



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

**INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL  
COSTO EN LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
DE LA AV. 200. VENTANILLA – CALLAO**

**PRESENTADA POR**

**JHEAN DAVIS BARRERA POMA**

**FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ**

**ASESOR**

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**2018**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR  
EL COSTO EN LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AV. 200. VENTANILLA – CALLAO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR**

**BARRERA POMA, JHEAN DAVIS  
DIESTRA DE LA CRUZ, FREDDY SHAON LIN**

**LIMA – PERÚ**

**2018**



Dedico la presente tesis a Dios, quien me dio la fortaleza para continuar y cumplir todas mis metas. A mi madre Alicia, quien supo formarme con buenos hábitos y valores. A mi padre David, por estar siempre a mi lado brindándome todo el apoyo. A mi abuela Sabina, por las enseñanzas y valores que me inculcó. A mi hermana Jissel y a toda mi familia, por su cariño y apoyo incondicional.

A la Universidad de San Martín de Porres, por inculcarme valores y por la enseñanza brindada que creó en mí, las bases profesionales y académicas sólidas para el desarrollo de mi carrera.

**Jhean Barrera**

A Dios, por ser mi guía en todo momento; a mis padres, Hilda y Simeón, por siempre ser mi apoyo y soporte; a mis hermanos, Bruce y Chuan, por ser mi motivación durante este periodo de formación; y a toda mi familia, por confiar en mí y darme palabras de aliento. Dedico también este proyecto a mi alma mater, la Universidad de San Martín de Porres, por brindarme una formación profesional y ética como ingeniero civil.

**Freddy Diestra**

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación de Problema	2
1.3. Objetivo general y específicos	2
1.4. Justificación	3
1.5. Alcances y Limitaciones	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	6
2.3. Definición de términos básicos	18
2.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	21
3.1. Diseño de investigación	21

3.2	Variables	22
3.3	Muestra y población	23
3.4	Técnicas de investigación	24
3.5	Instrumentos	24
3.6	Procedimiento	25
3.7	Cronograma de actividades	26
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS		27
4.1	Caso de investigación	27
4.2	Resultado del estudio mecánica de suelos	28
4.3	Resultado del análisis de tráfico	56
4.4	AASHTO 93 para el Diseño de pavimento flexible	62
4.5	Análisis económico	80
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN		82
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		86
FUENTES DE INFORMACIÓN		87
ANEXOS		89



## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de vehículos.....	11
Tabla 2. Clasificación de vehículos.....	11
Tabla 3. Clasificación de vehículos.....	11
Tabla 4. Variables .....	23
Tabla 5. Cronograma de actividades .....	26
Tabla 6. Orientación y linderos .....	28
Tabla 7. Ubicación de las calicatas.....	29
Tabla 8. Análisis granulométrico C-1 .....	33
Tabla 9. Límites de consistencia C-1 .....	34
Tabla 10. Registro de perfil de suelos C-1.....	35
Tabla 11. Análisis granulométrico C-2 .....	36
Tabla 12. Límites de consistencia C-2.....	37
Tabla 13. Registro del perfil de suelos C-2.....	38
Tabla 14. Análisis granulométrico C-3 .....	39
Tabla 15. Límites de consistencia C-3.....	40
Tabla 16. Registro de perfil de suelos C-3.....	41
Tabla 17. Análisis granulométrico C-4 .....	42
Tabla 18. Límites de consistencia C-4.....	43
Tabla 19. Registro de perfil de suelos C-4.....	44
Tabla 20. Análisis granulométrico C-5 .....	45

Tabla 21. Límites de consistencia C-5.....	46
Tabla 22. Registro de perfil de suelos C-5.....	47
Tabla 23. Análisis granulométrico C-6 .....	48
Tabla 24. Límites de consistencia C-6.....	49
Tabla 25. Registro de perfil de suelos C-6.....	50
Tabla 26. Contenido de sales solubles C-6 .....	51
Tabla 27. Compactación de suelos C-6.....	52
Tabla 28. CBR en laboratorio C-6.....	53
Tabla 29. CBR en laboratorio C-6.....	54
Tabla 30. Resultados de las calicatas.....	55
Tabla 31. Índice medio diario semanal .....	56
Tabla 32. Índice medio diario anual .....	57
Tabla 33. Calculo de tránsito futuro .....	58
Tabla 34. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos .....	59
Tabla 35. Resultados de los EE.....	60
Tabla 36. Factor de distribución direccional y de carril .....	61
Tabla 37. Categoría de subrasante.....	62
Tabla 38. Valores sugeridos de grado de confiabilidad (10 o 20 años) ...	63
Tabla 39. ( $Z_r$ ) .....	64
Tabla 40. ( $P_i$ ) .....	66
Tabla 41. ( $\Delta PSI$ ) .....	68
Tabla 42. Espesores mínimos recomendados .....	70
Tabla 43. Condiciones de drenaje .....	70
Tabla 44. Coeficientes de drenaje recomendados, (mi).....	71
Tabla 45. ( $a_1$ ).....	72
Tabla 46. ( $a_2$ ).....	73
Tabla 47. ( $a_3$ ).....	74
Tabla 48. Variación de espesores.....	78
Tabla 49. Presupuesto del pavimento flexible sin malla de acero .....	80
Tabla 50. Presupuesto del pavimento flexible con la malla de acero.....	81

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

	Página
Fórmula 1. Diseño estructural del pavimento flexible.....	15
Fórmula 2. Módulo de resiliencia .....	16
Fórmula 3. Número estructural requerido .....	17
Fórmula 4. Índice diario anual.....	56
Fórmula 5. Calculo del índice de crecimiento y proyección .....	58
Fórmula 6. Determinar EE .....	61
Fórmula 7. Determinar la Esal .....	61
Fórmula 8. Determinar Mr .....	62
Fórmula 9. Número estructural requerido .....	75
Fórmula 10. Número estructural sustituyente a la base granular.....	75
Fórmula 11. Cálculo del actual grosor de la base granular .....	76
Fórmula 12. Cálculo de aporte estructural de la capa reforzada .....	77
Fórmula 13. Cálculo de nuevo grosor de la base granular y sub base granular.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Malla de acero .....	13
Figura 2. Técnicas de investigación.....	24
Figura 3. Ubicación de la carretera.....	27
Figura 4. Calicata N°1.....	29
Figura 5. Calicata N°2.....	30
Figura 6. Calicata N°3.....	30
Figura 7. Calicata N°4.....	31
Figura 8. Calicata N°5.....	31
Figura 9. Calicata N°6.....	32
Figura 10. Grafica del índice medio diario anual.....	57
Figura 11. Ábaco para determinar el número estructural requerido.....	69
Figura 12. Determinar LCR.....	76
Figura 13. Corte transversal del pavimento flexible tradicional.....	79
Figura 14. Corte transversal del pavimento flexible con malla de acera ..	79



## **RESUMEN**

Esta investigación tiene por objetivo determinar el efecto de la malla de acero en la reparación de pavimentos flexibles de la Av. 200 en el distrito de Ventanilla, para lograrlo, se realizó una encuesta de tráfico de una semana (del 4 al 10 de octubre de 2018) y el número de eje equivalente (Esal) fue de 5,475,116,602, asimismo, se realizó una investigación de suelos, para lo cual se tomaron tres muestras, cuyos resultados arrojaron que de acuerdo con la clasificación SUCS, los principales tipos de suelo son: arena de mala calidad y 8,9% de pavimento CBR.

En base al estudio de suelo y a los datos obtenidos de tráfico, se diseñaron dos alternativas de pavimento: el diseño de pavimento flexible convencional según AASHTO y el diseño de pavimento flexible reforzado con una malla de acero.

Después de los diseños, se realizó un análisis técnico, este concluyó que al aplicar la malla de acero se reducen las capas granulares, por ende, la medida de la base sin malla es de 15.24 cm y la medida de la subbase sin malla es de 39.03 cm; mientras que utilizando la malla de acero, la medida de la base es de 15.24 cm y la medida de la subbase es de 22.25 cm. En consecuencia, se redujo la capa granular en 16.78 cm.

Finalmente, se realizó la comparación económica de los dos diseños, y se aprecia que el pavimento flexible convencional tiene un costo de 11.99% más que el pavimento flexible con la malla de acero.

**Palabras claves:** Pavimento flexible, malla de acero, estudio suelos, y estudio de tráfico.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the effect of using steel mesh to repair the flexible pavement of Av. 200 in Ventanilla district; to achieve this, a one-week traffic survey was carried out (from October 4 to 10, 2018) and the equivalent axis number (Esal) was 5,475,116,602; likewise, a soil investigation was carried out, for which three samples were taken, whose results showed that according to the SUCS classification, the main types of soil are: poor quality sand and 8.9% CBR pavement.

Based on soil study and traffic data, two pavement alternatives were designed: conventional flexible pavement design according to AASHTO and flexible pavement design reinforced with steel mesh.

After making designs, a technical analysis was carried out which concluded that by applying a steel mesh, the granular layers are reduced; therefore, base measurement without mesh is 15.24 cm and subbase measurement without mesh is 39.03 cm; while using steel mesh, base measurement is 15.24 cm and subbase measurement is 22.25 cm. Consequently, the granular layer was reduced by 16.78 cm.

Finally, economic comparison of the two designs was made, and it was concluded that conventional flexible pavement has a cost of 11.99% more than flexible pavement with steel mesh.



**Keywords:** Flexible pavement, steel mesh, soil study, and traffic study.

## INTRODUCCIÓN

El distrito de Ventanilla, debido a su ubicación geográfica, presenta tipos de suelos variados, por lo que el profesional responsable tiene dificultades durante los procesos constructivos de los distintos tipos de obras.

Las vías de acceso del distrito de Ventanilla sufren un constante deterioro, causado por el incremento vehicular, clima y topografía; considerando esta problemática, la presente tesis propone diseñar un pavimento flexible incorporando una malla de acero, debido a que actualmente este tipo de construcción se considera más resistente, eficiente y económicamente viable.

En este proyecto se utiliza la malla de acero debido a que limita la deformación del asfalto, absorbe las tensiones en la parte inferior de la capa de asfalto y otorga una tenacidad a toda la estructura.

Antes de realizar el diseño con las mallas de acero en pavimento, es importante precisar que se tiene que realizar el estudio de suelo obteniendo los parámetros de CBR; asimismo, se tiene que realizar el estudio de tráfico mediante el conteo de vehículos.

Esta tesis de investigación presenta los siguientes capítulos: el Capítulo I contiene los problemas que dan origen al tema de tesis, también contiene el objetivo de la tesis; el Capítulo II contiene el marco teórico

destinado a la revisión de la literatura, allí se describen y analizan los estudios realizados con relación al objeto de estudio; el Capítulo III contiene la metodología que permite llevar a cabo la investigación con los lineamientos de investigación científica; el Capítulo IV contienen los resultados obtenidos en los ensayos; el Capítulo V contiene las discusiones y aplicaciones que analizan con la finalidad de interpretar los resultados.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Situación problemática**

En la actualidad la Av. 200 está ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia constitucional del Callao. La Av. 200 se encuentra en malas condiciones, la carpeta de rodadura no permite una buena circulación del tránsito, lo que genera un malestar a los habitantes y usuarios de la vía.

Es oportuno precisar que este trabajo de investigación está centrado en el área de la Av. 200 que corresponde a uno de los asentamientos humanos más grandes de Ventanilla, denominado Pachacútec, también conocido por la población como: Ciudad de Pachacútec; sobre esta área cabe indicar que cuenta con muy poca carretera asfaltada y la cantidad de vehículos que la transitan se ha incrementado a lo largo de los años, lo que ha originado su creciente deterioro; fue esta situación la que motivó la propuesta del uso en el área señalada (Av. 200 del AA. HH. Pachacútec) de la malla de acero para reducir los costos en la construcción de pavimento flexible reforzado.

El área que se ha precisado en el párrafo anterior, contaba con un estudio de suelo (CBR) y tráfico vehicular del 2005, al momento de iniciar esta investigación; no obstante, se pudo determinar

que ambos estudios estaban mal desarrollados porque no habían aplicado criterios como el tiempo de vida útil de la estructura analizada, además las conclusiones a las que arribaron en el 2005 resultaban obsoletas por el paso del tiempo.

## **1.2. Formulación de Problema**

### **a) Problema principal**

¿En qué medida influye la malla de acero para reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 Ventanilla – Callao?

### **b) Problema específicos**

¿En qué medida el **estudio de mecánica de suelos** influye para la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 Ventanilla – Callao?

¿En qué medida el **estudio de tráfico** influye para la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 Ventanilla – Callao?

¿En qué medida se **reducirá las capas granulares** para la rehabilitación del pavimento flexible usando la malla de acero de la Av. 200 Ventanilla - Callao?

## **1.3 Objetivo general y específicos**

### **a) Objetivo general**

Determinar la influencia de la malla de acero para reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200. Ventanilla – Callao.

### **b) Objetivos específicos**

Determinar la influencia del estudio mecánico de suelos para la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200. Ventanilla – Callao.

Determinar la influencia del estudio de tráfico para la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200. Ventanilla – Callao.

Determinar la reducción de las capas granulares para la rehabilitación del pavimento usando la malla de acero de la Av. 200. Ventanilla – Callao.

#### **1.4 Justificación**

La aplicación de la malla de acero en esta tesis principalmente abarca en la rehabilitación con una nueva tecnología, rápida, económica y eficiente. Teniendo como objetivo principal la disminución de espesores del pavimento y por ende una menor cuadrilla de trabajadores, materiales y transporte, dando una mayor utilidad al momento del presupuesto.

La carretera de la Av. 200 ubicada en el distrito de Ventanilla - Callao es una carretera que pertenece a la ciudad emergente de Pachacútec debido a la población que tiene una tasa de crecimiento alto y al comercio que se está implantando.

Actualmente la Av. 200 está en un completo deterioro ya que miles de personas pasan por la avenida, y estas sienten el abandono ya que no hay una mejora en las pistas, pero con este proyecto que proponemos disminuirá el presupuesto en su ejecución con esta tecnología de la malla de acero.

Posteriormente, todos estos aspectos mencionados van a ayudar a que los beneficiarios directos e indirectos puedan reducir los índices de pobreza y asimismo lograr un desarrollo económico social para esta ciudad

#### **1.5 Alcances y Limitaciones**

En el presente trabajo se tomó muestras de calicatas de la zona de Pachacútec luego se trasladó a la empresa TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L. para los respectivos

ensayos de laboratorio asimismo poder diseñar el pavimento en la Av. 200, Pachacútec.

En la presente tesis se limitó en la aplicación de la malla de acero en el pavimento flexible regido por el método de AASHTO.

Para el estudio de tráfico se hizo mediante un análisis de campo.

Para el diseño del pavimento asfáltico se utilizó el método AASHTO al igual que en el diseño de pavimento asfáltico con malla de acero.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

El uso de la malla de acero en el pavimento flexible se viene usando desde el año 2010 en el Perú, sin embargo, no es nuevo en países del primer mundo.

Como investigaciones previas, se tienen los siguientes trabajos relacionados con la aplicación de la malla de acero en la rehabilitación del pavimento flexible.

Yarango Serrano, E. (2014) presentó un informe titulado "Restauración de las vías de acceso de la Asociación Minera Cerro Verde (SMCV), que se ubica a kilómetros de la región de Uchimayo en Arequipa. 0 + 1000 al km 1 + 900 km. Utilice el sistema bitufor para reducir el reflejo de las grietas y prolongar la vida útil de la carretera".

La investigación plantea el uso del método Bitufor como solución para tratar de retrasar la presencia de grietas, también propone el correcto proceso constructivo, además tener en cuenta las traslapes adecuados para reducir las fallas.



Rengifo Arakaki, K. (2014) presentó una tesis denominada “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”

Esta tesis propuso comparar económica y tecnológicamente el pavimento flexible con el pavimento rígido y establecer cual de las dos es la mejor opción para la localidad.

Gavilanes Dávila, N. (2012) presentó la tesis denominada “Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua - La Maná – Ecuador” Esta tesis propuso la realización del pavimento con uso de los diferentes tipos de geomallas sintéticas.

## **2.2 Bases teóricas**

A continuación con el objeto de ayudar a resolver la problemática planteada, se presentan los aspectos generales sobre la estructura del pavimento, además se explican un cúmulo de conceptos y propuestas que contienen un punto de vista determinado sobre el tema en cuestión. Este subcapítulo se encuentra dividido en: pavimentos, estudio de suelos, estudio de tráfico y malla de acero, y estos a su vez, se encuentran subdivididos de acuerdo a las características que presentan.

### **2.2.1 Pavimentos**

Cuando se mencionan los pavimentos flexibles en Latinoamérica, uno de los referentes en la última década que ha cobrado importancia por su investigación de los pavimentos, es el investigador e ingeniero civil Miguel Angel Tapia, quien estudio con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico, la respuesta de los pavimentos. Es oportuno mencionar que para Vergara, el pavimento está constituido por un conjunto de capas estructurales que se colocan unas sobre otras, de forma horizontal y su diseño técnico contiene los materiales adecuados y debidamente compactados. Acerca de la resistencia de los pavimentos, Tapia sostiene que:

Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (2011, p. 8)

### **a) Pavimentos Flexibles**

Es una estructura conformada por capas, cuya estructura total se deflecta o flexiona, Tapia sostiene que:

Cuenta con una capa de rodamiento constituida por mezcla asfáltica, por lo que también se les conocen como pavimentos asfálticos. Resultan económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. (2011, p. 8)

#### **a.1) Subrasante**

La subrasante es una de las capas que resiste la carpeta asfáltica, la base y la sub base. Dependiendo de las características del suelo encontrado, esta capa se puede modelar en forma de corte o relleno. Después de la compactación, se obtiene las características de la carretera, secciones transversales y pendientes designadas. El espesor o medida del pavimento está influenciada por la particularidad de la subrasante, dado que esta sujeto a las normas las cuales son: estabilidad, incomprensibilidad y resistencia.

#### **a.2) Subbase granular**

Es la capa que se encuentra debajo de la base y esta capa está construida sobre la capa de subrasante. Cuando la capacidad de carga de la subrasante es alta, esta capa puede no ser necesaria. Su función es proporcionar una base unificada para la base y formar un soporte de trabajo adecuado a fin de colocar y compactar.

Idealmente, también tiene función de drenaje, por lo que el material utilizado debe estar libre de partículas menores a 0.075 mm. generalmente, una base granular tiene que estar compuesta por materiales tamizados o parcialmente triturados, suelo estabilizado con cemento.

### **a.3) Base granular**

Es una de las partes principales del pavimento situado bajo la superficie de transmisión carga y su función principal es soportar, distribuir y transferir la carga a la subbase.

Compuesta de materiales granulares; otro compuesto para la elaboración de la base granular es de materiales asfálticos o cal, cemento Portland y llevar la denominación de material base estable y tiene que ser lo suficientemente fuertes para soportar la carga superficial y transferirla a la capa inferior del paquete estructural.

### **a.4) Carpeta Asfáltica**

Es el último recubrimiento del paquete estructural, y suministra un área de rodamiento al pavimento y distribuye las cargas a las capas inferiores. Una de sus principales funciones es impermeabilizar la superficie para así evitar que el agua ingrese a la base y sub base granular, ya que al ingresar el agua podría debilitar el paquete estructural del pavimento.

## **2.2.2 Estudio Mecánico de Suelos**

Este estudio es necesario para identificar los tipos de suelos, características y problemas geotécnicos que existen, con dichos datos podremos determinar la resistencia de del terreno.

### **a.1) Ensayo granulométrico**

Dentro de los ensayos de granulometría su material de terreno ya sea natural o de subrasante el cual es especificado por las técnicas generales de construcción de carreteras como lo muestra la (EG-2000) del MTC llegando a cumplirse la granulometría específica para su agregado siendo considerado ser aceptado en la cual especifica sus requisitos.

### **a.2) Límites de Atterberg**

Permitiendo darse a conocer sus propiedades de los materiales como sus elementos límites que son: plástico, su índice de plasticidad y a su vez los suelos cohesivos

### **a.3) Ensayo de compactación Proctor modificado (Método C)**

La finalidad del ensayo es establacer la densidad seca máxima que logra alcanzar la estructura inferior del pavimento y a la vez su porcentaje de humedad permitido para las condiciones. Esta prueba está especificada en el estándar MTC.

### **a.4) CBR**

Relaciona el desempeño entre un suelo dado y la grava de grado estándar. Una determinada carga se aplicó a una muestra que

antes había sido compactada por la prueba Proctor, dicha muestra también se saturó en agua durante 4 días, y la carga requerida para penetrar el material se registró a intervalos de 0.1 " a 0.5". Para todas las muestras compactas con diferentes densidades, después de obtener los valores de carga necesarios para producir los valores de carga de 0.1" y 0.2", divide por 1000 (psi) para el primer suceso y divide en el segundo suceso por 1500 (psi) . La cantidad es expresada en porcentaje y es representada por el CBR del suelo. Con la finalidad de llegar a la densidad deseada, elija la cantidad de CBR más elevado entre 0.1" y 0.2", siendo esta la cantidad de CBR. Según la norma MTC E 132 la densidad seca máxima tiene un valor de 95%.

### **2.2.3 Estudio de tráfico**

Ayuda a determinar el flujo de vehículos. De acuerdo con la clasificación de la normativa vehicular nacional, este es el tipo de vehículo que pasa por el área de análisis y la frecuencia de ejecución. Nuevamente, una vez obtenida los datos de campo, se evalúa la tasa de crecimiento para predecir el flujo de vehículos en el año considerado para el proyecto.

La corriente del vehículo está representada por un parámetro llamado carga equivalente para un solo eje lo cual se estima un valor en el eje de 18 bloqueos cuyo valor interpreta el efecto destructivo de los vehículos en la acera. De lo contrario, si se utiliza el método PCA, se reduce el consumo de fatiga y corrosión.

#### **a.1) Clasificación de vehículos**

Es basado en el Reglamento Nacional de Vehículos, que incluye tipos de eje (eje simple, eje doble, tres lejes) y número. El peso total máximo es de 48 toneladas y el peso máximo autorizado es el siguiente:

Simple:

Para 2 neumáticos	7 ton.
Para 4 neumáticos	11 ton.

**Tabla 1.** Clasificación de vehículos  
Elaborado por: los autores

Doble:

Para 6 neumáticos	16 ton.
Para 4 neumáticos	12 ton.
Para 8 neumáticos	18 ton.

**Tabla 2.** Clasificación de vehículos  
Elaborado por: los autores

Triple

Para 6 neumáticos	16 ton.
Para 10 neumáticos	23 ton.
Para 12 neumáticos	25 ton.

**Tabla 3.** Clasificación de vehículos  
Elaborado por: los autores

Con estos cuadros de la tabla 1, tabla 2 y tabla 3 se determina que modelo de vehículos transitan por la avenida 200, los tipos de ejes y la cantidad. Con los datos obtenidos se determina el factor destructivo de la vía.

## **a.2) Tasa de crecimiento**

Es necesario aportar antecedentes para poder estimar el crecimiento y la cuantía de todos los vehículos que circulan por la

carretera o en todo caso hacer un conteo diario para obtener cuantos carros pasan por la vía a estudiar.

### **a.3) Factor destructivo**

A fin de determinar la cantidad de ejes equivalentes, inicialmente debemos unificar las clases de vehículos para estandarizarlos. La norma se expresa por el factor de carga equivalente en cada eje, tomando a modo referencial a 80 kN u 18 kip .

### **a.4) Proyección de tráfico**

Se necesita los factores de carga equivalentes, el tránsito diario anual de la zona y la tasa de crecimiento a cada eje y vehículo, con estos datos se procede a implantar los criterios de diseño.

## **2.2.4 Malla de acero**

La malla de acero absorbe las tensiones ocasionadas por el pase de vehículos, su instalación es la clave del éxito en esta operación.

### **a) Malla Metálica**

Es una malla de acero que tiene una geometría hexagonal, con refuerzo horizontal y compuestos de espacios regulados con barras planas torsionadas continuamente que se entrepuestan con la malla así poder lograr un buen anclaje y tenga una adecuada distribución uniforme ante una carga. La malla de refuerzo es elaborada de alambre de acero revestidos con Bezinal®, este revestimiento especial aumentara su resistencia a la corrosión y características mecánicas



**Figura 1.** Malla de acero  
Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

### **b) Principales funciones**

- Limitar al mínimo la deformación del asfalto
- Absorbe la tensión debajo de la capa de asfalto.
- Fijar el agregado asfáltico a la rejilla de la red (compartimento).
- Asegurar una distribución óptima de la carga.
- Proporcionar resistencia adicional a toda la estructura.

### **c) Ventajas**

#### **- Económico**

Reducción en el costo del proyecto: menor labor de instalación, menor movimiento de tierra, menor material de reemplazo y menor tiempo de ejecución.

Evita numerosas y repetitivas reparaciones, garantiza durabilidad a largo plazo.

Ahorro en el espesor del asfalto (debido a la tenacidad).

#### **- Eficiente**

Aumenta considerablemente la capacidad de carga de la carretera y asegura una óptima distribución de carga debido al refuerzo de acero.

Aumento de la tenacidad y resistencia estructural del terreno.



Incrementa la resistencia a la fatiga en la parte inferior de la estructura de la carretera.

Retarda la propagación de fisuras, limita las deformaciones en ampliaciones de carreteras y permite una unión uniforme al material existente.

- **Rápido**

Fácil y rápida instalación de la malla, se reduce el tiempo de preparación en obra.

Reduce al mínimo la interrupción de las carreteras durante el periodo de trabajo. Por día, se pueden instalar hasta 10,000m<sup>2</sup> de Mesh Track.

- **Ecológico**

Reduce al mínimo la cantidad de demolición (profundidad de excavación) y transporte de material nuevo. Los materiales utilizados, tanto el acero como el asfalto pueden ser 100% reciclados.

**d) Importancia de la malla de acero en la subrasante**

La subrasante puede resistir tensiones que evitan la deformación de las carreteras y proporciona a la pista un dispositivo de alta resistencia mecánica del material granular.

## 2.2.5 Método AASHTO

Se usa para diseñar y tener procedimiento fundamentado en pautas que se desarrollaron en función al rendimiento del pavimento, resistencia de la sub rasante y las cargas vehiculares, obteniendo así las medidas de los espesores.

### a) Período de Diseño

Los siguientes cuadros proporcionan información sobre aceras flexibles para el período de diseño disponible. Para carreteras de bajo costo la cual consta de 2 etapas el máximo es de 10 años y la segunda etapa de 20 años. Al diseñar el pavimento se puede ajustar el ciclo del proyecto según las condiciones específicas del proyecto y las necesidades del cliente o la entidad.

### b.) Variable

Para poder determinar el diseño estructural del pavimento flexible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

**Fórmula 1.** Diseño estructural del pavimento flexible

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

### b.1) W18

Cantidad transitada de ejes equivalentes simples igual a 18,000 libras (80 kN) durante la fase del proyecto, lo que corresponde al número de repeticiones (EE) de 8.2 tn.

## **b.2) Módulo de Resiliencia (MR)**

Rigidez del suelo de la subrasante y su cálculo será usando la fórmula relacionada con CBR.

$$Mr(\text{psi})=2555*\text{CBR}^{0.64}$$

**Fórmula 2.** Módulo de resiliencia

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

## **b.3) Confiabilidad (%R):**

Es la confianza para poder determinar el comportamiento probable de una estructura en su fase de diseño.

## **b.4) Desviación Estándar Normal:**

(Zr) indica la cuantía de confiabilidad determinada, para un totalidad de datos obtenidos en una distribución numérica normal.

## **b.5) Desviación Estándar Combinada:**

(So) es una cuantía que considera los cambios esperados de los pronósticos de tráfico y otros factores que alteran el desempeño de las aceras, como la construcción, el medio ambiente y la incertidumbre del modelado. Para caminos flexibles se recomienda utilizar las pautas AASHTO, con un valor (So) entre 0.40 y 0.50 y 0.45 para los dibujos recomendados en este manual.

## **b.6) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI):**

Es el desplazamiento ofrecida al usuario según su comodidad. Dado su cuantía tiene un rango entre 0 a 5. Una cuantía de 5 representa el mejor confort teórico (poco probable de conseguir), en cambio, una cuantía de 0 representa el deficiente confort teórico.

**- Serviciabilidad Inicial (Pi):**

El (Pi) indica las condiciones de una nueva via recientemente construida.

**- Serviciabilidad Final o Terminal (PT):**

El (PT) mide las condiciones de una via para determinar si requiere de alguna reconstrucción o rehabilitación.

**b.7) Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)**

Diferencia entre (PI) y (PT) identificada del proyecto o diseño en desarrollo.

**b.8) SNR:**

EL número estructural requerido abreviada a SNR son cifras antes obtenidas, se aplican en la fórmula AASHTO para poder obtener los espesores de la estructura, con dichas cifras podemos obtener el espesor del pavimento, el cual debe convertirse al espesor efectivo de cada capa que conforman el pavimento. Es la ruta del asfalto, base y subbase. Usando el coeficiente estructural, este cambio se puede obtener empleando la siguiente fórmula.

$$SN=a_1d_1+a_2d_2m_2+a_3d_3m_3$$

**Fórmula 3.** Número estructural requerido

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

$a_1, a_2, a_3$  = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$d_1, d_2, d_3$  = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

### **b.9) Drenaje:**

Es la cantidad de tiempo en la que el pavimento se encuentra exponiéndose a niveles altos de humedad próximos a la saturación. En la presente tesis, el factor de drenaje tanto como la base y la subbase asumiremos que fue de 1.

## **2.3 Definición de términos básicos**

- **Afirmado:** Es una capa del pavimento que soporta directamente las cargas y esfuerzo del tránsito, otras de sus funciones es de servir como calzada en trochas carrozables y carreteras.
- **Ahuellamiento:** Son surcos, rastros o huellas que aparecen en la calzada de la carretera.
- **Asfalto:** Material químicamente compuesto por hidrocarburos de origen natural.
- **Bache:** Formación de desniveles en la calzada, producto del uso continuo de la misma.
- **Base:** Capa previamente seleccionada y procesada que será colocada entre la subbase o de la subrasante y la calzada.
- **Calicata:** Son excavaciones que se hacen a un terreno, con la finalidad de obtener muestras de diferentes profundidades.
- **Carril:** Parte de la calzada por donde circulan vehículos en el mismo sentido.
- **California Bearing Ratio (CBR):** Cifra relativa de soporte de determinado suelo, esta se mide mediante la introducción de una fuerza, colocandolo dentro de una porción de suelo.
- **Contenido de humedad:** Es número agua o humedad que comprende un material.
- **Corte (directo):** En este ensayo se aplica una carga normal a una porción de suelo para determinar si falla al trasladarse una sección con relación a otra.

- **Fatiga:** Es la reducción de la resistencia de un material, ya que esta sometida a sollicitaciones repetidas.
- **Fisura:** Es una fractura, que tiene distintos orígenes, es un ancho menor o igual a 3mm.
- **Grieta:** Es una fractura, que tiene distintos orígenes, tienen un ancho mayor a 3mm.
- **Índice medio diario anual (IMDA):** Es el promedio de vehículos que transitan durante 24 horas de una muestra vehicular, la cual dará un periodo anual.
- **MCSGGP:** Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- **Napa freática:** Distancia entre la superficie de terreno y el agua subterránea.
- **NEE:** Número de eje equivalentes.
- **Sección transversal:** Es un corte que se le hace a la carretera para mostrarnos las distintas capas que la conforman.
- **Subbase:** Es uno de los niveles que conforman la estructura del pavimento flexible, se encuentra entre la base granular y la sub rasante.
- **Subrasante:** Terreno natural de la carretera, sobre la cual se construirá la estructural del pavimento.
- **Tramo:** Fracción de una carretera.
- **Tránsito:** Es la circulación de vehículos y personas por una determinado camino.

## 2.4 Hipótesis

#### **2.4.1 Hipótesis General**

La malla de acero sí influye en la reducción de los costos para la rehabilitación del pavimento flexible en la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao.

#### **2.4.2 Hipótesis Específicas**

El estudio mecánico de suelos influye directamente en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao.

El estudio de tráfico influye directamente en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao.

La malla de acero reducirá el espesor de la subbase entre 40% a 50% para la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de investigación

Es observacional de tipo longitudinal y prospectivo.

- Se entiende como **observacional** ya que no se manipuló la variable independiente.
- Es **longitudinal** porque se recolecta datos cada cierto tiempo.
- Es **prospectivo** debido a que la información es captada y analizada en el presente.

##### 3.1.1 Nivel de investigación

De nivel **descriptivo** debido a que se investiga la incidencia de distintos niveles de las variables para el tema de estudio, con un análisis descriptivo de su recolección de datos.

##### 3.1.2 Tipo de investigación



Se define como investigación aplicada, debido que la investigación genera nuevos conocimientos y orientados a un objetivo práctico, de enfoque cuantitativo.

Es cuantitativa porque se toman resultados de los análisis en el laboratorio y se utiliza la estadística.

### 3.2 Variables

En la presente tesis se ha identificado el objeto de estudio, la variable dependiente y la variable independiente.

- a) Objeto de estudio: Determinar la influencia de la malla de acero para reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200. Ventanilla – Callao.
- b) Variable independiente: Malla de acero.
- c) Variable dependiente: Reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible.

Variable Independiente	Variable dependiente	Indicadores	Índices	Instrumentos
------------------------	----------------------	-------------	---------	--------------

Malla de acero	Reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible.	Estudio mecánico de suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de granulométrico.</li> <li>• CBR</li> <li>• Límites de Atterberg.</li> <li>• Ensayo de compactación Proctor modificado (Método IC).</li> </ul>	Ensayo de laboratorio
		Estudio de tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemento de crecimiento</li> <li>• Elemento de distribución direccional</li> <li>• Elemento en la distribución de carril.</li> <li>• Tiempo de diseño.</li> </ul>	Reporte de Campo
		Reducción de las capas granulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de pavimento</li> </ul>	Gabinete

**Tabla 4.** Variables  
Elaborado por: los autores

### 3.3 Muestra y población

- La población fue tomada del distrito de Ventanilla, en este estudio se consideró como población a los vehículos que transitan por la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao
- La muestra de la investigación son los 4.5 Km de la Av. 200 del distrito de Ventanilla - Callao

### 3.4 Técnicas de investigación

Para la verificación de la hipótesis se siguió el proceso que se muestra a continuación.



**Figura 2.** Técnicas de investigación  
Elaborado por: los autores

### 3.5 Instrumentos

- Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
- Ensayo granulométrico
- Estudio mecánico de suelos
- Límites de Atterberg
- Proctor modificado
- CBR
- Estudio de tráfico
- Método Aashto

### **3.6 Procedimiento**

El procedimiento en este proyecto consiste en cuatro pasos, estos son los siguientes.

- Realizar el estudio de suelos
- Realizar estudio de tráfico
- Diseñar el pavimento flexible usando el método convencional
- Diseñar el pavimento flexible usando la malla de acero

### 3.7 Cronograma de actividades

Actividades	Semanas																	
	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 5	S. 6	S. 7	S. 8	S. 9	S. 10	S. 11	S. 12	S. 13	S. 14	S. 15	S. 16	S. 17	S. 18
	01/08/2018	06/08/2018	13/08/2018	20/08/2018	27/08/2018	03/09/2018	10/09/2018	17/09/2018	24/09/2018	01/10/2018	08/10/2018	15/10/2018	22/10/2018	29/10/2018	05/11/2018	12/11/2018	19/11/2018	26/11/2018
Propuesta de tema																		
Definición de título (planteamiento del problema nominal y operacional y formulación de objetivos)																		
Recopilación de datos y redacción de tesis																		
Trabajo en campo y recopilación de datos																		
Procesamiento de información y elaboración de conclusiones																		
Levantamiento de observaciones de los jurados																		
Sustentación																		

**Tabla 5.** Cronograma de actividades  
Elaborado por: los autores

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 Caso de investigación

##### 4.1.1 Ubicación del terreno de estudio

El terreno de estudio es la zona de Pachacútec perteneciente al distrito emergente de Ventanilla, esta ubicado al noreste de Lima metropolitana a 39 km de distancia.

La carretera tiene una extensión superficial de 4.5 km que recorre distintas cuadras y niveles del distrito de Ventanilla, provincia y departamento del Callao



**Figura 3.** Ubicación de la carretera  
Fuente: Google Earth, 2018

#### 4.1.2 Ubicación geográfica

Las modificaciones de nivel están desde los 180 msnm. hasta los 280 msnm en la geografía de toda el área del estudio y geográficamente se localiza en los 11° 52' 15" de latitud y 77° 07' 27" de longitud.

Norte	Distrito de Santa Rosa
Sur	Cerros del distrito de puente piedra
Este	Distrito de Puente Piedra
Oeste	Océano Pacífico.

**Tabla 6.** Orientación y linderos  
Elaborado por: los autores

#### 4.2 Resultado del estudio mecánica de suelos

Con el objetivo de determinar la clase de suelo que existen en el terreno de estudio se realizaron 6 excavaciones de pozos exploratorios o calicatas a una profundidad de 1.50 con el objetivo de saber las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la Av. 200.

Luego de obtener las muestras en las excavaciones, las que fueron identificadas y descritas mediante etiquetado, con las ubicaciones, número de muestras y profundidad, dichas muestras se llevaron al laboratorio de TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L para su análisis.

Las calicatas efectuadas tienen la siguiente ubicación:

CALICATA	UBICACIÓN
C-1	AV. 200 – CALLE 13
C-2	AV. 200 PARALELA AV. ARQUITECTOS
C-3	AV. 200 PROLONGACIÓN – CALLE 45
C-4	AV. 200 – CALLE TOPÓGRAFOS
C-5	AV. 200 – CALLE INGENIEROS
C-6	AV. 200 – PROLONGACIÓN

**Tabla 7.** Ubicación de las calicatas  
Elaborado por: los autores



**Figura 4.** Calicata N°1  
Elaborado por: los autores





**Figura 5.** Calicata N°2  
Elaborado por: los autores



**Figura 6.** Calicata N°3  
Elaborado por: los autores



**Figura 7.** Calicata N°4  
Elaborado por: los autores



**Figura 8.** Calicata N°5  
Elaborado por: los autores



**Figura 9.** Calicata N°6  
Elaborado por: los autores

### **a) Ensayo de laboratorio**

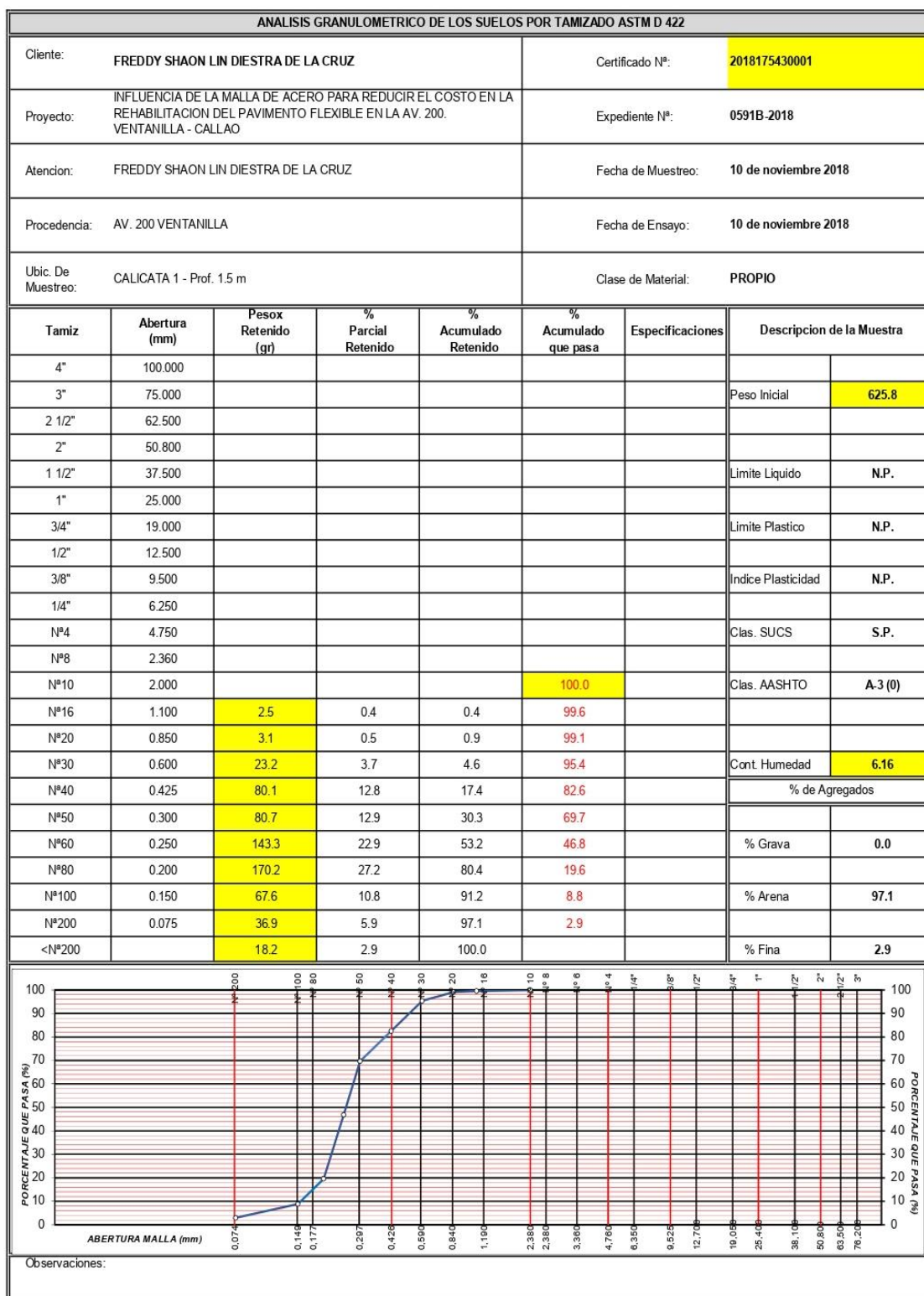
Para efectuar la caracterización de los materiales obtenidos en las calicatas se efectuaron los ensayos ASTM que se indican a continuación:

#### **a.1) Ensayos Estándar**

- (ASTM D-422) Análisis granulométrico por tamiz.
- (ASTM D-4318) Límite Plástico y (ASTM D-4318) Límite Líquido.
- Clasificación SUCS y AASHTO

#### **a.2) Ensayos especiales**

- (ASTM D-1557) prueba del Proctor Modificado
- (ASTM D-1883) C.B.R.



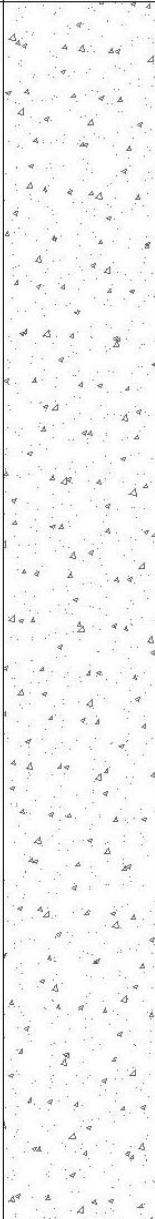
**Tabla 8.** Análisis granulométrico C-1  
Elaborado por: los autores

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318					
Cliente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ			Certificado N°:	2018175430002
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO			Expediente N°:	0591B-2018
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ			Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA			Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 1 - Prof. 1.5 m			Clase de Material:	PROPIO
LIMITE LIQUIDO					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°					
N° de golpes					
Recipiente + Suelo Humedo					
Recipiente + Suelo Seco					
Peso del Agua (gr)					
Peso de Recipiente					
Peso de Suelo Seco (gr)					
% de Humedad					
LIMITE PLASTICO					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°					
N° de golpes					
Recipiente + Suelo Humedo					
Recipiente + Suelo Seco					
Peso del Agua (gr)					
Peso de Recipiente					
Peso de Suelo Seco (gr)					
% de Humedad					
HUMEDAD NATURAL					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + Suelo Humedo	625.80				
Recipiente + Suelo Seco	589.5				
Peso del Agua (gr)	36.30				
Peso de Recipiente	0.0				
Peso de Suelo Seco (gr)	589.50				
% de Humedad	6.16				
DIAGRAMA DE FLUIDEZ					
				LIMITE LIQUIDO <b>N.P.</b> LIMITE PLASTICO <b>N.P.</b> INDICE DE PLASTICIDAD <b>N.P.</b> HUMEDAD NATURAL <b>6.16</b>	
Observaciones:					

**Tabla 9.** Límites de consistencia C-1  
Elaborado por: los autores

CLIENTE	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ
PROYECTO	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO
UBICACION	AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA

METODO DE EXCAVACION	MANUAL	TEC. RESPONSABLE	TEC. G. Zambrano
UBICACION	AV. 200 - VENTANILLA	ING. RESPONSABLE	Carlos A. Ortiz Ramirez
PROGRESIVA	- LADO -	CERTIFICADO N°	2018175430021
CALICATA	C-01 PROF. (m) 1.50	HOJA	01-01 M.V.
N.F. (m)	- OPERARO TEC. I	FECHA DE EXCAVACION	10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 10.** Registro de perfil de suelos C-1  
Elaborado por: los autores

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO ASTM D 422							
Cliente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ				Certificado N°:	2018175430003	
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO				Expediente N°:	0591B-2018	
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ				Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018	
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA				Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018	
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 2 - Prof. 1.5 m				Clase de Material:	PROPIO	
Tamiz	Abertura (mm)	Pesox Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripcion de la Muestra
4"	100.000						
3"	75.000						Peso Inicial <b>709.2</b>
2 1/2"	62.500						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500						Limite Liquido <b>N.P.</b>
1"	25.000						
3/4"	19.000						Limite Plastico <b>N.P.</b>
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						Indice Plasticidad <b>N.P.</b>
1/4"	6.250						
Nº4	4.750						Clas. SUCS <b>S.P.</b>
Nº8	2.360						
Nº10	2.000				<b>100.0</b>		Clas. AASHTO <b>A-3 (0)</b>
Nº16	1.100	<b>4.3</b>	0.6	0.6	<b>99.4</b>		
Nº20	0.850	<b>3.5</b>	0.5	1.1	<b>98.9</b>		
Nº30	0.600	<b>39.7</b>	5.6	6.7	<b>93.3</b>		Cont. Humedad <b>2.9</b>
Nº40	0.425	<b>48.9</b>	6.9	13.6	<b>86.4</b>		% de Agregados
Nº50	0.300	<b>112.8</b>	15.9	29.5	<b>70.5</b>		
Nº60	0.250	<b>151.1</b>	21.3	50.8	<b>49.2</b>		% Grava <b>0.0</b>
Nº80	0.200	<b>199.3</b>	28.1	78.9	<b>21.1</b>		
Nº100	0.150	<b>85.8</b>	12.1	91.0	<b>9.0</b>		% Arena <b>96.8</b>
Nº200	0.075	<b>41.1</b>	5.8	96.8	<b>3.2</b>		
<Nº200		<b>22.7</b>	3.2	100.0			% Fina <b>3.2</b>

Observaciones:

**Tabla 11.** Análisis granulométrico C-2  
Elaborado por: los autores


LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Certificado N°:	2018175430004
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO		Expediente N°:	0591B-2018
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA		Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 2 - Prof. 1.5 m		Clase de Material:	PROPIO
<b>LIMITE LIQUIDO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Humedo	709.20			
Recipiente + Suelo Seco	689.50			
Peso del Agua (gr)	19.70			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	689.50			
% de Humedad	2.86			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				LIMITE LIQUIDO
				N.P.
				LIMITE PLASTICO
				N.P.
				INDICE DE PLASTICIDAD
				N.P.
				HUMEDAD NATURAL
				2.86
Observaciones:				

**Tabla 12.** Límites de consistencia C-2  
Elaborado por: los autores

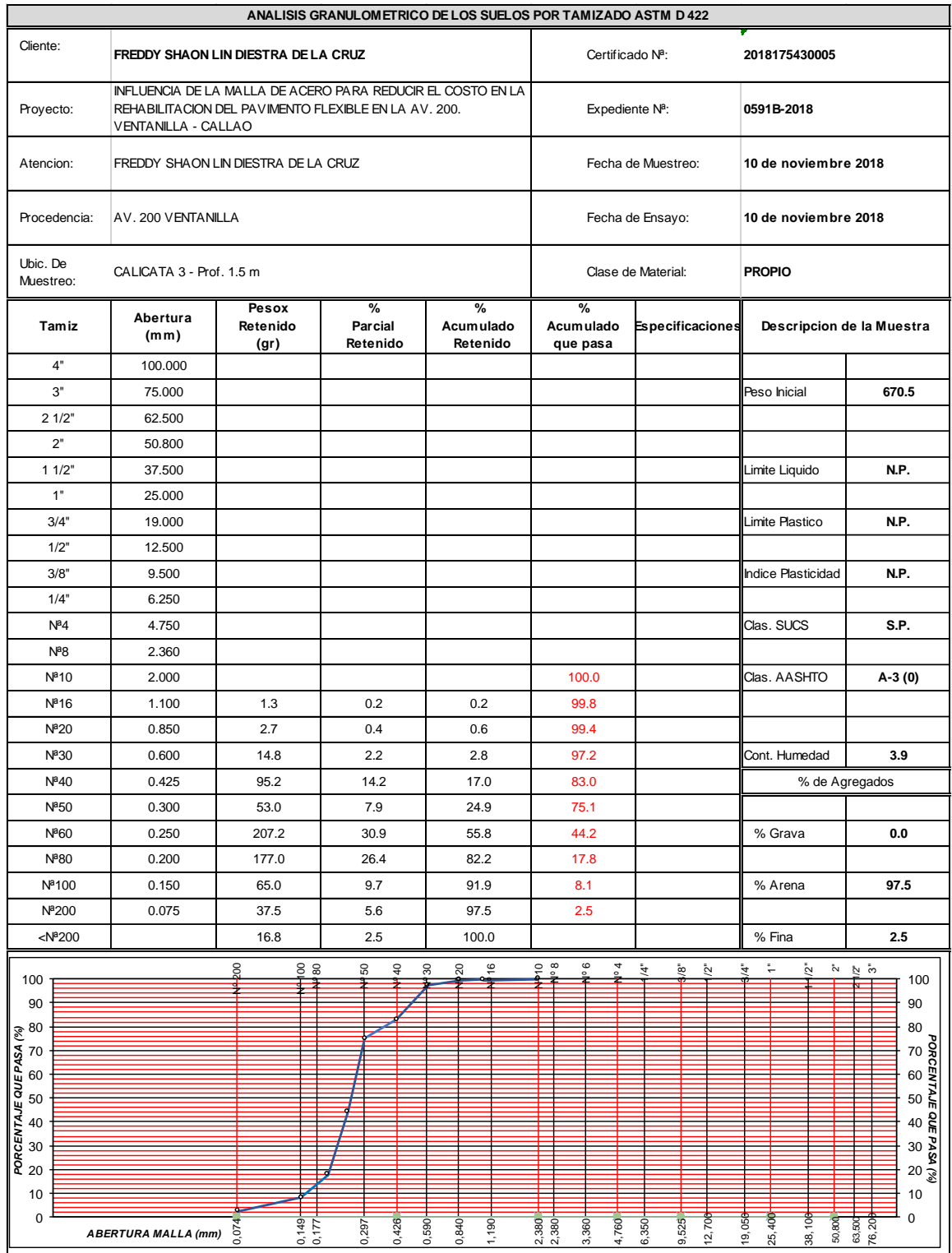


<b>CLIENTE</b>	<b>FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO</b>
<b>UBICACION</b>	<b>AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA</b>

<b>METODO DE EXCAVACION</b>	MANUAL	<b>TEC. RESPONSABLE</b>	TEC. G. Zambrano
<b>UBICACION</b>	AV. 200 - VENTANILLA	<b>ING. RESPONSABLE</b>	Carlos A. Ortiz Ramirez
<b>PROGRESIVA</b>	- LADO -	<b>CERTIFICADO N°</b>	2018175430022
<b>CALICATA</b>	C-02 PROF. (m) 1.50	<b>HOJA</b>	01-01 M.V.
<b>N.F. (m)</b>	- OPERARO TEC. I	<b>FECHA DE EXCAVACION</b>	10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 13.** Registro del perfil de suelos C-2  
Elaborado por: los autores



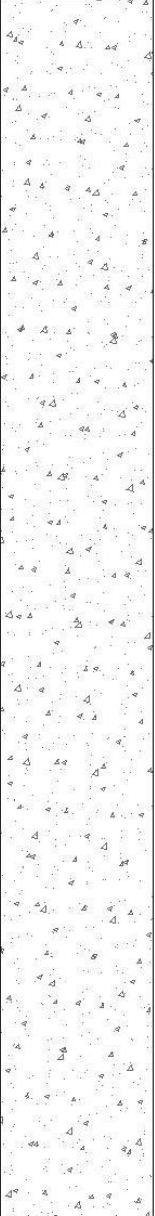
**Tabla 14.** Análisis granulométrico C-3  
Elaborado por: los autores

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Cliente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Certificado N°:	2018175430006
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO		Expediente N°:	0591B-2018
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA		Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 3 - Prof. 1.5 m		Clase de Material:	PROPIO
<b>LIMITE LIQUIDO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Humedo	670.5			
Recipiente + Suelo Seco	645.6			
Peso del Agua (gr)	24.9			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	645.6			
% de Humedad	3.9			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				LIMITE LIQUIDO
				N.P.
				LIMITE PLASTICO
				N.P.
				INDICE DE PLASTICIDAD
				N.P.
				HUMEDAD NATURAL
				3.9
Observaciones:				

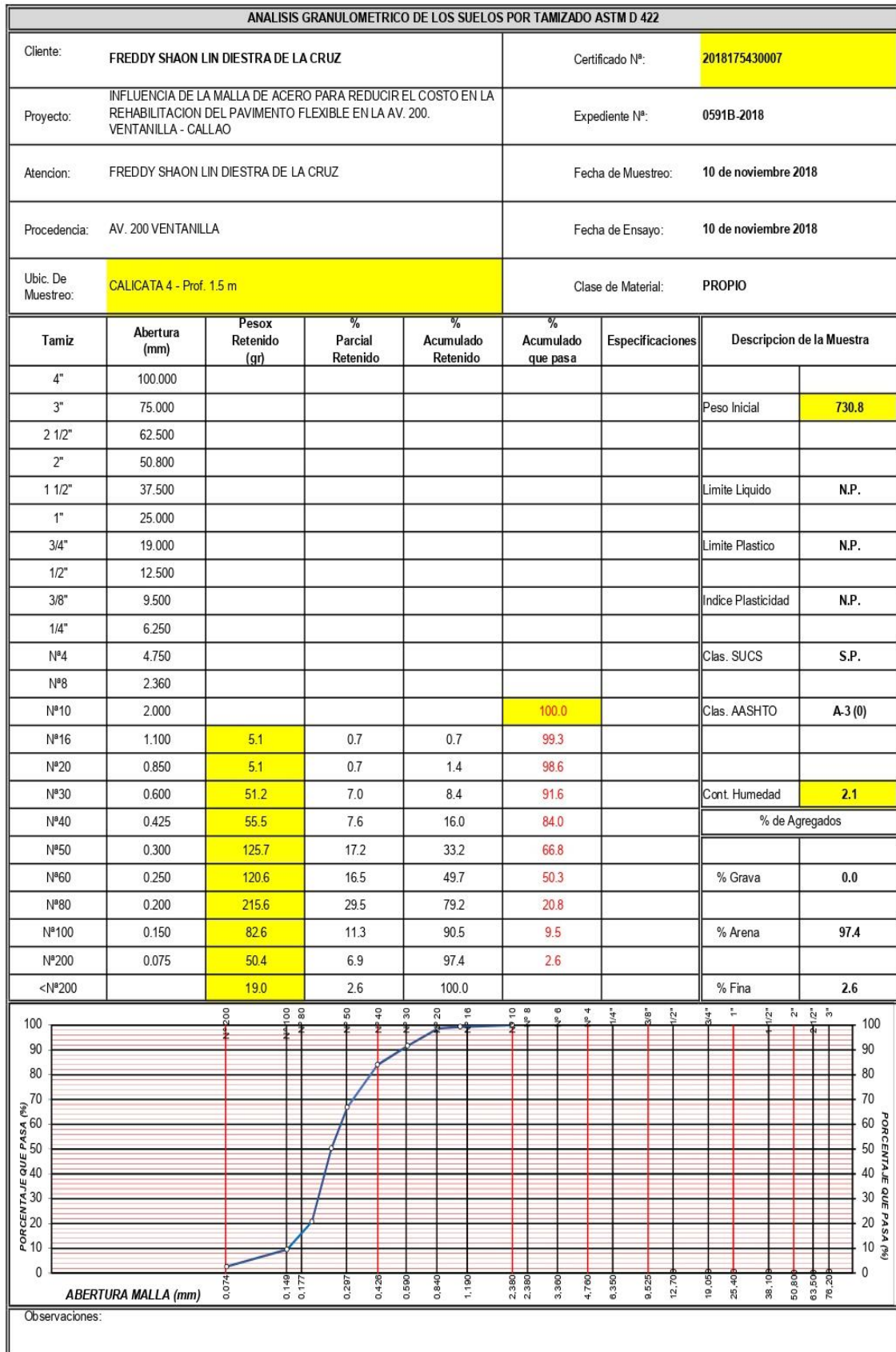
**Tabla 15.** Límites de consistencia C-3  
Elaborado por: los autores

<b>CLIENTE</b>	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		
<b>PROYECTO</b>	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO		
<b>UBICACION</b>	AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA		

<b>METODO DE EXCAVACION</b>	MANUAL		<b>TEC. RESPONSABLE</b>	TEC. G. Zambrano
<b>UBICACION</b>	AV. 200 - VENTANILLA		<b>ING. RESPONSABLE</b>	Carlos A. Ortiz Ramirez
<b>PROGRESIVA</b>	-	LADO	-	<b>CERTIFICADO N°</b> 2018175430023
<b>CALICATA</b>	C-03	PROF. (m)	1.50	<b>HOJA</b> 01-01 M.V.
<b>N.F. (m)</b>	-	OPERARO	TEC. I	<b>FECHA DE EXCAVACION</b> 10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 16.** Registro de perfil de suelos C-3  
Elaborado por: los autores



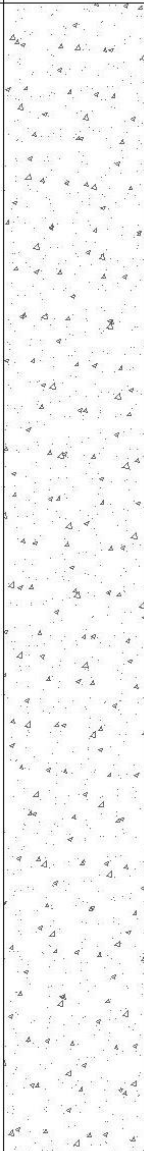
**Tabla 17.** Análisis granulométrico C-4  
Elaborado por: los autores

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Certificado N°:	2018175430008	
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO	Expediente N°:	0591B-2018	
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018	
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA	Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018	
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 4 - Prof. 1.5 m	Clase de Material:	PROPIO	
LIMITE LIQUIDO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
LIMITE PLASTICO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
HUMEDAD NATURAL				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Humedo	730.8			
Recipiente + Suelo Seco	715.9			
Peso del Agua (gr)	14.9			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	715.9			
% de Humedad	2.1			
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				LIMITE LIQUIDO
				N.P.
				LIMITE PLASTICO
				N.P.
				INDICE DE PLASTICIDAD
				N.P.
				HUMEDAD NATURAL
				2.1
Observaciones:				

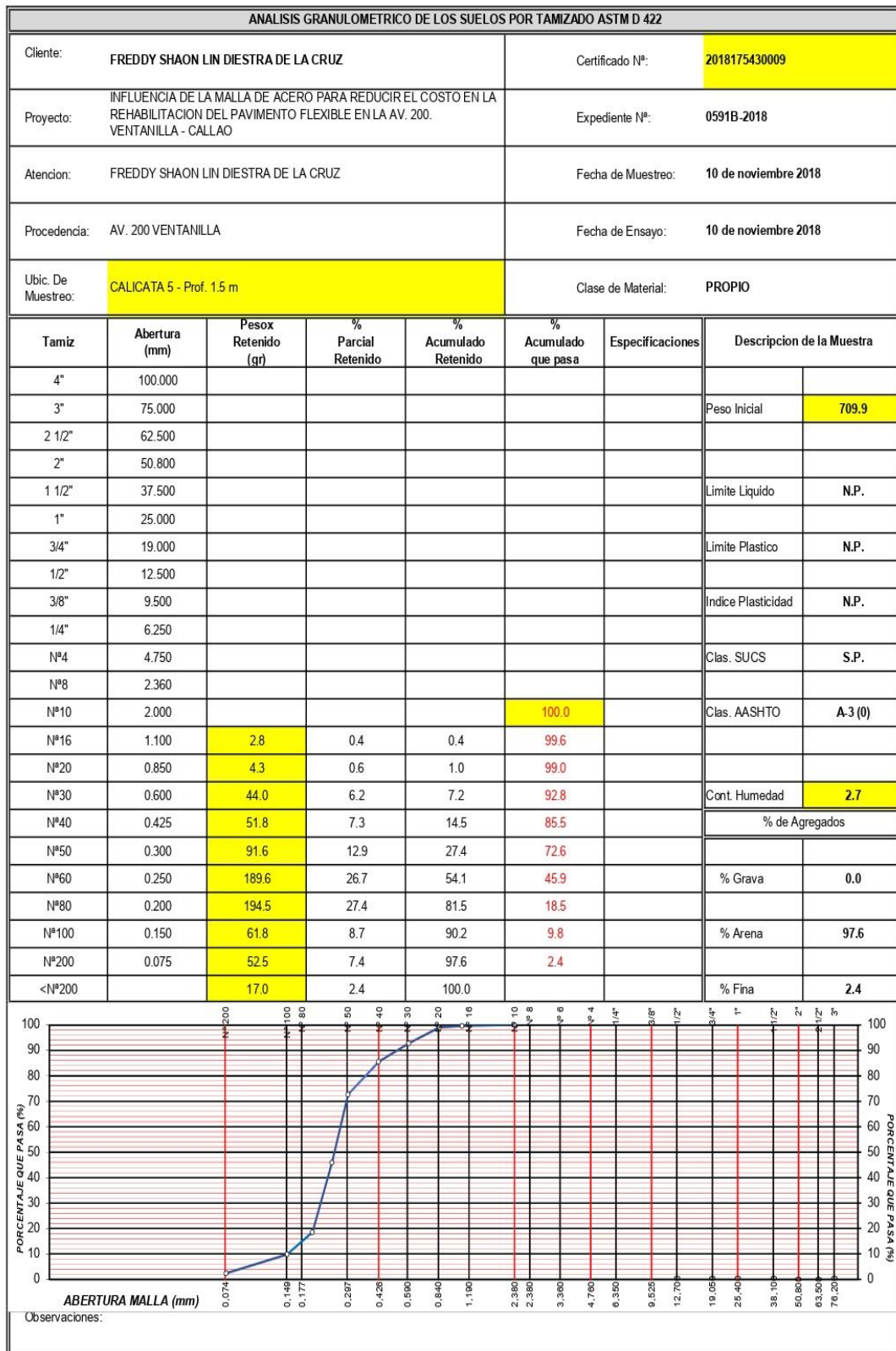
**Tabla 18.** Límites de consistencia C-4  
Elaborado por: los autores

<b>CLIENTE</b>	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ
<b>PROYECTO</b>	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO
<b>UBICACION</b>	AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA

<b>METODO DE EXCAVACION</b>	MANUAL	<b>TEC. RESPONSABLE</b>	TEC. G. Zambrano
<b>UBICACION</b>	AV. 200 - VENTANILLA	<b>ING. RESPONSABLE</b>	Carlos A. Ortiz Ramirez
<b>PROGRESIVA</b>	- LADO -	<b>CERTIFICADO N°</b>	2018175430024
<b>CALICATA</b>	C-04 PROF. (m) 1.50	<b>HOJA</b>	01-01 M.V.
<b>N.F. (m)</b>	- OPERARO TEC. I	<b>FECHA DE EXCAVACION</b>	10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 19.** Registro de perfil de suelos C-4  
Elaborado por: los autores



**Tabla 20.** Análisis granulométrico C-5  
Elaborado por: los autores

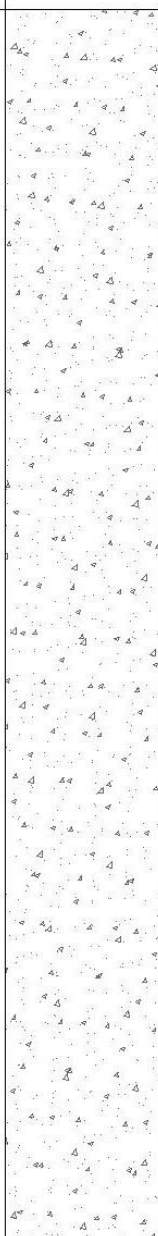


LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Certificado N°:	2018175430010
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO		Expediente N°:	0591B-2018
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA		Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 5 - Prof. 1.5 m		Clase de Material:	PROPIO
<b>LIMITE LIQUIDO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Humedo	709.9			
Recipiente + Suelo Seco	691.1			
Peso del Agua (gr)	18.8			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	691.1			
% de Humedad	2.7			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				LIMITE LIQUIDO
				N.P.
				LIMITE PLASTICO
				N.P.
				INDICE DE PLASTICIDAD
				N.P.
				HUMEDAD NATURAL
				2.7
Observaciones:				

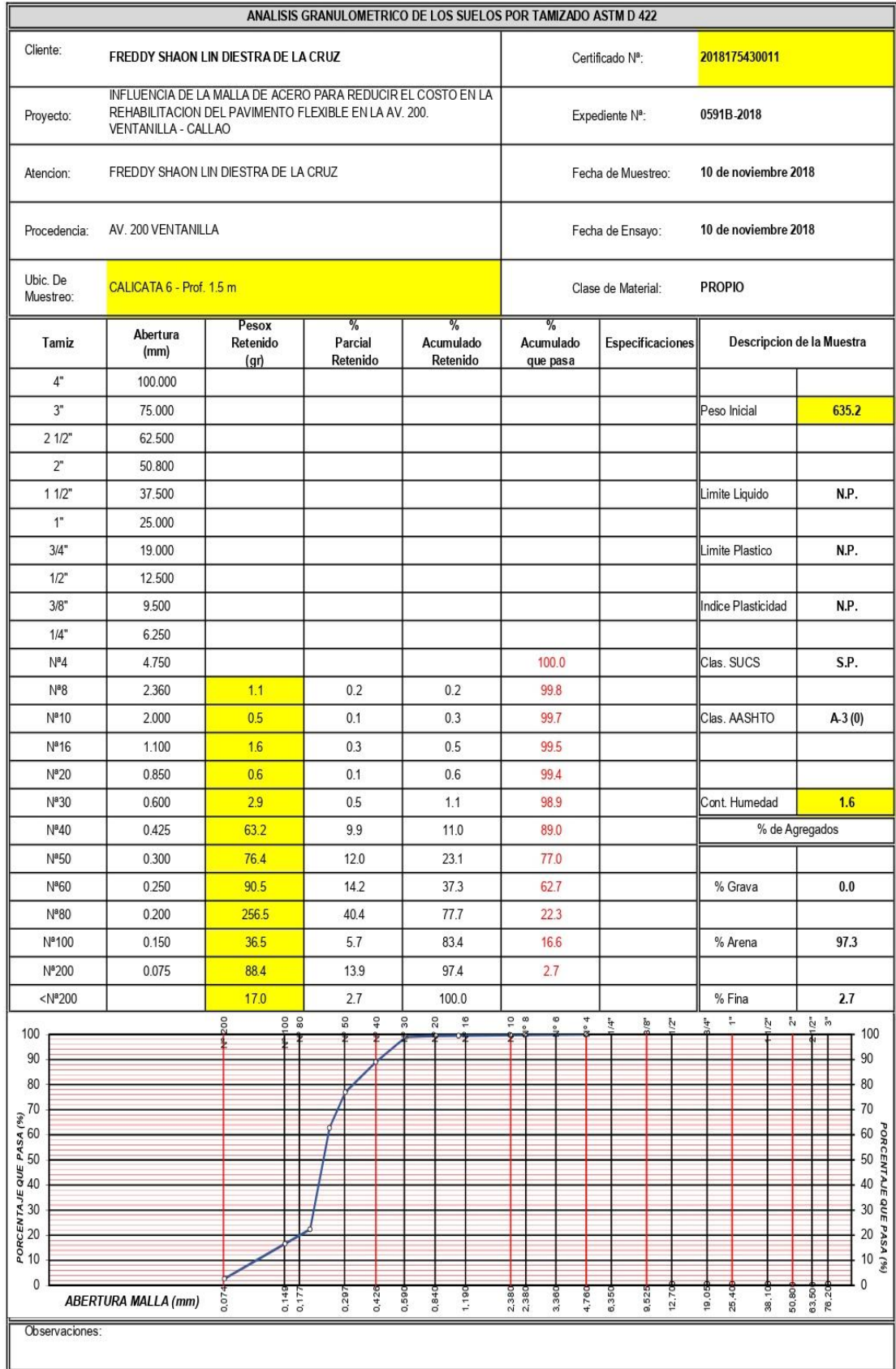
**Tabla 21.** Límites de consistencia C-5  
Elaborado por: los autores

<b>CLIENTE</b>	<b>FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO</b>
<b>UBICACION</b>	<b>AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA</b>

<b>METODO DE EXCAVACION</b>	MANUAL	<b>TEC. RESPONSABLE</b>	TEC. G. Zambrano
<b>UBICACION</b>	AV. 200 - VENTANILLA	<b>ING. RESPONSABLE</b>	Carlos A. Ortiz Ramirez
<b>PROGRESIVA</b>	- LADO -	<b>CERTIFICADO N°</b>	2018175430025
<b>CALICATA</b>	C-05 PROF. (m) 1.50	<b>HOJA</b>	01-01 M.V.
<b>N.F. (m)</b>	- OPERAR O TEC. I	<b>FECHA DE EXCAVACION</b>	10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 22.** Registro de perfil de suelos C-5  
Elaborado por: los autores



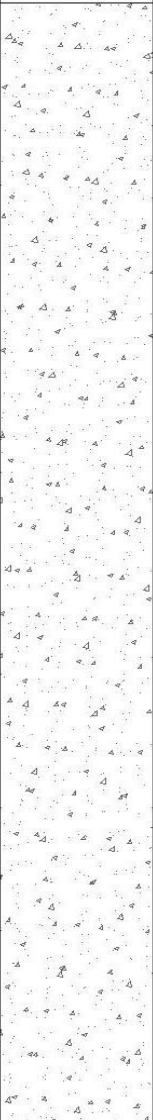
**Tabla 23.** Análisis granulométrico C-6  
Elaborado por: los autores

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Certificado N°:	2018175430012
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO		Expediente N°:	0591B-2018
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ		Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA		Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 6 - Prof. 1.5 m		Clase de Material:	PROPIO
<b>LIMITE LIQUIDO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Humedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Humedo	635.2			
Recipiente + Suelo Seco	625.0			
Peso del Agua (gr)	10.2			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	625.0			
% de Humedad	1.6			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				LIMITE LIQUIDO
				N.P.
				LIMITE PLASTICO
				N.P.
				INDICE DE PLASTICIDAD
				N.P.
				HUMEDAD NATURAL
				1.6
Observaciones:				

**Tabla 24.** Límites de consistencia C-6  
Elaborado por: los autores

<b>CLIENTE</b>	<b>FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO</b>
<b>UBICACION</b>	<b>AAHH PACHACUTEC AV. 200 VENTANILLA</b>

<b>METODO DE EXCAVACION</b>	MANUAL	<b>TEC. RESPONSABLE</b>	TEC. G. Zambrano
<b>UBICACION</b>	AV. 200 - VENTANILLA	<b>ING. RESPONSABLE</b>	Carlos A. Ortiz Ramirez
<b>PROGRESIVA</b>	- LADO -	<b>CERTIFICADO N°</b>	2018175430026
<b>CALICATA</b>	C-06 PROF. (m) 1.50	<b>HOJA</b>	01-01 M.V.
<b>N.F. (m)</b>	- OPERARO TEC. I	<b>FECHA DE EXCAVACION</b>	10 de noviembre del 2018

Prof. (m)	Muestra	Descripcion	SUCS	PERFIL
1.50	M-01	Presenta una arena mal gradada, compacidad media, baja humedad, color beige claro.	SP	

**Tabla 25.** Registro de perfil de suelos C-6  
Elaborado por: los autores

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES NTP 339.152																			
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Certificado N°:	2018175430013																
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO	Expediente N°:	0591B-2018																
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018																
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA	Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018																
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 6 - Prof. 1.5 m	Clase de Material:	PROPIO																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES</td> <td style="text-align: right;">0.747</td> </tr> </table>				CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES	0.747														
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES	0.747																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>NUMERO DE BEAKER</td> <td style="text-align: right;">16.00</td> </tr> <tr> <td>RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA</td> <td style="text-align: right;">1 : 3</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL BEAKER+RESIDUOS DE SALES (g)</td> <td style="text-align: right;">113.25</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL BEAKER (g)</td> <td style="text-align: right;">100.4199</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RESIDUOS DE SALES (g)</td> <td style="text-align: right;">0.2491</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA</td> <td style="text-align: right;">100</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm)</td> <td style="text-align: right;">7473</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)</td> <td style="text-align: right;">0.747</td> </tr> </tbody> </table>				NUMERO DE BEAKER	16.00	RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	1 : 3	PESO DEL BEAKER+RESIDUOS DE SALES (g)	113.25	PESO DEL BEAKER (g)	100.4199	PESO DE RESIDUOS DE SALES (g)	0.2491	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	100	CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm)	7473	CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0.747
NUMERO DE BEAKER	16.00																		
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	1 : 3																		
PESO DEL BEAKER+RESIDUOS DE SALES (g)	113.25																		
PESO DEL BEAKER (g)	100.4199																		
PESO DE RESIDUOS DE SALES (g)	0.2491																		
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	100																		
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm)	7473																		
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0.747																		
Observaciones:																			

**Tabla 26.** Contenido de sales solubles C-6  
Elaborado por: los autores

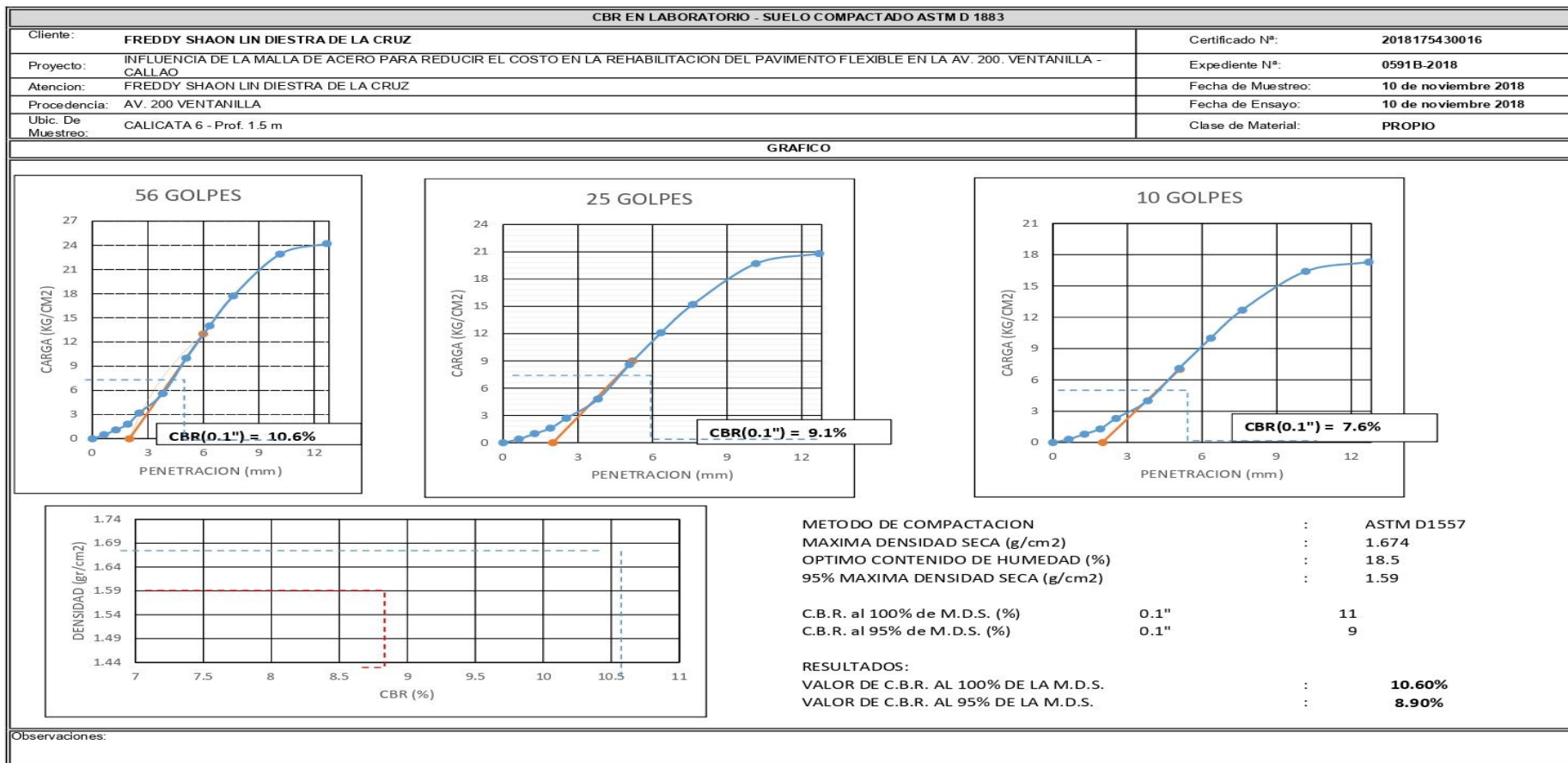
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIOS UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA ASTM D 1557				
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Certificado N°:	2018175430014	
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO	Expediente N°:	0591B-2018	
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ	Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018	
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA	Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018	
Ubic. De Muestreo:	CALICATA 6 - Prof. 1.5 m	Clase de Material:	PROPIO	
COMPACTACION				
PRUEBA N°	1	2	3	4
N° DE CAPAS	5	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56
PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO (gr)	9908	10122	10256	10220
PESO DEL MOLDE (gr)	6035	6035	6035	6035
PESO DEL SUELO COMPACTADO (gr)	3873	4087	4221	4185
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2123	2123	2123	2123
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.824	1.925	1.988	1.971
CONTENIDO DE HUMEDAD				
TARA N°	1	2	3	4
TARA+SUELO HUMEDO (gr)	623.5	511.4	569.4	667.2
TARA + SUELO SECO (gr)	543.1	438.2	479.3	553.2
PESO DE AGUA (gr)	80.4	73.2	90.1	114
PESO DE TARA (gr)	0	0	0	0
PESO DE SUELO SECO (gr)	543.1	438.2	479.3	553.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.8	16.7	18.8	20.6
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.589	1.650	1.674	1.634
<p style="text-align: center;">CURVA DENSIDAD SECA vs HUMEDA</p> <p style="text-align: center;">DENSIDAD SECA (gr/cm3)</p> <p style="text-align: center;">HUMEDAD (%)</p> <p style="text-align: right;">MDS - 1.674 - gr/cm3 OCH - 18.5 - %</p>				
Observaciones:				

**Tabla 27.** Compactación de suelos C-6  
Elaborado por: los autores

CBR EN LABORATORIO - SUELO COMPACTADO ASTM D 1883													
Ciente:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ						Certificado N°:	2018175430015					
Proyecto:	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO						Expediente N°:	0591B-2018					
Atencion:	FREDDY SHAON LIN DIESTRA DE LA CRUZ						Fecha de Muestreo:	10 de noviembre 2018					
Procedencia:	AV. 200 VENTANILLA						Fecha de Ensayo:	10 de noviembre 2018					
Ubc. De Muestreo:	CALICATA 6 - Prof. 1.5 m						Clase de Material:	PROPIO					
COMPACTACION													
MOLDE N°	1			2			3						
CAPAS N°	5			5			5						
GOLPES POR CAPA N°	58			25			10						
CONDICION DE LA MUESTRA	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	11752	11788	11305	11342	10872	10902							
PESO DE MOLDE (g)	7422	7422	7150	7150	7077	7077							
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4330	4366	4155	4192	3795	3825							
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2183	2183	2186	2186	2140	2140							
DENSIDAD HUMEDA (g/cm3)	1.984	2.000	1.901	1.918	1.773	1.787							
TARA (N°)													
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	619.3	693.5	722.6	761.5	651.5	709.7							
PESO SUELO SECO + TARA (g)	522.6	573.8	609.8	622.1	549.8	577.5							
PESO DE TARA (g)	35.1	34.2	38	33.1	32.8	34.5							
PESO DE AGUA (g)	98.7	119.9	112.8	139.4	101.7	132.2							
PESO DE SUELO SECO (g)	487.5	539.4	573.8	589	517	543							
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.84%	22.23%	19.66%	23.67%	19.67%	24.35%							
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.655	1.636	1.588	1.551	1.482	1.437							
EXPANSIVO													
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
11/11/2018	10:00 a.m.	0											
12/11/2018	10:00 a.m.	24											
13/11/2018	10:00 a.m.	48											
14/11/2018	10:00 a.m.	72											
15/11/2018	10:00 a.m.	96											
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Milímetros	KG/CM2	DIAL	kg/cm2	kg/cm2	%	DIAL	kg/cm2	kg/cm2	%	DIAL	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0			0	0		
0.635		10	0.5			8	0.4			7	0.3		
1.270		40	1.1			20	1			17	0.8		
1.905		23	1.8			33	1.6			27	1.3		
2.540	70.5	65	3.2	7.5	10.6	56	2.7	6.4	9.1	46	2.3	5.3	7.6
3.810		115	5.6			99	4.8			82	4		
5.080	105.7	206	10.0			177	8.6			147	7.1		
6.350		289	14.0			249	12.1			206	10		
7.620		365	17.7			314	15.2			261	12.7		
10.160		472	22.9			406	19.7			337	16.4		
12.700		498	24.2			428	20.8			355	17.3		
Observaciones:													

**Tabla 28.** CBR en laboratorio C-6  
Elaborado por: los autores





**Tabla 29. CBR en laboratorio C-6**  
Elaborado por: los autores

## b) Ensayo de gabinete

Después de realizar y obtener información durante las actividades de campo y pruebas de laboratorio, para clasificar los suelos se usó el sistema AASHTO y SUCS y se obtuvo el correspondiente perfil estratigráfico. Así mismo, se calcularon y graficaron los resultados de las pruebas de Proctor y CBR efectuados.

<b>CALICATA N°</b>	<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>	<b>C-4</b>	<b>C-5</b>	<b>C-6</b>
Ret. N° 4	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Pasa N° 200	<b>2.9</b>	<b>3.2</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	<b>2.7</b>
Humedad	<b>4.5</b>	<b>2.9</b>	<b>3.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.7</b>	<b>1.8</b>
L. L.	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>
I.P.	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>	<b>N.</b>
SALES	-	<b>1.615</b>	-	-	-	-
MDS	-	-	-	-	-	<b>1.674</b>
OCH	-	-	-	-	-	<b>18.3</b>
% CBR al 100%	-	-	-	-	-	<b>10.6</b>
% CBR al 95%	-	-	-	-	-	<b>8.9</b>
SUCS	<b>SP</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>

**Tabla 30.** Resultados de las calicatas  
Elaborado por: los autores

### 4.3 Resultado del análisis de tráfico

Al hacer el análisis de campo (conteo diario de tráfico) que se realizó en la Av. 200 por el transcurso de una semana, la cual se inició el día 04/10/2018 al 10/10/2018.

#### 4.3.1 Índice medio diario semanal

El conteo de tráfico semanal, es la acumulación de datos del conteo diario de vehículos que pasan por la Av. 200.

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Número de vehículos</b>
Jueves	04/10/2018	635
Viernes	05/10/2018	535
Sábado	06/10/2018	913
Domingo	07/10/2018	903
Lunes	08/10/2018	633
Martes	09/10/2018	534
Miércoles	10/10/2018	633
<b>TOTAL</b>		<b>4786</b>
<b>Promedio Total</b>		<b>684</b>

**Tabla 31.** Índice medio diario semanal  
Elaborado por: los autores

#### 4.3.2 Índice medio diario anual (IMDa)

Se obtiene a partir del IMDs la cual requiere de un factor de corrección (Fe).

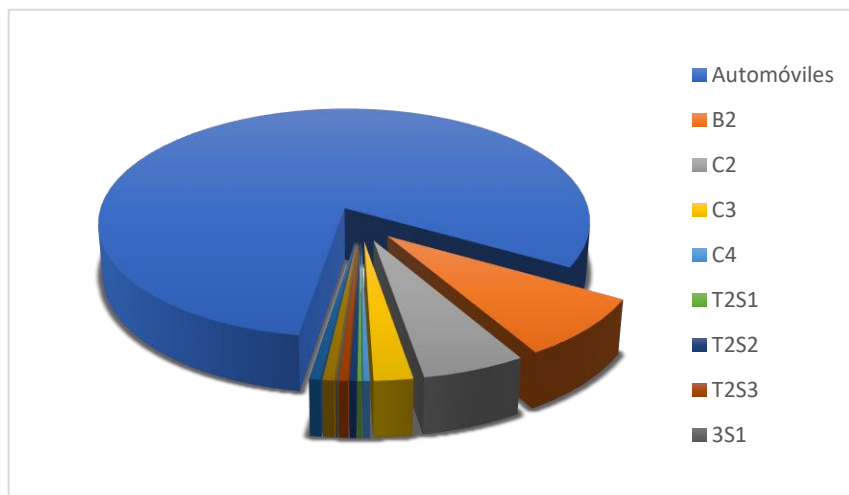
$$\text{IMDa} = \text{Fe} \% * \text{IMDs} + \text{IMDs}$$

**Fórmula 4.** Índice diario anual

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Configuración vehicular	Número de vehículos
Automóviles	624
B2	64
C2	45
C3	17
C4	3
T2S1	2
T2S2	3
T2S3	4
3S1	1
3S2	5
3S3	5
<b>Total</b>	<b>773</b>

**Tabla 32.** Índice medio diario anual  
Elaborado por: los autores



**Figura 10.** Grafica del índice medio diario anual  
Elaborado por: los autores

Del siguiente gráfico se puede sacar la siguiente conclusión, que los vehículos que tienen la mayor transitabilidad son los automóviles, seguido por los de tipo B2 y los de tipo C2, los restantes no son números significativos.

### 4.3.3 Cálculo de índice de crecimiento y proyección

El índice de crecimiento se calculó utilizando la siguiente fórmula de progresión geométrica.

$$T_n = T_o(1+r)^{n-1}$$

**Fórmula 5.** Cálculo del índice de crecimiento y proyección  
Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Tasa anual de crecimiento del tránsito varían entre 2% y 6% = r

Número de años del periodo de diseño = n

Tránsito actual (año base o) en veh/día = T<sub>o</sub>

Tránsito proyectado al año “n” en veh/día = T<sub>n</sub>

Primero se obtuvo el índice de crecimiento del estudio técnico y la construcción, la cual está estimada en 3 años, obteniendo un resultado de:

Clasificación vehicular	Número de vehículos
Autos	675
B2	69
C2	48
C3	19
C4	3
T2S1	2
T2S2	3
T2S3	5
3S1	1
3S2	5
3S3	6
<b>Total</b>	<b>836</b>

**Tabla 33.** Cálculo de tránsito futuro  
Elaborado por: los autores

Con estos resultados obtenidos se procede a calcular el ESAL.

#### 4.3.4 Factor de carga equivalente

Se obtienen según los parámetros que se indican en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Tipo de Eje	Eje Equivalente ( $EE_{8.2 \text{ tn}}$ )
Eje Simple de ruedas simples ( $EE_{S1}$ )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles ( $EE_{S2}$ )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) ( $EE_{TA1}$ )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) ( $EE_{TA2}$ )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) ( $EE_{TR1}$ )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) ( $EE_{TR2}$ )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
$P =$ peso real por eje en toneladas	

**Tabla 34.** Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos  
Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Configuración vehicular	IMDA 2020	Carga de vehículos eje	(EE. 8.2 Tn)	F.IMDa
Automóviles	675	1	0.000527017	0.36
		1	0.000527017	0.36
B2	69	7	1.265366749	87.31
		10	2.211793566	152.61
C2	48	7	1.265366749	60.74
		10	2.211793566	106.17
C3	19	7	1.265366749	24.04
		16	1.260585019	23.95
C4	3	7	1.265366749	3.80
		21	1.057720453	3.17
T2S1	2	7	1.265366749	2.53
		10	2.211793566	4.42
		10	2.211793566	4.42
T2S2	3	7	1.265366749	3.80
		10	2.211793566	6.64
		16	1.260585019	3.78
T2S3	5	7	1.265366749	6.33
		10	2.211793566	11.06
		23	1.232418575	6.16
3S1	1	7	1.265366749	1.27
		16	1.260585019	1.26
		10	2.211793566	2.21
3S2	5	7	1.265366749	6.33
		16	1.260585019	6.30
		16	1.260585019	6.30
3S3	6	7	1.265366749	7.59
		16	1.260585019	7.56
		23	1.232418575	7.39
			<b>F.IMDa</b>	<b>557.86</b>

**Tabla 35.** Resultados de los EE.  
Elaborado por: los autores

### 4.3.5 Factores de distribución y de carril:

Este factor sirve para precisar el tránsito del carril de diseño según los parámetros establecidos por el MTC.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

**Tabla 36.** Factor de distribución direccional y de carril

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

$$EE_{\text{dia-carril}} = \text{IMD}_{\text{pi}} * F_d * F_c * F_{\text{vpi}} * F_{\text{pi}}$$

**Fórmula 6.** Determinar EE

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

$$ESAL = (\text{EF} \cdot \text{IMDA}) * 365 * F_D * DL * \left( \frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right)$$

**Fórmula 7.** Determinar la Esal

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Fc: Factor carril

Fd: Factor direccional

n: número de años del periodo de diseño

r: tasa anual de crecimiento de tránsito

$$ESAL = (557.86) * 365 * 0.5 * 1 * \left( \frac{(1+4\%)^{20}}{4\%} - 1 \right)$$

$$ESAL = EE = W18 = 5475116.602$$



#### 4.4 AASHTO 93 para el Diseño de pavimento flexible

Categorías de Subrasante	CBR
So: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR > 3% A CBR <6%
S2: Subrasante Regular	De CBR >6% A CBR <10%
S3: Subrasante Buena	De CBR >10% A CBR <20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR >20% A CBR <30%
S5: Subrasante Extraordinaria	CBR >30%

**Tabla 37.** Categoría de subrasante

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

##### a) W18=ESAL

$$ESAL=EE=W18=5475116.602$$

##### b) Módulo de resiliencia

$$Mr(\text{psi})=2555 \cdot \text{CBR}^{0.64}$$

**Fórmula 8.** Determinar Mr

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

$$Mr(\text{psi})=2555 \times 100^{0.64} \quad \text{CBR recomendado es 100\% para la base}$$

$$Mr(\text{psi})=48684.52 \quad (\text{Módulo de resiliencia de la base})$$

$$Mr(\text{psi})=2555 \times 40^{0.64} \quad \text{CBR recomendado es 40\% para la base}$$

$$Mr(\text{psi})=27083.78 \quad (\text{Módulo de resiliencia de la subbase})$$

$$Mr(\text{psi})=2555 \times 8.9^{0.64}$$

$$Mr(\text{psi})=10351.43 \quad (\text{Módulo de resiliencia de la subrasante})$$

**c) Confiabilidad (%R)**

Al ser el número de eje equivalente (ESAL) de 5475116.602 se usa la tabla el cuadro N°12.6 del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, la cual esta se encuentra en el tipo de caminos **resto de caminos** y tráfico **Tp8**.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	<b>T<sub>P0</sub></b>	<b>100,000</b>	<b>150,000</b>	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	<b>T<sub>P8</sub></b>	<b>5,000,001</b>	<b>7,500,000</b>	<b>90%</b>
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%

**Tabla 38.** Valores sugeridos de grado de confiabilidad (10 o 20 años)  
Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

d) **Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr)**

Al ser el tráfico tipo Tp8 se usa el cuadro N°12.8 del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, y se tiene que **(Zr)** es de **-1.282**.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,001	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	-1.645

**Tabla 39. (Zr)**

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

**e) Desviación estándar combinada (So)**

Recomienda una (So) de **0.45** según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

**f) Índice de servicialidad presente (PSI)**

**f.1) Serviciabilidad inicial (Pi):**

El **Pi** es de **4** por ser el tráfico de tipo Tp8 según el cuadro N°12.10 del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		4.20

**Tabla 40.** (Pi)

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

### f.2) Serviciabilidad final o terminal (PT):

El **PT** es de **2.5** por ser el tráfico de tipo Tp8 según el cuadro N°12.11 del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		3.00

**Tabla 41.** (Pt)

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

### f.3) Variación de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)

El  $\Delta$ PSI es de **1.5** por ser el tráfico de tipo Tp8 según el cuadro N°12.12 del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

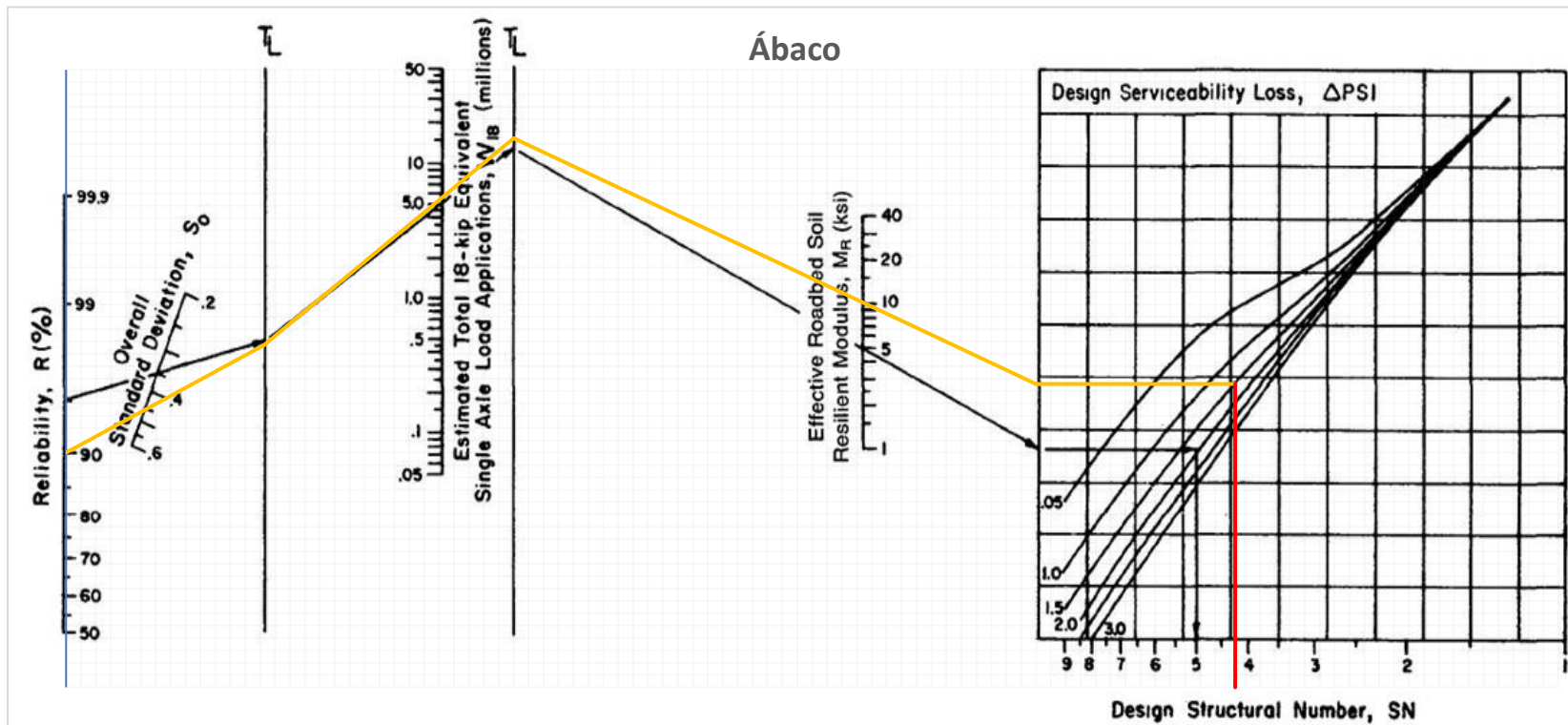
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		1.20

**Tabla 41.** ( $\Delta$ PSI)

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

#### f.4) Número estructural requerido (SNR)

Se halló el número estructural requerido por el ábaco de AASHTO siendo el resultado de 4.24.



SNR	4.17
-----	------

**Figura 11.** Ábaco para determinar el número estructural requerido  
Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013



#### 4.4.1 Diseño de capas del pavimento flexible

Por el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

$$ESAL=EE=W18=5475116.602$$

ESAL	Concreto asfáltico	Base granular
> 50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001 – 150,000	2.0	4
150,001 – 500,000	2.5	4
500,001 – 2'000,000	3.0	6
2'000,001 – 7'000,000	3.5	6
> 7'000,000	4.0	6

**Tabla 42.** Espesores mínimos recomendados

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

##### a) Espesor de capas

De la tabla mencionada obtenemos estos valores:

D1=3.5 pulg. Grosor de la carpeta asfáltica

D2=6.0 pulg. Grosor de la base granular

##### b) Drenaje

De la tabla 12.14 del manual del Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Calidad de drenaje	Retiro de agua dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	el agua no drena

**Tabla 43.** Condiciones de drenaje

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Calidad de drenaje	% de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos que 1%	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

**Tabla 44.** Coeficientes de drenaje recomendados, (mi)  
Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

m2=1.0            Drenaje de base granular (5-25%)

m3=1.0            Drenaje de Subbase granular (5-25%)

**c) Coeficiente estructural de la capa para concreto asfáltico superficial (a1)**

Del cuadro 12.13 del Manual de Carretera de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento.

a1= 0.170=0.4318” Recomendado para todo tipo de tráfico

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

**Tabla 45. (a1)**

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

**d) Coeficiente estructural de la capa base granular (a2)**

Del cuadro 12.13 del Manual de Carretera de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento.

$$a_2 = 0.054 = 0.1372'' \quad NEE = 5475116.60$$

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 5'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $> 15'000,000$ EE

**Tabla 46. (a2)**

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

**e) Coeficiente estructural de la capa sub base granular (a3)**

Del cuadro 12.13 del Manual de Carretera de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento.

$$a_3 = 0.047 = 0.1194'' \quad NEE = 54755116.60$$

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a <sub>i</sub> (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a <sub>1</sub>	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a <sub>1</sub>	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	a <sub>1</sub>	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a <sub>1</sub>	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a <sub>1</sub>	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a <sub>2a</sub>	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2b</sub>	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2c</sub>	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

**Tabla 47. (a<sub>3</sub>)**

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

**f) Cálculo del espesor de la sub base granular**

$$SN=a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$$

**Fórmula 9.** Número estructural requerido

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, 2013

Resolviendo la ecuación con los datos obtenidos se obtiene el grosor de la subbase granular que es 15.37 pulg, se redondea a 16 pulg.

#### **4.4.2 Diseño de capas del pavimento flexible con refuerzo con acero de malla**

##### **a) Cálculo de la estructura sustituyendo la base granular**

Al desarrollar la ecuación con los datos obtenidos, se hallará el  $D_3'$ , el cual es 22.27pulg. que es igual a 56.57cm.

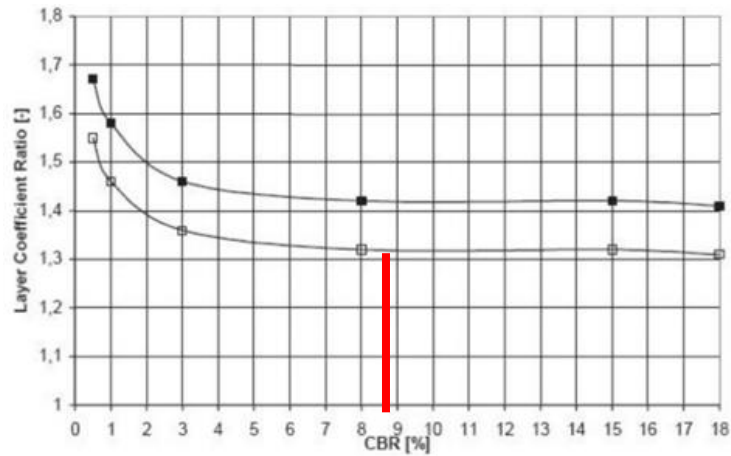
$$SN=a_1D_1+a_3D_3'*m_3$$

**Fórmula 10.** Número estructural sustituyente a la base granular

Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

## b) Cálculo del nuevo espesor de la capa subbase con refuerzo

Para poder usar la tabla proporcionada por Prodac se halló el CBR, luego de realizar los cálculos del estudio de suelos da como resultado 8.9%, usando este dato en la tabla se obtuvo el LCR, que sería 1.32.



**Figura 12.** Determinar LCR  
Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = 4.17$$

Con la siguiente fórmula, se calculó el actual grosor de la base granular incluido el refuerzo.

$$D_{3r} = \frac{SN_r - a_1 D_1}{a_3 * LCR * m_3}$$

**Fórmula 11.** Cálculo del actual grosor de la base granular  
Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

$$D_{3r} = 16.87 \text{ pulg} = 42.85 \text{ cm}$$

**c) Cálculo del aporte estructural de la capa reforzada**

$$SN_{gr}=a_3 \cdot D_{3r} \cdot m_3$$

**Fórmula 12.** Cálculo de aporte estructural de la capa reforzada  
Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

Desarrollando la ecuación con los datos hallados se obtiene un resultado de 2.01.

**d) Cálculo de nuevos espesores de base y subbase granular**

$$SN_{gr}=a_2 \cdot D_{2r} \cdot m_2 + a_3 \cdot D_{3r} \cdot m_3$$

**Fórmula 13.** Cálculo de nuevo grosor de la base granular y sub base granular  
Fuente: Manual de Diseño Prodac, 2018

Al tener dos incógnitas, la recomendación D2r y D3r AASHTO recomienda que el espesor de la base tiene que ser mayor o igual a 6 pulg.

$$D_{2r} = 6 \text{pulg} = 15 \text{cm.}$$

Al hallar el D2r ya se pudo determinar el D3r, esta se aplicó en la siguiente fórmula, obteniendo un resultado de 9.94 pulgadas esta es igual a 25.25cm.

**e) Verificación del aporte estructural con los nuevos espesores de material granular e inclusión de la malla de acero**



$$SN=a2*D2r*m2+a3*D3r*m3$$

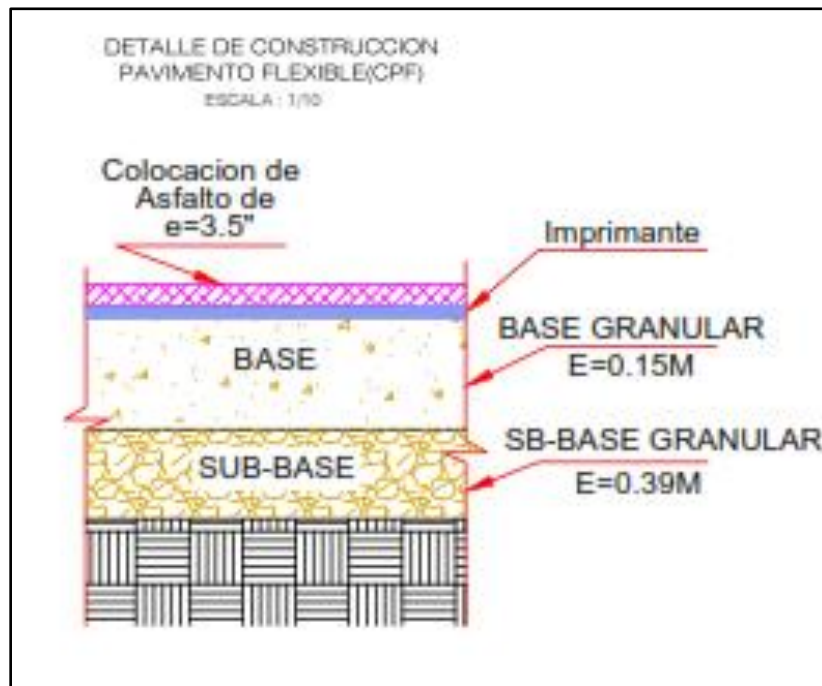
Para verificar si es viable, se compara el primer SNgr con los datos de los nuevos espesores.

Es viable porque el resultado de ambas ecuaciones es 2.01.

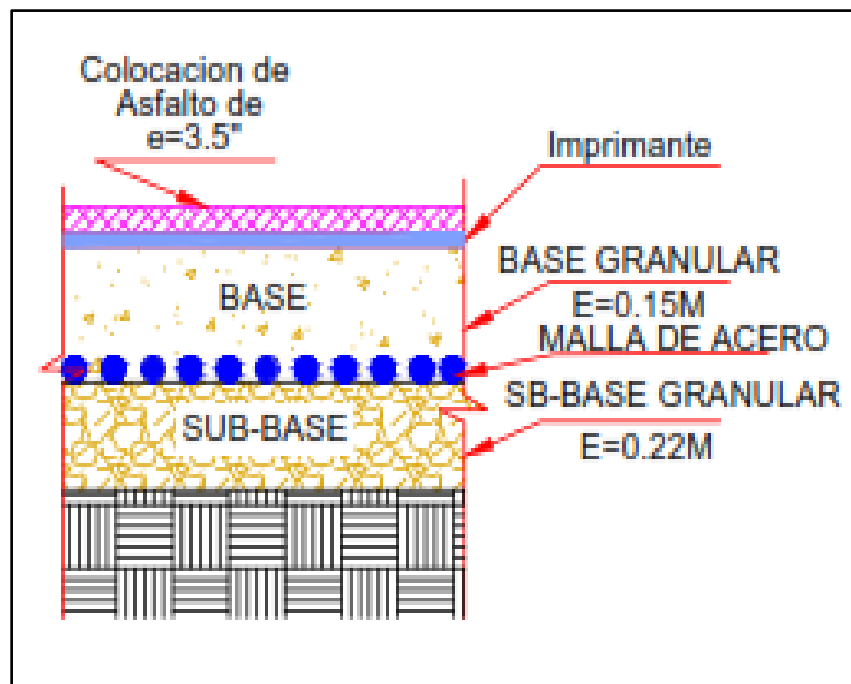
	Capa granular sin malla	Capa granular con malla de acero
<b>Base</b>	15.24 cm	15.24 cm
<b>Subbase</b>	39.03 cm	22.25 cm
<b>Espesor total</b>	<b>54.27 cm</b>	<b>37.49 cm</b>

**Tabla 48.** Variación de espesores  
Elaborado por: los autores

Adaptando la malla de acero hay una reducción de espesor en la capa granular de 16.78 cm.



**Figura 13.** Corte transversal del pavimento flexible tradicional  
Elaborado por: los autores



**Figura 14.** Corte transversal del pavimento flexible con malla de acera  
Elaborado por: los autores

## 4.5 Análisis económico

Presupuesto	1202005	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200. VENTANILLA - CALLAO	Página	1	
Subpresupuesto	005	PAVIMENTO FLEXIBLE			
Cliente	0105.A		Costo al	14/11/2016	
Lugar	CALLAO ■ CALLAO ■ VENTANILLA				
Item	Descripción	Unid.	Metrado	Precio \$/	Parcial \$/
01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				312,327.14
01.01	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	98,535.82	1.73	312,327.14
02	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				26,000.00
02.01	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.02	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.04	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	pln	1.00	3,000.00	3,000.00
02.06	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD	pln	1.00	3,000.00	3,000.00
03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				4,357,328.44
03.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE (CIEQUIPO)	m <sup>3</sup>	78,080.80	8.53	897,289.94
03.02	EXCAVACION MANUAL PARA SARDINELES	m	18,583.88	5.95	110,523.81
03.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE CIVOLUQUETE 10 M3, D=10 KM	m <sup>3</sup>	110,883.71	32.02	3,543,481.99
04	<b>MEJORAMIENTO DE CALZADA</b>				5,141,047.37
04.01	SUB BASE GRANULAR E=0.38 M	m <sup>2</sup>	88,883.00	32.13	2,866,370.36
04.02	BASE GRANULAR E=0.15M	m <sup>2</sup>	88,883.00	14.74	1,313,688.22
04.03	CARRETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3.5"	m <sup>2</sup>	88,883.00	54.62	4,831,983.79
05	<b>SARDINELES</b>				488,300.14
05.01	ENCOPRADO Y DESENCOPRADO NORMAL	m <sup>2</sup>	3,215.76	81.79	262,919.65
05.02	CONCRETO F'c 175 KG/CM2 SARDINEL REVALTADO	m <sup>2</sup>	4,985.85	39.88	998,942.18
05.03	FIBRA CRAMIK LH 50/10 PARA SARDINELES	kg	7,711.12	5.25	40,583.49
05.04	JUNTA DE DILATACION EN SARDINEL	m	1,488.79	6.75	9,999.99
06	<b>VEREDAS DE CONCRETO</b>				1,731,504.38
06.01	REFINIR, NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN VEREDAS Y PASADIZOS - C/PLANCHA COMPACTADORA	m <sup>2</sup>	46,751.26	4.79	221,800.07
06.02	BASE AFIRMADA PARA VEREDA E=0.13m/ C/PLANCHA COMPACTADORA	m <sup>2</sup>	46,751.26	14.94	698,765.70
06.03	VEREDAS DE CONCRETO PREMEZCLADO E=15 CM F'c=175KG/CM2, PASTA 1:2 (INC.ENCOPRADO Y BRUÑADO)	m <sup>2</sup>	18,042.58	47.11	849,985.94
06.04	JUNTA DE DILATACION	m	3,711.68	7.63	28,308.77
07	<b>SEÑALIZACION CON PINTURA DE TRAFICO</b>				72,208.42
07.01	SEÑALIZACION HORIZONTAL CON PINTURA DE TRAFICO - LINEA CONTINUA	m	4,985.85	9.60	47,881.12
07.02	PINTURA DE SIMBOLOS, LETRAS Y ZONAL	m <sup>2</sup>	1,326.79	19.00	25,327.30
08	<b>VARIOS</b>				2,088,194.87
08.01	PISO ADOQUINADO DE CONCRETO 10.5X21X4 CM	m <sup>2</sup>	25,708.66	84.57	2,182,719.47
08.02	NIVELACION DE BUZONES	m	500.00	381.10	190,550.00
08.03	TAPA DE CONCRETO PARA BUZON	m	50.00	417.81	20,890.50
09	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>				4,000.00
09.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	pln	1.00	4,000.00	4,000.00
	COSTO DIRECTO				18,258,718.88
	GASTOS GENERALES 6%				1,095,503.13
	UTILIDAD 6%				1,095,503.13
	<b>SUBTOTAL</b>				20,450,885.12
	IGV 18%				3,681,158.32
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				24,132,043.44

SON: VENTICUATRO MILLONES CIENTO TRENTIDOS MIL CUARENTYCUATRO Y 441/100 SOLES

**Tabla 49.** Presupuesto del pavimento flexible sin malla de acero  
Elaborado por: los autores

## Presupuesto

Presupuesto	1202005	INFLUENCIA DE LA MALLA DE ACERO PARA REDUCIR EL COSTO EN LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. 200 VENTANILLA - CALLAO
Subpresupuesto	005	PAVIMENTO FLEXIBLE CON MALLA DE ACERO
Cliente	SI DSA	
Fecha		Costo al 14/11/2018
Lugar	CALLAO ■ CALLAO ■ VENTANILLA	

Item	Descripción	Unid.	Metrado	Precio \$1	Prestar \$1
01	TRABAJOS PRELIMINARES				312,327.14
01.01	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	99,535.92	1.73	312,327.14
02	SEGURIDAD Y SALUD				28,000.00
02.01	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.02	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.04	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	pln	1.00	5,000.00	5,000.00
02.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	pln	1.00	3,000.00	3,000.00
02.06	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD	pln	1.00	3,000.00	3,000.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,317,828.41
03.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE (CIRCUPO)	m3	48,945.58	8.63	421,082.06
03.02	EXCAVACION MANUAL PARA SARDINELES	m	18,583.60	5.95	110,523.61
03.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE CIVOLQUETE 10 ML, D=10 CM	m3	55,072.20	32.02	1,763,411.94
04	MEJORAMIENTO DE CALZADA				5,932,872.42
04.01	SUB BASE GRANULAR E=0.22 M	m2	88,863.00	20.50	1,840,891.50
04.02	MALLA DACERO REFORZO Y REHABILITACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE INC. COLOCACION	m2	88,863.00	9.98	886,233.94
04.03	BASE GRANULAR E=0.15M	m2	88,863.00	14.74	1,323,696.22
04.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3.5"	m2	88,863.00	54.92	4,851,980.78
05	SARDINELES				488,082.14
05.01	ENCOPRADO Y DESENCOPRADO NORMAL	m2	3,916.78	81.79	342,019.00
05.02	CONCRETO P.C 175 KG/CM2 SARDINEL PENALIZADO	m3	4,885.95	39.96	195,942.18
05.03	FIBRA DRAMIX LH 50/10 PARA SARDINELES	kg	7,711.12	5.38	41,583.48
05.04	JUNTA DE DILATACION EN SARDINEL	m	1,485.79	6.70	9,943.68
06	VEREDAS DE CONCRETO				1,732,534.38
06.01	REFIN. NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN VEREDAS Y RAMPA - C/PLANCHA COMPACTADORA	m2	46,751.26	4.74	221,000.97
06.02	BASE AFIRMADA PARA VEREDA E=0.10m. C/PLANCHA COMPACTADORA	m2	46,751.26	14.94	698,788.70
06.03	VEREDAS DE CONCRETO PREMEZCLADO E=4" F=175KG/CM2, PASTA 1:2 (ENCOPRADO Y BRUÑADO)	m2	18,042.58	47.11	848,855.94
06.04	JUNTA DE DILATACION	m	3,711.88	7.60	28,208.77
07	SEÑALIZACION CON PINTURA DE TRAFICO				72,218.42
07.01	SEÑALIZACION HORIZONTAL CON PINTURA DE TRAFICO - LINEA CONTINUA	m	4,885.95	9.60	47,001.12
07.02	PINTURA DE SIMBOLOS, LETRAS Y ZONAL	m2	1,306.70	59.00	78,217.30
08	VARIOS				2,025,104.87
08.01	PISO ADOQUINADO DE CONCRETO 18.50/104 CM	m2	28,708.68	84.57	2,423,719.47
08.02	NIVELACION DE BUZONES	m	503.00	381.10	192,856.00
08.03	TAPA DE CONCRETO PARA BUZON	m	50.00	417.81	20,890.50
09	IMPACTO AMBIENTAL				4,000.00
09.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	pln	1.00	4,000.00	4,000.00
	COSTO DIRECTO				18,071,243.68
	GASTOS GENERALES 6%				984,274.75
	UTILIDAD 6%				984,274.75
	SUBTOTAL				17,869,793.18
	IGV 6%				3,238,963.17
	TOTAL PRESUPUESTO				21,108,756.35

SON: VEINTUN MILLONES DOSCIENTOS TREINTAYOCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTAYOCHO Y 55/100 SOLES

**Tabla 50.** Presupuesto del pavimento flexible con la malla de acero  
Elaborado por: los autores

De las tablas 49 y 50 se puede observar que hay una diferencia de presupuesto de 11.99% siendo el más económico el pavimento flexible con malla de acero.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

Las cuatro discusiones siguientes versan sobre el análisis del estudio de suelo, estudio de tráfico, diseño de pavimento flexible reforzado y constituyen el aporte más importante de esta investigación.

- a) Del análisis de suelos dio como resultado que tipo de suelo predomina en la zona, según SUCS es arena mal gradada, eso quiere decir que las partículas son aproximadamente del mismo tamaño, también se obtuvo las densidades húmedas y secas.

Los resultados del CBR se obtuvieron por el ensayo de penetración dinámica de cono, la cual arroja un resultado de 8.9%, por ende, la resistencia del suelo es buena.

- b) Del estudio de tráfico se obtuvo el IMDa, resultando 558 veh/día, siendo esta una carretera de segunda categoría, puesto que si este valor cambia el diseño del pavimento flexible variaría dando otros resultados.
- c) En cuanto al diseño del pavimento, el CBR es regular puesto que si este fuese menor, se tendría que mejorar la subrasante del proyecto.

- d) Al aplicar la malla se reduce la capa granular, por ende, se reduce los gastos en traslado de material granular y reducción de cuadrillas.

## CONCLUSIONES

Las cuatro conclusiones siguientes versan sobre el análisis del estudio de suelo, estudio de tráfico, diseño de pavimento flexible reforzado y constituyen el aporte más importante de esta investigación.

1. La malla de acero sí influye en la rehabilitación del pavimento flexible, puesto que el presupuesto del pavimento flexible tradicional dio un resultado de 24,239,044.44 soles, mientras que el presupuesto usando la malla de acero dio un resultado de 21,239,758.55 soles; por ende, se reduce el presupuesto en 11.99%.
2. El análisis de mecánica de suelos sí influye en la rehabilitación del pavimento flexible, puesto que ayudó a resolver que tipo de suelo, características y la resistencia del suelo.
3. El estudio de tráfico sí influye en la rehabilitación del pavimento flexible, puesto que determina el clases de vehículos que pasaron por el área y con qué regularidad pasan por la Av. 200. Al tener estos resultados, se obtuvo el número de eje equivalente.
4. Con la malla de acero se logró reducir el espesor de la subbase en 42.99 % para la rehabilitación del pavimento flexible.





## RECOMENDACIONES

Luego de examinar a fondo las conclusiones a las que se llegó en la presente investigación, se dan las siguientes cinco recomendaciones.

1. Tener en cuenta que la base granular del pavimento flexible con la malla de acero solo se puede reducir en 6pulg o 15cm, según recomendación AASHTO.
2. Utilizar un mayor número de calicatas para tener información precisa de los clases de suelos que conforman el área de estudio.
3. Monitorear constantemente la zona con respecto al tráfico y el peso máximo concedido por eje, para así conservar la vida útil calculada del pavimento.
4. Aplicar la malla de acero en el pavimento flexible, esto resultará beneficioso puesto que se reducen los costos con respecto al pavimento flexible convencional.
5. Continuar la investigación realizando ensayos de laboratorio para poder obtener parámetros comparativos.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Bibliografía

- Tapia, M. A. (2011). *Pavimentos*. Ciudad de Mexico, Mexico: Universidad Nacional Autonoma de México.
- Gavilanes Dávila, N. (2012), Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua - La Maná – Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Católica de Quito. Quito, Ecuador
- Yarango Serrano, E. (2014), Restauración de las vías de acceso de la Asociación Minera Cerro Verde (SMCV), que se ubica la kilómetros de la región de Uchimayo en Arequipa. 0+ 000 al km 1 + 900 km. Utilice el sistema bitufor para reducir el reflejo de las grietas y prolongar la vida útil de la carretera (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Humpiri, K. (2015), Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno. (Tesis de Maestría). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- Rengifo Arakaki, k. (2014), Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189) (tesis de pregrado). Universidad Pontificia católica del Perú. Lima, Perú.

Vergara, A. (2014), Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014 (tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Ensayos de Laboratorio. Lima, Perú: El Ministerio.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, Perú: El Ministerio.

### **Online**

Prodac. (2018, 02 de febrero). Soluciones confiables para el control de la erosión. *Prodac*. Recuperado de <https://prodac.bekaert.com/>

## ÍNDICE DE ANEXOS

Página

1. Matriz de consistencia
2. Plano de ubicación
3. Plano de calicatas
4. Estudio de suelos
5. Perfil de suelos
6. Granulometría
7. Ensayo de CBR
8. Plano de arquitectura
9. Plano de detalles
10. Plano de progresivas