	Resistencia a la compresión promedio (7 días)
2 %	12 kg/cm <sup>2</sup>	15 kg/cm <sup>2</sup>
2.5 %	15 kg/cm <sup>2</sup>	17 kg/cm <sup>2</sup>
3 %	18 kg/cm <sup>2</sup>	26 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

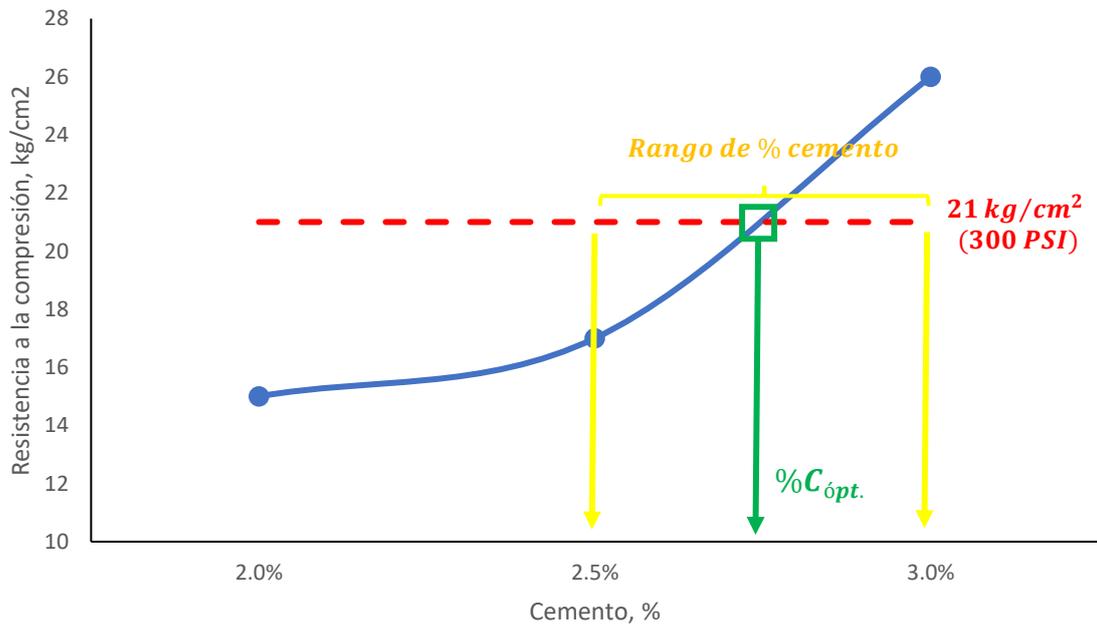


Figura 25: Curva de resistencia a la compresión.

En base a los resultados obtenidos y teniendo en consideración el tipo de suelo que según AASTHO es un A-2 y según SUCS es un SC y considerando según el ensayo

de límites de consistencia los siguientes resultados mostrados en la tabla 11 (ver anexo 12 para ver resultados de los ensayos).

Tabla 11: Límites de consistencia.

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
36.75 %	26.29 %	10.46 %

Fuente: Elaboración propia.

De la Fuente, E (2013) nos dice que la adición de agua con cemento en los suelos disminuye la plasticidad lo que se puede apreciar en la figura 26. Las reacciones químicas que ocurren en la mezcla de suelos afectan las características físicas de las arcillas por ende su comportamiento. Estas reacciones químicas son lentas debido a que suceden en el tiempo como se muestran en la figura 27.

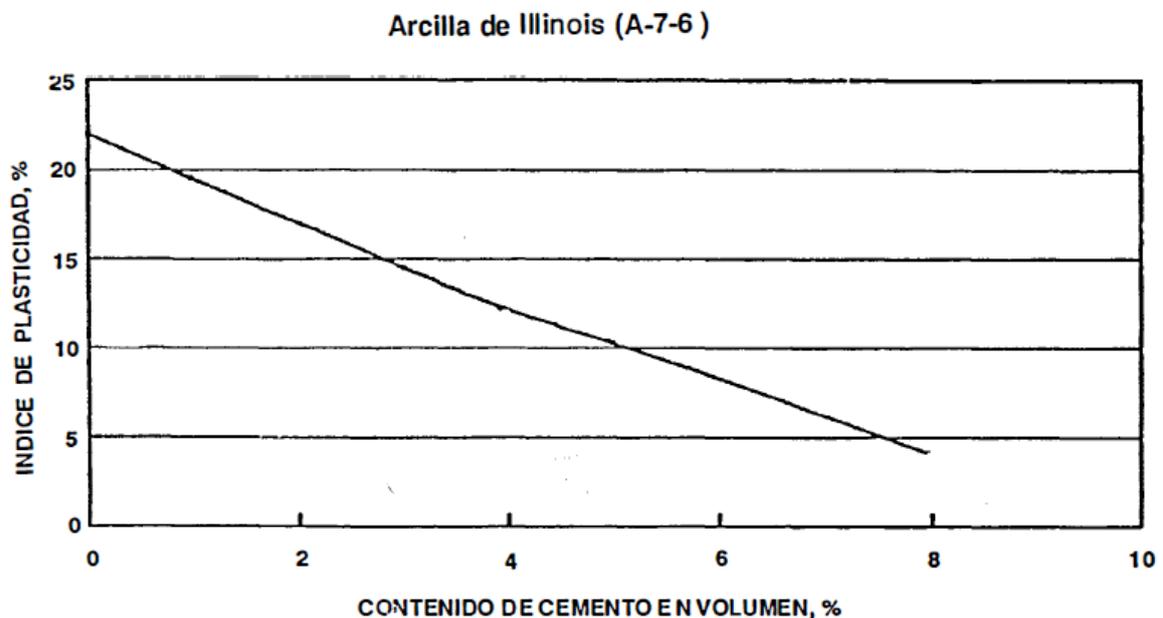


Figura 26: Reducción del índice de plasticidad contra el contenido de cemento.

### Suelo del aeropuerto de Hot Springs, Arkansas.

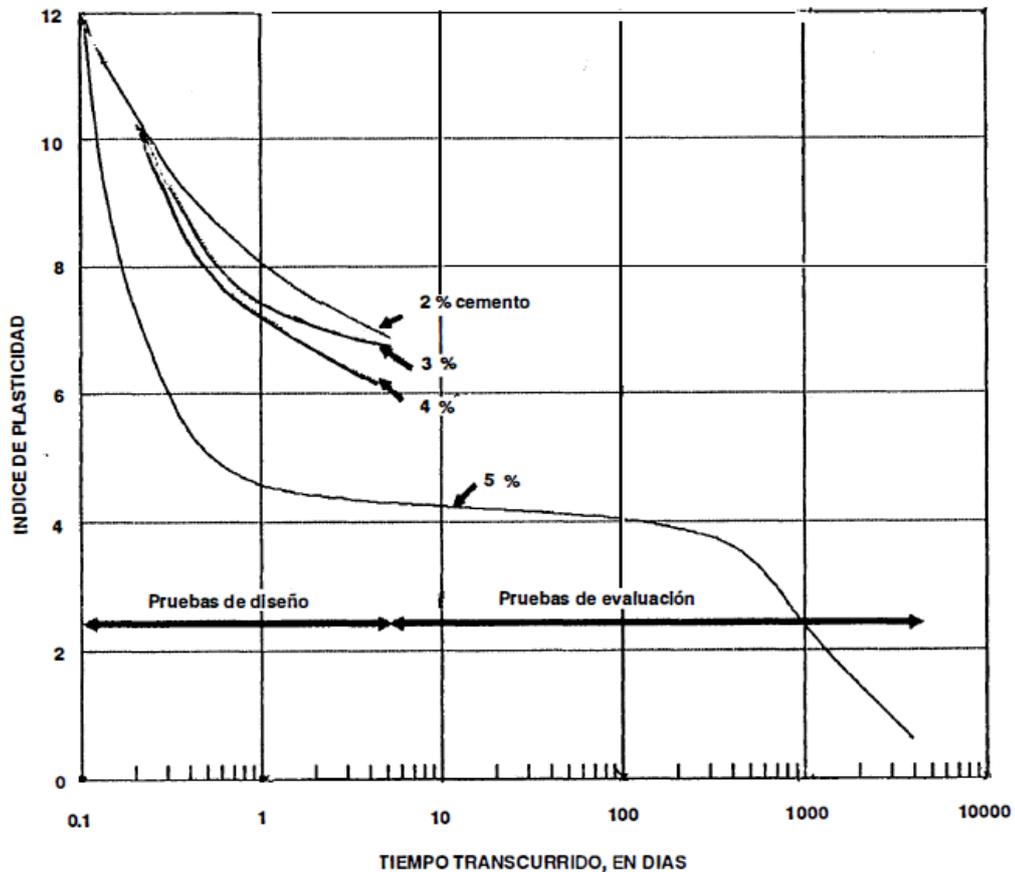


Figura 27: Reducción del índice de plasticidad con el tiempo.

Del ensayo de resistencia a la compresión, teniendo en consideración por lo antes explicado que se toma como punto de referencia la intersección con la recta que va a 21 kg/cm<sup>2</sup> (300 psi) (ver tabla 5 para ver tabla de la norma), se obtuvo como resultado que el porcentaje óptimo de cemento es de 2.55 %, para simular el trabajo real en campo se da un rango de porcentaje de cemento  $\pm 0.05\%$ , por lo tanto el porcentaje de cemento puede fluctuar entre 2.5% y 3%, haciendo énfasis el uso del cemento VIAFORTE el cual cumple con aumentar la resistencia a la compresión en comparación a una base granular sin estabilizar.

Lo que valida la hipótesis de que el cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de resistencia a la compresión.

### Hipótesis específica 3: El cemento VIAFORTE influye positivamente en los ensayos de módulo de elasticidad.

Se realizó el ensayo de módulo de elasticidad, usando el cemento VIAFORTE en tres porcentajes 2%, 2.5% y 3%, siguiendo el procedimiento encontrado en el anexo 10, la tabla 12 nos muestra el resumen de estos resultados y la figura 28 nos muestra la curva de tendencia de módulo de elasticidad versus el porcentaje de cemento lo que nos permitirá determinar si se cumplen con los parámetros (ver anexo 12 para ver resultados de los ensayos).

Tabla 12: Módulo de elasticidad.

% Cemento	Módulo de elasticidad (7 días)
2 %	53,755 kg/cm <sup>2</sup>
2.5 %	128,551 kg/cm <sup>2</sup>
3 %	97,580 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

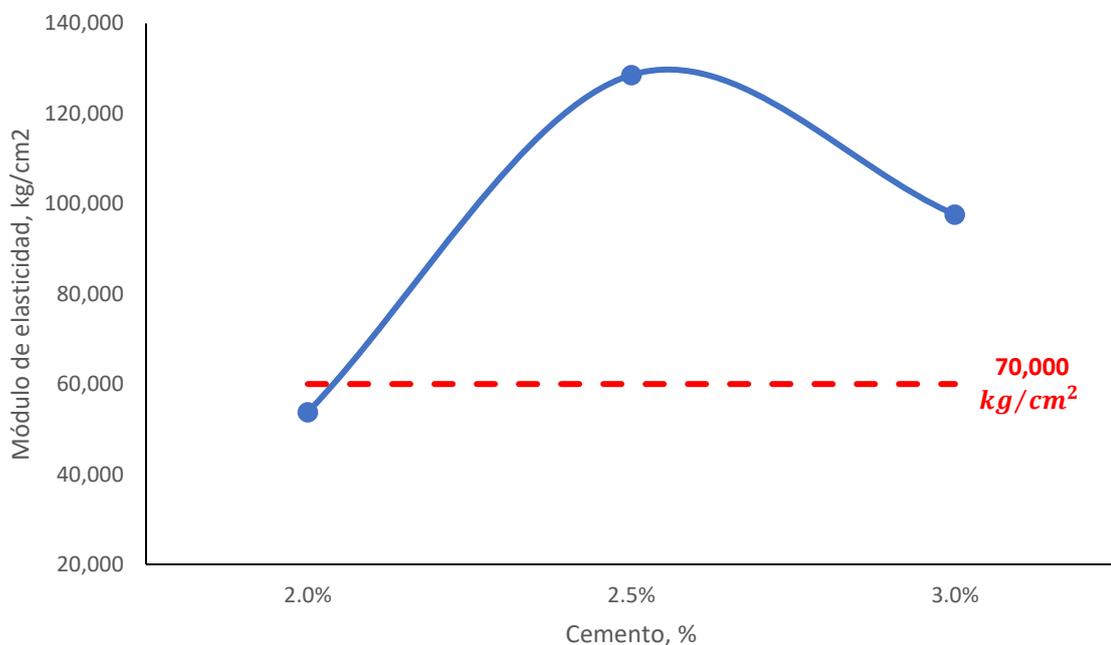


Figura 28: Curva de módulo de elasticidad.

Según los resultados de módulo de elasticidad que en el óptimo de 2.55% de cemento son superiores a 70,000 kg/cm<sup>2</sup> en 7 días, cumple con la norma emitida por la PCA, según De la Fuente, E. (2013), este módulo es bajo en comparación al resultante del concreto y muy alto en comparación al suelo natural. De la Fuente también nos dice que es recomendable tener elevados módulos de elasticidad en las capas estructurales de suelo-cemento ya que esto permite distribuir las cargas de las ruedas sobre una mayor capa subrasante.

Lo antes mencionado valida la hipótesis de que el cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de módulo de elasticidad.

**Hipótesis general: El cemento VIAFORTE influye positivamente en la estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación donde se identifica que en el ensayo de humedad-densidad, la máxima densidad seca aumenta y el % agua requerida disminuye en función al aumento de la cantidad de cemento VIAFORTE, en el ensayo de resistencia a la compresión se alcanzan los parámetros exigidos por la norma de alcanzar resistencias superiores a 21 kg/cm<sup>2</sup> (300 psi) en 7 días, consiguiendo como porcentaje óptimo de cemento 2.55% y por último, en el ensayo de módulo de elasticidad conseguir módulos superiores a lo exigido en la norma (70,000 kg/cm<sup>2</sup>) en 7 días, se consigue validar lo afirmado en la hipótesis general que el cemento VIAFORTE influye positivamente en pavimentos asfálticos reciclados para estabilización de suelos.

## **V. DISCUSIÓN**

### **Discusión 1**

Cardona y Sánchez (2018) nos dice en su tesis titulada “Análisis de una mezcla suelo-cemento con adición de viruta de acero”, que realizará un análisis del comportamiento mecánico de una mezcla de suelo-cemento con adición de viruta de acero para definir si es apto para proponerlo como material estabilizante, para la investigación de Cardona y Sánchez se usó un tipo de suelo A-1-b, en el caso de esta investigación tenemos un tipo de suelo A-2-6, haciendo un análisis, la principal diferencia en los tipos de suelos es el IP ya que en la investigación de Cardona y Sánchez está en 6 y en esta investigación contamos con un IP de 11, lo que conlleva según teoría a necesitar más contenido de cemento. El tipo de cemento utilizado por Cardona y Sánchez es Portland Tipo I y el usado en esta investigación fue el cemento VIAFORTE de Pacasmayo que es un cemento tipo MH (moderado calor de hidratación) para caminos y bases con el objetivo de mejorar la trabajabilidad en el proceso constructivo y ofreciendo mayor durabilidad.

En su análisis Cardona y Sánchez (2018) necesitaron de 8% de cemento y de 7.5% a 10% de viruta de acero para alcanzar la resistencia sugerida por la norma 21 kg/cm<sup>2</sup> (2.1 MPa) a diferencia de esta investigación donde se necesitó sólo 2.55% de cemento para alcanzar los 21 kg/cm<sup>2</sup> y se corrobora con el ensayo de módulo de elasticidad superando los parámetros establecidos por la norma (70,000 kg/cm<sup>2</sup>).

### **Discusión 2**

Parra, M. (2018), nos dice en su tesis titulada “Estabilización de suelo con cal y ceniza volante”, que determinará la dosificación óptima de cal y ceniza volante para estabilización de suelo. Teniendo en consideración que los parámetros de resistencia y módulo de elasticidad no son los mismos, se consideró para esta investigación la importancia de dar a conocer alternativas para estabilización, en el caso de la estabilización con cal, según Parra, fue notorio el aumento de la resistencia a la compresión al igual que el cemento VIAFORTE de Pacasmayo usado para esta investigación, lo que permite ratificar la versatilidad de ambos materiales para la estabilización de suelos con moderados contenidos de arcillas,

a diferencia de la ceniza volante que no mostró un comportamiento significativo en el ensayo de resistencia a compresión.

### **Discusión 3**

Pullas, N. (2019), nos dice en su tesis titulada “Comparación técnico-económica entre una base estabilizada y la recuperación de asfalto existente para la elaboración de un pavimento flexible”, que realizará una comparación técnico-económica sobre las actividades de base estabilizada con emulsión y un reciclado asfáltico. Se consideró la importancia de esta investigación debido a que la vía a intervenir es un pavimento asfáltico, el cual se va a estabilizar con cemento VIAFORTE y aprovechar el asfalto reciclado, según el análisis realizado por Pullas hay un ahorro de \$ 57,000.00 (dólares) al usar la técnica de reciclado asfáltico, lo que nos hace afirmar que si se hace un análisis económico de la solución suelo-cemento con cemento VIAFORTE versus el suelo-cemento VIAFORTE con pavimento asfáltico reciclado obtendremos un ahorro similar debido a que se comparan procedimientos tocados en esta investigación.

### **Discusión 4:**

Hidalgo y Saavedra (2020), nos dice en su tesis titulada “Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín”, que realizará un análisis para determinar si la adición de las cenizas de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar puede ser utilizados como material estabilizante en suelos arcillosos. Teniendo en consideración que Hidalgo y Saavedra nos dice que el índice de plasticidad obtenido en su investigación fue de 11.94 %, mientras que el índice de plasticidad obtenido en la investigación es 10.46 %.

Referente al ensayo de humedad-densidad corroboramos lo dicho en la investigación de Hidalgo y Saavedra de que se muestra una disminución del contenido de humedad óptima y un aumento de la densidad seca máxima con el aumento del % de contenido de estabilizante, ver tabla 7 para ver los resultados de densidad-humedad de esta investigación.

### **Discusión 5:**

Becerra y Herrera (2019), nos dice en su tesis titulada “Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Viaforte, Mochica y Qhuna; Lambayeque. 2018”, que realizará un estudio comparativo de estabilización con los cementos Viaforte, Mochica y Qhuna en arcillas, arenas y afirmados. Considerando dentro de sus alternativas el cemento Viaforte el cual es usado en esta investigación, considerando el material afirmado III extraído de la calicata Monsefú 1, el cual tiene características similares al material estudiado en esta investigación, Becerra y Herrera demuestran en su investigación que con el cemento Qhuna se obtienen mejores resultados de resistencia respecto a los cementos Viaforte y Mochica, sin embargo, con el cemento Viaforte también consigue alcanzar las resistencias establecidas por la norma, no descartándolo como un buen material estabilizador, alcanzando hasta resistencias de 24 kg/cm<sup>2</sup> en la investigación de Becerra y Herrera.

### **Discusión 6:**

Velásquez, C. (2018), nos dice en su tesis titulada “Influencia del cemento portland tipo 1 en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina”, que hará un análisis de la influencia del cemento portland tipo 1 en la estabilización de un suelo arcilloso, Vásquez demuestra en su investigación que el índice de plasticidad y el índice de contracción se reducen y el CBR se incrementa, teniendo en consideración que el cemento portland tipo 1 y el cemento Viaforte tienden a tener la misma tendencia respecto a su comportamiento, nos lleva a afirmar que en esta investigación el índice de plasticidad se reduciría con el aumento del cemento Viaforte.

## VI. CONCLUSIONES

Se estableció la influencia del cemento Viaforte, donde se concluye que el cemento VIAFORTE de Pacasmayo influye de forma positiva a la estabilización con suelo-cemento donde se contempla un pavimento flexible que cuenta con una estructura de 10 cm de pavimento asfáltico envejecido y 20 cm de base granular, debido a que cumple con los parámetros establecidos por las normas en los ensayos de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, usando 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte.

Se determinó la influencia del cemento Viaforte en el ensayo de humedad-densidad, logrando demostrar que la máxima densidad seca aumenta conforme a que se aumenta la cantidad de cemento Viaforte y disminuye el porcentaje de agua requerido.

Se determinó la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de resistencia a la compresión, se consiguieron llegar a las resistencias que contemplan la norma para el tipo de suelo A-2 y SC la cual debe estar en un rango de 21 kg/cm<sup>2</sup> (300 PSI) y 42 kg/cm<sup>2</sup> (600 PSI), y se alcanzaron con un porcentaje de cemento óptimo de 2.55% (a 21 kg/cm<sup>2</sup>).

Se determinó la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de módulo de elasticidad, donde se consiguió llegar a los parámetros de módulo de elasticidad de 70,000 kg/cm<sup>2</sup> que contempla la norma, alcanzando incluso los 128,000 kg/cm<sup>2</sup> de módulo de elasticidad con un porcentaje de cemento de 2.5%.

## **VII. Recomendaciones**

Se recomienda realizar el ensayo de humedecimiento-secado para corroborar la durabilidad del diseño.

Se recomienda tener en consideración el tipo de material a utilizar para hallar el contenido óptimo, ya que este varía en relación a su contenido de IP, propiedades químicas, curva granulométrica, y si cuenta con material reciclado de pavimento flexible.

Se recomienda tener en consideración la velocidad de la recicla para la definición de la granulometría resultante, y que este coincida con el obtenido al momento de realizar la actividad.

## REFERENCIA

- American Concrete Institute. (2009). *Report on Soil Cement*. USA.
- Becerra Santillán , A., & Herrera Gonzáles, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo VÍAFORTE, Mochica y Quuna; Lambayeque*. 2018. Tesis de pregrado, Pimentel. Obtenido de [https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/61119/Becerra %20Santill%C3%A1n%20%26%20Herrera%20Gonzales.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/61119/Becerra%20Santill%C3%A1n%20%26%20Herrera%20Gonzales.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Bedoya-Montoya, C. (2018). Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material. *Revista de arquitectura*, 20(1), 60-70. doi:<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.1.1193>
- Cardona Pico, L., & Sánchez Gómez, J. (2018). *Análisis de una mezcla suelo-cemento con adición de viruta de acero*. Tesis de pregrado, Universidad de La Salle, Bogotá.
- Contessi, S., Dalconi, M., Pollastri, S., Calgaro, L., Meneghini, C., Ferrari, G., . . . Artioli, G. (15 de Jan de 2021). Cement-stabilized contaminated soil: Understanding Pb retention with XANES and Raman spectroscopy. *Sci Total Environ*. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141826.
- Cristina, P., Amador, P., Cangussú, L., & Viera, P. (28 de 05 de 2018). Brick solo cement with vegetable fiber addition: an alternative in civil construction. *Research, Society and Development*, 7(9), 01-18. doi:<http://dx.doi.org/10.17648/rsd-v7i9.439>
- De la Fuente Lavalle, E. (2013). *Suelo - Cemento sus usos, propiedades y aplicaciones*. (S. Moliné Venanzi, Ed.) Florida: Instituto Mexicano del Cemento y del concreto, A.C.
- De Moiras, M., Barbosa, S., Meneses, J., & Cardoso, D. (05 de June de 2017). Rheology and mechanical aspects of a self-compacting soil-cement in the

fresh state. *Materia*, 22(03), 1-21. doi:<https://doi.org/10.1590/S1517-707620170003.0210>

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

Gastañadú Ruiz, F. (2020). *Dosificación de materiales estabilizados con cemento*. Piura, Perú: Pacasmayo.

Herbert Wilson, W. (2013). *Strength Assessment of Soil Cement*. Auburn University, Alabama. Obtenido de <https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/3466/Strength%20Assessment%20of%20Soil%20Cement.pdf;sequence=2>

Hidalgo Ramirez, F., & Saavedra Salazar, J. (2021). *Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de ingeniería, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/652531>

Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. (Octubre de 2008). *Suelo-Cemento 2a parte*. Obtenido de Construcción y Tecnología: <http://www.imcyc.com/ct2008/abr08/ingenieria.htm>

Javier Silva, O. (s.f.). *Generalidad y características del suelo-cemento: ¿Qué y para qué?* Obtenido de [360concreto.com: https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/caracteristicas-del-suelo-cemento-que-y-para-que](https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/caracteristicas-del-suelo-cemento-que-y-para-que)

Jin, Q., Cui, X., Su, J., Lu, t., Wang, J., & Han, R. (12 de July de 2019). Laboratory Measurement and Analysis of the Deteriorated Layer Permeability

- Coefficient of Soil-Cement Deteriorated in a Saline Environment. *Materials (Basel)*, 12(14). doi:10.3390/ma12142245.
- Junco, J., & Tejeda, E. (22 de Julio de 2011). Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para estabilización de seulos arcillosos de subrasante de carreteras. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 5(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193921394002>
- Linares, A., Pérez, H., Rojo, M., & Gonzalo, H. (26 de 01 de 2019). Flexural strength prediction models for soil-cement from unconfined compressive strength at seven days. *Materials (Basel)*, 12(3). doi:10.3390/ma12030387
- López Barbarán, J. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba - departamento de San Martín*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de ingeniería civil, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/654616>
- Maichin, P., Jitsangiam, P., Nongnuang, T., Boonserm, K., Nusit, K., Pra-Ai, S., . . . Aryupong, C. (08 de April de 2021). Stabilized High Clay Content Lateritic Soil Using Cement-FGD Gypsum Mixtures for Road Subbase Applications. *Materials (Basel)*, 18(8). doi:10.3390/ma14081858
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Especificaciones técnicas generales para contrucción*. Lima, Perú.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras de conservación vial*. Lima, Perú.
- Ortiz Amaya, C., & Díaz Zambrano, P. (2019). *Diseño y análisis de bases estabilizadas con cementos tipo UG (uso general) y MCH (moderado)*. Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás, Bogota. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21443/2020pauladiaz.pdf?sequence=1>
- Palacios Cardoza, G. (2019). *Análisis técnico-económico de suelo-cemento en pisos de viviendas de bajos recursos*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura, Facultad de ingeniería civil, Piura. Obtenido de

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1482/CIV-%20PAL-CAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Parra Gomez, M. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Programa de ingeniería civil, Bogotá.

Portland Cement Assosiation. (s.f.). *Soil-cement*. Obtenido de cement.org: <https://www.cement.org/cement-concrete/paving/soil-cement>

Pullas Guarderas, N. (2019). *Comparación técnico-económica entre una base estabilizada y la recuperación de asfalto existente para la elaboración de un pavimento flexible*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de ciencias e ingeniería, Quito.

Rosero Alvarado, F. (2013). *Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle Nogales Parroquia Nayón L=1.0 km)*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de ingeniería, ciencias físicas y matemáticas, Quito.

Sánchez Núñez, J., & Shoji Hirano, N. (2021). *Propuesta de solución d estabilización en un pavimento sustituyendo la capa granular espumada por una emulsionada para condiciones críticas en el proyecto de conservación vial uno-Tacna, tramo Trata-Capazo*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de ingeniería, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/652275>

Sánchez, E., Torres, G., & Esquivel, R. (14 de Febrero de 2019). Desempeño de un material granular estabilizado con cemento cuando se aplica carga a compresión. *Tecnura*, 23(60). doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.14640>

Serrano Rodríguez , E., & Padilla Gonzales, E. (15 de Setiembre de 2019). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. *Ingeniería solidaria*, 15(1), 1-28. doi:<http://dx.doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01.01>

- Shooshpasha, I., & Shirvani, R. (25 de 01 de 2015). Effect of cement stabilization on geotechnical properties of sandy soil. *Geomechanics and Engineering*, 8(1), 17-31. doi:<https://doi.org/10.12989/gae.2015.8.1.017>
- Toirac Corral, J. (2008). *El suelo-cemento como material de construcción* (Cuarta ed., Vol. XXXIII). Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>
- Velarde Del Castillo, A. (2015). *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de ingeniería civil y arquitectura, Puno. Obtenido de [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde\\_Del\\_Castillo\\_Abel\\_Darwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde_Del_Castillo_Abel_Darwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Velásquez Pereyra, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo 1 en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de ingeniería, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>
- Wang, L. (2002). *Cementitious stabilization of soil in the presence of sulfate*. Wuhan University of Technology. Obtenido de [https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1996&context=gradschool\\_dissertations](https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1996&context=gradschool_dissertations)
- Wang, S., Chen, F., Xue, Q., & Zhang, P. (12 de July de 2020). Splitting Tensile Strength of Cement Soil Reinforced with Basalt Fibers. *Materials (Basel)*, 13(14). doi:10.3390/ma13143110
- Zegarra, J., Santos, J., & De Fátima, M. (Febrero de 2014). Ecurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje experimental. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVI(1), 35-47. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40432993004>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de consistencia

**Título:** Influencia del cemento Viaforte en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.

Tabla 13: Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
<p><b>General:</b> ¿Como influye del cemento VIAFORTE en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021?</p> <p><b>Específicas:</b> 1. ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de humedad-densidad? 2. ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de resistencia a la compresión? 3. ¿Cómo influye el cemento VIAFORTE en el ensayo de módulo de elasticidad?</p>	<p><b>General:</b> Establecer la influencia del cemento Viaforte en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.</p> <p><b>Específicos:</b> 1. Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de humedad-densidad. 2. Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de resistencia a la compresión. 3. Determinar la influencia del cemento VIAFORTE en el ensayo de módulo de elasticidad.</p>	<p><b>General:</b> El cemento VIAFORTE influye positivamente en la estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.</p> <p><b>Específicas:</b> 1. El cemento VIAFORTE influye positivamente en el ensayo de humedad-densidad. 2. El cemento VIAFORTE influye positivamente en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión. 3. El cemento VIAFORTE influye positivamente en los ensayos de módulo de elasticidad.</p>	Cemento VIAFORTE	Cantidad de cemento	% de cemento	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Nivel:</b> descriptivo <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Diseño:</b> experimental</p> <p><b>Técnica:</b> Observación <b>Instrumentos:</b> Ficha de registro de datos</p> <p><b>Población:</b> Proyectos donde se considere realizar estabilización de suelo-cemento <b>Muestra:</b> Material reciclado al vacío <b>Muestreo:</b> No probabilístico</p>
			Estabilización de pavimento asfáltico envejecido	Densidad-humedad	% de humedad en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte  Máxima densidad seca (gr/cc) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	
				Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión promedio (Rc kg/cm <sup>2</sup> ) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte	
			Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad promedio (E kg/cm <sup>2</sup> ) en 2%, 2.5% y 3% de cemento Viaforte		

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 2: Ficha técnica del cemento Viaforte

# VIAFORTE

### Cemento para Estabilización de Suelos



#### CARACTERÍSTICAS

Presentamos nuestro nuevo cemento de moderado calor de hidratación para caminos y bases con el objetivo de mejorar la trabajabilidad en el proceso constructivo, y ofreciendo mayor durabilidad a las vías.

#### ATRIBUTOS

Apoyo Técnico desde el diseño del pavimento hasta la ejecución, asegurando el correcto desempeño de la vía.

 **CONTROLA FISURAS POR RETRACCIÓN**

 **MAYOR DURABILIDAD**

 **MAYOR TRABAJABILIDAD**

#### MODO DE EMPLEO

##### 1. PRUEBAS DE LABORATORIO:



- Caracterizar el suelo (Pruebas de Granulometría, Pruebas de Clasificación y Pruebas Proctor).
- Diseñar mezcla de Suelo Cemento (% de Cemento + Agua Añadida + Aditivos (si es necesario))

##### 2. PREPARAR EL SUELO:



- Disgregar el suelo y suprimir los elementos de tamaño superior a 50 mm.
- Obtener la rasante y nivelar.
- Determinar la humedad óptima del suelo, mediante ensayo Proctor.

**DOSIFICAR.** Según resultados de ensayos de laboratorio.

##### 3. DOSIFICAR:



Según resultados de ensayos de laboratorio.  
**MEZCLAR IN-SITU.** El suelo, el cemento y el agua, obteniendo una mezcla homogénea. (Idealmente se usa una recicladora de suelos)  
**COMPACTAR.** Obtener una capa uniforme según las especificaciones del proyecto.

##### 4. PROTECCIÓN:



**NIVELAR:** Verificar los niveles de ser necesario.  
**CURAR Y PROTEGER:** Mantener la superficie húmeda, creando una película impemeable.

#### RECOMENDACIONES



1. Realizar los ensayos de laboratorio correspondientes por tipo de suelo, para determinar la dosificación de uso.

Transportar el material protegiéndolo de la Intemperie y almacenarlo en un lugar fresco.



a. No emplear el material cuando la temperatura descienda por debajo de los 10°C

b. En caso de lluvia, el proceso de estabilización de suelo debe suspenderse.

c. NO APTO PARA ESTRUCTURAS, diseñado de forma exclusiva para uso en vías y carreteras.



3. Utilizar equipos de mezclado adecuados (Recicladora).



## Cemento Viaforte tipo MH

### Requisitos Normalizados

NTP 334.082 / ASTM C1157

#### REQUERIMIENTOS FÍSICOS

REQUISITOS	TIPO	VALOR	UNIDAD		RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	6
Superficie específica	A	A	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	5219
Retenido M325	A	A	%	NTP 334.045	2.7
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Densidad	A	A	g/cm <sup>3</sup>		2.91
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	5	Mpa	NTP 334.051	21.5
7 días	Mínimo	11	Mpa	NTP 334.051	31.0
28 días <sup>1</sup>	Mínimo	22	Mpa	NTP 334.051	44.5
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	minutos	NTP 334.006	197
Fraguado final	Máximo	420	minutos	NTP 334.006	306
Expansión de la barra de mortero	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.004
Calor de hidratación	Máximo	335	J/g	NTP 334.064	250

A No específica.  
1 Requisito opcional

#### VENTAJAS



Elevada capacidad de soporte que mejora la calidad de suelos deficientes.



Amigable con el medio ambiente ya que busca el uso de materiales existentes



Resistencia a la erosión y a todo tipo de clima.



Solución con costos competitivos de construcción y en el ciclo de vida de la obra



Aumenta la durabilidad de la vía.



Uso de materiales y equipos para proceso constructivo, disponibles en todo el Perú.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple físicos de la NTP 334.082

**Pacasmayo**

## ANEXO 3: Ensayos realizados al río Chira

### SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Calle Juan Pablo II N° 682, of. 2do Piso - Urb. Las Brisas - Chiclayo.  
Telf. (074) 619319 - Cel: 948 852 622 / 954 131 476 / 998 928 250  
Email: servicios\_lab@hotmail.com  
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo  
Pág. WEB: [www.emplaboratorios.com](http://www.emplaboratorios.com)

#### INFORME DE ENSAYO

**CLIENTE** : Consorcio Vial Piura IV  
"Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101:EMP. PI 100 Negritos-Vichayal-  
Puente Simón Rodríguez-Pueblo Nuevo Colan-EMP PI-102 y Puta PI-116. EMP. PE1N-  
**PROYECTO** : Tamarindo - Amotope EMP PI101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal,  
Colan Amotape, Tamarindo, Ignacion Escudero, Provincia de Talara, Paita, Sullta, en el  
Departamento de Piura".  
**UBICACIÓN** : Provincia de Talara, Paita, Sullta, en el Departamento de Piura  
**TIPO DE PRODUCTO** : Agua  
**FECHA DE RECEPCION** : 03/11/2020  
**FECHA DE EMISION** : 10/11/2020  
**ING. ESPECIALISTA** : Secundino Burga Fernandez  
**TECNICO LABORATORIO** : Cesar Adán Díaz Saavedra

#### NOTA :

- \* El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- \* Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- \* Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información), por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que afecten la validez de los resultados.

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Calle Juan Pablo II N° 682, of. 2do Piso - Urb. Las Brisas - Chiclayo.  
Telf. (074) 619319 - Cel: 948 852 622 / 954 131 476 / 998 928 250  
Email: servicios\_lab@hotmail.com  
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo  
Pág. WEB: www.emplaboratorios.com

**METODO DE MUESTREO** : Fuente de agua **FECHA DE ENSAYO** : 03/11/2020  
**CODIGO INTERNO** : M023 **RESP. LAB.** : S.B.F.  
**UBICACIÓN** : km 47+200 lado derecho (acceso km 2+000) - Rio Chira **TEC. LAB.** : C.A.D.S.  
**MATERIAL** : Agua de rio

**DATOS DEL ENSAYO**

Ensayos	Norma o Método	Partes por millón (ppm)	Limites permisibles (ppm)	Conclusión
Contenido de Sulfatos en el Agua	NTP 339.074	53.0	600 ppm (Máximo)	LEVE
Contenido de Cloruros en el Agua	NTP 339.073	43.0	1000 ppm (Máximo)	LEVE
Contenido de Materia Orgánica en el Agua	NTP 339.072	0.07	3 ppm (Máximo)	LEVE
Determinación del Potencial de Hidrogeno (ph) en el Agua	pH-metro	6.10	5 a 8 ppm (Máximo)	---
Residuos Sólidos (ppm)	NTP 339.071	87.0	5000 ppm (Máximo)	LEVE
Carbonatos y Bicarbonatos Alcalinos (Alcalinidad total expresada en NaHCO <sub>3</sub> ) (ppm)	Volumétrica	16.9	1000 ppm (Máximo)	LEVE

Observaciones:

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Calle Juan Pablo II N° 682, of. 2do Piso - Urb. Las Brisas - Chiclayo.  
Telf. (074) 619319 - Cel: 948 852 622 / 954 131 476 / 998 928 250  
Email: servicios\_lab@hotmail.com  
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo  
Pág. WEB: www.emplaboratorios.com

**METODO DE ENSAYO** : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA  
: SUBTERRANEA

**REFERENCIA NORMATIVA** : (NTP 339.152) **FECHA DE ENSAYO** : 03/11/2020

**METODO DE MUESTREO** : Fuente de agua **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : M023 **TEC. LAB.** : C.A.D.S.

**UBICACIÓN** : km 47+200 lado derecho (acceso km 2+000) - F

**MATERIAL** : Agua de rio

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	Identificación				Promedio
	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	97.98	105.63			
Peso Tarro + agua + sal	142.28	155.63			
Peso Tarro Seco + sal	98.01	105.66			
Peso de Sal	0.03	0.03			
Peso de Agua	44.30	50.00			
Porcentaje de Sal	0.07	0.06			0.06

\*

## ANEXO 4: Ficha técnica del PRIMETEC

	<b>FICHA TECNICA</b> <b>PRIMETEC</b>		FT-PRIME	
			Aprobación: 10/09/2012	
			Version: 01	

### DESCRIPCION

Emulsión de cemento asfáltico y agua especialmente desarrollada por TDM Asfaltos, para ser utilizado en servicios de imprimación de bases granulares o estabilizados proporcionando a estas una capa impermeable y una superficie de liga para la carpeta asfáltica.

### VENTAJAS

El PRIMETEC® es una emulsión que posee algunas características que lo vuelven en un producto único:

- Gran facilitador de la aplicación de una nueva capa asfáltica;
- Presenta buena penetración en bases granulares además de formar una película superficial impermeabilizante;
- Fácil aplicación y curado rápido de hasta 24 horas;
- Tasa de aplicación de 0,8 a 1,2 litros/m<sup>2</sup>, dependiendo del tipo de base;
- No requiere dilución;
- Aplicada a temperatura ambiente y con equipos convencionales;
- Sustituye el uso del CM-30 evitando la liberación de solvente para el medio ambiente, reduciendo el calentamiento global.

### APLICACIÓN

Recomendada para la ejecución de trabajos de imprimación.

En la aplicación del PRIMETEC® se deben tener los mismos cuidados seguidos en la aplicación del ADP MC-30. La base debe estar preparada para recibir la imprimación, compactada y con la humedad óptima. El camión imprimador debe estar libre de otros productos y debidamente calibrado (altura de la barra esparcidora, inclinación de las boquillas).

El PRIMETEC® no requiere calentamiento o dilución para su uso.

### ESPECIFICACIONES

ENSAYOS		METODO		PRIMETEC®	
Ensayos sobre la emulsión		ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Viscosidad Brookfield a 25°C SP 29, 20 RPM, cP.		D 4402	---	---	300
Estabilidad al almacenamiento, 24 hr, %		D 244	---	---	1
Destilación	- Contenido de asfalto residual, %	D 244	E 401	50	---
	- Contenido de solventes, %	D 244	E 401	0	15
Prueba del tamiz N°20, %		D 244	E 405	---	0.1
Carga de partícula		D 244	E 407	Positiva	
Ensayos sobre el residuo de emulsión		ASTM	MTC	Mínimo	Máximo
Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, dmm		D 5	E 304	100	---
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm		D 113	E 306	40	---
Solubilidad en tricloroetileno, %		D 2042	E 302	97.5	---

### PRESENTACION

A granel ó en tambores de 55 galones.

TDM ASFALTOS S.A.C. Ms. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lima.  
Teléfono 511-6169300. Fax 511-6169313

	<b>FICHA TECNICA</b> <b>PRIMETEC</b>	FT-PRIME
		Aprobación: 10/09/2012
		Version: 01

#### ALMACENAMIENTO

Almacene la emulsión entre 10°C y 35°C. No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura la emulsión, separando el asfalto del agua. No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85°C. Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica. No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C, de suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella. No use aire a presión para agitar la emulsión. Puede causar la rotura de la emulsión. El exceso de mezclado y de bombeo debe evitarse.

## ANEXO 5: PET's de ensayo densidad-humedad

	RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (SUELO-CEMENTO) MTC E 1102			QA-INS-CVP-001
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	1 de 5

### 1. OBJETIVO

Se refieren a la determinación de la relación entre la humedad y el peso unitario de mezclas de suelo – cemento, cuando se compactan del modo que se prescribe y antes de que ocurra la hidratación del cemento.

### 2. ALCANCE

Se emplean para la compactación, un molde de 944 cm<sup>3</sup> (1/30 pie<sup>3</sup>) y un martillo de 2,50 kg (5,5 lbs) que cae desde una altura de 305 mm (12 pulg), para muestras de suelo que pasan un tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg). Deberá emplearse este método cuando Parte del suelo queda retenido en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) (véase el numeral 6).

### 3. RESPONSABLES

Ingeniero especialista:

- Asegurar que el ensayo se realice siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.

Ingeniero Especialista en Suelos y Pavimentos y/o Ingeniero de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Supervisar los trabajos en laboratorio, verificando que el ensayo se ejecute de acuerdo al presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Revisar y aprobar el ensayo efectuado por el Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Ejecutar el ensayo siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Llevar un archivo con el registro del ensayo ejecutado.
- Responsable directo del buen uso y mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Realizar el manejo adecuado y conservación de los insumos químicos y la conservación adecuada de las muestras.

Auxiliar de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Brindar apoyo al Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

### 4. NORMAS DE REFERENCIA

AASHTO	T-134
MTC	E 1102
ASTM	D-558

MC: María Chávez

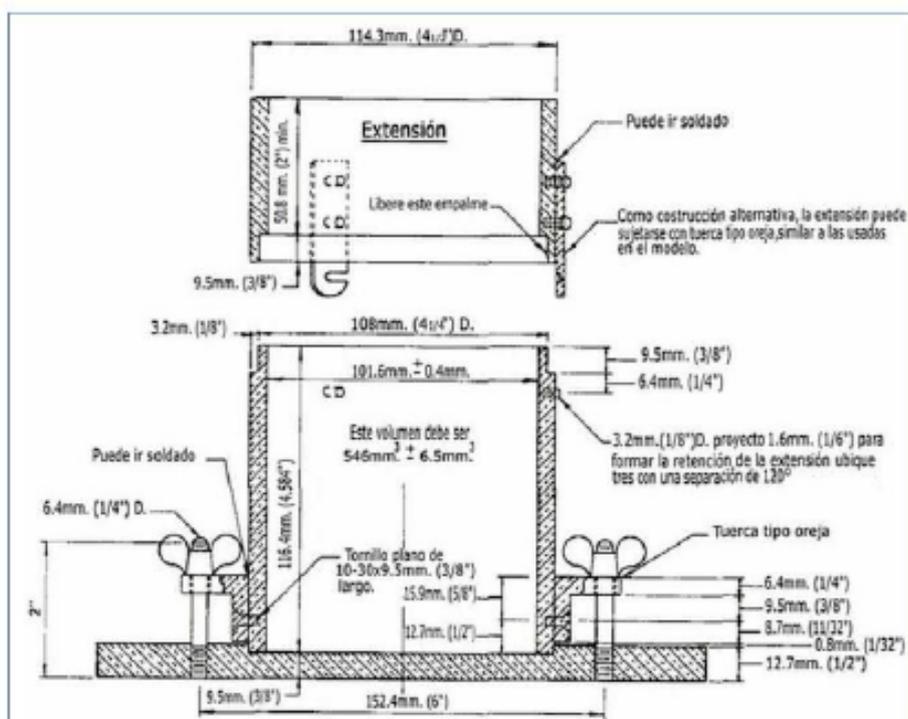
AB: Andrés Bel

	<b>RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (SUELO-CEMENTO)</b> <b>MTC E 1102</b>			QA-INS-CVP-001
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	2 de 5

## 5. EQUIPOS / MATERIALES

- a. Molde. 152,4 mm (6 pulg) de diámetro, que es el que se usa cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg), la figura 1 muestra una imagen de referencia.

Figura 1: Molde cilíndrico de 101.6mm (4.0 pulg) para ensayos de suelos



Nota 1. Pueden emplearse distintos tipos de molde, pero con la capacidad estipulada aquí si al correlacionarse con los de los moldes de pared sólida, para diferentes clases de suelo, se obtienen los mismos resultados de relación humedad - peso unitario. Deberán mantenerse disponibles los registros de dicha correlación para el caso en que se desee efectuar una inspección.

- b. Pisón. Puede ser operado manual o mecánicamente, y cumplirá con las condiciones exigidas para los del ensayo MTC E115 (Proctor modificado).
- c. Extractor de muestras. Un gato, extractor, u otro dispositivo adecuado como para usarse como botador de las muestras compactas del molde. No se necesita cuando se utilizan moldes de tipo partido.
- d. Balanzas. Una balanza de capacidad de por lo menos 11,3 kg (25 lb) con precisión de 5 g (0,01 lb); y una balanza de al menos 1000 g de capacidad, con precisión de 0,1 g.
- e. Estufa Termostáticamente controlada, que pueda mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- f. Regla metálica. Un escantillón regla de acero endurecido, al menos de 254 mm (10 pulg) de largo; deberá tener un borde biselado y una cara plana en sentido longitudinal.

MC: María Chávez  
 AB: Andrés Bel

	<b>RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (SUELO-CEMENTO)</b> <b>MTC E 1102</b>			QA-INS-CVP-001
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	3 de 5

Nota 3. El borde biselado podrá usarse en el alisamiento final si se conserva dentro de una tolerancia del 0,1% de longitud, sin embargo, con el uso continuado, el borde cortante podrá desgastarse excesivamente en cuyo caso no sería adecuado para alisar el suelo hasta el nivel del molde. La regla no deberá ser tan flexible que cuando se alise el suelo con el borde cortante, proporcione una superficie cóncava en la muestra.

- g. Tamices de 75; 19,0 y 4,75 mm (3 pulg, ¾ pulg, y N° 4).
- h. Herramientas. Herramientas varias como cucharas, espátulas, cacerolas o un dispositivo mecánico para mezclar las muestras de suelo con diferentes cantidades de agua.
- i. Recipientes. Una cacerola plana, redonda para absorción de humedad para mezcla de suelo cemento de alrededor de 300 mm (12 pulg) de diámetro y 50 mm (2 pulg) de profundidad.
- j. Latas para humedad. Recipientes metálicos o de otro material, con tapa para evitar la pérdida de humedad antes y durante el pesaje.
- k. Cuchillo, de aproximadamente 250 mm (10 pulg) de longitud, para recortar la parte superior del espécimen.

## 6. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

### 6.1 Preparación de muestra: EMPLEANDO MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ. DE 19,0 mm (3/4 pulg)

6.1.1 Prepárese la mezcla para ensayo, separando el agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4) y rompiendo los terrones del suelo restante, para que pasen por dicho tamiz, evitando reducir el tamaño natural de las partículas individuales. Cuando sea necesario, séquese la muestra hasta que sea friable. El secamiento puede hacerse al aire o mediante el empleo de un aparato secador siempre y cuando la temperatura aplicada no exceda de 60 °C.

6.1.2 Pásese el suelo preparado, por los tamices de 75 mm (3 pulg), 19,0 mm (3/4 pulg), y 4,75 mm (N° 4) y descártese el material retenido en el tamiz de 75 mm (3 pulg). Determínese el porcentaje de material, por peso seco al horno, retenido en los tamices de 19,0 mm (3/4 pulg) y 4,75 mm (N° 4). Satúrese el agregado que pasa por el tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que queda retenido en el de 4,75 mm (No. 4), empapándolo en agua; séquese la superficie como sea requerido para ensayos posteriores.

Nota 4. La mayoría de especificaciones de construcción de suelo - cemento que cubren la granulometría del suelo limitan el tamaño máximo del material a 75 mm (3 pulg) o menos.

6.1.3 Escójanse y manténganse separadamente muestras representativas del suelo que pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) y de agregado saturado con superficie seca, que pasan el tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que quedan retenidos en el de 4,75 mm (N° 4), de manera que la mezcla total pese aproximadamente 5 kg (11 lbs) o más. El porcentaje, en peso secado al horno, del agregado que pasa tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que queda retenido en el de 4,75 mm (No. 4) deberá ser el mismo que el porcentaje que pasa tamiz de 75 mm (3 pulg) y que queda retenido en el de 4,75 mm (N° 4) de la muestra original. Una vez hecho el reemplazo respectivo, únense las porciones separadas formando la mezcla total.

### 6.2. Procedimiento: EMPLEANDO MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ. DE 19,0mm (3/4 pulg)

MC: María Chávez

AB: Andrés Bel

	<b>RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (SUELO-CEMENTO)</b> <b>MTC E 1102</b>			QA-INS-CVP-001
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	4 de 5

6.2.1 Agréguese el cemento, a la porción de la muestra de suelo que pasa el tamiz de 4,75 mm (Nº 4), en la cantidad requerida, según diseño de la mezcla total mézclase hasta llegar a un color uniforme. Cuando sea necesario, agréguese agua a esta mezcla de suelo - cemento y facilítese la dispersión de la humedad. Después de esta preparación adiciónese el agregado saturado con superficie seca, a la mezcla de suelo cemento y mézclase completamente.

6.2.2 Fórmese un espécimen compactando en el molde con el collar ajustado, usando la Mezcla preparada de suelo cemento, en cinco (5) capas iguales. Compáctese cada capa mediante 56 golpes del Martillo, usado en el ensayo Proctor modificado.

Los golpes deberán distribuirse uniformemente sobre la superficie de la capa que se está compactando y el molde deberá permanecer sobre una fundación uniforme y rígida (Nota 4). Después de la compactación, remuévase el collar de extensión, recórtese cuidadosamente la parte superior de la probeta por medio del cuchillo de borde recto y pésese con aproximación a 0,004 kg (0,01 lb), multiplíquese el peso del suelo compactado (menos el peso del molde) por 30; regístrese el resultado como el peso húmedo por unidad de volumen  $W_1$  en kg/m<sup>3</sup> de la mezcla de suelo – cemento compactado.

Nota 5. Una base satisfactoria para apoyar el molde durante la compactación del suelo, puede ser uno que de concreto que pese más de 90,2 kg (200 lb) soportado por una fundación relativamente estable, un piso sólido de concreto, y para el campo, superficies como las halladas en alcantarillas, puentes y pavimentos.

6.2.3 Extráigase la probeta del molde y córtese verticalmente a lo largo de su eje. Tómese una muestra representativa que pese como mínimo 500 g, secándola en la estufa a  $110 \pm 5$  °C, hasta peso constante. Calcúlese la humedad y regístrese el resultado como la humedad  $w$ , de la mezcla de suelo-cemento compactado.

6.2.4 Rómpase completamente el material como antes, hasta que a simple vista se considere que pasa un tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que un mínimo del 90% de las partículas menores de 4,75 mm (No. 4) pasan tamiz de 4,75 mm (Nº 4), y agréguese todo el material remanente después de obtener la humedad de la muestra. Adiciónese agua suficiente para aumentar la humedad de la mezcla de suelo - cemento en uno o dos puntos de porcentaje, mézclase y repítase el procedimiento descrito en los numerales 6.2.2 y 6.2.3, por cada incremento de agua. Continúese esta serie de determinaciones, hasta cuando haya una disminución o no haya cambio en el peso húmedo por unidad de volumen,  $w_1$ , en kg/m<sup>3</sup> de la mezcla compactada de suelo –cemento.

Nota 6. En la mayoría de los casos este procedimiento ha sido hallado satisfactorio. Sin embargo, en casos en los cuales el material es de carácter frágil y se reduce significativamente el tamaño de las partículas, debido a la compactación, muestras diferentes y separadas deberán emplearse para cada determinación de humedad peso unitario.

## 7. CÁLCULOS E INFORME:

### 7.1. Cálculos:

MC: María Chávez

AB: Andrés Bel

	<b>RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (SUELO-CEMENTO)</b> <b>MTC E 1102</b>			QA-INS-CVP-001
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	5 de 5

7.1.1. Calcúlese la humedad y el peso secado al horno por unidad de volumen, en kg/m<sup>3</sup> de mezcla de suelo - cemento compactado para cada prueba en la siguiente manera:

$$W = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

$$W = \frac{W_1}{w \times 100} \times 100$$

Donde:

w = Porcentaje de humedad en la muestra.

A = Peso del recipiente para humedad y del suelo - cemento húmedo

B = Peso del recipiente para humedad y del suelo - cemento seco

C = Peso del recipiente para humedad.

W = Peso seco en el horno en kg/m<sup>3</sup> del suelo - cemento compactado.

W1 = Peso húmedo en kg/m<sup>3</sup> del suelo compactado.

7.1.2. Relación de humedad - peso unitario:

7.1.2.1. Los cálculos del numeral 7 deberán hacerse para determinar la humedad y el correspondiente peso secado al horno en kg/m<sup>3</sup> para cada una de las muestras de suelo - cemento compactado. Los pesos secados al horno, en kg/m<sup>3</sup> de mezcla de suelo - cemento se dibujarán como ordenadas y las humedades correspondientes, como abscisas.

7.1.2.2. Humedad óptima. Cuando se hayan determinado los pesos unitarios y las correspondientes humedades, como se indica en el numeral 7.1.2.1, se dibujará una curva que una los puntos correspondientes con una línea suave. La humedad que corresponda al pico de la curva se denomina "humedad óptima" de la mezcla de suelo - cemento bajo la compactación.

7.1.2.3. Peso unitario máximo. El peso secado al horno, en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>) de la mezcla de suelo - cemento que corresponda al contenido de humedad óptimo se llamará peso unitario máximo bajo la compactación prescrita en este método.

7.2. Informe:

7.2.1. El informe debe incluir lo siguiente:

- Contenido de humedad óptimo
- Peso unitario máximo

## 8 REGISTROS

Los resultados se registran en el formato "QC-ENS-CVP-001 HUMEDAD - DENSIDAD"

MC: María Chávez

AB: Andrés Bel

## ANEXO 6: Panel fotográfico de preparación de material y ensayo de humedad-densidad

### PREPARACIÓN DE MATERIAL:



Figura 29: Tamizado de material por la malla N°4 para separar agregado gruesos y finos.



Figura 30: Saturación de material que pasa malla 3/4" y retenido en malla N°4.



*Figura 31: Almacenamiento de material que pasa malla N°4 por peso.*



*Figura 32: Peso de Cemento Viaforte según porcentaje a analizar.*



Figura 33: Peso de agua potable para mezcla según humedad de prueba.



Figura 34: Material granular que retenido en malla N°4 saturado con superficie seca y material granular que pasa la misma, mezclado con cemento Viaforte.



*Figura 35: Combinación de materiales granulares con agua según humedad de prueba.*



*Figura 36: Material terminado y listo para ser utilizado en ensayos para suelo-cemento.*

## ENSAYO DE HUMEDAD-DENSIDAD:



*Figura 37: Compactado en molde Proctor modificado.*



*Figura 38: Compactado de última capa en molde Proctor modificado.*



Figura 39: Peso de muestra para determinación de densidad.

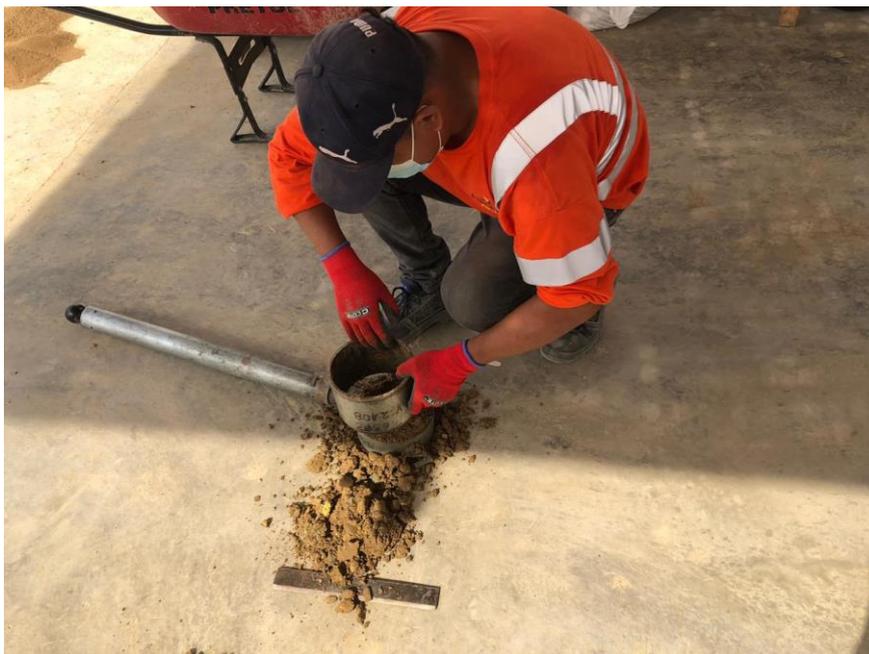


Figura 40: Extracción de muestra para determinación de humedad.

## ANEXO 7: PET's preparación de probetas

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	1 de 7

### 1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para moldear y curar en el laboratorio probetas de suelo-cemento, utilizadas en pruebas de compresión, bajo condiciones precisas de ensayo y de materiales.

### 2. RESPONSABLES

#### Ingeniero Especialista

- Asegurar que el ensayo se realice siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.

#### Ingeniero Especialista en Suelos y Pavimentos y/o Ingeniero de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos

- Supervisar los trabajos en laboratorio, verificando que el ensayo se ejecute de acuerdo al presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Revisar y aprobar el ensayo efectuado por el Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

#### Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos

- Ejecutar el ensayo siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Llevar un archivo con el registro del ensayo ejecutado.
- Responsable directo del buen uso y mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Realizar el manejo adecuado y conservación de los insumos químicos y la conservación adecuada de las muestras.

#### Auxiliar de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos

- Brindar apoyo al Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

### 3. NORMAS DE REFERENCIA

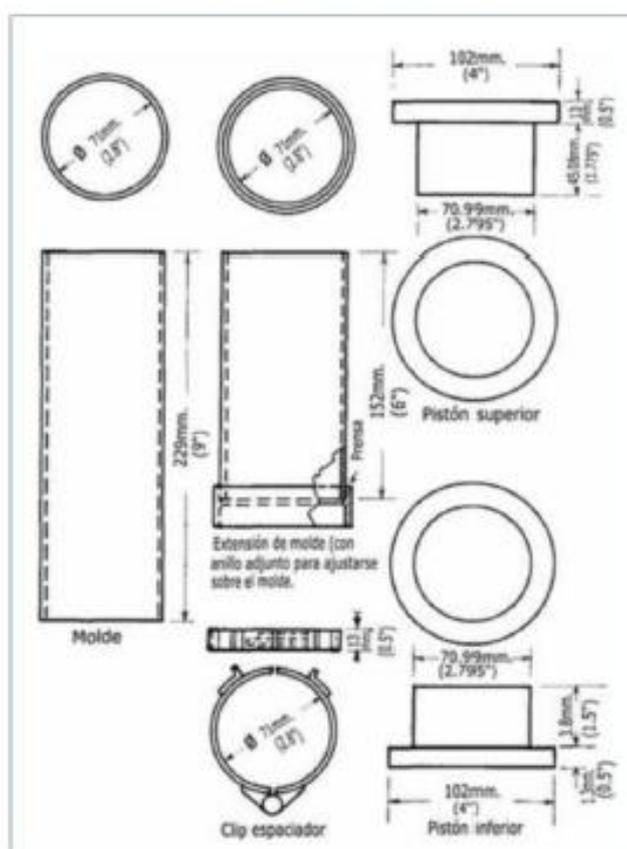
MTC	E 1101
MTC	E 1103
ASTM	D-1632-96

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	2 de 7

#### 4. EQUIPOS / MATERIALES

- a) *Molde.* (Figura 1) El molde para preparación de la probeta de suelo-cemento debe ser de 4x8". Los accesorios del molde deben ser los siguientes: dos pistones (superior e inferior), de acero maquinado; una extensión del molde; un anillo espaciador; al menos dos discos separadores de aluminio, de 1,54 mm (1/16 pulg) de espesor.

Figura 1: Molde cilíndrico



- b) *Tamices.* Se utilizarán los tamices de 50 mm (2 pulg), 19,0 mm (3/4 pulg), 4,75 mm (Nº 4) y 1,18 mm (Nº 16).
- c) *Balanzas.* Una balanza de 12 kg (25 lb) de capacidad, con precisión de 5 g (0,01 lb) y una balanza de 1000 g de capacidad con precisión de 0,1 g.
- d) *Estufa de secado.* Será de control termostático, capaz de mantener una temperatura de aproximadamente  $110 \pm 5$  °C.

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	3 de 7

- e) *Aparato de compactación.* Puede ser una máquina de compresión o un marco de compresión con capacidad suficiente para aplicar 270 kN (60,000 lbf) aproximadamente, o también una máquina de compactación por impacto, con un dispositivo controlador del peso de caída., el cual debe ser de unos 7 kg (15 lb).
- f) *Extractor de la probeta compactada.* Está compuesto de pistón, prensa y armazón, necesarios para extraer la muestra compactada, sin dañarla, por extrusión.
- g) *Elementos varios.* Espátula, recipiente de mezcla o mezcladora, recipiente graduado para medir el agua, latas para medición del contenido de humedad, etc.
- h) *Varilla compactadora.* Varilla de acero, lisa, de diámetro 12,7 mm (½ pulg), longitud de 510 mm (20 pulg) y con extremos de corte recto.
- i) *Cámara húmeda.* Debe ser capaz de mantener una temperatura de  $23.0 \pm 1$  °C y una humedad relativa no menor del 96% para el curado húmedo de las probetas.

## 5. PROCEDIMIENTO:

### 5.1. Preparación de los materiales:

- Colóquense los materiales a la temperatura ambiente, preferiblemente entre 18 y 24 °C, antes de comenzar la preparación.
  - Guárdese el cemento en un lugar seco, en recipientes a prueba de humedad, preferiblemente de metal. Mézclase cuidadosamente el cemento con el fin de obtener una muestra homogénea. Pásese el cemento a través del tamiz N° 16 (1,18 mm) y descártese el material retenido (terrones, grumos).
  - El agua de mezcla deberá ser potable.
  - Séquese la muestra de suelo, hasta que se note friable al introducir en ella la espátula. El secado debe ser al aire o con un aparato de secado, siempre y cuando la temperatura no exceda de los 60 °C. Desháganse cuidadosamente los grumos de suelo, respetando el tamaño natural de las partículas individuales.
  - Tamícese una cantidad adecuada de este suelo pulverizado, que sea representativa de él, empleado los tamices de 50 mm (2 pulg), 19,0 mm (3/4 pulg) y 4,75 mm (N° 4). Descártese cualquier agregado retenido en el tamiz de 50 mm (2 pulg). Elimínese el agregado retenido en el tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg), para reemplazarlo por una cantidad igual, en peso, de material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que es retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Este material de reemplazo debe ser obtenido a partir de la muestra original.
- Nota 1.** La probeta de suelo cemento que se preparará, estará hecha preferiblemente con suelo que tenga un porcentaje retenido en el tamiz de 4,75

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	4 de 7

*mm (No. 4) no superior al 35% y un porcentaje retenido en el tamiz de 425 mm (Nº 40) no superior al 85%*

- Remójese el material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 pulg) y que se retuvo en el tamiz Nº 4, por espacio de 24 horas y luego séquese superficialmente. Determinense sus propiedades de absorción de acuerdo con el ensayo MTC E206 (Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso).
- Tómese una muestra de 100 g del suelo que pasa el tamiz Nº 4 y séquese al horno hasta obtener peso constante; determinese el contenido de humedad de la muestra, dato que permitirá calcular la cantidad de agua que deberá ser agregada a la mezcla de suelo-cemento.
- Con una porción representativa del material que pasa el tamiz Nº 4, y otra de la fracción que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4") y que es retenida en el No. 4, preparadas según se ha indicado en los puntos anteriores, prepárese una muestra de mezcla total cuyo tamaño sea suficiente para elaborar tres probetas de suelo-cemento.

#### 5.2. Determinación de la masa del material:

- Pése con precisión de 5 g (0,01 lb), las cantidades diseñadas de suelo que pasa el tamiz Nº 4 y de suelo comprendido entre los tamices de 19,0 mm (3/4") y Nº 4. Pése con precisión de 1 g la cantidad diseñada de cemento y mídase la cantidad diseñada de agua, con precisión de 1 mL.

**Nota 2.** *Las cantidades diseñadas de suelo, cemento y agua se basan usualmente en resultados obtenidos de otros ensayos: el contenido "Óptimo" de agua de la mezcla y la "máxima" densidad a la cual la probeta debe ser compactada se determinan mediante el ensayo; la cantidad de cemento es usualmente la necesaria para producir suelo cemento de calidad adecuada para construcción de vías y bases*

#### 5.3. Mezcla:

- General. La mezcla de suelo-cemento, hecha a mano o mediante una mezcladora, debe proporcionar bachadas, cada una con un 10% en exceso de la necesaria para el moldeo de las probetas. Protéjase este material contra pérdida de humedad; pése una porción representativa, séquese al horno y determinese la humedad real. Cuando la mezcla de suelo-cemento contenga agregado retenido en el tamiz No. 4, la porción para determinar la humedad debe pesar al menos 500 g, con precisión de 1 g; si no tiene agregado retenido en el tamiz Nº 4, debe pesar al menos 100 g, con precisión de 0,1 g.

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	5 de 7

- Mezcla a mano. Mézclase la bachada en un recipiente metálico limpio y no absorbente, o sobre una plancha de acero, con ayuda de un palustre, de la siguiente manera: Mézclase el cemento y el suelo, menos el material retenido en el tamiz N° 4, hasta lograr una distribución uniforme. Agréguese el agua y mézclase, hasta lograr una pasta uniforme. Añádase el material grueso secado superficialmente y mézclase hasta que se distribuya uniformemente dentro de la pasta.

*Nota 2. La operación de mezcla y compactación de las probetas debe ser continua y el*

*tiempo transcurrido entre la adición del agua y la compactación final, no debe exceder los 30 minutos*

#### 5.4. Moldeo:

- Aplíquese una capa delgada de aceite comercial en las paredes interiores del molde y de la extensión, así como en los dos discos separadores. Colóquese el molde en posición vertical, con el anillo espaciador sobre el pistón inferior en forma tal, que éste se introduzca en el molde 25 mm (1 pulg).
- Colóquese un disco separador sobre el pistón inferior y ajústese la extensión del molde. Deposítase en el molde un peso predeterminado de mezcla que de un espécimen con el peso unitario de diseño, cuando sea compactado hasta una altura de 142 mm (5,6 pulg) dentro del molde.

Cuando el suelo-cemento contenga agregado retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm), distribúyase uniformemente la mezcla dentro del molde con ayuda de la espátula. Luego compáctese la mezcla con la varilla compactadora, introduciendo su extremo recto dentro de la mezcla, en forma firme y con algo de impacto, hacia arriba y hacia abajo sobre una misma trayectoria y repitiendo el movimiento en varios puntos uniformemente distribuidos en la sección transversal del cilindro.

Esta operación se debe hacer cuidadosamente para no dejar vacíos en mezclas arcillosas de suelo-cemento. Repítase el proceso hasta que la mezcla se halle compactada hasta una altura de 150 mm (6 pulg) aproximadamente.

- Quítase la extensión del molde y colóquese el otro disco separador sobre la mezcla. Remuévase también el anillo espaciador del extremo inferior. Colóquese el pistón superior en posición y aplíquese una carga, sea estacionaria mediante una máquina de compresión o sea dinámica mediante una máquina de impacto, hasta que la mezcla quede comprimida a una altura de 142 mm (5,6 pulg).
- Remuévase los pistones y discos separadores, pero déjese la mezcla de suelo-cemento en el molde.

	PREPARACION EN LABORATORIO DE PROBETAS SUELO-CEMENTO MTC E 1101			QA-INS-CVP-002
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	21/11/2020	6 de 7

### 5.5. Curado:

- Cúrense las probetas dentro de los moldes en la cámara húmeda por 12 horas o más si es necesario, para permitir la utilización del extractor de las probetas compactadas.
- Devuélvanse las probetas luego de extraídas, a la cámara húmeda y evítese que goteen durante el tiempo de curado. Generalmente las probetas son ensayadas a compresión en condición húmeda, inmediatamente después de ser removidas de la cámara.

**Nota 3.** *Otros procedimientos de acondicionamiento en este punto de la preparación, como operaciones de remojo, secado al aire o al horno humedecimiento y secado, alternados, etc., pueden ser especificados después del curado inicial de la mezcla. Estos procedimientos deben ser indicados con detalle en el informe*

## ANEXO 8: PET's de resistencia a la compresión

	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103			QC-INS-CVP-003
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	1 de 4

### 1. OBJETIVO

Determinar la Resistencia a la Compresión de probetas de suelo – cemento. Las unidades normales serán kPa y mm.

### 2. ALCANCE

Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 4" de diámetro y de 8" de altura. La relación de la altura al diámetro es de 2,0. A causa de la mayor relación de la altura al diámetro, Este método da una mejor medida de la resistencia a la compresión desde un punto de vista técnico, ya que reduce condiciones complejas de esfuerzos que pueden presentarse durante el aplastamiento de especímenes.

### 3. RESPONSABLES

Ingeniero especialista:

- Asegurar que el ensayo se realice siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.

Ingeniero Especialista en Suelos y Pavimentos y/o Ingeniero de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Supervisar los trabajos en laboratorio, verificando que el ensayo se ejecute de acuerdo al presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Revisar y aprobar el ensayo efectuado por el Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Ejecutar el ensayo siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Llevar un archivo con el registro del ensayo ejecutado.
- Responsable directo del buen uso y mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Realizar el manejo adecuado y conservación de los insumos químicos y la conservación adecuada de las muestras.

Auxiliar de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Brindar apoyo al Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

### 4. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM	D 1633
MTC	E 1103

MC: María Chávez  
AB: Andrés Bel

	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103			QC-INS-CVP-003
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	2 de 4

## 5. EQUIPOS / MATERIALES

- a) *Máquina para ensayo de compresión.* Puede ser de cualquier tipo que tenga capacidad suficiente y adecuado control para proporcionar la rata de carga prescrita en el numeral 8.2 y deberá cumplir con las exigencias del numeral 15 de la práctica E-4 (Procedimiento de verificación de maquina) de la ASTM.

Deberá estar provista de dos superficies de apoyo de acero templado (véase la Nota 1), una de las cuales es un bloque de levantamiento asentado esféricamente, el cual normalmente se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen.

Las superficies de apoyo deberán ser al menos tan grandes como la superficie del espécimen a la cual se aplica la carga. Las superficies de apoyo, cuando nuevas, no deberán apartarse de un plano en más de 0,013 mm (0,0005 pulg) en ningún punto y deberán mantenerse dentro de un límite de variación permisible de 0,02mm (0,001 pulg).

En el bloque asentado esféricamente, el diámetro de la esfera no deberá exceder al del espécimen y el centro de la esfera deberá coincidir con el centro de la superficie de soporte.

La parte móvil de este bloque deberá mantenerse estrechamente ajustada en el asentamiento esférico, pero el diseño deberá ser tal, que la superficie de soporte pueda rotarse libremente e inclinarse en ángulos pequeños en cualquier dirección.

**Nota 1.** Es deseable que las superficies de soporte de los bloques empleados para el ensayo de compresión del suelo cemento tengan una dureza no menor de 60 HRC (Unidades de Dureza Rockwell con punta de diamante) (AASHTO T 80, ASTM E 18)

- b) *Equipos y moldes de compactación.* De acuerdo a los métodos de secado, compactación y preparación en el laboratorio de pruebas de suelo – cemento del MTC E 1101.

## 6. MUESTRA:

### 6.1. Especímenes de ensayo

#### 6.1.1. Moldéense los especímenes de ensayo así:

- Especímenes de 4" de diámetro y 6" de altura y moldeados de acuerdo con el método (b) del ensayo del MTC E 1101.

#### 6.1.2. Cúrense en húmedo los especímenes de acuerdo con el método (b).

#### 6.1.3. Al final del período húmedo de curado, sumérjanse por 4 horas los especímenes en agua.

#### 6.1.4. Remuévanse los especímenes del agua y efectúense los ensayos de compresión tan pronto como sea posible, manteniendo húmedos los especímenes, por medio de cañamo húmedo o bayetilla de envoltura.

**Nota 2.** Otros procedimientos de acondicionamiento, como secado al aire o en el horno o humedecimiento y secamiento alternativamente, pueden especificarse después de un período inicial de curado. Los procedimientos de acondicionamiento y curado deberán indicarse detalladamente en el informe.

MC: María Chávez

AB: Andrés Bel

	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103</b>			<b>QC-INS-CVP-003</b>
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	3 de 4

6.2. Compruébese la tersura de las caras con una hoja recta. Si fuere necesario, refréndense los extremos para que cumplan con las exigencias del aparte sobre refrentado de especímenes ("capping").

## 7. PROCEDIMIENTOS:

7.1. Colóquese el bloque inferior de apoyo sobre la mesa o sobre la plataforma de la máquina de ensayo directamente bajo el bloque de apoyo superior asentado esféricamente. Colóquese el espécimen sobre el bloque inferior de apoyo, asegurándose de que el eje vertical del espécimen, esté alineado con el centro de empuje del bloque asentado esféricamente. Como este bloque es llevado a apoyarse sobre el espécimen, rótese suavemente a mano su parte móvil de manera que obtenga asentamiento uniforme.

7.2. Aplíquese la carga continuamente y sin choques. Puede usarse una máquina de ensayo operada por tornillo aproximadamente a 1 mm (0,05 pulg) por minuto. Con máquinas hidráulicas, ajústese la carga a una rata constante dentro de los límites de  $140 \pm 70$  kPa/s ( $20 \pm 10$  lb./pulg<sup>2</sup>/s) de acuerdo con la resistencia del espécimen. Regístrese la carga total a la falla del espécimen de ensayo con aproximación de 40 N (10 lb).

## 8. CÁLCULOS E INFORME:

### 8.1. Cálculos:

Calcúlese la resistencia unitaria a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal.

### 8.2. Informe:

El informe deberá incluir:

- a) Número de identificación del espécimen.
- b) Diámetro y altura, mm (pulg).
- c) Área de la sección transversal, mm<sup>2</sup> (pulg<sup>2</sup>).
- d) Carga máxima, con aproximación a los 40 N (10 lb) más próximas.
- e) Resistencia a la compresión, calculada con aproximación a 35 kPa (5 lbs/pulg<sup>2</sup>).
- f) Edad del espécimen.
- g) Detalles de los periodos de curado y acondicionamiento y contenido de humedad en el
- h) momento del ensayo.

## 9. PRECISIÓN Y DISPERSIÓN:

La precisión y dispersión de este método de ensayo no han sido establecidas mediante un programa de investigación de varios laboratorios. Sin embargo, con base en los datos de ensayos en un laboratorio sencillo sobre 122 grupos de especímenes dobles, moldeados a partir de 21 materiales

MC: María Chávez

AB: Andrés Bel

	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103			QC-INS-CVP-003
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	MC	AB	10/11/2020	4 de 4

diferentes de suelo, lo siguiente puede servir como guía para la variabilidad de los resultados de ensayos de compresión.

La diferencia promedio en la resistencia sobre especímenes, duplicados fue de 8,1% y la diferencia media de 6,2%. Estos valores se expresan como el porcentaje de la resistencia promedio de los dos especímenes, en la siguiente forma:

$$\% \text{ de diferencia} = \frac{(\text{Valor alto} - \text{Valor bajo})}{(\text{Valor alto} + \text{Valor bajo})/2} \times 100$$

## 10. REGISTROS

Los resultados se registran en el formato *"QC-ENS-CVP-002 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN"*

MC: María Chávez  
AB: Andrés Bel

## ANEXO 9: Panel fotográfico de resistencia a la compresión

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA:



Figura 41: Moldes de 4x8" para ensayo de resistencia a la compresión no confinada.



Figura 42: Compactado de material granular en moldes de 4x8".



Figura 43: Enrasado de briquetas de 4x8".



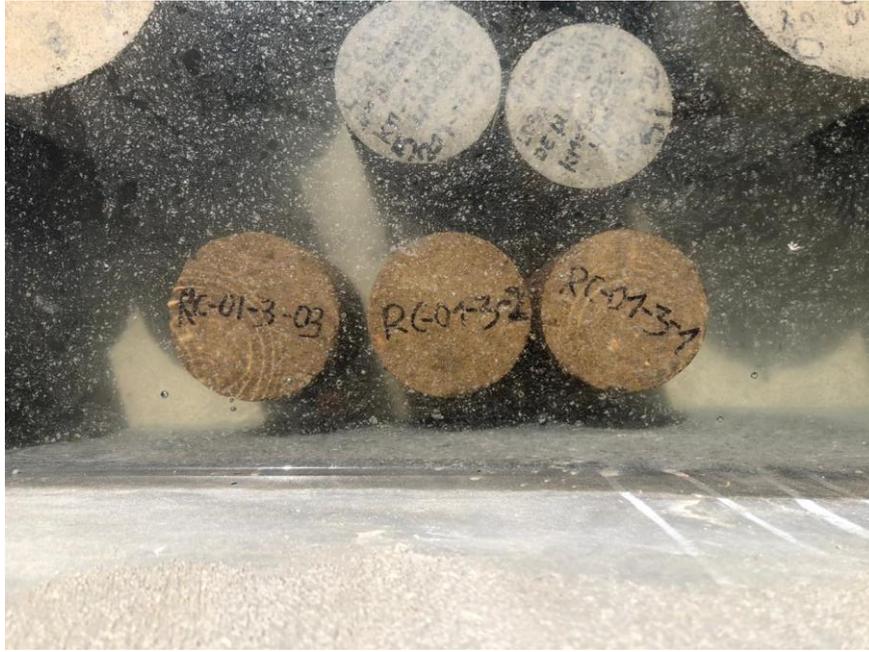
Figura 44: Reposo de briquetas por 24 horas.



*Figura 45: Desmoldado de briquetas después de 24 horas de reposo.*



*Figura 46: Curado y etiquetado de briquetas hasta su fecha de rotura programada.*



*Figura 47: Curado en poza de agua 4 horas previas a su rotura.*



*Figura 48: Compresión de briquetas a una velocidad de 160 kg/seg.*



*Figura 49: Falla de briqueta por compresión no confinada.*

## ANEXO 10: PET's de ensayo de módulo de elasticidad

	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469			QC-INS-CVP-004
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	1 de 7

### 1. ALCANCE

Este método de ensayo cubre la determinación del módulo de elasticidad secante (de Young) y la relación de Poisson en cilindros de suelo cemento. Este método de ensayo proporciona un valor de la relación esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para probetas de suelo cemento endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que pueden ser establecidas.

### 2. RESPONSABLES

Ingeniero especialista:

- Asegurar que el ensayo se realice siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.

Ingeniero Especialista en Suelos y Pavimentos y/o Ingeniero de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Supervisar los trabajos en laboratorio, verificando que el ensayo se ejecute de acuerdo al presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Revisar y aprobar el ensayo efectuado por el Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Ejecutar el ensayo siguiendo el presente instructivo y/o las normas de referencia.
- Llevar un archivo con el registro del ensayo ejecutado.
- Responsable directo del buen uso y mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Realizar el manejo adecuado y conservación de los insumos químicos y la conservación adecuada de las muestras.

Auxiliar de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos:

- Brindar apoyo al Técnico de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos.

### 3. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM	C 469
------	-------

	<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469</b>			<b>QC-INS-CVP-004</b>
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	2 de 7

#### 4. EQUIPOS / MATERIALES

- a) *Máquina de ensayo.* Puede ser usada cualquier tipo de máquina de ensayo capaz de imponer una carga en la rata y de la magnitud establecida en el numeral 6.4. La máquina debe adecuarse a los requerimientos de la Práctica E 4 (sección Máquinas de Ensayo del Tipo CRT Constant-Rate of-Transverse). La cabeza esférica y los bloques de apoyo estarán conforme con la Sección Aparatos del Método de Ensayo C 39.
- b) *Compresómetro.* Para determinar el módulo de elasticidad, se debe disponer de un dispositivo sensible unido o no a la probeta, para medir con una aproximación de 5 millonésima la deformación promedio de dos marcas de referencia diametralmente opuestas, cada una paralela al eje y centradas hacia la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada marca de referencia no deberá ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado en el concreto ni mayor que 2/3 la altura del espécimen; la longitud preferida de las marcas de referencia es la mitad de la altura del espécimen. Las marcas de referencia pueden ser embebidas o adheridas al espécimen y la deformación de las dos líneas leídas independientemente; o puede ser usado un compresómetro (tal como el mostrado en la Fig. 1) consistiendo en dos anillos, uno de los cuales (ver B en la Fig.1) está rígidamente ligado al espécimen y el otro (ver C en la Fig.1), ligado en dos puntos diametralmente opuestos de tal forma que está libre para rotar. En un punto de la circunferencia del anillo o yugo, a mitad entre los dos puntos de soporte, deberá ser usado un vástago pivotado (ver A en la Fig. 1) para mantener una distancia constante entre los dos anillos. En el punto opuesto en la circunferencia del yugo rotativo, el cambio de distancia entre los dos anillos (esto es la lectura del deformímetro), sea igual a la suma del desplazamiento debido a la deformación del espécimen y el desplazamiento debido a la rotación del yugo sobre el pivote (ver Fig. 2).

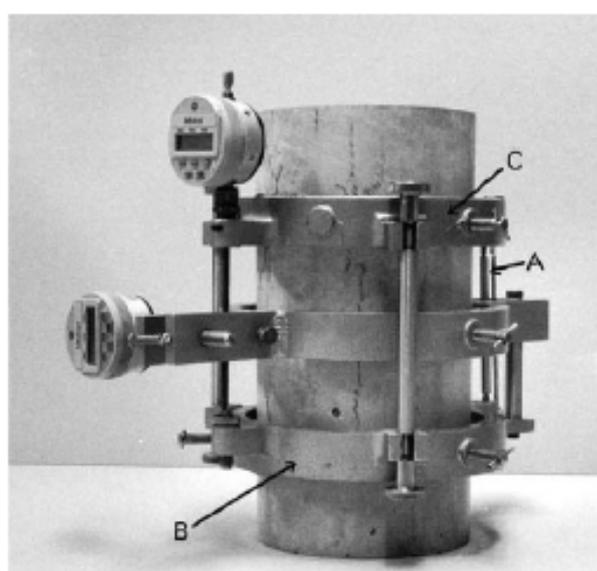


Figura 1 Compresómetro colocado en probeta

	<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469</b>			<b>QC-INS-CVP-004</b>
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	3 de 7

- La deformación puede ser medida por un dial usado directamente o por un sistema multiplicador de palanca, por un deformímetro de alambre o por un transformador diferencial lineal variable. Si la distancia del vástago pivotado y el medidor del plano vertical que pasa a través del punto de soporte del yugo rotativo son iguales, la deformación del espécimen es igual a un medio la lectura del dial.

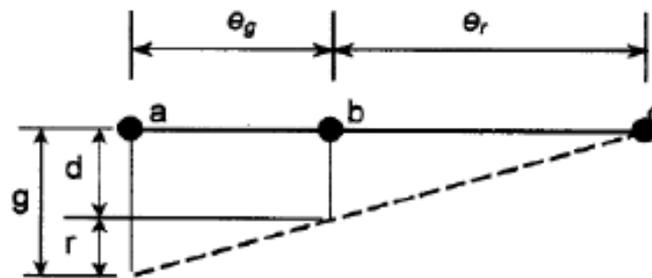


Figura 2 Diagrama de desplazamientos

Donde:

d = desplazamientos debido a la deformación del espécimen.

r = desplazamientos debido a la rotación del yugo sobre el vástago pivotado del espécimen.

a= ubicación del dial.

b=punto de soporte del yugo rotativo.

c=ubicación del vástago pivotado.

g=lectura del dial.

Si estas distancias no son iguales, la deformación deberá ser calculada como sigue:

$$d = g * e_r / (e_r + e_r)$$

Donde:

d = Deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva de la línea de referencia, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

g = Lectura del dial, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

$e_r$  = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el vástago pivotado al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

$e_g$  = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el dial a al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

Nota 1—Aunque las marcas de referencia son satisfactorias en los especímenes secos, puede ser difícil, si no imposible, montarlas en especímenes de curado húmedo continuo, antes de ser ensayados.

	<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469</b>			<b>QC-INS-CVP-004</b>
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	4 de 7

- c) **Extensómetro:** Si se desea la relación de Poisson, la deformación transversal puede ser determinada (1) mediante un Extensómetro no adherido, capaz de medir con una aproximación de 25  $\mu$ pulg. (0.635  $\mu$ m) el cambio del diámetro en la altura media del espécimen o (2) mediante dos líneas de referencia adheridas (Nota 1) montadas circularmente en puntos diametralmente opuestos a media altura del espécimen y capaz de medir deformación circunferencial con una aproximación de 5 millonésima. Un aparato que combine compresómetro y extensómetro (Fig. 3) es conveniente. Este contendrá un tercer yugo o anillo (consistiendo de dos segmentos iguales) localizados entre los dos anillos del compresómetro y fijados al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. Entre estos dos puntos se ubica una barra de pivote corta ( $A'$ , ver Fig. 3) adyacente a la barra de pivote larga, que debe ser usada para mantener una distancia constante entre los anillos inferior y medio. El anillo medio debe ser articulado en el punto de pivote para permitir la rotación de los dos segmentos del anillo en el plano horizontal. En el punto opuesto a la circunferencia, los dos segmentos deben estar conectados a través de un dial u otro aparato sensible, capaz de medir deformación transversal con una aproximación de 50  $\mu$ pulg. (1.27  $\mu$ m). Si las distancias de la articulación y el punto del plano vertical que pasan a través de los puntos soportados en el anillo medio son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen es igual a la mitad en la lectura del medidor.

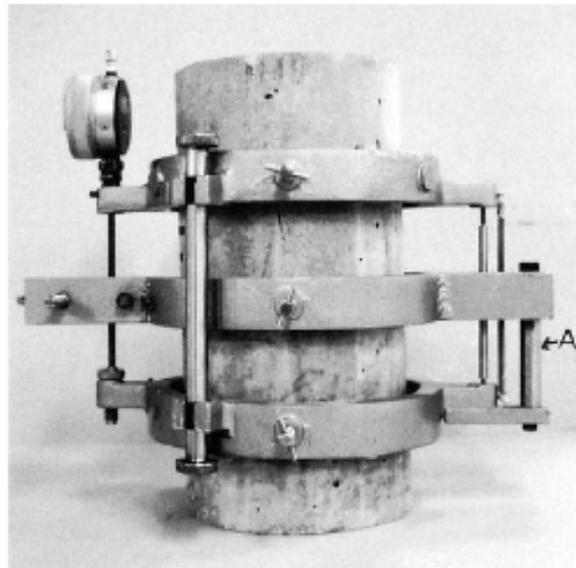


Ilustración 3 Compresómetro-Extensómetro colcado en probeta.

Si estas distancias no son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen puede ser calculada de acuerdo con la ecuación 2.

$$d' = g' * e'_h / (e'_h + e'_h)$$

Donde:

$d'$  = Deformación transversal del diámetro del espécimen, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

$g'$  = Lectura del dial transversal, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469			QC-INS-CVP-004
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	5 de 7

$e'h$  = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde la articulación al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte en la mitad del yugo.

$e'g$  = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el medidor a al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte en la mitad del yugo.

- d) Balanza o báscula: de ser necesario debe suministrarse una balanza con precisión de 0.1 lb (0.045 Kg).

## 5. MUESTRA:

Se moldearán especímenes de acuerdo al MTC E 1101.

## 6. PROCEDIMIENTOS:

- 6.1. Durante el ensayo, mantenga la temperatura ambiente y la humedad tan constante como sea posible. Registre alguna fluctuación inusual de la temperatura o humedad en el informe.
- 6.2. Use el espécimen compañero para determinar la resistencia a la compresión de acuerdo al Método de Ensayo C 39 del ASTM, previo al ensayo para módulo de elasticidad.
- 6.3. Coloque el espécimen, con el equipo medidor de deformaciones unido, en la platina inferior o bloque de apoyo de la máquina de ensayo. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de empuje del bloque de carga superior con asiento esférico. Anote la lectura del deformímetro. A medida que el bloque de asiento esférico es llevado lentamente a asentarse sobre la probeta, rotar la parte móvil del bloque suavemente con las manos hasta que se obtenga un apoyo uniforme.
- 6.4. Cargue el espécimen al menos dos veces. No registre ningún dato durante la primera carga. Los cálculos se basarán en el promedio de los resultados de las subsecuentes cargas (Nota 2)

Nota2 - Por lo menos dos cargas subsecuentes son recomendadas para que la repetitividad del ensayo pueda ser notada.

Durante la primera carga, la cual es primeramente para ajustar los deformímetros, observar el comportamiento de estos (Nota 3) y corregir cualquier comportamiento inusual previo a la segunda carga. Obtener cada conjunto de lecturas como sigue: Aplique la carga continuamente y sin golpe.

Las máquinas de ensayo tipo tornillo con cabezal móvil viajan a una rata de alrededor 0.05 pulg. (1.25 mm) / minuto cuando la maquina está corriendo libre.

En máquinas operadas hidráulicamente, aplique la carga a una rata constante dentro del rango  $35 \pm 5$  psi ( $241 \pm 34$  Kpa) /segundos. Sin interrupción de carga, registre la carga aplicada y la deformación longitudinal en los siguientes puntos:

- Cuando la deformación longitudinal es 50 millonésima
- Cuando la carga aplicada es igual al 40 % de la carga ultima (ver sección 6.5).

La deformación longitudinal es definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva del patrón. Si se va a determinar la relación de Poisson, registre la deformación transversal en los mismos puntos. Si se desea la curva esfuerzo-deformación

	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469			QC-INS-CVP-004
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	6 de 7

tome lecturas en dos o más puntos intermedios sin interrupción de la carga; o use un instrumento que haga un registro continuo. Inmediatamente se alcance la carga máxima, excepto en la carga final, reduzca la carga a cero a la misma rata que fue aplicada. Si el observador falla en obtener una lectura, complete el ciclo de carga y repítalo. Registre el ciclo extra en el informe.

Nota 3 – Donde un deformímetro de carátula sea utilizado para medir la deformación longitudinal, es conveniente ajustarlo antes de cada carga, de tal manera que el indicador pase por el punto cero cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésima.

- 6.5. El módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidos en la misma carga suministrada, aun cuando los deformímetros sean prescindibles, removibles o adecuadamente protegidos para cumplir con los requerimientos de carga continua dados en el Método de Ensayo ASTM C 39. En este caso, registrar varias lecturas y determinar el valor de la deformación al 40 % de la carga última por interpolación.
- 6.6. Si se toman lecturas intermedias, dibujar los resultados de cada una de los tres ensayos con la deformación longitudinal en las abscisas y el esfuerzo de compresión en las ordenadas. Calcúlese el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga en la máquina de ensayo por el área de la sección transversal del espécimen determinada de acuerdo a la sección 5.

## 7. CÁLCULOS E INFORME:

7.1. Calcúlese el módulo de elasticidad, próximo a 50,000 psi (344.74 Mpa) como sigue:

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad secante, (psi)

S<sub>2</sub> = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S<sub>1</sub> = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal,  $\epsilon_1$ , de 50 millonésima.

$\epsilon_2$  = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S<sub>2</sub>

7.2. Calcúlese la relación de Poisson próximo a 0.01 como sigue:

$$\mu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Donde:

$\mu$  = Relación de Poisson, (adimensional)

$\epsilon_{t2}$  = deformación transversal a media altura del espécimen, producida por el esfuerzo S<sub>2</sub>

$\epsilon_{t1}$  = deformación transversal a media altura del espécimen, producida por el esfuerzo S<sub>1</sub>.

	<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DE SUELO-CEMENTO ASTM C469</b>			<b>QC-INS-CVP-004</b>
				Revisión 00
	Elaborado	Revisado	Fecha	Página
	AQ	JQ	21 /11/2020	7 de 7

## 8. INFORME:

Reportar la siguiente información:

- Número de identificación del espécimen.
- Dimensiones del espécimen, en pulg. o mm.
- Historia del curado y medio ambiente del espécimen.
- Edad del espécimen.
- Resistencia del concreto, si ha sido determinada.
- Peso unitario del concreto, si ha sido determinado.
- Curva esfuerzo-deformación, si son dibujadas.
- Módulo de elasticidad secante.
- Relación de Poisson, si ha sido determinada.

## 9. REGISTROS

Los resultados se registran en el formato *"QC-FOR-CVP-003 MODULO DE ELASTICIDAD"*

## ANEXO 11: Panel fotográfico del ensayo de módulo de elasticidad

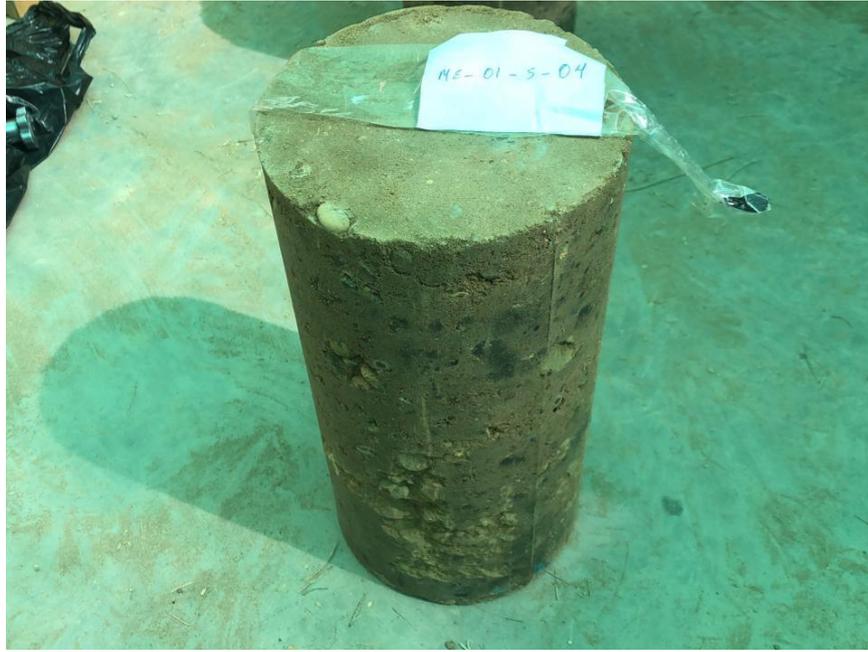
### ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD:



*Figura 50: Compactación de probetas de 6x12".*



*Figura 51: Codificación de probetas de 6x12" para módulo de elasticidad.*



*Figura 52: Probeta de 6x12" desmoldada.*



*Figura 53: Instalación de armazón y calibración diales para módulo de elasticidad.*



*Figura 54: Ejecución de ensayo de módulo de elasticidad.*



*Figura 55: Probeta de 6x12" ensayada.*

## ANEXO 12: Ensayos de diseño de suelo-cemento

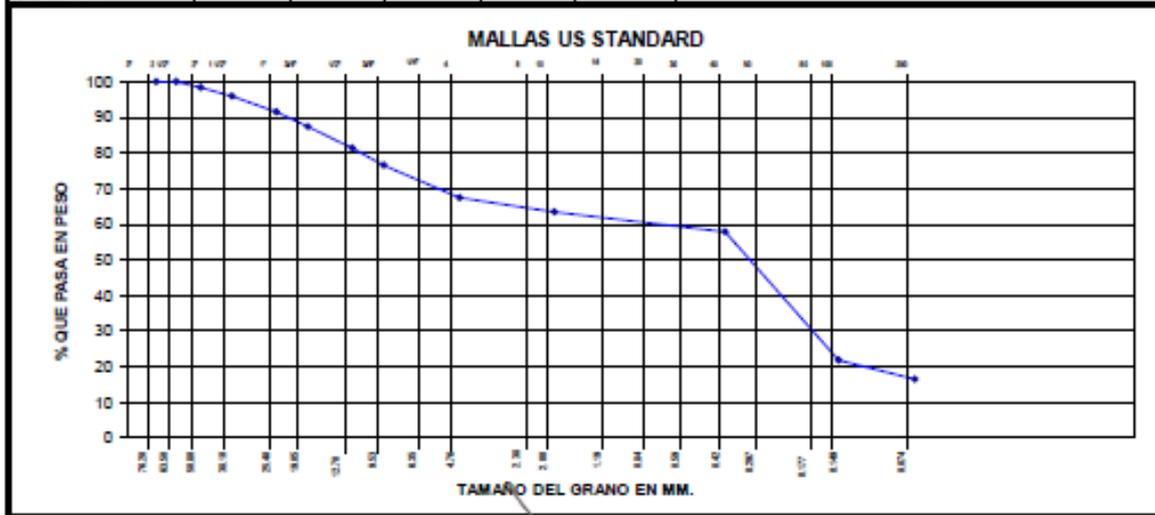
	"Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal- Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N- Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal, Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paita, Sullana, en el Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.
---	--

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMAS ASTM D422, AASHTO T88, MTC E107

ESTRUCTURA : SUELO/CEMENTO DESCRIPCIÓN : RECICLADO DE CALZADA MATERIAL : DE CALZADA Lado Derecho MUESTRA : Km. 4+180	N° DE REGISTRO : CVP4 - Lab.S. 048 FECHA : 25/11/2020 REALIZADO POR : Eusebio Cuellar RESP. LAB. : Omar Baldera ING. ESPEC. : Iván Zumaeta
---	--

Tamaño ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MÁXIMO
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500				100.0		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2"	50.800	150	1.6	1.6	98.4		
1 1/2"	38.100	230	2.5	4.1	95.9		% GRAVA = 32.6%
1"	25.400	410	4.4	8.5	91.5		% ARENA = 67.4%
3/4"	19.050	385	4.1	12.6	87.4		PESO TOTAL: 9,345.00 gr
1/2"	12.700	565	6.0	18.6	81.4		L.L. : 36.75%
3/8"	9.525	455	4.9	23.5	76.5		L.P. : 26.29%
1/4"	6.350						I.P. : 10.46%
N° 4	4.760	850	9.1	32.6	67.4		DENS. MÁX. SECA :
N° 8	2.380						H. ÓPTIMO :
N° 10	2.000	43.90	3.9	36.5	63.5		CBR AL 95 :
N° 16	1.190						CBR AL 100 :
N° 20	0.840						CLASIFICACION
N° 30	0.590						AASHTO : A-2-6 ( 0 )
N° 40	0.420	61.90	5.6	42.1	57.9		SUCS : 9C
N° 50	0.297						Peso de Fracción : 750.00 gr
N° 60	0.250						H. NATURAL : 2.40%
N° 100	0.149	401.50	36.1	78.2	21.8		OBSERVACIONES
N° 200	0.074	59.30	5.3	83.5	16.5		Reciclado con Máquina Recicladora
PAN		183.40	16.5	100.0			
TOTAL							
% PERDIDA							



RESPONSABLE DE LABORATORIO	INGENIERO ESPECIALISTA	SUPERVISION
		
Fecha:	Fecha:	Fecha:

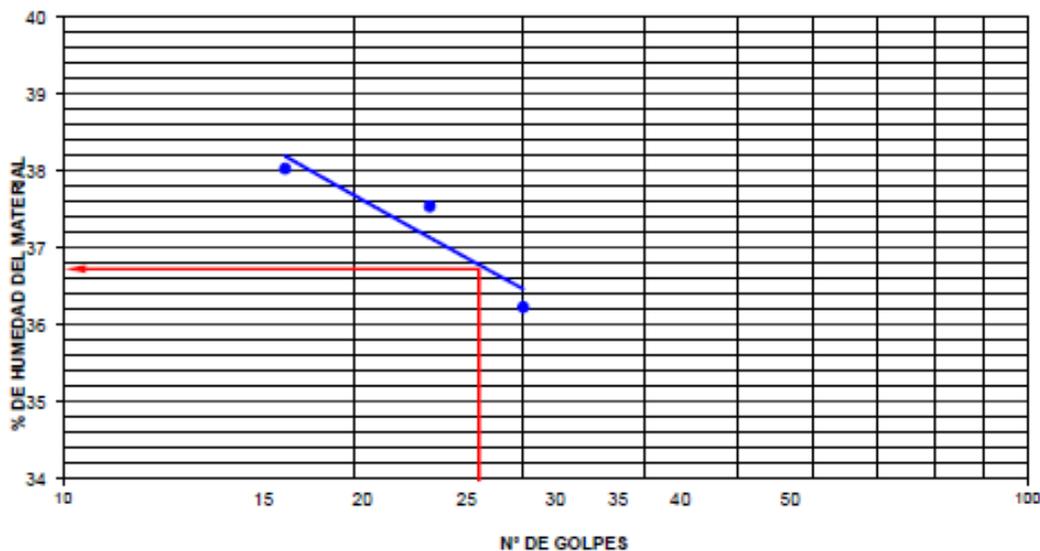
### LIMITES DE CONSISTENCIA

METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

DESCRIPCION : SUELO/CEMENTO N° DE REGISTRO : CVP4 - Lab.S. 048  
 UBICACION : RECICLADO DE CALZADA FECHA : 25/11/2020  
 MATERIAL : DE CALZADA Lado Derecho REALIZADO POR : Eusebio Cuéllar  
 MUESTRA : Km. 4+180 RESP. LAB. : Omar Baldera  
 0 : Muestra, malla < # 200 ING. ESPEC. : Iván Zumaeta

Nro. DE CAPSULA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	22	31	32	19	20
PESO TARA + SUELO HUMEDO (A)	47.73	39.47	44.77	9.20	10.74
PESO TARA + SUELO SECO (B)	39.73	32.57	36.92	8.25	9.68
PESO DE LA TARA (C)	17.65	14.19	16.28	4.72	5.55
PESO DEL AGUA (A-B)	8.00	6.90	7.85	0.95	1.06
PESO SUELO SECO (B-C)	22.08	18.38	20.64	3.53	4.13
HUMEDAD $(W=(A-B)/(B-C)*100)$	36.23	37.54	38.03	26.91	25.67
Nro. DE GOLPES	30	24	17	26.29	

LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
36.75%	26.29%	10.46%



RESPONSABLE DE LABORATORIO	INGENIERO ESPECIALISTA	SUPERVISION
Maria Chavez Z.		
Fecha:	Fecha:	Fecha:

### PROCTOR MODIFICADO

METODO AASHTO T-180-D

DESCRIPCION	: SUELO/CEMENTO	N° DE REGISTR	CVPIV - SC- LAB. 0061
MATERIAL	: CALZADA Km. 4+180 Lado Izqdo.	FECHA	03/12/2020
MEZCLAS	: Material Calzada: 100%	ENSAYADO POR	EUSEBIO CUELLAR
	: Cemento: 2.5%	RESP. LAB.	OMAR BALDERA
	:	ING. ESPEC.	IVAN ZUMAETA

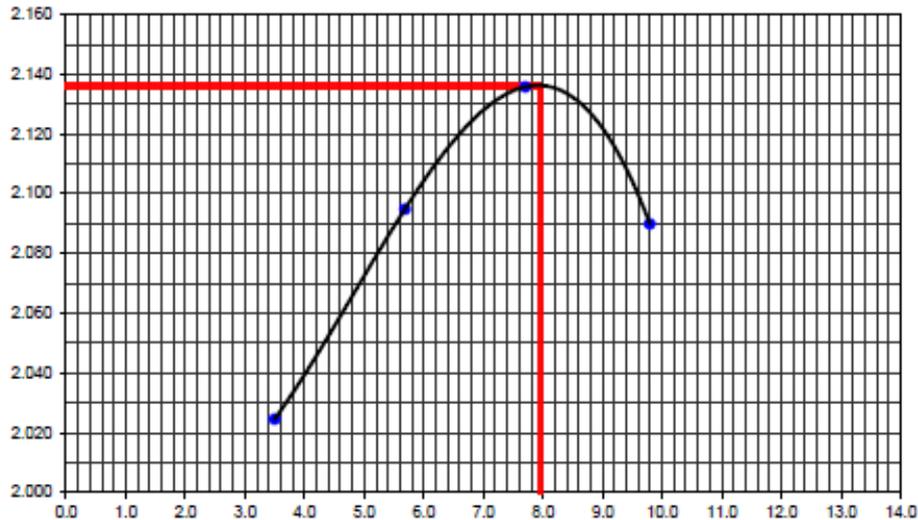
METODO DE COMPACTACI" C" VOL.MOLDE 2(cm3) 2108 PESO MOLDE(gr) 6303

ENSAYO DE COMPACTACION						
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE	10720	10970	11152	11140		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4417	4667	4849	4837		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.095	2.214	2.300	2.295		
PESO VOLUMETRICO SECO	2.025	2.095	2.136	2.090		

CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO HUMEDO + TARA	621.60	630.30	681.00	740.00		
PESO SUELOS SECO + TARA	600.60	596.40	632.30	674.00		
PESO DE LA TARA						
PESO DE AGUA	21.0	33.90	48.70	66.00		
PESO DE SUELO SECO	600.6	596.40	632.30	674.00		
CONTENIDO DE AGUA	3.5	5.7	7.7	9.8		

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.136 gr/cc. HUMEDAD OPTIMA: 7.95 %



OBSERVACIONES :

RESPONSABLE DE LABORATORIO	INGENIERO ESPECIALISTA	SUPERVISIÓN
<i>Maria Chavez J.</i>	<i>[Signature]</i>	
Fecha:	Fecha:	Fecha:

### PROCTOR MODIFICADO

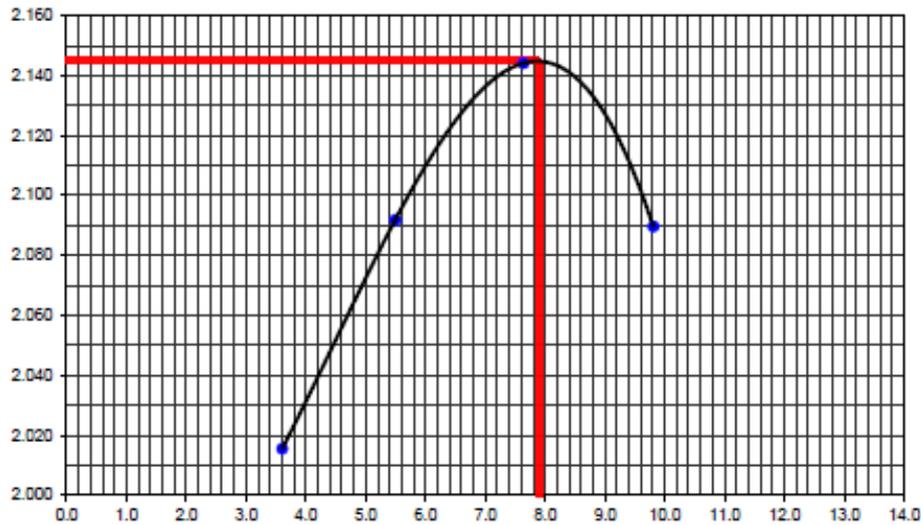
METODO AASHTO T-180-D

DESCRIPCION	: SUELO/CEMENTO	N° DE REGISTR	CVPIV - SC- LAB. 0082
MATERIAL	: CALZADA Km. 4+180 Lado Izqdo.	FECHA	03/12/2020
MEZCLAS	: Material Calzada: 100%	ENSAYADO POR	EUSEBIO CUELLAR
	: Cemento: 3.0%	RESP. LAB.	OMAR BALDERA
	:	ING. ESPEC.	IVAN ZUMAETA

METODO DE COMPACTACI" C" VOL.MOLDE 2(cm3) 2108 PESO MOLDE(gr) 8303

ENSAYO DE COMPACTACION						
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE	10705	10955	11168	11140		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4402	4652	4865	4837		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.088	2.207	2.308	2.295		
PESO VOLUMETRICO SECO	2.016	2.092	2.144	2.090		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO HUMEDO + TARA	641.00	624.00	716.00	608.00		
PESO SUELOS SECO + TARA	618.70	591.50	665.20	553.70		
PESO DE LA TARA						
PESO DE AGUA	22.3	32.50	50.80	54.30		
PESO DE SUELO SECO	618.7	591.50	665.20	553.70		
CONTENIDO DE AGUA	3.6	5.5	7.6	9.8		

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.145 gr/cc. HUMEDAD OPTIMA: 7.90 %



OBSERVACIONES :

RESPONSABLE DE LABORATORIO	INGENIERO ESPECIALISTA	SUPERVISIÓN
<i>Maria Chavez Z.</i>	<i>[Signature]</i>	
Fecha:	Fecha:	Fecha:

### PROCTOR MODIFICADO

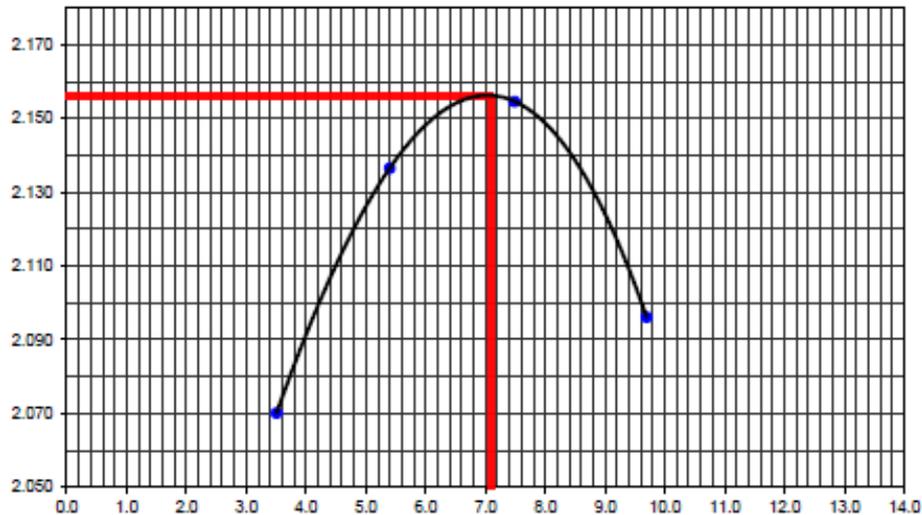
METODO AASHTO T-180-D

DESCRIPCION	: SUELO/CEMENTO	N° DE REGISTR	CVPIV - SC- LAB. 0063
MATERIAL	: CALZADA Km. 4+180 Lado Izqdo.	FECHA	03/12/2020
MEZCLAS	: Material Calzada: 100%	ENSAYADO POR	EUSEBIO CUELLAR
	: Cemento: 3.5%	RESP. LAB.	OMAR BALDERA
	:	ING. ESPEC.	IVAN ZUMAETA

METODO DE COMPACTACI"O" VOL.MOLDE 2(cm3) 2108 PESO MOLDE(gr) 6303

ENSAYO DE COMPACTACION						
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE	10620	11050	11185	11150		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4517	4747	4882	4847		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.143	2.252	2.316	2.299		
PESO VOLUMETRICO SECO	2.070	2.137	2.155	2.096		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	664.00	734.00	646.00	559.00		
PESO SUELOS SECO + TARA	641.50	696.40	601.00	509.60		
PESO DE LA TARA						
PESO DE AGUA	22.5	37.60	45.00	49.40		
PESO DE SUELO SECO	641.5	696.40	601.00	509.60		
CONTENIDO DE AGUA	3.5	5.4	7.5	9.7		

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.156 gr/cc. HUMEDAD OPTIMA: 7.10 %



OBSERVACIONES :

RESPONSABLE DE LABORATORIO	INGENIERO ESPECIALISTA	SUPERVISIÓN
<i>Maria Chavez J.</i>	<i>[Signature]</i>	
Fecha:	Fecha:	Fecha:

	"Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal- Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N- Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal, Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paíta, Sullana, en el Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.	<b>FORMATO</b> <b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE SUELO CON CONGLOMERANTE HIDRÁULICO</b> <b>MTC 1103</b>	Código : QC-FOR-CVP-002 Versión : 01 / 25 Nov. 2020 Pagina: 1 de 1
Laboratorio : PLANTA CHANCADORA KM 50 Ubicación : PIURA Material: RECICLADO CALZADA 4+180		Informe N° CALZADA 4+180-2%VF-RC HOJA N° - FECHA : 3-Dic-20	
Solicitante : CONSORCIO VIAL PIURA IV Ubicación : PIURA		Fecha : 3-Dic-20 Responsable : Andres Bel	

DATOS GENERALES												ENSAYOS DE COMPRESION SUELO - CEMENTO																	Observaciones						
Id Muestra	Tipo de suelo	Capa de la estructura del pavimento	Tipo de cemento	Porcentaje de Cemento (%)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de proctor	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	%w optima	Masa (gr)			Ø (cm)			Altura (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )			Densidad seca			Lectura (Kg)			Resistencia a la compresión					
												M 1	M 2	M 3	Ø 1	Ø 2	Ø 3	h 1	h 2	h 3	Área 1	Área 2	Área 3	D 1	D 2	D 3	L1	L2		L3	Rc1 kg/cm <sup>2</sup>	Rc2 kg/cm <sup>2</sup>	Rc3 kg/cm <sup>2</sup>	Rc Prom. kg/cm <sup>2</sup>	% Rcr
RC-05-2-01 RC-05-2-02 05-2-03	RC- A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	2	7-Dic-20	10-Dic-20	3	21	modificado	2.136	7.95	3865	3875	3880	10.20	10.20	10.20	20.20	19.90	20.20	81.7	81.7	81.7	2.17	2.21	2.17	1071	907	891	13	11	11	12	56%	
RC-05-2-04 RC-05-2-05 05-2-06	RC- A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	2	3-Dic-20	10-Dic-20	7	21	modificado	2.136	7.95	3820	3790	3830	10.10	10.10	10.20	20.10	20.10	20.20	80.1	80.1	81.7	2.20	2.18	2.15	1253	1256	1221	16	16	15	15	73%	
RESPONSABLE DE LABORATORIO						RESPONSABLE DE LABORATORIO																													
<i>Maria Chavez J.</i>																																			

	"Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negrillos-Vichayal- Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N- Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal, Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paíta, Sullana, en el Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.	<b>FORMATO</b> <b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE SUELO CON CONGLOMERANTE HIDRÁULICO</b> <b>MTC 1103</b>	Código : QC-FOR-CVP-002 Versión : 01 / 25 Nov. 2020 Pagina : 1 de 1
Laboratorio : PLANTA CHANCADORA KM 50 Ubicación : PIURA Material: RECICLADO CALZADA 4+180 Solicitante : CONSORCIO VIAL PIURA IV Ubicación : PIURA	Informe N° CALZADA 4+180-2.5%VF-RC HOJA N° - FECHA : 3-Dic-20 Responsable : Andres Bell		

DATOS GENERALES												ENSAYOS DE COMPRESION SUELO - CEMENTO																	Observaciones						
Id Muestra	Tipo de suelo	Capa de la estructura del pavimento	Tipo de cemento	Porcentaje de Cemento (%)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de proctor	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	%w optima	Masa (gr)			Ø (cm)			Altura (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )			Densidad seca			Lectura (Kg)			Resistencia a la compresión					
												M 1	M 2	M 3	Ø 1	Ø 2	Ø 3	h 1	h 2	h 3	Area 1	Area 2	Area 3	D 1	D 2	D 3	L1	L2		L3	Rc1 kg/cm <sup>2</sup>	Rc2 kg/cm <sup>2</sup>	Rc3 kg/cm <sup>2</sup>	Rc Prom. kg/cm <sup>2</sup>	% Rcr
RC-05-2.5-01 RC-05-2.5-02 RC-05-2.5-03	A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	2.5	7-Dic-20	10-Dic-20	3	21	modificado	2.145	7.90	3820	3800	3865	10.10	10.10	10.20	20.00	20.00	20.20	80.1	80.1	81.7	2.21	2.20	2.17	1234	1144	1222	15	14	15	15	71%	
RC-05-2.5-04 RC-05-2.5-05 RC-05-2.5-06	A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	2.5	3-Dic-20	10-Dic-20	7	21	modificado	2.145	7.90	3800	3835	3810	10.10	10.20	10.10	20.10	20.00	20.10	80.1	81.7	80.1	2.19	2.17	2.19	1351	1490	1307	17	18	16	17	82%	
RESPONSABLE DE LABORATORIO						RESPONSABLE DE LABORATORIO																													
<i>Maria Chavez J.</i>						<i>[Signature]</i>																													



\* Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal-  
 Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N-  
 Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal,  
 Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paíta, Sullana, en el  
 Departamento de Piura\* - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.

**FORMATO  
 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE SUELO CON CONGLOMERANTE HIDRÁULICO  
 MTC 1103**

Código : QC-FOR-CVP-002  
 Versión : 01 / 25 Nov. 2020  
 Página: 1 de 1

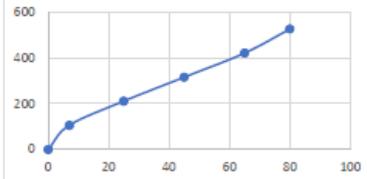
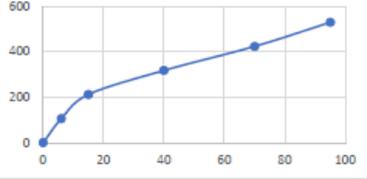
Laboratorio :	PLANTA CHANCADORA KM 50	Informe N°	CALZADA 4+180-3%VF-RC
Ubicación :	PIURA	HOJA N°	-
Material:	RECICLADO CALZADA 4+180	FECHA :	3-Dic-20
Solicitante :	CONSORCIO VIAL PIURA IV	Fecha :	3-Dic-20
Ubicación :	PIURA	Responsable :	Andres Bel

DATOS GENERALES												ENSAYOS DE COMPRESION SUELO - CEMENTO																		Observaciones					
Id Muestra	Tipo de suelo	Capa de la estructura del pavimento	Tipo de cemento	Porcentaje de Cemento (%)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de proctor	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	%w optima	Masa (gr)			Ø (cm)			Altura (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )			Densidad seca			Leotura (Kg)				Resistencia a la compresión				
												M 1	M 2	M 3	Ø 1	Ø 2	Ø 3	h 1	h 2	h 3	Área 1	Área 2	Área 3	D 1	D 2	D 3	L1	L2	L3		Rc1 kg/cm <sup>2</sup>	Rc2 kg/cm <sup>2</sup>	Rc3 kg/cm <sup>2</sup>	Rc Prom. kg/cm <sup>2</sup>	% Rcr
RC-05-3-01 RC-05-3-02 RC-05-3-03	A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	3	7-Dic-20	10-Dic-20	3	21	modificado	2.156	7.10	3835	3820	3850	10.10	10.20	10.10	20.10	20.10	20.20	80.1	81.7	80.1	2.22	2.17	2.22	1619	1520	1336	20	19	17	18	88%	
RC-05-3-04 RC-05-3-05 RC-05-3-06	A-1-a(0)	Suelo estabilizado	Viaforte	3	3-Dic-20	10-Dic-20	7	21	modificado	2.156	7.10	3740	3815	3840	10.00	10.20	10.10	20.00	20.20	20.20	78.5	81.7	80.1	2.22	2.16	2.22	1663	1826	2060	21	22	26	23	110%	
RESPONSABLE DE LABORATORIO						RESPONSABLE DE LABORATORIO																													

" Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal-  
 Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N-  
 Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal,  
 Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paita, Sullana, en el  
 Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.

DESCRIPCIÓN	: SUELO/CEMENTO	FORMATO:	QC-FOR-CVP-003
CANTERA	: RECICLADO CALZADA 4+180	FECHA:	11/12/2020
MEZCLAS	: 2% VIAFORTE	ENSAYADO POR:	EUSEBIO CUELLAR
EDAD	: 7 días	RESP. LAB.:	OMAR BALDERA
		ING. ESPEC.:	IVAN ZUMAETA

Identificación	Edad (días)	Diametro (m)	Altura (m)	Area (m2)	Carga Máxima (kN)	Resistencia (kN/m2)
ME-05-2-01	7	0.15	0.30	0.0186	23.35	1,253.59
ME-05-2-02	7	0.15	0.30	0.0177		
ME-05-2-03	7	0.15	0.31	0.0177		
ME-05-2-04	7	0.15	0.30	0.0181		

Identificación	Edad (días)	Area (m2)	Carga (kN)	Deformación (um)	Alargamiento (um)	Esfuerzo (KPa)	ESFUERZO / DEFORMACION
ME-05-2-02	7	0.0177	-	-	-	-	
			1.87	7.00	-	105.71	
			3.74	25.00	2.00	211.41	
			5.60	45.00	2.00	317.12	
			7.47	65.00	2.00	422.83	
9.34	80.00	2.00	528.54				
ME-05-2-03	7	0.0177	-	-	-	-	
			1.87	6.00	-	105.71	
			3.74	15.00	-	211.41	
			5.60	40.00	1.00	317.12	
			7.47	70.00	2.00	422.83	
9.34	95.00	2.00	528.54				

MODULO DE ELASTICIDAD							
Identificación	S1	S2	E1	E2	E (KPa)	E (Kg/cm2)	E Promedio (Kg/cm2)
ME-05-2-02	105.71	528.54	0.000007	0.000080	5,792,174.05	59,064	53,755
ME-05-2-03	105.71	528.54	0.000006	0.000095	4,750,884.33	48,446	

OBSERVACIONES: Se descartó probeta ME-05-2-04

RESPONSABLE DE LABORATORIO	RESPONSABLE DE LABORATORIO
<i>Maria Chavez J.</i>	



" Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal-  
 Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N-  
 Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal,  
 Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paíta, Sullana, en el  
 Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.

DESCRIPCIÓN	: SUELO/CEMENTO	FORMATO:	QC-FOR-CVP-003
CANTERA	: RECICLADO CALZADA 4+180	FECHA:	13/12/2020
MEZCLAS	: 2.5% VIAFORTE	ENSAYADO POR:	EUSEBIO CUELLAR
EDAD	: 7 días	RESP. LAB.:	OMAR BALDERA
		ING. ESPEC.:	IVAN ZUMAETA

Identificación	Edad (días)	Diametro (m)	Altura (m)	Area (m2)	Carga Máxima (kN)	Resistencia (kN/m2)
ME-05-2.5-01	7	0.152	0.30	0.0181	36.78	2,027.13
ME-05-2.5-02	7	0.152	0.30	0.0181		
ME-05-2.5-03	7	0.153	0.30	0.0184		
ME-05-2.5-04	7	0.152	0.30	0.0181		

Identificación	Edad (días)	Area (m2)	Carga (kN)	Deformación (um)	Alargamiento (um)	Esfuerzo (KPa)	ESFUERZO / DEFORMACION
ME-05-2.5-02	7	0.0181	-	-	-	-	
			2.94	2.00	-	162.17	
			5.89	10.00	0.50	324.34	
			8.83	22.00	2.00	486.51	
			11.77	35.00	3.00	648.68	
			14.71	55.00	5.00	810.85	
ME-05-2.5-04	7	0.0181	-	-	-	-	
			2.94	10.00	1.00	162.17	
			5.89	25.00	3.00	324.34	
			8.83	35.00	4.00	486.51	
			11.77	38.00	5.00	648.68	
			14.71	40.00	7.00	810.85	

MODULO DE ELASTICIDAD							
Identificación	S1	S2	E1	E2	E (KPa)	E (Kg/cm2)	E Promedio (Kg/cm2)
ME-05-2.5-02	162.17	810.85	0.000002	0.000055	12,239,283.81	124,806	128,551
ME-05-2.5-04	162.17	486.51	0.000010	0.000035	12,973,640.83	132,295	

OBSERVACIONES: Se descartó probeta ME-05-2.5-03

RESPONSABLE DE LABORATORIO	RESPONSABLE DE LABORATORIO
<i>Maria Chavez J.</i>	



" Mejoramiento de la Carretera Departamental Ruta PI-101: EMP. PI 100 Negritos-Vichayal-  
 Puente Simón Rodríguez- Pueblo Nuevo Colán- EMP PI-102 y Ruta PI-116. EMP. PE1N-  
 Tamarindo - Amotape EMP PI 101, en los Distritos de Pariñas, La Brea, Miramar, Vichayal,  
 Colán, Amotape, Tamarindo, Ignacio Escudero, Provincia de Talara, Paíta, Sullana, en el  
 Departamento de Piura" - Código SNIP n° 2402677, Bajo el Marco de la Ley N° 30556.

DESCRIPCION	: SUELO/CEMENTO	FORMATO:	QC-FOR-CVP-003
CANTERA	: RECICLADO CALZADA 4+180	FECHA:	13/12/2020
MEZCLAS	: 3% VIAFORTE	ENSAYADO POR:	EUSEBIO CUELLAR
EDAD	: 7 días	RESP. LAB.:	OMAR BALDERA
		ING. ESPEC.:	IVAN ZUMAETA

Identificación	Edad (días)	Diametro (m)	Altura (m)	Area (m2)	Carga Máxima (kN)	Resistencia (kN/m2)
ME-05-3-01	7	0.15	0.30	0.0181	37.28	2,054.47
ME-05-3-02	7	0.15	0.30	0.0181		
ME-05-3-03	7	0.15	0.30	0.0179		
ME-05-3-04	7	0.15	0.30	0.0181		

Identificación	Edad (días)	Area (m2)	Carga (kN)	Deformación (um)	Alargamiento (um)	Esfuerzo (KPa)	ESFUERZO / DEFORMACION
ME-05-3-02	7	0.0181	-	-	-	-	
			2.98	10.00	-	164.36	
			5.96	20.00	1.00	328.71	
			8.95	50.00	2.00	493.07	
			11.93	70.00	5.00	657.43	
14.91	110.00	10.00	821.79				
ME-05-3-03	7	0.0179	-	-	-	-	
			2.98	4.00	0.50	166.54	
			5.96	9.00	1.00	333.08	
			8.95	20.00	1.00	499.62	
			11.93	38.00	1.00	666.17	
14.91	65.00	2.00	832.71				

MODULO DE ELASTICIDAD						
Identificación	S1	S2	E1	E2	E (KPa)	E (Kg/cm2)
ME-05-3-02	164.36	657.43	0.000010	0.000070	8,217,861.88	83,799
ME-05-3-03	166.54	832.71	0.000004	0.000065	10,920,745.12	111,361
						E Promedio (Kg/cm2)
						97,580

OBSERVACIONES: Se descartó probeta ME-05-2.5-04

RESPONSABLE DE LABORATORIO	RESPONSABLE DE LABORATORIO
<i>Maria Chavez Z.</i>	<i>[Signature]</i>



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 183 - 2020***Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	200446	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	CONSORCIO VIAL PIURA IV	
<b>3. Dirección</b>	Av. 28 de julio N° 753 Dpto. 1001 Urb. Ocharan, Miraflores - Lima - LIMA	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Alcance de indicación</b>	0 pulg. a 1,00 pulg.	
<b>División de Escala / Resolución</b>	0,001 pulg.	
<b>Marca</b>	BAKER	
<b>Modelo</b>	J50A	
<b>Número de Serie</b>	P9161	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Tipo de indicación</b>	ANALÓGICO	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	: 2020-09-28	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
		El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-09-29

**ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ***Metrología & Técnicas S.A.C.**Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú**Tel.: (511) 540-0642**Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282**RPC: 940037490**email: metrologia@metrologiatecnicas.com**ventas@metrologiatecnicas.com**calidad@metrologiatecnicas.com**WEB: www.metrologiatecnicas.com*

# **FERCUMZA E.I.R.L.**

## **CERTIFICADO DE CALIBRACION**

No. PC-005-2020

Solicitante : SEOING E.I.R.L.  
Dirección : AV. DEFENSORES DEL MORRO MZA. U LOTE 9 – URB. HUERTOS DE VILLA - CHORRILLOS  
Equipo : MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL  
Capacidad : 100 Ton.  
Marca : NO INDICA  
Marca de Indicador : MCC  
Modelo : SAFIR  
Serie No. : NO INDICA  
Marca Transductor : AEP TRANSDUCERS  
Modelo : NO INDICA  
Serie No. : 332142  
Bomba Hidráulica : ELECTRICA  
Fecha de Calibración : 20-10-2020  
Fecha de emisión : 21-10-2020

### **Método de Calibración**

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Maquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

### **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,0 °C
Humedad Relativa	84 %HR	84 %HR

  
Zola M. Fernandez Cumpa  
GERENTE GENERAL  
FERCUMZA E.I.R.L.

Fercumza E.I.R.L.  
Jirón Echenique 623 – Urb. Udima  
Magdalena del Mar - LIMA - PERU  
Celular: (511)995239201

Email: fercumza.eirl@gmail.com