



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos
AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Reynaldo Herrera, Juan William

<https://orcid.org/0000-0003-2489-6879>

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

Línea de Investigación:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Línea de acción de responsabilidad social universitaria:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mis padres que siempre han estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr mis metas propuestas.

Agradecimiento

Agradezco también a mis maestros en general que me formaron durante todo este proceso. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres, quien a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización.....	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.5. Procedimiento	35
3.6. Método de análisis de datos	36
3.7. Aspectos éticos	36
IV. RESULTADOS.....	38
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tabla N° 1: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn.....	15
Tabla N° 2: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn.....	15
Tabla N° 3: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn.....	16
Tabla N° 4: Índice de serviciabilidad.....	16
Tabla N° 5: Confiabilidad y desviación estándar	17
Tabla N° 6: CBR mínimo para la sub base granular	19
Tabla N° 7: Valores para la resistencia del concreto	19
Tabla N° 8: Condiciones de drenaje	20
Tabla N° 9: Coeficiente de drenaje cd.....	20
Tabla N° 10: Valores de coeficiente de transmisión de carga (J).....	20
Tabla N° 11: Tasa anual de tráfico y su proyección.....	22
Tabla 12: Resumen de resultados de análisis de granulometría y límite de consistencia.....	39
Tabla 13: Resumen de resultados de Proctor modificado.	40
Tabla 14: Resumen de resultados de CBR.	40
Tabla 15: Resumen de datos para el cálculo del pavimento rígido – AASHTO 93.....	41
Tabla 16: Resumen de datos para el cálculo del pavimento rígido – PCA.	42
Tabla 17: Resultados de espesor de la capa subbase granular.....	42
Tabla 18: Resultados de espesor de la losa de concreto.	43
Tabla 19: Volúmenes totales de la estructura del pavimento	44
Tabla 20: Análisis de precios unitarios de la sub base granular.....	45
Tabla 21: Análisis de precios unitarios de la losa de concreto.	46
Tabla 22: Costo del pavimento rígido mediante el método AASHTO 93 (S/)......	46
Tabla 23: Costo del pavimento rígido mediante el método PCA (S/).	47
Tabla 24: Costo del pavimento rígido por ambos métodos.....	47
Tabla 25: Resultados de espesor de la capa subbase granular.....	48
Tabla 26: Resultados de espesor de la losa de concreto.	49
Tabla 27: Comparación de costos de diseño del pavimento por las metodologías AASHTO 93 y PCA	50

Índice de figuras

Figura N° 1: Partes de la estructura según el tipo de pavimento.....	11
Figura N° 2: Distribución concerniente a pavimento rígido.	12
Figura N° 3: Manual de carreteras para el método AASHTO 93.....	13
Figura N° 4: Ecuación para el cálculo del espesor del pavimento.	14
Figura N° 5: Estado del pavimento.....	17
Figura N° 6 CBR y módulo de reacción de la subrasante.	18
Figura N° 7: Ecuación para el coeficiente de reacción.	19
Figura N° 8: Factor de distribución por carril de 2 o 3 en 1 dirección.....	22
Figura N° 9: Tabla de tensión sin berma de concreto.	23
Figura N° 10: Tabla de tensión con berma de concreto.	24
Figura N° 11: Factor de tensión.....	24
Figura N° 12: Ábaco análisis de fatiga.	25
Figura N° 13: Factor de erosión con dowels y sin bermas.	26
Figura N° 14: Factor de erosión sin dowels y sin bermas.	26
Figura N° 15: Factor de erosión con dowels y con bermas.....	27
Figura N° 16: Factor de erosión sin dowels y con bermas.	27
Figura N° 17: Factor de erosión sin dowels y con berma.	28
Figura N° 18: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 1.	30
Figura N° 19: Pavimento con dowels en juntas, categoría 2.	30
Figura N° 20: Pavimento con dowels en las juntas, categoría 3.	31
Figura N° 21: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 3.	31
Figura N° 22: Pavimento con dowels en juntas, categoría 4.	32
Figura N° 23: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 4.	32
Figura N° 24: Mapa de ubicación del proyecto de investigación.....	38
Figura N° 25: Espesor de la capa subbase granular.	42
Figura N° 26: Calculo del espesor de la losa de concreto.....	43
Figura N° 27: Espesor de la losa de concreto.....	44

Figura N° 28: Costo del pavimento rígido por ambos métodos.....	47
Figura N° 29: Espesor de la capa subbase.....	48
Figura N° 30: Espesor de la losa de concreto.....	49
Figura N° 31: Costo según metodología.	50
Figura N° 32: Costo de las capas del pavimento rígido.....	50

Resumen

La investigación, tuvo como objetivo general evaluar un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA. El tipo de investigación es aplicada. El diseño de la investigación es de tipo experimental, de tipo cuasi experimental. La población es la avenida Retablo del distrito de Comas. La muestra es el cruce con la avenida los Ángeles hasta el cruce con la calle 10. El muestreo fue no probabilístico. En el procedimiento primero se realizó el estudio de tránsito vehicular, segundo se realizó el estudio de mecánica de suelos, tercero diseño del pavimento con la metodología AASHTO 93, cuarto diseño del pavimento con la metodología PCA y quinto se analizó los costos. Los resultados del espesor de la losa de concreto a través de la metodología AASHTO 93 y PCA se obtuvo espesores de 17.27 centímetros y 20 centímetros; respecto al espesor de la subbase granular a través de la metodología AASHTO 93 y PCA se obtuvo espesores de 15 centímetros y 18.52 centímetros. En costos según la metodología AASHTO 93 y PCA se obtuvo costos de S/ 902849.14 y S/ 1051479.98 respectivamente. La conclusión en el espesor del pavimento calculado con la metodología AASHTO 93 se obtuvo un espesor de 2.73 centímetros menos que el PCA 84, en la subbase granular según la metodología AASHTO 93 y PCA se obtuvo 15 centímetros y 18.52 centímetros respectivamente. El costo del pavimento mediante el método AASHTO 93 es S/ 148630.84 menos que el PCA. Concluyendo que el método más óptimo es el AASHTO 93.

Palabras clave: Pavimento, tránsito, AASHTO, PCA, costos, espesor.

Abstract

The general objective of the research was to evaluate a rigid pavement by applying the AASHTO 93 and PCA methods. The type of research is applied. The research design is experimental, quasi-experimental. The population is Retablo Avenue in the district of Comas. The sample is the crossroads with Los Angeles Avenue up to the crossroads with 10th street. In the procedure, first the study of vehicular traffic was carried out, second the study of soil mechanics, third the pavement design with the AASHTO 93 methodology, fourth the pavement design with the PCA methodology and fifth the costs were analyzed. The results of the thickness of the concrete slab through the AASHTO 93 and PCA methodology showed thicknesses of 17.27 centimeters and 20 centimeters; regarding the thickness of the granular subbase through the AASHTO 93 and PCA methodology, thicknesses of 15 centimeters and 18.52 centimeters were obtained. In costs, according to the AASHTO 93 and PCA methodology, costs of S/ 902849.14 and S/ 1051479.98 were obtained, respectively. The conclusion in the thickness of the pavement calculated with the AASHTO 93 methodology was 2.73 centimeters less than the PCA 84, in the granular subbase according to the AASHTO 93 and PCA methodology, 15 centimeters and 18.52 centimeters were obtained, respectively. The cost of the pavement using the AASHTO 93 method is S/ 148630.84 less than the PCA. It is concluded that the most optimal method is AASHTO 93.

Keywords: Pavement, traffic, AASHTO, PCA, cost, thickness.

I. INTRODUCCIÓN

Se sabe que en la actualidad los pavimentos (Rígidos o Flexibles), son un factor de mucha importancia para que un país se desarrolle económicamente y también socialmente, porque permite una comunicación más rápida de los ciudadanos. Por ello, es muy importante que un pavimento se construya de la mejor manera empleando todas las normas para que el pavimento dure muchísimo en beneficio para la población. De esa manera un pavimento en óptimo estado permite una circulación fluida, segura y cómoda. Aparte de ello, si el pavimento está en óptimo estado reduce los costos de (Operación – Mantenimiento). Dentro del país el (MTC) es el encargado en el diseño de pavimentos y también está el (RVN) que se encarga del mejoramiento de los pavimentos cuando se encuentran en pésimo estado.

A parte de ello, en la actualidad en los países vecinos y nuestro país emplean la normativa AASHTO 93 para diseñar pavimentos flexibles y el PCA para diseñar pavimentos rígidos estos métodos se emplean desde muchos años atrás. Lo cual, se puede analizar que estos métodos son muy confiables porque ya se realizó muchísimos proyectos con relación a diseño de infraestructuras viales con ingenieros muy capacitados.

Los problemas que existe hoy en día en el distrito de Comas es básicamente el malestado en el que se encuentran los pavimentos. Esto debido a, la falta de mantenimiento, haciendo un simple recorrido por dicho distrito se puede apreciar que existen diversos tipos de fallas tales como huecos, ahuellamientos, desprendimiento, parcheo, fisuras longitudinales, entre otras fallas. La importancia principal de esta investigación es ayudar a solucionar el problema que se presenta en dicho distrito, cuando esto se haga realidad la vida de las personas va mejorar. También, ayudara a mejorar la circulación vehicular. Por lo que, se plantea un objetivo que es ver cuál es el método más apropiado para diseñar un pavimento rígido.

Dentro del distrito de Comas el 75% de los pavimentos están deteriorados mejor dicho están en mal estado y el otro 25% está en mantenimiento o también se puede decir normal. Básicamente los pavimentos (Asfálticos –

Rígidos) están en mal estado, esto a causa de tráfico pesado, diseño, proceso constructivo, llegando a afectar a las personas que transitan a diario por dicha zona. Por otro lado, hoy en día en el distrito de Comas se puede apreciar que diariamente hay muchos accidentes de tránsito esto a causa de que los pavimentos se encuentran en pésimo estado, los pavimentos presentan una serie de fallas cuya prevención no es tomada en cuenta por operaciones de mantenimiento. Este problema nunca llega a tener una solución, esto hace que ocurran los problemas de tráfico vehicular.

La formulación del problema es el que nos ayudara hacernos la pregunta durante esta investigación para ello tendremos que enfocarnos en 3 problemas específicos. Dentro del Problema general tenemos lo siguiente: ¿Cuál será el resultado de un estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021? Como problemas específicos tenemos los siguientes:

¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021? ¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021? ¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021?

Como justificación teórica tenemos: Se tiene que realizar los métodos y procedimientos que están establecidos en una norma que se especifica a continuación: MANUAL DE CARRETERAS (“SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS”) y el MANUAL (“DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN CARRETERAS Y CALLES”). Metodológica: Permitirá elegir cual es el método más óptimo de diseño de pavimento rígido para luego ser aplicado. Práctica: La investigación esta básicamente orientado a calificar cuál de los métodos de diseño es el más óptimo para luego ser aplicado. Social: Mediante esta investigación se comprobará si dicho análisis aporta para determinar el método más optimo en la Av. Retablo del distrito de Comas. Ambiental: El pavimento ayudara a

reducir la contaminación ambiental, convirtiendo los gases nocivos en sólidos inocuos. Económica: Mediante la presente investigación se busca obtener el método más óptimo de lo esperado y que sea de bajo precio.

Dentro de los objetivos de la presente investigación tenemos. Como objetivo general: Evaluar un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la Av. Retablo. Por otro lado, se tienen los objetivos específicos que se detallan a continuación: Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular en la Av. Retablo. Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto en la Av. Retablo. Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo en la Av. Retablo.

Dentro de la hipótesis general se tiene: Existen diferencias en el resultado del estudio de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA en la Av. Retablo. Como hipótesis específicas: Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular en la Av. Retablo. Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto en la Av. Retablo. Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo en la Av. Retablo, Comas, Lima – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Carrión (2016), en esta investigación tiene como objetivo estimar factores que producen fisuras en el pavimento rígido. La metodología fue descriptiva y transversal donde la población se tomó dentro de la urbanización (paseo del Mar) en el distrito de (nuevo Chimbote), como muestra se optó por las calles 19, 25, 14 Domus. Por medio de, una inspección al pavimento que se encuentra en dicho lugar, se cuantificó e identificó ciertos daños que existen dentro de la vía. Determinando cuáles el tipo de deterioro (A o B). en base a la extensión (Profundidad, ancho y longitud), esto se califica de acuerdo al grado de severidad o gravedad de 1: Moderados, 2: Severos o 3: Leves. Entre los resultados se tiene que la calle 19 ubicada en la urbanización Paseo del Mar es la que tiene gran parte de fallas tales como hundimiento, fisuras, y compactado. Aparte de ello, se aprecia que en dicha calle hay mayor número de grietas, esto hace que incrementa al paso del tiempo nuevas fallas. Por otra parte, en la mayoría de los tramos visualizados y estudiados se clasificó como un nivel de desgaste demasiado alto por lo que o tiene ningún sentido comparar zonas que tienen un porcentaje mayor con desgaste con las que tienen un porcentaje menor. Conclusiones: Se identificó que dentro del pavimento rígido existe un gran porcentaje de fallas tales como fisuras que están ubicados en la (Urbanización paseo del Mar). Lo que origina que estas fallas se den es porque dentro del pavimento no proyecta, relación (Longitud /Ancho en losa y también asentamiento de bloque. Las causas más comunes del pavimento que está ubicado en dicho lugar son por falta de mantenimiento, fisuras (Transversales y Longitudinales), y por último la mala aplicación de sellos elastómeros.

Azañero (2015), la investigación tiene como objetivo, comparar un diseño de un pavimento (Rígido) aplicando los métodos PCA y AASHTO 93. El objetivo fue exponer el plan de construcción de un pavimento rígido de la carretera Jancos, a través del procedimiento de plan de pavimentos rígidos adaptables con AASTHO 1993 y PCA, razonando que los espesores adquiridos a través de la filosofía de la AASHTO 993 tiene que ser de 0.15 metros y mediante la metodología PCA tienen que ser de 0.1584 metros.

Dicho diseño lo ara utilizando agregados de una cantera que está ubicado en (Jancos). El diseño de realiza con la finalidad de mejorar el tránsito (Vehicular – Peatonal), dentro de la localidad ubicado en (Jancos) empleando la metodología AASHTO 93. La metodología fue no experimental y descriptivo, la población se tomó a 120 familias de la localidad de Jancos y como muestra 92 familias de dicha localidad. Entre los resultados se realizó el conteo de vehículos durante 7 días calendarios. También se optó 20 años dentro del periodo de diseño. Dentro del (EMS) de la subrasante con fines de pavimentación se realizó 3 calicatas a una profundidad de 1.50 m. Con el único fin de que se conozca el perfil estratigráfico del estudio del suelo. Además de ello, se determinó que su topografía es ondulada, se realizó recomendaciones del método AASHTO 93 para saber cuáles son los parámetros de diseño que se empleó para dicho pavimento. Por otro parte, las características de los agregados con la cantera Chilete cumplen con los requisitos necesarios especificados por las normas técnicas peruanas. Conclusiones: Según el estudio topográfico se logró determinar que el centro poblado de Jancos tiene una topografía ondulada, el material proveniente de la calicata tres es apropiado. La cantera de agregados está dentro de las utilizaciones granulométricas indicadas en la ASTM D 422/C136. La estrategia utilizada para este plan fue la AASHTO 93, donde obtuvimos calidades de (20 cm) para la sub-base, (30 cm) en la base y (18 cm) en el interior de la fijación sin flexión, poniendo una oposición de 210 kg/cm² de obstrucción sustancial utilizando hormigón portland (Tipo 2) en rangos mayores de 3m por 3m.

Castillo (2017), esta investigación tiene como único objetivo, diseñar concreto donde se le agregue elastómero de tipo (Termoplástico), que va ser aplicado al pavimento, como única medida de mejorar los pavimentos de la ciudad de (Trujillo). En la metodología fue de tipo experimental porque no está sujeto a normatividad. Aparte de ello, se demostró que la permeabilidad empleada en cada tipo de muestrano se obtuvieron resultados como se esperaba. Resultados: A la luz de una mezcla que adicionalmente no tiene elastómero termoplástico, el resultado fue que la proporción (Agua - Cemento) es de 0,57, entonces de nuevo, en la proporción de materiales

para una dosis correcta tenemos eso: Cemento 1 (agregado grueso tenemos 3.08, agregado fino tenemos 2.96 y agua tenemos 0.44). Luego de realizar los ensayos referentes a concreto fresco se consideró un solo asentamiento para los diferentes tipos de mezcla. Donde, se consideró los ensayos que veremos a continuación: Ensayo de SLUMP o también de consistencia, ensayo peso unitario, ensayo en concreto fresco y por último ensayo de temperatura relacionado a concreto. En las Conclusiones tenemos: Que en el agrupamiento se obtuvo una sustancial $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, este agrupamiento fue adquirido por la técnica ACI. En base al elastómero plástico: Según el estudio realizado pertenece al grupo de los polímeros vulcanizados. En base a las propiedades de dicho concreto a 28 días de curado fue el siguiente: En la resistencia a compresión nos sale (286.76 kg/cm^2) y en la parte de resistencia a flexión nos dio (40.44 kg/cm^2) . Se pudo verificar que un 10% es lo que disminuyó con respecto al agregado (Fino) y dentro del elastómero termoplástico hubo mejores resultados.

Zavaleta (2016), en esta investigación llegó a la conclusión que a través de la estrategia AASHTO 1993 y el método PCA, el espesor de la losa de concreto tiene que ser las siguientes: Mediante el método AASHTO 93 el espesor adecuado tiene que ser de 17 centímetros, y con la metodología PCA el espesor tiene que ser de 20 cm. La estrategia utilizada fue no exploratoria (transeccional ilustrativa), ya que los factores no serán controlados y la información puede ser obtenida en un segundo solitario, para la población se considerará la base de la calle de la región de la revisión y como ejemplo los 2+401 km de la tierra en constante evolución repartidos según el campo de estudio. Resultados: Para el plan completado por el sistema AASHTO, podemos rastrear un módulo de respuesta para la subrasante aplicando dos técnicas, utilizando la ecuación dada por la propia AASHTO y aplicando el nomograma, donde elegiremos la receta ya que es significativamente más ideal. El aseguramiento de las juntas es vital para evitar roturas en el asfalto, igualmente es importante para la estimación de la cantidad de tacos necesarios para el asfalto. Fin: Para obtener el recuento prácticamente definitivo de los vehículos semana a semana se realizó una revisión llamada (Estudio de tráfico de vehículos) de los cuales el 79,60%

tienen un lugar con vehículos ligeros (M1) mientras que el 20,40% a vehículos pesados (N1, N2), la información básica para una configuración de asfalto es el estudio de tráfico de vehículos. Para los planes de asfalto sin flexión según los enfoques aplicados (PCA y AASHTO), se aplicaron espesores de 17-20 todavía en el aire dentro de la sección sustancial, por separado en la base granular (15 cm) en las dos estrategias.

Zapata (2017), en su investigación tiene como único el objetivo es decidir una correlación sobre los asfaltos inflexibles a través de las dos técnicas (PCI y AASHTO), para lo cual se completa una investigación. La técnica es clara y cercana a la luz de las estrategias del plan mencionadas anteriormente, para lo cual se propone una filosofía de revisión en vista de tres partes primarias. En primer lugar, la auditoría de la escritura en vista del tema que se va a contemplar. En segundo lugar, para fomentar la exploración, debe fundarse en un examen similar y tener un retrato de varias técnicas de configuración de asfaltos sustanciales reconocidas en la norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Por último, se planificarán los asfaltos no flexibles siguiendo las estrategias concentradas para decidir los contrastes especializados y subjetivos. Resultados: Los planos de los espesores indicados por las técnicas descritas se considerarán como calidades estables. La técnica de la AASHTO sugiere por implicación la solvencia del cliente a través de la trabajabilidad en la variable (Delta PSI). La estrategia PCA 84 utiliza la cantidad de reiteraciones que provocan la rotura, que se basa en el módulo de la grieta (M_r). Sólo la estrategia PCA 84 piensa en la presencia de terraplenes o sardineles sustanciales en sus tablas de planos. Fin: Los espesores obtenidos por la filosofía PCA 84 no son exactamente los adquiridos al aplicar la técnica AASHTO 93. Aparte de eso, se infiere que al aplicar la estrategia AASHTO 93 se rastrea significativamente más moderado que la técnica (PCA 84). Debido a la forma en que con la utilización de la técnica PCA 84 se adquieren los espesores de recubrimiento, muy bien puede considerarse que esta estrategia es más eficiente prácticamente hablando que la AASHTO 93 debido a la disminución del material a utilizar en el desarrollo.

Vásquez (2014), en su investigación tiene como único objetivo ver el (Costo y el Diseño) que se asocia para un pavimento rígido. En la que adquirieron resultados a través del cálculo por la técnica AASHTO 93, en la subbase granular el costo fue de S/ 80, 455.60 y a través del método PCA, se obtuvo un gasto de S/ 100, 560.25; teniendo una diferencia de S/ 20, 104.65. Por otro lado, tenemos los costos en la losa de concreto, con la metodología AASHTO 93 tiene un costo de S/ 850, 700.87 y con el método PCA un costo de S/ 980, 050.70 soles teniendo una diferencia de S/ 129, 349.83 soles. El planteamiento es similar y claro. Resultados: para la estimación de (EJES EQUIVALENTES) se utiliza el (MOP) en su volumen número III. Además de ello, se aprecia que hay una evidencia referente en los sectores de la red que están alejados en el punto de control los pesos son mayores. El índice de serviciabilidad inicial (p_i) es igual a 4.2 y el índice de serviciabilidad final es 2.0. Un dato importante es la vida de diseño dentro de lo que es (Periodo de diseño) en este caso es 20 años. Lo mencionado anteriormente es cuando se considera el tráfico presentado en la ruta. La estructura de dicho pavimento se conforma por una subbase y una base (granular) adecuando al módulo resiliente de diseño de (84.449 Mpa). Como conclusiones tenemos: Un cierto análisis en base al estudio del pavimento rígido. Este pavimento está orientado en los aspectos principales. Primero es lo que es el funcional dicho aspecto tiene mucha preponderancia en el diseño. Segundo está el aspecto económico esto se da en la inversión inicial porque cumple con las condiciones que se pide en la normativa del pavimento de concreto armado.

Ortega (2002), en este examen espera obtener una ayuda estratégica en lo que respecta al plan de nuevos pavimentos. Lo anterior se desprende de la guía (AASHTO 93) considerando los modelos mecánicos y observacionales y en las propiedades fundamentales de los materiales. Dentro del procedimiento en la evaluación en curso, se utilizó un tipo no exploratorio ya que las variables no serán controladas y los datos podrían ser obtenidos en un solo segundo. Resultados: Se observa que tanto la construcción adquirida con la técnica AASHTO 93 como la obtenida con el sistema PCA 84 presentan una conducta adecuada, validando que dentro de los

resultados están bien, aunque uno está más cerca de lo posible (PCA 84). Esto puede introducirse a que las estrategias tienen un tratamiento comparable de la variable, sin embargo, se debe realizar un refinamiento más profundo para tener una convicción más prominente de los resultados obtenidos. Finales: El sistema de afinamiento realizado no realiza dispositivos matemáticos de plan general para cualquier emprendimiento, sino que realiza reglas y rangos de reconocimiento para una tarea específica. La fiabilidad AASHTO 2002, establece la información sobre la conducta correspondiente a la expectativa con el objetivo de que el grado de calidad inquebrantable sea reconocido en el último período.

Zegarra y García (2015), en el objetivo de este examen es completar un plan conectado con el asfalto sustancial construido ajustando la fibra de acero para que el sustancial del plan de marco (calle) tenga una obstrucción más prominente. La filosofía de esta exploración es de tipo (Experimental - semi ensayo). Por lo tanto, un control de engranaje se hizo en la instalación de investigación para realizar varias pruebas. Resultados: Las cualidades significativas que fueron fotografiadas en base a las suciedades es su mugre. La motivación de esta marca es decidir los índices de componentes finos en cada ejemplo. Para lo cual, lo principal es lo que se acompaña. Examine el examen (Granulométrico) donde puede ver las distinciones en el % de componentes. A continuación, es necesario considerar el % de huecos, la forma, el tamaño de los totales para el plan de mezcla que se hará en un asfalto. Igualmente, juegue con una aglomeración sustancial con un porcentaje de vacíos del 2%. Finales: Basados en los totales estos dependen de una medida constante de mezcla previamente dosificada. Esto es principalmente en el ejercicio de compactación (Textura - Forma), donde se presentan partículas, como el coeficiente de consistencia, peso (Unitario - Específico) de dicho total. La lista típica diaria era de 46 veh/día. En vista de este registro, adquirimos el resultado de que la calle con tráfico ligero, por lo que se sugiere que el espesor del asfalto debe ser ($e=15$ cm). En esta línea, se consiente este límite, como se verifica por la información adquirida.

Antauro y Vega (2017), en la presente investigación tiene como único objetivo

medirla resistencia de las mezclas diseñadas (Resistencia a la compresión). La metodología que se empleó en la investigación es (Aplicada – Explicativa). Aparte de ello, su enfoque es (Cuantitativo de diseño experimental). Como muestra se tuvo 25 probetas. Se utilizó la observación como técnica y como instrumento un registro de datos. Resultados: Se obtuvo porcentajes de los tamices que se empleó en los ensayos. A parte de ello, se obtuvo las propiedades mecánicas y físicas de cada mezcla. Conclusiones: En base al análisis granulométrico de los agregados se realizó un análisis para utilizarlos en mezclas de concreto para agregado grueso y fino. Por otra parte, del concreto se analizó las propiedades (Físicas - Mecánicas) en ello se obtuvo lo siguiente (113.56 (kg/cm²) a 7 días, 177.70 (kg/cm²) a 14 días y 223.63 (kg/cm²) a 28 días).

Gómez y Figueroa (2015), en esta investigación tiene como objetivo realizar un estudio de pavimento (Rígidos o flexibles) empleando AASHTO. La metodología en esta investigación es de tipo empírico, mecanicista y mecanicista- empírico, porque los resultados están orientados en (Experiencias y experimentos), se conocen las características fundamentales de los materiales. Por otro lado, a través de modelos matemáticos se determinó las cargas del pavimento. Resultados: Según los estudios el método AASHTO 93 optimiza las variables para el diseño de pavimentos rígidos. Para ello, se utilizó un software para ver el nivel de confiabilidad, aparte de ello dicho diseño satisface la rugosidad y el criterio de fallas que se especifican en la investigación. Conclusiones: Se pudo evaluar las consecuencias cuando existen cargas por transitabilidad. Por otro lado, se consideró una utilización de materiales disponibles. Ejemplo, uso de material en pavimento (Flexibles o rígidos).

Pavimentos: En el tipo rígido es esencialmente una construcción basada en el suelo de un terreno que estará ligado al curso del tráfico de vehículos. Para ello, hay que hacer una configuración correcta del concreto para un curso protegido para los residentes que viajan día a día en las calles. Además, se añade para dispersar de la manera más ideal los montones dados por el atasco de la hora punta para mantener la estructura del

concreto en un estado ideal.

El armazón y la estructura de concreto se componen de capas de material elegidas. La figura 1 muestra las piezas de la construcción según el tipo de pavimento.

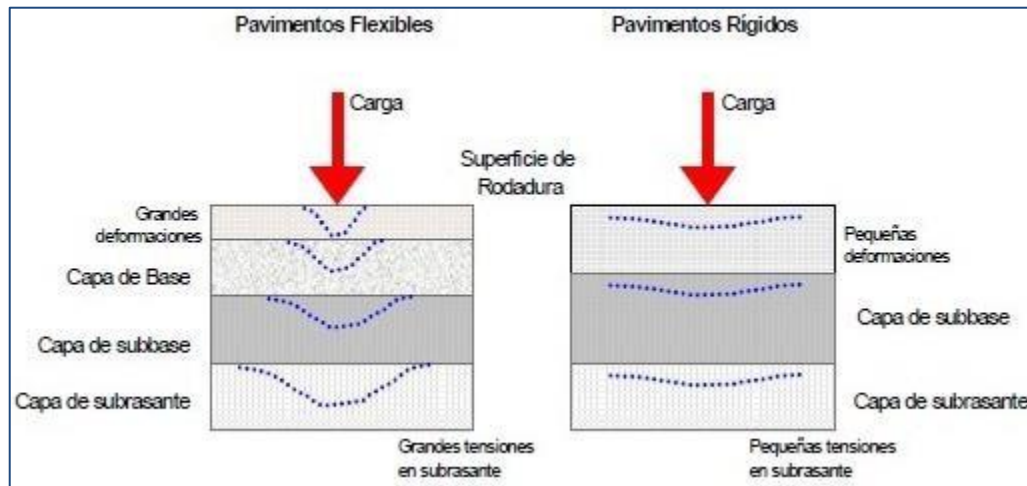


Figura N° 1: Partes de la estructura según el tipo de pavimento.

Fuente: Librería del ingeniero.

Normas peruanas del plan de (Pavimento rígido): La norma peruana CE.010 Pavimentos Urbanos tiene aplicación en todas las áreas urbanas del Perú. La razón de esta norma es establecer las necesidades de planificación, desarrollo, materiales y soporte para garantizar una gran ejecución.

El objetivo de la norma CE.010 es garantizar que un estudio se realice de la manera más idónea. Describe la información previa para ejecutar estudios como las investigaciones de campo, requisitos de materiales, ensayos de laboratorio y que se realiza controles de calidad cuando se esté realizando cualquier tipo de proyectoval. A parte de ello, se presentan metodologías aceptadas en nuestro país para diseñar pavimentos. Finalmente se presentan documentos que todo proyecto relacionado a pavimento tiene que tener, que son los planos de concreto, el informe especializado, las sutilezas, los segmentos y los detalles especializados.

La norma CE.010 expresa que para el plan de concreto se deben utilizar dos tipos de sistemas ya utilizados. Los que son propuestos por un establecimiento que es responsable de todo lo relacionado con el plan de concreto, ya sean las técnicas (AASHTO 93 y PCA). Por otro lado, hace

referencia a que para cualquier emprendimiento peruano es factible configurar siguiendo alguna otra técnica propuesta con la condición de que aclaren ideas fundamentales y especializadas para ser aplicadas en el campo.

Tipos de pavimento (Concreto): Los pavimentos se caracterizan por los materiales de los que están hechos. Por lo tanto, pueden subclasificarse según la presencia o no de tensiones. A continuación, se presentan los dos tipos de asfalto más habituales en la actualidad.

Pavimento rígido: Este pavimento se caracteriza por ser un diseño de 1 o 2 capas de materiales sostenidos sobre la base de tierra. Se compone fundamentalmente de un subsuelo, una base y además un trozo sustancial. Lo cual, estas capas están directamente apoyadas sobre un suelo o una subbase denominada (Segunda capa de material granular). Dentro de la figura 2, podemos visualizar una distribución de esfuerzos concerniente a pavimento rígido.



Figura N° 2: Distribución concerniente a pavimento rígido.

Fuente: UNT pavimentos.

Un pavimento rígido elaborado de concreto simple sin esfuerzo, en este pavimento se presenta como una opción para zonas de tránsito bajo. Ya que, será el concreto el que resistirá todas las cargas. Debido a esto, se deben considerar paños de distancia corta para garantizar una adecuada transferencia de cargas.

Pavimento rígido de concreto simple con esfuerzo en juntas, para este pavimento se tienen que colocar entre dos paños con la función de transmitir las cargas entre las mismas. En el diseño de juntas empleando pasadores tiene que ser realizado manteniendo el control de la funcionalidad de la junta de dilatación del concreto. Este pavimento permite mayor espaciamiento entre juntas.

Métodos de investigación para diseño de pavimentos: En la presente investigación emplearemos dos métodos que son el AASHTO 93 y PCA.

Para nuestro estudio de configuración de pavimento rígido aplicando el sistema AASHTO 93, nos basaremos en el MANUAL DE CARRETERAS (GEOLOGÍA, GEOTECNIA, SUELOS Y PAVIMENTOS) – En la SECCIÓN (SUELOS - PAVIMENTOS).



Figura N° 3: Manual de carreteras para el sistema AASHTO 93.

Fuente: Manual de carreteras

MÉTODO AASHO 93: Este método básicamente se encarga de establecer protocolos para que un diseño de un pavimento salga de la mejor manera.

Un pavimento de concreto con juntas se aplica a la realidad pública por su extraordinaria apertura y los tiempos de corte de arreglo que normalmente se utilizan por su increíble apertura y los tiempos de corte de arreglo que generalmente se utilizan. Este Manual propone la utilización de pavimento de concreto con juntas para las carreteras peruanas. Existen 3 tipos de pavimento de concreto: Pavimento con juntas, de concreto continuamente reforzados y reforzando con juntas.

La metodología AASHTO 93 calibra que, para los nuevos desarrollos, el pavimento rígido comience la administración a un nivel innegable. A largo

plazo, y con ello las reiteraciones de la carga de tráfico, el grado de administración disminuye. La técnica obliga a un último grado de administración que debe mantenerse hacia el final de la vida del pavimento. Debe mantenerse hacia el final del plazo del plan. A través de una interacción iterativa, se aceptan espesores de piezas importantes hasta que se alcanza la condición AASHTO 1993.

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_O + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Figura N° 4: Ecuación para el cálculo del espesor del pavimento.

Fuente: Manual de carreteras.

Dónde:

- $W_{8.2}$ = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño
- Z_R = desviación normal estándar
- S_O = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)
- C_d = coeficiente de drenaje
- J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas
- E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Para calcular el espesor de puede desarrollar directamente aplicando la fórmula AASHTO 93 mediante una hoja Excel, uso de nomogramas y mediante programas de cómputo.

Los parámetros que intervienes para este diseño son las siguientes:

Periodo de diseño

Según el manual para pavimento rígido será mínimo 20 años. Por consiguiente, el ingeniero de pavimentos podrá ajustar el periodo según el proyecto.

Variables

Tránsito de (ESAL)

El período está relacionado con la cantidad de tráfico en ese diseño. El plazo mínimo sugerido para el diseño es de 20 años. Una característica del método AASHTO 93 es reducir el efecto de tránsito colocando el concepto de ejes equivalentes. Por lo que, transforma las cargas de todos los vehículos en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton, denominados ESAL (equivalent single Axle load).

a) Caminos con bajo volumen de tránsito

Tabla N° 1: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
TP1	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
TP2	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
TP3	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
TP4	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras.

b) Caminos con un tránsito de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE

Tabla N° 2: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
TP5	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
TP6	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
TP7	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
TP8	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
TP9	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
TP10	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
TP11	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
TP12	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
TP13	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
TP14	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras.

c) Caminos que tienen mayor de 30'000,000 EE

Tabla N° 3: Número de ejes equivalentes de 8.2 tn

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
TP15	> 30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras.

Serviciabilidad

Este parámetro se caracteriza por el servicio de dos parámetros (Inicial y Final). Para luego calcular la variación diferencial entre ambas.

Tabla N° 4: Índice de serviciabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000		4.50	3.00

Fuente: Manual de carreteras.

El índice de serviciabilidad sirve para evaluar las condiciones del pavimento de la capa de rodadura.

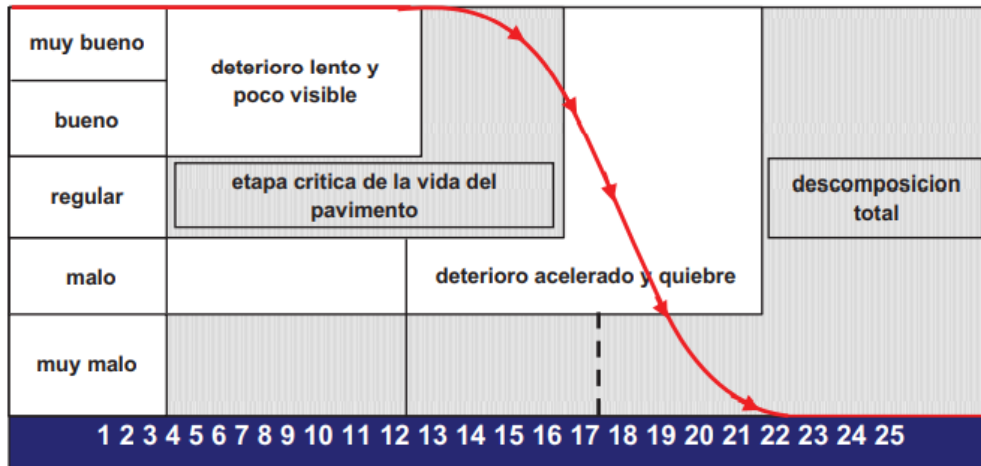


Figura N° 5: Estado del pavimento.

Fuente: Manual de carreteras

Confiabilidad “R” y la desviación estándar (So)

Cuantifica la variabilidad de los materiales, la supervisión y los procesos de construcción. Por otra, parte es un factor de seguridad que incrementa a lo largo el periodo de diseño en base a conceptos de variables involucradas.

Tabla N° 5: Confiabilidad y desviación estándar

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Manual de carreteras

El suelo y el impacto de las capas portantes (kc)

El corte que retrata el tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Asimismo, la mejora del nivel de soporte de la subrasante con la disposición de capas de rodamiento granulares o tratadas, cuyo efecto es la subrasante con la disposición de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que sigue a las condiciones de ayuda y puede disminuir el espesor dado. A esta mejora se le da el módulo de reacción ensamblado (Kc).

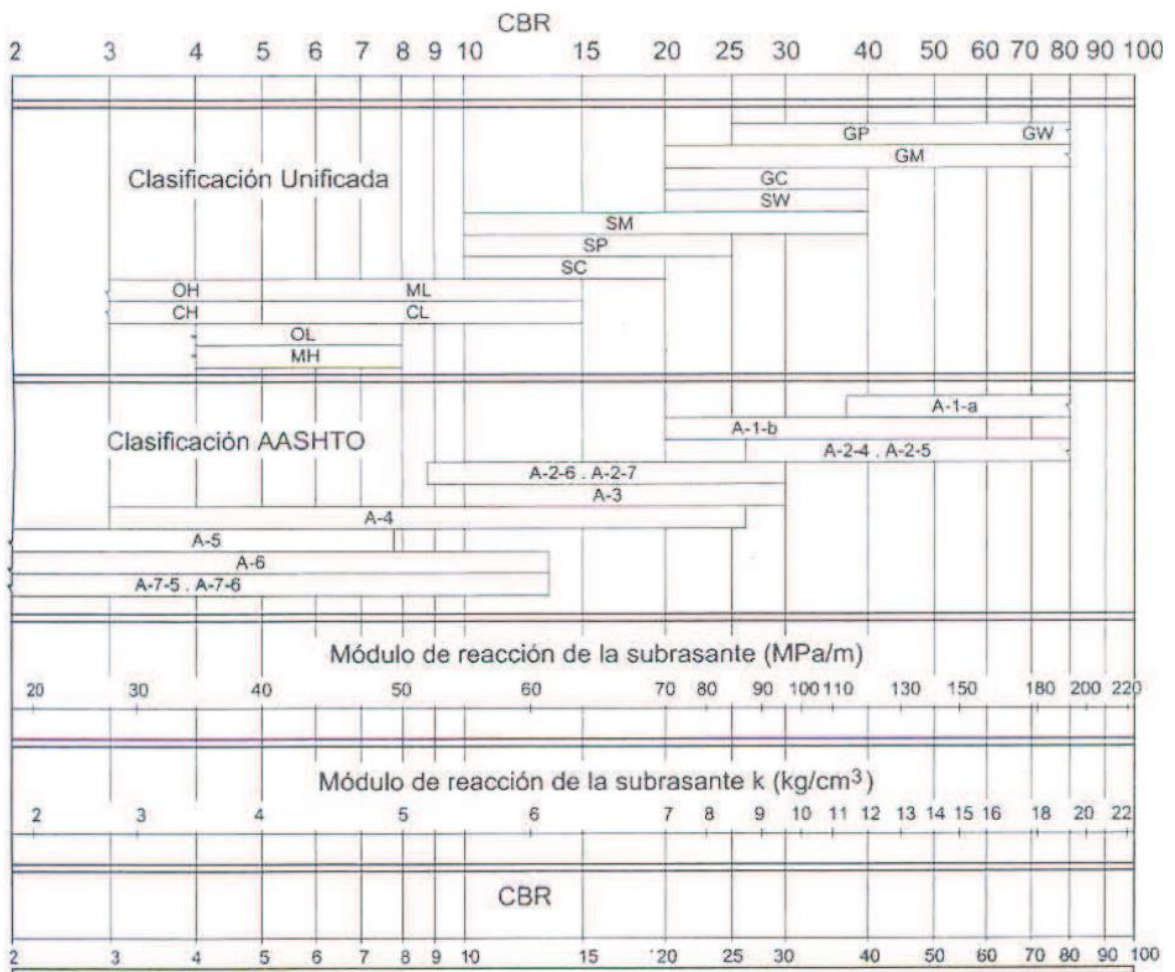
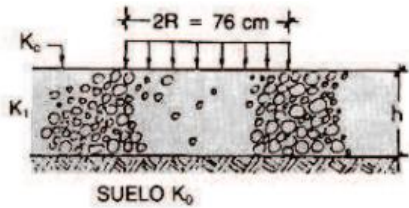


Figura N° 6 CBR y módulo de reacción de la subrasante.

Fuente: Manual de carreteras.

La presencia de la sub-base granular o de la base granular permite ampliar el coeficiente de respuesta del plan para el que se completará la condición de acompañamiento:



$$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

Figura N° 7: Ecuación para el coeficiente de reacción.

Fuente: Manual de carreteras

Tabla N° 6: CBR mínimo para la sub base granular

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para tráfico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para tráfico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

Fuente: Manual de carreteras.

Resistencia a flexotracción del concreto (MR)

También denominado como el módulo de rotura (MR). Dentro del ensayo a los 28 días deben ser ensayadas aplicando cargas forzando las fallas.

Tabla N° 7: Valores para la resistencia del concreto

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
$> 5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Manual de carreteras

El (Mr) se relaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la formula siguiente:

$$(Mr = a \sqrt{f'c} \text{ g/cm}^2). \text{ Dichos valores varían entre 1.99 y 3.18}$$

Módulo elástico del concreto

Es un parámetro para dimensionar estructuras de concreto armado. Donde se puede efectuar correlaciones establecidas en base a la resistencia del $E = 57,000x(f'c)^{0.5}$; (f'c en PSI) SHTO 93 indica que el módulo elástico se estima usando correlaciones, recomendada por el ACI.

El ensayo ASTM C – 469 calcula el módulo de elasticidad del concreto.

Drenaje (Cd)

Representa la probabilidad de que la estructura mantenga agua libre o humedad. Básicamente depende de los tipos de drenaje diseñados. Este coeficiente varía entre 0.70 y 1.25, para capas granulares se asume un coeficiente de 1.

Pasos para el cálculo el Cd

1.- Se determina el material de drenaje en base a sus dimensiones, granulometría y características de permeabilidad.

Tabla N° 8: Condiciones de drenaje

Calidad de Drenaje	50% de saturacion en:	85% de saturacion en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Fuente: Manual de carreteras

En el caso de que el material, tras su inmersión, cumpla con las necesidades de la mesa, será considerado como un residuo magnífico, grande, regular, pobre o excepcionalmente desafortunado.

2.- Luego se calcula el Cd utilizando en cuadro 14.9.

Tabla N° 9: Coeficiente de drenaje cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Manual de carreteras

Transferencia de cargas (J)

Se utiliza para el plan de concreto donde se comunica el límite entre juntas y roturas.

Tabla N° 10: Valores de coeficiente de transmisión de carga (J)

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: Manual de carreteras

Para el significado de los segmentos de la estructura de concreto en este manual se pensó que la (J) era de 3,2 pensando en la prueba AASHTO 93.

MÉTODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION):

Es básicamente el uso de un conjunto de láminas, nomogramas y tablas para de esa manera poder realizar un cálculo del espesor del pavimento para que soporte varias cargas en un menor tiempo, aparte de ello tiene que haber un menor costo de (Construcción – Mantenimiento). La

finalidad del análisis de fatiga es determinar del concreto su espesor mínimo para controlar agrietamientos dados por la fatiga. Por otra parte, la finalidad del análisis de erosión es calcular del pavimento es espesor mínimo para controlar la erosión de fallas que se presenten.

Este método se aplicable cuando el pavimento de concreto contenga juntas (JPCP), (JRCP) y reforzado (CRCP). Para ello, previamente se tiene que analizar que se haga una buena selección de pavimento de concreto, el tipo que hay en el confinamiento lateral y por último ver el tipo de subbase. Dentro de los parámetros de diseño del pavimento rígido tenemos:

- Modulo (Rotura), denominado resistencia del concreto a flexión.
- Modulo (Reacción) k , denominado resistencia de la subrasante o subbase.
- Tipo (Transito – Proyección), periodo de diseño lo cual es de 20 años en base al manual.

Lo primero que se tiene que conocer es el peso de los vehículos, el tipo de vehículos y la frecuencia. Dichos parámetros se hallan en base a un estudio de tránsito. Los vehículos pasados que transitan por el carril más cargado es el ADTT que es multiplicado por factores de números de carriles por sentido y por factores de dirección.

En base al factor (Distribución por dirección) se tiene lo siguiente: 1 sentido = 1, 2 sentidos = 50%.

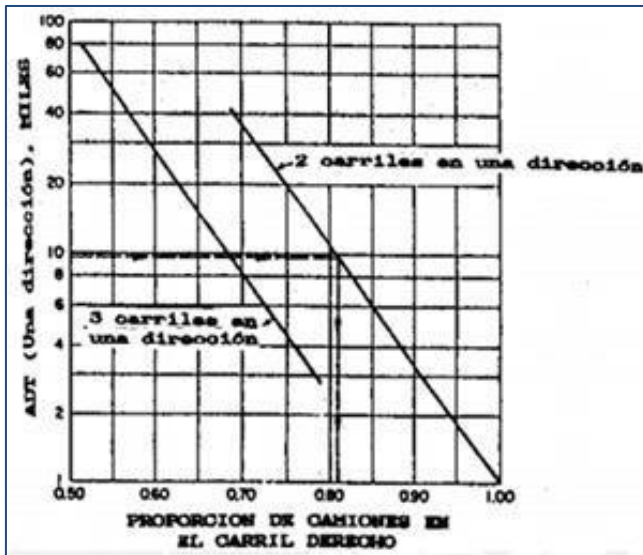


Figura N° 8: Factor de distribución por carril de 2 o 3 en 1 dirección.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Asimismo, se tiene que tomar en cuenta las proyecciones de crecimiento del traficante durante su tiempo de diseño. En la siguiente tabla 5 visualizamos tasas de crecimiento (Anual) y también se aprecia la proyección de (20 a 40 años).

Tabla N° 11: Tasa anual de tráfico y su proyección

Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de Proyección, 20 años	Factor de Proyección, 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Se tiene que tomar en cuenta que para ejes simples se agrupan cada 2 (kips), y para tándems o trídems cada 4 kips.

-Periodo del diseño: Básicamente la metodología PCA utiliza el término equivalente de periodo de diseño. Este valor varía si se realiza un adecuado diseño, elección de materiales y proceso constructivo. De tal manera, el pavimento en condiciones óptimas puede llegar a durar hasta 40 años y si está en condiciones inadecuadas

puede ser menor de 20 años. De forma general siempre se toma 20 años cuando se vaya a diseñar.

-Proceso de diseño: Se considera datos de cargas por eje, por ejemplo: Se considera el módulo de rotura y también el grosor del pavimento. Así también, lo que es el confinamiento a los laterales y el mecanismo cuando se transfiera las cargas al pavimento. Luego, se inicia el proceso de diseño, empezando a verificar el análisis por fatiga y erosión que se explicaran de la siguiente manera:

-Verificación por fatiga: Esta verificación se basa en la determinación del esfuerzo. Para lo cual se emplea las siguientes figuras que dependen de que si el pavimento posee o no bermas como mecanismo de confinamiento lateral.

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Figura N° 9: Tabla de tensión sin berma de concreto.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640/534	559/468	517/439	489/422	452/403	409/388	383/384
4.5	547/461	479/400	444/372	421/356	390/338	355/322	333/316
5	475/404	417/349	387/323	367/308	341/290	311/274	294/267
5.5	418/360	368/309	342/285	324/271	302/254	276/238	261/231
6	372/325	327/277	304/255	289/241	270/225	247/210	234/203
6.5	334/295	294/251	274/230	260/218	243/203	223/188	212/180
7	302/270	266/230	248/210	236/198	220/184	203/170	192/162
7.5	275/250	243/211	226/193	215/182	201/168	185/155	176/148
8	252/232	222/196	207/179	197/168	185/155	170/142	162/135
8.5	232/216	205/182	191/166	182/156	170/144	157/131	150/125
9	215/202	190/171	177/155	169/146	158/134	146/122	139/116
9.5	200/190	176/160	164/146	157/137	147/126	136/114	129/108
10	186/179	164/151	153/137	146/129	137/118	127/107	121/101
10.5	174/170	154/143	144/130	137/121	128/111	119/101	113/95
11	164/161	144/135	135/123	129/115	120/105	112/95	106/90
11.5	154/153	136/128	127/117	121/109	113/100	105/90	100/85
12	145/146	128/122	120/111	114/104	107/95	99/86	95/81
12.5	137/139	121/117	113/106	108/99	101/91	94/82	90/77
13	130/133	115/112	107/101	102/95	96/86	89/78	85/73
13.5	124/127	109/107	102/97	97/91	91/83	85/74	81/70
14	118/122	104/103	97/83	93/87	87/79	81/71	77/67

Figura N° 10: Tabla de tensión con berma de concreto.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Luego, se tiene que determinar el factor tensión. Esto, mediante la división del (Mr.) denominado módulo de rotura de concreto a 28 (días) y la tensión equivalente

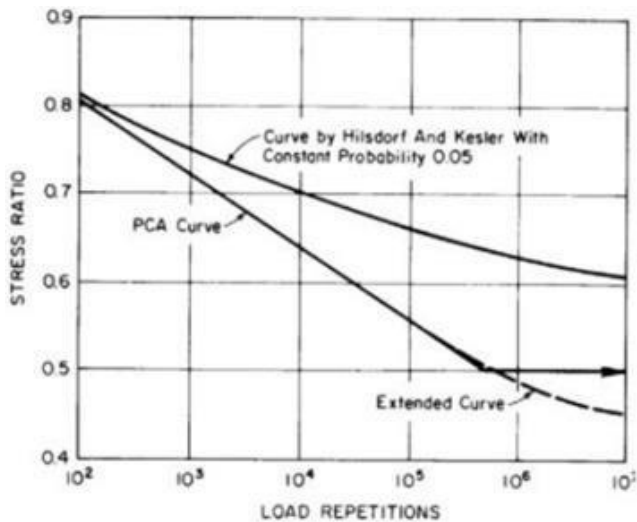


Figura N° 11: Factor de tensión.

Fuente: THICKNESS DESIGN

Por consiguiente, se procede a determinar las repeticiones de cargas para realizar el análisis de fatiga.

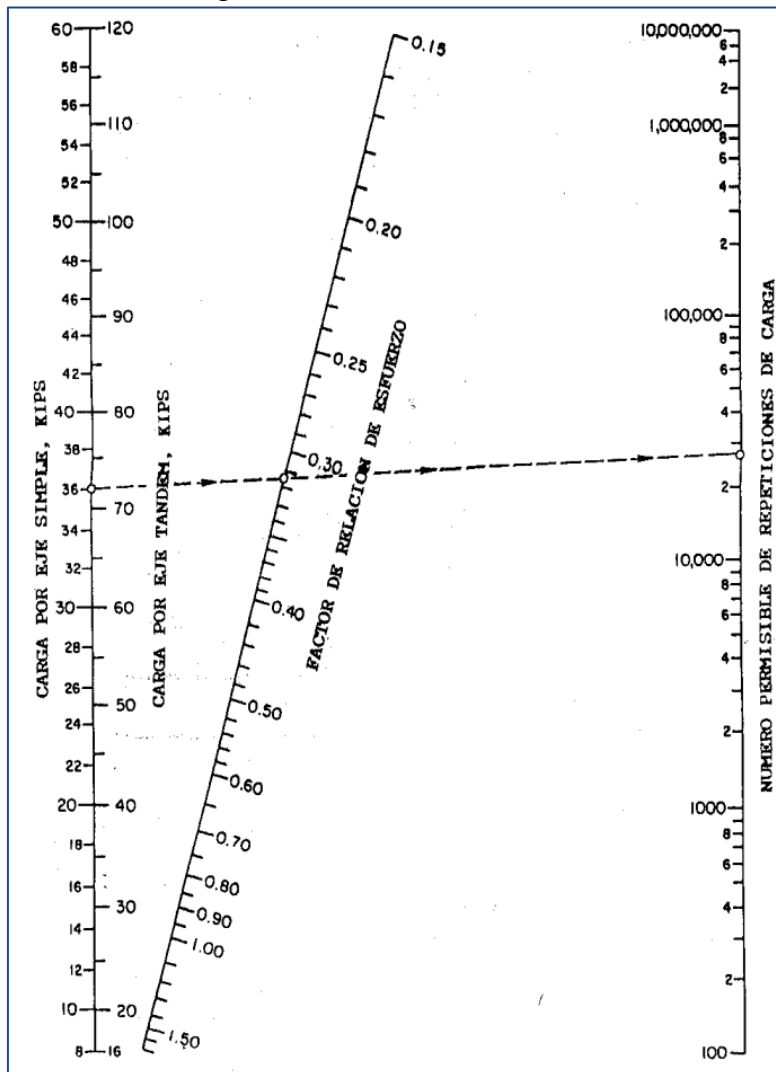


Figura N° 12: Ábaco análisis de fatiga.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Finalmente se calcula el % (Fatiga consumida). Para ello se tiene que realizar una división de (NCP / NCA). Esto es con relación a ejes simples y también tandem, luego de ello se procede a sumar y también verificar que dicha fatiga no tiene que superar un 100%.

Verificación por erosión: Esta verificación está basada en la determinación del factor de erosión. Para lo cual, se tiene que escoger si el pavimento posee o no berna de concreto y si presenta o no Dowels. Con esto lo primero que se realiza es ingresar un espesor de concreto en conjunto con el K combinado. En las figuras siguientes están las tablas a utilizar para verificar por erosión.

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Figura N° 13: Factor de erosión con dowels y sin bermas.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.94/4.03	3.91/3.95	3.88/3.89	3.86/3.86	3.82/3.83	3.77/3.80
4.5	3.79/3.91	3.76/3.82	3.73/3.75	3.71/3.72	3.68/3.68	3.64/3.65
5	3.66/3.81	3.63/3.72	3.60/3.64	3.58/3.60	3.55/3.55	3.52/3.52
5.5	3.54/3.72	3.51/3.62	3.48/3.53	3.46/3.49	3.43/3.44	3.41/3.40
6	3.44/3.64	3.40/3.53	3.37/3.44	3.35/3.40	3.32/3.34	3.30/3.30
6.5	3.34/3.56	3.30/3.46	3.26/3.36	3.25/3.31	3.22/3.25	3.20/3.21
7	3.26/3.49	3.21/3.39	3.17/3.29	3.15/3.24	3.13/3.17	3.11/3.13
7.5	3.18/3.43	3.13/3.32	3.09/3.22	3.07/3.17	3.04/3.10	3.02/3.06
8	3.11/3.37	3.05/3.26	3.01/3.16	2.99/3.10	2.96/3.03	2.94/2.99
8.5	3.04/3.32	2.98/3.21	2.93/3.10	2.91/3.04	2.88/2.97	2.87/2.93
9	2.98/3.27	2.91/3.16	2.86/3.05	2.84/2.99	2.81/2.92	2.79/2.87
9.5	2.92/3.22	2.85/3.11	2.80/3.00	2.77/2.94	2.75/2.86	2.73/2.81
10	2.86/3.18	2.79/3.06	2.74/2.95	2.71/2.89	2.68/2.81	2.66/2.76
10.5	2.81/3.14	2.74/3.02	2.68/2.91	2.65/2.84	2.62/2.76	2.60/2.72
11	2.77/3.10	2.69/2.98	2.63/2.86	2.60/2.80	2.57/2.72	2.54/2.67
11.5	2.72/3.06	2.64/2.94	2.58/2.82	2.55/2.76	2.51/2.68	2.49/2.63
12	2.68/3.03	2.60/2.90	2.53/2.78	2.50/2.72	2.46/2.64	2.44/2.59
12.5	2.64/2.99	2.55/2.87	2.48/2.75	2.45/2.68	2.41/2.60	2.39/2.55
13	2.60/2.96	2.51/2.83	2.44/2.71	2.40/2.65	2.36/2.56	2.34/2.51
13.5	2.56/2.93	2.47/2.80	2.40/2.68	2.36/2.61	2.32/2.53	2.30/2.48
14	2.53/2.90	2.44/2.77	2.36/2.65	2.32/2.58	2.28/2.50	2.25/2.44

Figura N° 14: Factor de erosión sin dowels y sin bermas.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.28/3.30	3.24/3.20	3.21/3.13	3.19/3.10	3.15/3.09	3.12/3.08
4.5	3.13/3.19	3.09/3.08	3.06/3.00	3.04/2.96	3.01/2.93	2.98/2.91
5	3.01/3.09	2.97/2.98	2.93/2.89	2.90/2.84	2.87/2.79	2.85/2.77
5.5	2.90/3.01	2.85/2.89	2.81/2.79	2.79/2.74	2.76/2.68	2.73/2.65
6	2.79/2.93	2.75/2.82	2.70/2.71	2.68/2.65	2.65/2.58	2.62/2.54
6.5	2.70/2.86	2.65/2.75	2.61/2.63	2.58/2.57	2.55/2.50	2.52/2.45
7	2.61/2.79	2.56/2.68	2.52/2.56	2.49/2.50	2.46/2.42	2.43/2.38
7.5	2.53/2.73	2.48/2.62	2.44/2.50	2.41/2.44	2.38/2.36	2.35/2.31
8	2.46/2.68	2.41/2.56	2.36/2.44	2.33/2.38	2.30/2.30	2.27/2.24
8.5	2.39/2.62	2.34/2.51	2.29/2.39	2.26/2.32	2.22/2.24	2.20/2.18
9	2.32/2.57	2.27/2.46	2.22/2.34	2.19/2.27	2.16/2.19	2.13/2.13
9.5	2.26/2.52	2.21/2.41	2.16/2.29	2.13/2.22	2.09/2.14	2.07/2.08
10	2.20/2.47	2.15/2.36	2.10/2.25	2.07/2.18	2.03/2.09	2.01/2.03
10.5	2.15/2.43	2.09/2.32	2.04/2.20	2.01/2.14	1.97/2.05	1.95/1.99
11	2.10/2.39	2.04/2.28	1.99/2.16	1.95/2.09	1.92/2.01	1.89/1.95
11.5	2.05/2.35	1.99/2.24	1.93/2.12	1.90/2.05	1.87/1.97	1.84/1.91
12	2.00/2.31	1.94/2.20	1.88/2.09	1.85/2.02	1.82/1.93	1.79/1.87
12.5	1.95/2.27	1.89/2.16	1.84/2.05	1.81/1.98	1.77/1.89	1.74/1.84
13	1.91/2.23	1.85/2.13	1.79/2.01	1.76/1.95	1.72/1.86	1.70/1.80
13.5	1.86/2.20	1.81/2.09	1.75/1.98	1.72/1.91	1.68/1.83	1.65/1.77
14	1.82/2.17	1.76/2.06	1.71/1.95	1.67/1.88	1.64/1.80	1.61/1.74

Figura N° 15: Factor de erosión con dowels y con bermas.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.46/3.49	3.42/3.39	3.38/3.32	3.36/3.29	3.32/3.26	3.28/3.24
4.5	3.32/3.39	3.28/3.28	3.24/3.19	3.22/3.16	3.19/3.12	3.15/3.09
5	3.20/3.30	3.16/3.18	3.12/3.09	3.10/3.05	3.07/3.00	3.04/2.97
5.5	3.10/3.22	3.05/3.10	3.01/3.00	2.99/2.95	2.96/2.90	2.93/2.86
6	3.00/3.15	2.95/3.02	2.90/2.92	2.88/2.87	2.86/2.81	2.83/2.77
6.5	2.91/3.08	2.86/2.96	2.81/2.85	2.79/2.79	2.76/2.73	2.74/2.68
7	2.83/3.02	2.77/2.90	2.73/2.78	2.70/2.72	2.68/2.66	2.65/2.61
7.5	2.76/2.97	2.70/2.84	2.65/2.72	2.62/2.66	2.60/2.59	2.57/2.54
8	2.69/2.92	2.63/2.79	2.57/2.67	2.55/2.61	2.52/2.53	2.50/2.48
8.5	2.63/2.88	2.56/2.74	2.51/2.62	2.48/2.55	2.45/2.48	2.43/2.43
9	2.57/2.83	2.50/2.70	2.44/2.57	2.42/2.51	2.39/2.43	2.36/2.38
9.5	2.51/2.79	2.44/2.65	2.38/2.53	2.36/2.46	2.33/2.38	2.30/2.33
10	2.46/2.75	2.39/2.61	2.33/2.49	2.30/2.42	2.27/2.34	2.24/2.28
10.5	2.41/2.72	2.33/2.58	2.27/2.45	2.24/2.38	2.21/2.30	2.19/2.24
11	2.36/2.68	2.28/2.54	2.22/2.41	2.19/2.34	2.16/2.26	2.14/2.20
11.5	2.32/2.65	2.24/2.51	2.17/2.38	2.14/2.31	2.11/2.22	2.09/2.16
12	2.28/2.62	2.19/2.48	2.13/2.34	2.10/2.27	2.06/2.19	2.04/2.13
12.5	2.24/2.59	2.15/2.45	2.09/2.31	2.05/2.24	2.02/2.15	1.99/2.10
13	2.20/2.56	2.11/2.42	2.04/2.28	2.01/2.21	1.98/2.12	1.95/2.06
13.5	2.16/2.53	2.08/2.39	2.00/2.25	1.97/2.18	1.93/2.09	1.91/2.03
14	2.13/2.51	2.04/2.36	1.97/2.23	1.93/2.15	1.89/2.06	1.87/2.00

Figura N° 16: Factor de erosión sin dowels y con bermas.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Luego de que se determina todas las repeticiones de la carga se procede a realizar un análisis (Erosión). Seguidamente, se procede a trabajar con ábacos, concerniente a tipos de ejes, y cargas. Luego de ello proyectando en una línea el ábaco se logra obtener un factor de erosión. Luego de ello, se obtiene las repeticiones de cargas admisibles.

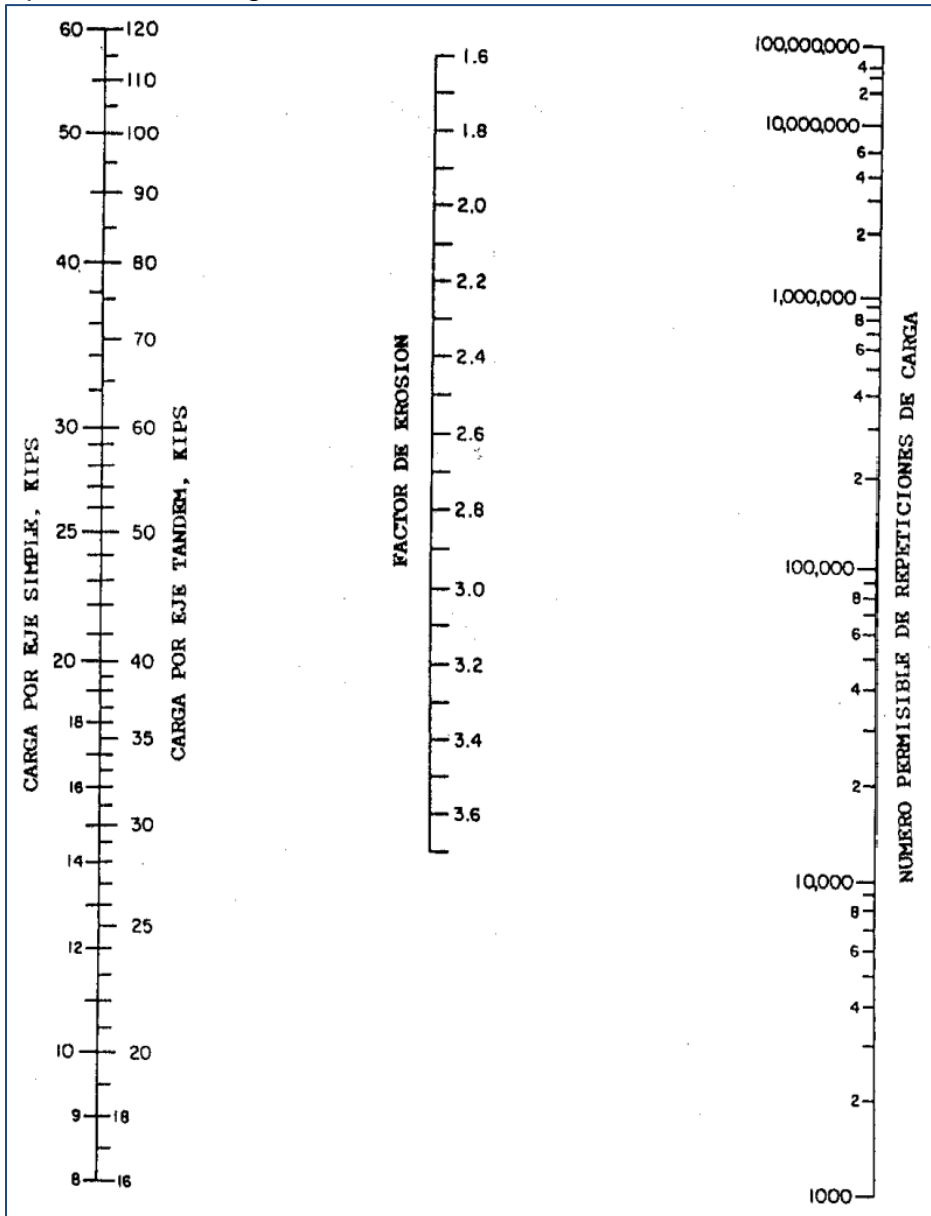


Figura N° 17: Factor de erosión sin dowels y con berma.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Para finalizar se procede a calcular el % de erosión consumido. Esto se obtiene al dividir (NCP / NCA), ya calculado los porcentajes se suma y también se verifica que el valor no tiene que superar un 100%. Por otra parte, se evalúa los 2 criterios para que se confirme la estructura del pavimento que se propuso.

Proceso para diseñar cargas por eje sin ningún tipo de cargas (Diseño simplificado): El diseño simplificado que presenta el PCA. Se utiliza cuando no hay datos de carga. Es decir, cuando no se haya realizado un estudio. En este se contempla, de forma indirecta una serie de pasos donde se va determinar un espesor de lo que es el concreto aplicando criterios de fatiga y erosión.

La secuencia del proceso según PCA (2019), se describe a continuación:

- 1.- Se aprecia el ADTT con base en el ADT y el % de camiones (Excluyendo camiones de ejes dobles y con 4 ruedas).
- 2.- Se selecciona la categoría de carga por eje.
- 3.- Se determina el valor K de la subrasante asociado al CBR.
- 4.- Se halla el K de la subbase, corrigiendo el K subrasante, de acuerdo al espesor de la subbase.
- 5.- Con K subbase y el ADTT, se utilizan tablas de diseño simplificado para hallar el espesor de la losa.

Las tablas para el diseño simplificado se muestran a continuación.

Sin Berna de Concreto o Sardinel					Con Berna de Concreto o Sardinel				
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			
	Bajo	Mediano	Alto			Bajo	Mediano	Alto	
MR = 650 PSI	4.5	0.1			4	0.2	0.9		
	5	0.1	0.8	3	4.5	2	8	25	
	5.5	3	15	45	5	30	130	330	
	6	40	160	430	5.5	320			
	6.5	330							
MR = 600 PSI	5	0.1			4	0.1			
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.2	1	5	
	6	8	36	98	5	6	27	75	
	6.5	76	300	760	5.5	73	290	730	
	7	520				6	610		
MR = 550 PSI	5.5	0.1	0.3	1	4.5	0.2			0.6
	6	1	6	18	5	0.8	4	13	
	6.5	13	60	160	5.5	13	57	150	
	7	110	400		6	130	480		
	7.5	620							

Figura N° 18: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 1.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Sin Berna de Concreto o Sardinel					Con Berna de Concreto o Sardinel						
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase					
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Ma		
MR = 650 PSI	5.5	5				5	3	9	42		
	6	4			12	59	6	96	380	970	3400
	6.5	9	43	120	490	6.5	710	2600			
	7	80	320	840	3100	7	4200				
	7.5	490	1900								
	8	2500									
MR = 600 PSI	6	11				5	1				8
	6.5	8			24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810	
	7.5	110	440	1100		6.5	160	620	1500	5200	
	8	590	2300			7	1000	3600			
8.5	2700										
MR = 550 PSI	6.5	4			19	5.5	3				17
	7	11		34	150	6	3	14	41	160	
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100	
	8	120	470	1200		7	210	770	1900		
	8.5	560	2200			7.5	1100	4000			
9	2400										

Figura N° 19: Pavimento con dowels en juntas, categoría 2.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Sin Berna de Concreto o Sardinel					Con Berna de Concreto o Sardinel					
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
MR = 650 PSI	7.5				250	6.5				83 320
	8				130 350 1.300	7				52 220 550 1.900
	8.5	160	640	1.600	6.200	7.5	320	1.200	2.900	9.800
	9	700	2.700	7.000	11.500**	8	1.600	5.700	13.800	
	9.5	2.700	10.800			8.5	6.900	23.700**		
10	9.900									
MR = 600 PSI	8				73 310	6.5				67
	8.5				140 380 1.500	7				120 440
	9	160	640	1.700	6.200	7.5				270 680 2.300
	9.5	630	2.500	6.500		8	370	1.300	3.200	10.800
	10	2.300	9.300			8.5	1.600	5.800	14.100	
10.5	7.700				9	6.600				
MR = 550 PSI	8.5				70 300	7				82
	9				120 340 1.300	7.5				130 480
	9.5	120	520	1.300	5.100	8	67	270	670	2.300
	10	460	1.900	4.900	19.100	8.5	330	1.200	2.900	9.700
	10.5	1.600	6.500	17.400		9	1.400	4.900	11.700	
11	4.900				9.5	5.100	18.600			

Figura N° 20: Pavimento con dowels en las juntas, categoría 3.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.

Sin Berna de Concreto o Sardinel					Con Berna de Concreto o Sardinel					
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
MR = 650 PSI	7.5				60** 250**	7				220** 510 750
	8				130** 350** 830	7.5				320** 640 890 1.400
	8.5	160**	640**	900	1.300	8	610	1.100	1.500	2.500
	9	680	1.000	1.300	2.000	8.5	950	1.800	2.700	4.700
	9.5	960	1.500	2.000	2.900	9	1.500	2.900	4.600	8.700
	10	1.300	2.100	2.800	4.300	9.5	2.300	4.700	8.000	
	10.5	1.800	2.900	4.000	6.300	10	3.500	7.700		
	11	2.500	4.000	5.700	9.200	10.5	5.300			
	11.5	3.300	5.500	7.900		11	8.100			
	12	4.400	7.500							
MR = 600 PSI	8				73** 310**	7				120** 440**
	8.5				140** 380** 1.300	7.5				67** 270** 680** 1.400
	9	160**	640**	1.300	2.000	8	370**	1.100	1.500	2.500
	9.5	630**	1.500	2.000	2.900	8.5	950	1.800	2.700	4.700
	10	1.300	2.100	2.800	4.300	9	1.500	2.900	4.600	8.700
	10.5	1.800	2.900	4.000	6.300	9.5	2.300	4.700	8.000	
	11	2.500	4.000	5.700	9.200	10	3.500	7.700		
MR = 550 PSI	8				56**	7				82**
	8.5				70** 300**	7.5				130** 480**
	9				120** 340** 1.300**	8	67**	270**	670**	2.300**
	9.5	120**	520**	1.300**	2.900	8.5	330**	1.200**	2.700	4.700
	10	460**	1.900**	2.800	4.300	9	1.400**	2.900	4.600	8.700
	10.5	1.600**	2.900	4.000	6.300	9.5	2.300	4.700	8.000	
	11	2.500	4.000	5.700	9.200	10	3.500	7.700		
11.5	3.300	5.500	7.900		10.5	5.300				
12	4.400	7.500			11	8.100				

Figura N° 21: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 3.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.

Sin Berna de Concreto o Sardinell					Con Berna de Concreto o Sardinell					
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
MR = 650 PSI	8			270	7			400		
	8.5		120	340	1.300	7.5		240	620	2.100
	9	140	580	1.500	5.600	8	330	1.200	3.000	9.800
	9.5	570	2.300	5.900	14.700**	8.5	1.500	5.300	12.700	41.100**
	10	2.000	8.200	18.700**	25.900**	9	5.900	21.400	44.900**	
	10.5	6.700	24.100**	31.800**	45.800**	9.5	22.500	52.000**		
MR = 600 PSI	11	21.600	39.600**			10	45.200**			
	11.5	39.700**								
	8.5			300		7.5		130	490	
	9		120	340	1.300	8		270	690	2.300
	9.5	120	530	1.400	5.200	8.5	340	1.300	3.000	9.900
	10	480	1.900	5.100	19.300	9	1.400	5.000	12.000	40.200
MR = 550 PSI	10.5	1.600	6.500	17.500	45.900**	9.5	5.200	18.800	45.900	
	11	4.900	21.400	53.800**		10	18.400			
	11.5	14.500	65.000**							
	12	44.000								
	9			260		8		130	480	
	9.5			280	1.100	8.5		250	620	2.100
10		390	1.100	4.000	9	280	1.000	2.500	8.200	
10.5	320	1.400	3.600	13.800	9.5	1.100	3.900	9.300	30.700	
11	1.000	4.300	11.600	46.600	10	3.800	13.600	32.900		
11.5	3.000	13.100	37.200		10.5	12.400	46.200			
12	8.200	40.000			11	40.400				

Figura N° 22: Pavimento con dowels en juntas, categoría 4.

Fuente: Manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.

Sin Berna de Concreto o Sardinell					Con Berna de Concreto o Sardinell					
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase				
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
MR = 650 PSI	8			270**	7		100**	400**		
	8.5		120**	340**	990	7.5	240**	620**	910	
	9	140**	580**	1.100	1.500	8	330**	770	1.100	1.700
	9.5	570**	1.200	1.600	2.300	8.5	720	1.300	1.900	3.100
	10	1.100	1.700	2.200	3.400	9	1.100	2.100	3.200	5.700
	10.5	1.500	2.300	3.200	4.900	9.5	1.700	3.400	5.500	10.200
	11	2.000	3.300	4.500	7.200	10	2.600	5.500	9.200	17.900
	11.5	2.700	4.500	6.300	10.400					
	12	3.600	6.100	8.800	14.900	11	5.900	13.600	24.200	
	13	6.300	11.100	16.800		12	12.800			
14	10.800									
MR = 600 PSI	8.5			300**	7.5		130**	490**		
	9		120**	340**	1.300**	8		270**	690**	1.700
	9.5	120**	530**	1.400**	2.300	8.5	340**	1.300**	1.900	3.100
	10	480**	1.700	2.200	3.400	9	1.100	2.100	3.200	5.700
	10.5	1.500	2.300	3.200	4.900	9.5	1.700	3.400	5.500	10.200
	11	2.000	3.300	4.500	7.200	10	2.600	5.500	9.200	17.900
	11.5	2.700	4.500	6.300	10.400					
	12	3.600	6.100	8.800	14.900	11	5.900	13.600	24.200	
	13	6.300	11.100	16.800		12	12.800			
	14	10.800								
MR = 550 PSI	9			260**	8		130**	480**		
	9.5			280**	1.100**	8.5		250**	620**	2.100**
	10		390**	1.100**	3.400	9	280**	1.000**	2.500**	5.700
	10.5	320**	1.400**	3.200	4.900	9.5	1.100**	3.400	5.500	10.200
	11	1.000**	3.300	4.500	7.200	10	2.600	5.500	9.200	17.900
	11.5	2.700	4.500	6.300	10.400					
	12	3.600	6.100	8.800	14.900	11	5.900	13.600	24.200	
	13	6.300	11.100	16.800		12	12.800			
	14	10.800								

Figura N° 23: Pavimento con trabazón en juntas, categoría 4.

Fuente: manual pavimento rígido PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación, según (Sánchez, 2015), la investigación en base a la orientación es aplicada. Porque se van a emplear normas y teorías que ya existen tales como, por ejemplo: La normativa PCI, para lo que viene a ser el estudio de las fallas del pavimento de concreto, también esta lo que es la normativa AASHTO 93 y PCA. Estas normativas están para dar soluciones a las fallas que se presenten en el pavimento de concreto.

Diseño de investigación, según (Sánchez, 2015), el diseño de la presente investigación es de tipo experimental, de tipo cuasi experimental, porque no se escogerá un grupo al azar. Por otro lado, se manipulará la variable independiente para ver el efecto que causa en la variable dependiente.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente X1: Método AASHTO 93

Según (Carrasco, 2009), el método AASHTO 93 se utiliza para que se puedan relacionar datos observados durante el proyecto de investigación con los resultados que va tener dicho proyecto. Aparte de ello, este artículo presenta una ecuación en el diseño de la guía AASHTO 93 para pavimento rígido. (p. 58).

Definición operacional:

La variable independiente X1 se compone del método AASHTO 93, este método es como un reglamento para poder diseñar pavimentos de concreto dentro de ello está todo el proceso para poder llevar a cabo cualquier estudio.

Variable independiente X2: Método PCA

Según (Carrasco, 2009), el método PCA básicamente se utiliza para ver el número de repeticiones de cargas que existe en el pavimento para que soporte cargas por fatiga. Todo lo mencionado anteriormente

depende de la relación que existe entre la resistencia a flexión y la carga. También, se desarrolló un cálculo de elementos del pavimento para crear tablas y gráficos. (p. 112).

Variable dependiente Y: Pavimento rígido.

Definición conceptual:

Según (Rojas, 2019), un pavimento rígido lo primero que se tiene que hacer es un estudio previo. Dentro de ello, tenemos la evaluación técnica que se utiliza para mediciones para asegurar la comparación de proyectos de la misma infraestructura. Esto se implementa con criterios definidos, puntajes, intervalos y escalas. Aparte de ello, dicha evaluación compara proyectos concluyendo de la mejor manera. (p. 89).

Definición operacional:

El pavimento rígido será medido a través de un estudio que se les aplicará a los métodos PCA y AASHTO. Lo cual, tienen procedimientos diferentes como por ejemplo en formulas y resultados que arrojen cuando se aplique el estudio.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Rojas (2019) “[...] la población está constituido por sujetos, personas o organismos lo cual sirve como herramienta principal para una investigación”. En esta investigación la población será toda la Av. Retablo del distrito de Comas.

Muestra

Para Vásquez (2014) “[...] la muestra es un subconjunto de la población donde se recolectan datos. En donde esta muestra es proporcional al tamaño de la población. Para mi investigación la muestra se ha tomado los dos primeros kilómetros de la Av. Retablo, cruce con la Av. Los Ángeles hasta el cruce con la calle 10.

Muestreo

No probabilístico donde se escoge entre el método AASHTO 93 y PCA. Lo cual son los más utilizados y los más prácticos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Para el proyecto de investigación la técnica de recolección de datos permitirá a visualizar y también comprender situaciones para poder obtener información. Dentro de proyecto de investigación se utilizó diferentes herramientas como, porejemplo: Fichas, observación visual con el único objetivo de poder caracterizar, analizar y diagnosticar toda la zona que se va a realizar el estudio reflejada a través de figuras, gráficos y también tablas.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos es el factor más importante para obtener información para nuestro proyecto de investigación. Donde se realizará un análisis de fotos y un registro de datos basado en la realidad. Dentro de ello tenemos:

- Estudio de tráfico. Ver anexo.
- Diseño ASSHTO 93 y PCA. Ver anexo.
- Ensayos de laboratorio. Ver anexo.

Validación

Para mi investigación se presentará una ficha de registro para luego ser evaluada a través del juicio de expertos. Con la única finalidad de ver el criterio de los ingenieros sobre nuestra muestra estudiada.

3.5. Procedimiento

Para poder realizar el presente proyecto lo primero que se tiene que hacer es el estudio de transitabilidad. Donde, se determinará el volumen, también definido como cuantía de un tramo hacia otro en un tiempo en específico, lo cual se clasificará por tipo de vehículos: Tipo I vehículos livianos, tipo II buses, tipo III camiones. Por otra parte, se tienen que calcular los ejes ya sea trídem o tándem, tránsito promedio (Diario anual,

diario mensual, diario semanal, promedio anual) y por último el ESAL.

Luego de ello se procede al estudio de mecánica de suelos en los siguientes aspectos: Muestreo, puntos de investigación, ensayo de suelos, humedad, granulometría, límite (Atterberg y consistencia), Proctor modificado y CBR.

Por consiguiente, se determina el espesor del pavimento, luego se determina el índice de serviciabilidad. Luego de ello se tiene que encontrar los factores que hay en la distribución (Por carriles y direcciones), ejes equivalentes, coeficientes de (Transmisión de cargas y drenaje), módulo de rotura y el espesor del pavimento dado por la metodología AASHTO.

Dentro del diseño por la metodología PCA lo primero que se tiene que hacer es calcular el tránsito de vehículos al futuro, el CBR, la resistencia del concreto, módulo de (Resiliencia y reacción) y por último se calcula el espesor de dicho pavimento.

Seguidamente, se realiza un análisis del presupuesto mediante un determinado cálculo de costos con base a los metros cuadrados del pavimento aplicando ambas metodologías PCA y AASHTO, para de esa manera poder diferenciar los costos de cada método.

3.6. Método de análisis de datos

Los métodos que se van a emplear son el PCA y el AASHTO 94. Mediante programas tales como el Excel, donde se podrán obtener datos para realizar un análisis. Puesto que se realizarán ensayos de suelos con métodos que se aplican en ingeniería civil como, por ejemplo: Laboratorios, transporte en campo, curso de mecánica de suelos y también pavimentos.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación fue desarrollada tomando en cuenta una línea de investigación en base a reglamentos y normas que nos otorga la UCV. Es por ello, que esta investigación será desarrollada en base a requisitos específicos tales como: Ética, originalidad y también

objetividad. Por otro lado, recopila definiciones de distintos autores donde se reconoce que son propias de ellos, es por ello que se respeta la propiedad de los autores de diferentes tesis que se utilizó en esta investigación, citando investigaciones según corresponda.

IV. RESULTADOS

Zona de estudio

La ubicación del proyecto de investigación está situada en la provincia de Lima en el distrito de Comas en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10).

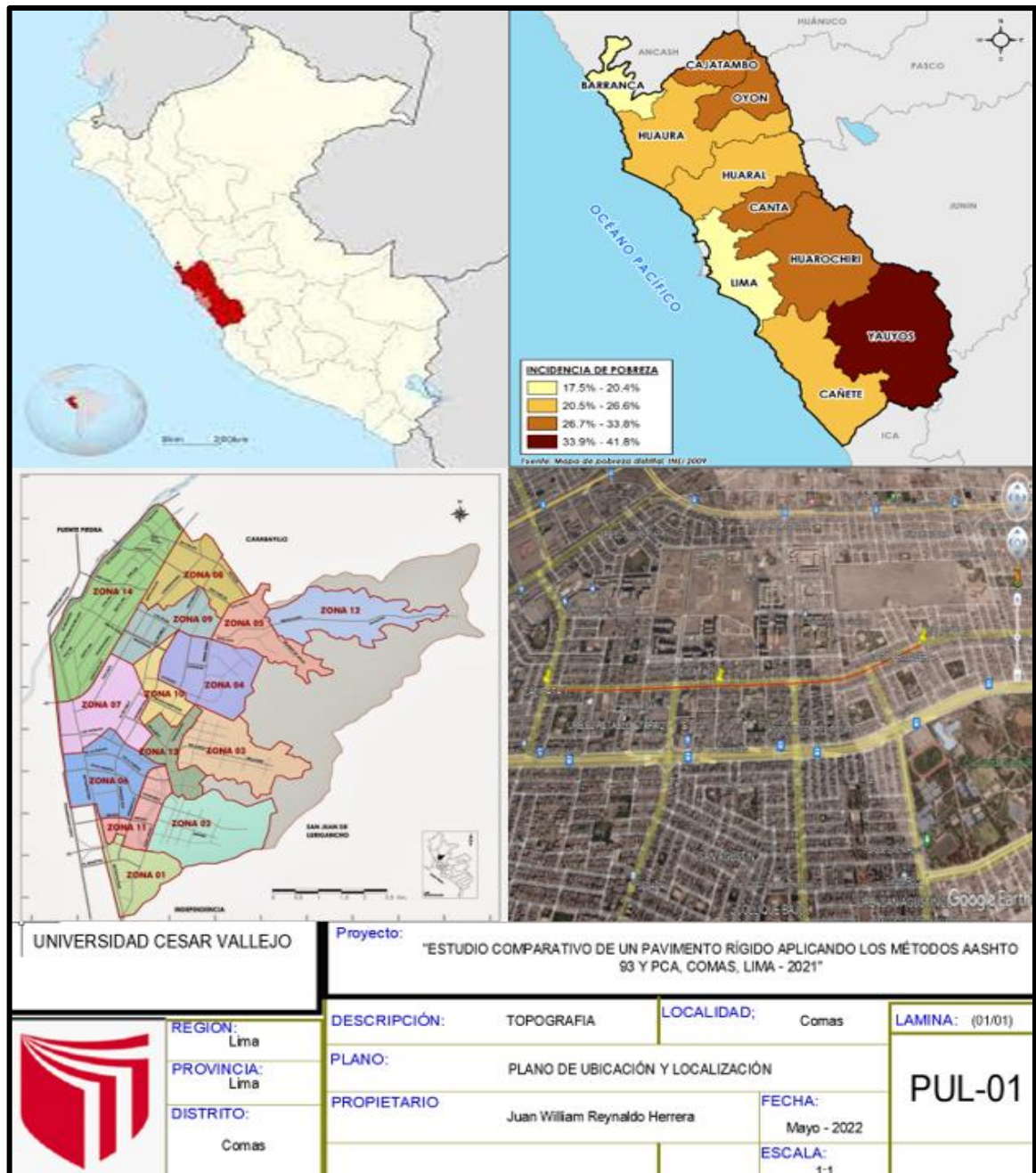


Figura N° 24: Mapa de ubicación del proyecto de investigación.

Fuente: IGN-DC

Trabajos previos

Aspectos generales de diseño

Para el cálculo del diseño de pavimento rígido por las dos metodologías (AASHTO 93 y PCA) se necesitan algunos ensayos esenciales de acuerdo al Manual de carreteras, por lo cual se realizó el estudio de la carretera de primera clase, en el cual se determinó los dos primeros kilómetros de la Av. Retablo (Desde el cruce de Los Ángeles hasta la Calle 10) donde se realizaron 3 calicatas con una profundidad de 1.50 metros; el material seleccionado se llevó a laboratorio con la finalidad de realizar los ensayos de análisis granulométrico (Norma ASTM D422), límite de consistencia (Norma ASTM D422), compactación de proctor modificado (Norma ASTM D 1557) y el CBR (AST D 1883). Todos los resultados del laboratorio se encuentran en el Anexo 5.

Resumen del resultado del ensayo de análisis granulométrico y límites de consistencia.

De acuerdo a los resultados de laboratorio del análisis del material seleccionado se obtuvo que la calicata 1 y 2 poseen el mismo tipo de suelo que es grava pobremente graduada y grava arcilla; además el máximo índice de plasticidad es de 9.07.

Tabla 12: Resumen de resultados de análisis de granulometría y límite de consistencia.

Calicata	P	%Peso		Límites de consistencia			Clasificación	
		Material >4	Material <4	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
C-I	1.5	69.8	30.2	29.65	20.58	9.07	GP-GC	A1-a (0)
C-II	1.5	64.4	35.6	27.88	20.58	7.3	GP-GC	A-2-4 (0)
C-III	1.5	67.9	32.1	31.37	24.72	6.65	GM	A-2-5 (0)

Fuente: Elaboración propia

Resumen del resultado del ensayo de proctor modificado y CBR.

De los resultados de laboratorio del ensayo de proctor modificado se obtuvo los resultados de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, de las tres calicatas se obtuvo un promedio de 1.86 gr/cm² y 10.93 % (Tabla 13).

Tabla 13: Resumen de resultados de Proctor modificado.

Calicata	P	Ensayo de Proctor Modificado		Promedio		
		ID	(m)	MDS gr/cm ²	OCH %	MDS gr/cm ²
C-I	1.5		1.4	16.8	1.86	10.93
C-II	1.5		2.14	7.8		
C-III	1.5		2.04	8.2		

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados del ensayo de CBR de las tres calicatas se obtuvo una capacidad de soporte promedio de 17.533 al 100% y 14.3 al 95%.

Tabla 14: Resumen de resultados de CBR.

CALICATA	P	ENSAYO CBR 1"		Promedio		
		ID	(M)	CBR 1" 100%	CBR 1" 95%	100%
C-I	1.5		18.3	15.9	17.533	14.3
C-II	1.5		20	15.2		
C-III	1.5		14.3	11.8		

Fuente: Elaboración propia

Espesor de la subbase granular por los métodos de AASHTO 93 y PCA.

Para el cálculo de los espesores de acuerdo al método de AASHTO 93 y PCA primero se debe realizar el conteo vehicular (Ver anexo 6). Por un lado, el método de AASHTO 93 el conteo vehicular ayudara a determinar las cargas de tráfico vehicular impuestos - ESAL que es uno de los datos importantes para el cálculo de los espesores de las capas del pavimento rígido. Por otro lado, el método PCA también requiere del conteo vehicular, pero en este caso solo se tomará en cuenta los vehículos pesados y mas no los livianos, debido a que las cargas pesadas son las que afectan el consumo de fatiga y los daños de erosión con mayos en

los ejes dobles y triples

Espesor de la capa subbase granular por el método de AASHTO 93

De acuerdo al Manual de Carreteras podemos asumir el espesor de la subbase granular, teniendo como valor mínimo 15 cm de espesor. Por lo cual en esta investigación se consideró el valor mínimo de la capa subbase con la finalidad de disminuir costos de relleno de material para el espesor de la capa. Todos los resultados y pasos para el cálculo de los espesores se encuentran en el Anexo 6.

Tabla 15: Resumen de datos para el cálculo del pavimento rígido – AASHTO 93.

Cálculo de Pavimento Rígido		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL (W18)	9266210.597
CBR de la subrasante (%)	CBR =	17.53%
Resistencia del concreto (Kg/cm ²)	(F'c)	300
Módulo elástico del concreto (PSI)	Ec	3723365.482
Resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días (Kg/cm ²)	Mr	42
Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)	Ko	67
CBR mínimo de la subrasante (%)	CBR(subB.) =	40%
CBR mínimo de la subbase-definido (%)	CBR DEF.	50%
Módulo de reacción de la subbase granular (Mpa/m)	K1 (subB) =	140
Espesor de la subbase granular (cm) recomendado por la MTC	h=	15
Coefficiente de reacción combinada (Mpa)	Kc=	75.05
Tipo de trafico	Tipo:	TP9
Índice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico	Pi	4.3
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2.5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	PSI	1.8
Desviación estándar combinado	So	0.35
Nivel de confiabilidad	conf.	90%
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.282
Condición de drenaje	cd	1
Coefficiente de transmisión de carga de las juntas	J	2.8

Fuente: Elaboración propia

Espesor de la capa subbase granular por el método de PCA

En cuanto al cálculo de los espesores de la subbase granular se determina de acuerdo a los ábacos establecidos en el método de PCA. (Ver anexo 6).

Tabla 16: Resumen de datos para el cálculo del pavimento rígido – PCA.

Datos del método PCA	Espesor estimado	20.00 cm	Factor de Seguridad de Carga	1.30
	Módulo de rotura	67.0 kg / cm ²	Junta con pasadores	Si
	K subrasante	18.52 cm	Banquina de hormigón	Si
	K subrasante-subbase	5.88 kg / cm ³	Posee Subbase	Si
	Periodo de Diseño	20.00 Años	Tipo	Granular
	Número de Camiones	3605	Espesor Subbase [cm]	20.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resultados de espesor de la capa subbase granular.

Pavimento Rígido		
Descripción	M. AASHTO 93	M. PCA
Capa Subbase	15 cm	18.52 cm

Fuente: Elaboración propia

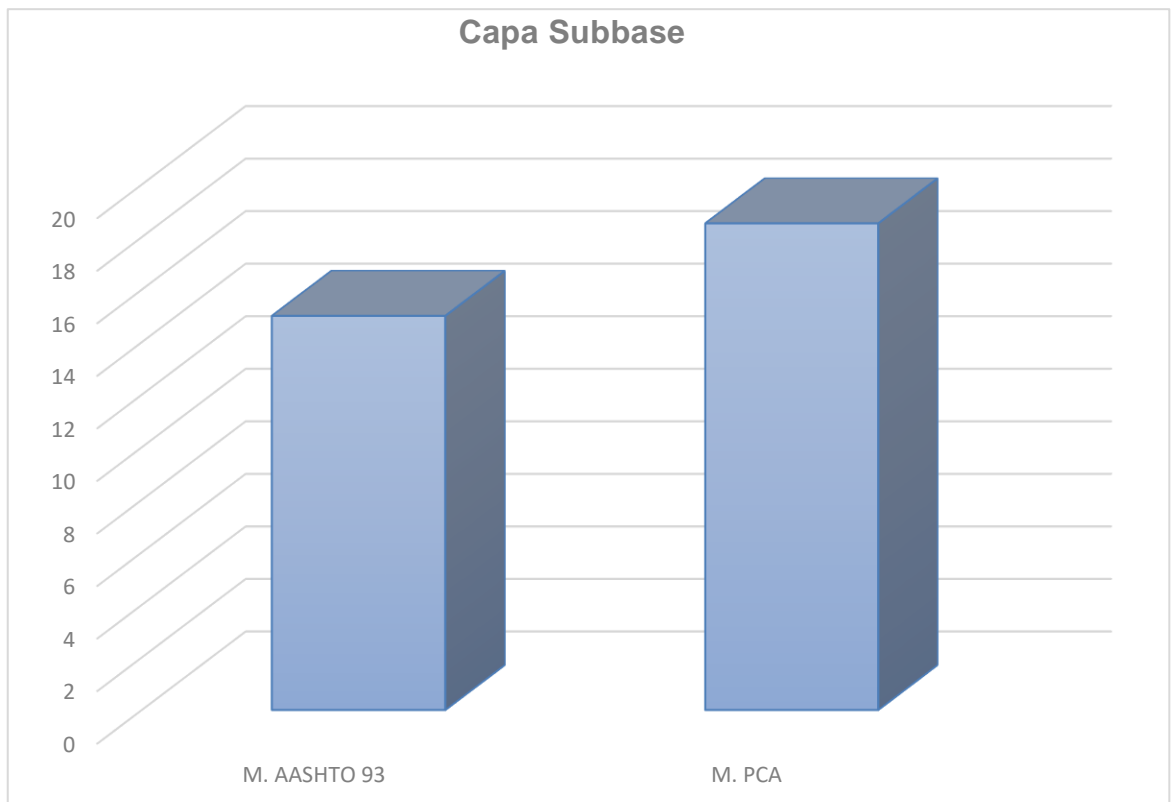


Figura N° 25: Espesor de la capa subbase granular.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la Tabla 17 nos muestra los espesores de la capa granular por los dos métodos. Por un lado, el método de AASHTO 93 tiene un espesor de 15 cm mientras que el método PCA tiene 18.52 cm de espesor. Además, en la figura n.º 25 podemos observar que el primer método tiene menor espesor que el segundo método.

Espesor de la losa de concreto por los métodos de AASHTO 93 y PCA.

Espesor de la losa de concreto por el método de AASHTO 93

Una vez calculado cada uno de los parámetros y factores de diseño (Tabla 15) mediante la ecuación de AASTHO 93 de pavimento rígido obtuvimos el espesor de la losa de concreto

Figura N° 26: Calculo del espesor de la losa de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Espesor de la losa de concreto por el método de PCA

Para el espesor de losa de concreto mediante el método de PCA se asigna un valor estimado (Ver tabla 16).

Tabla 18: Resultados de espesor de la losa de concreto.

Pavimento Rígido		
Descripción	M. AASHTO 93	M. PCA
Losa de concreto	17.27 cm	20 cm

Fuente: Elaboración propia

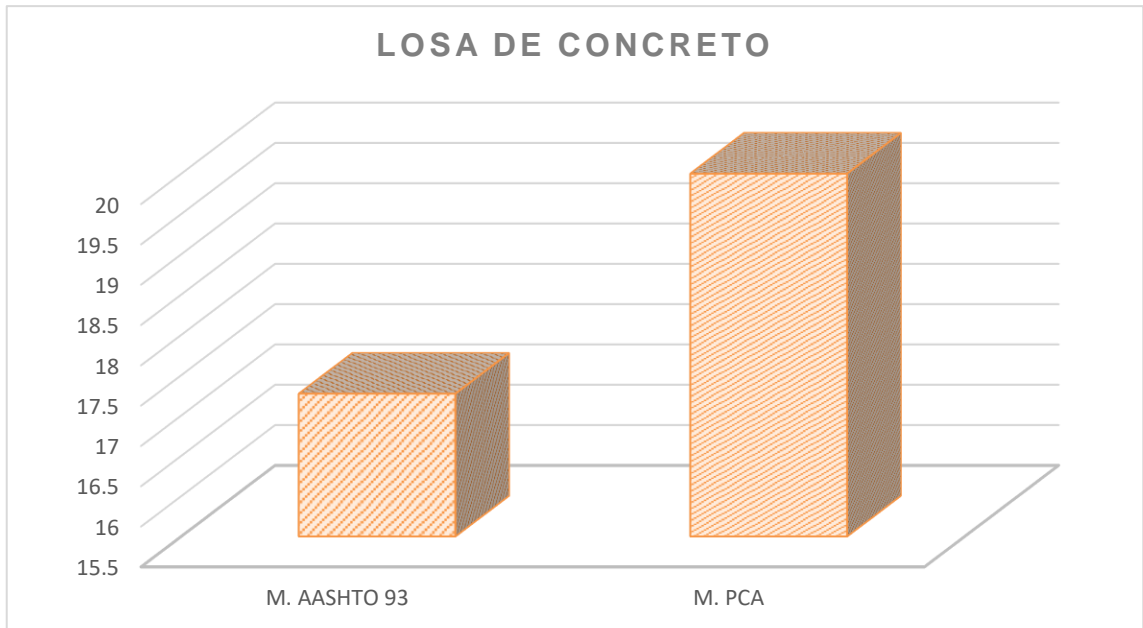


Figura N° 27: Espesor de la losa de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la Tabla 18 nos muestra los espesores de la losa de concreto por los dos métodos. Por un lado, el método de AASHTO 93 tiene un espesor de 17.27 cm mientras que el método PCA tiene 20 cm de espesor. Además, en la figura n.º 25 podemos observar que el primer método tiene menor espesor que el segundo método.

Costo del pavimento por los métodos de AASHTO 93 y PCA.

Tabla 19: Volúmenes totales de la estructura del pavimento.

METODO DE DISEÑO	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	ANCHO (Carril) x 2	VOLUMEN TOTAL (m3)
AASHTO 93	LOSA DE CONCRETO	2000	0.1727	5.20	1796.08
	SUB BASE GRANULAR	2000	0.1500	5.20	1560.00
PCA	LOSA DE CONCRETO	2000	0.2000	5.20	2080.00
	SUB BASE GRANULAR	2000	0.1852	5.20	1926.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Análisis de precios unitarios de la sub base granular.

Descripción	Unid.	Cuad.	Cantidad	Costo parcial	Costo total	
SUB - BASE GRANULAR E= 0.15 m						
Rendimiento: 1 m3						
1. Materiales					S/	28.91
Material para subbase	m3		1.25	23.13	28.91	
Transporte interno	m3		1.00	3.5	3.50	
Extracción de material de cantera	m3		1.00	6.4	6.40	
Chancado de agregados para subbase	m3		1.00	10.98	10.98	
Transporte de agua para la obra	m3		0.15	15	2.25	
Sub Total						23.13
2. Mano de Obra					S/	3.00
Ayudante	HH	1	0.03088	14.50	0.45	
Capataz	HH	1	0.00772	25.50	0.20	
Chofer	HH	1	0.00772	22.00	0.17	
Operador equipo pesado	HH	1	0.07720	26.50	2.05	
Herramientas					5%	0.14
3. Equipo y Maquinaria					S/	17.55
Camión Cisterna 1000 Lts	HM		0.02910	205.00	5.97	
Compactadora Manual Rodillo Liso 8HP	HM		0.01540	171.50	2.64	
Compactadora pata de cabra	HM		0.00770	260.50	2.01	
Moto niveladora 120H 125HP	HM		0.01540	450.50	6.94	
TOTAL					S/	49.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Análisis de precios unitarios de la losa de concreto.

Descripción	Unid.	Cuad.	Cantidad	Costo parcial	Costo total
CONCRETO F'C 280 KG/CM2					
Rendimiento: 25 m3					
1. Materiales				S/	332.16
Arena gruesa clasificada	m3		0.450	46.5	20.93
Cemento portland (42.5 kg)	bls		13.000	20.992	272.90
Piedra chancada de 1/2" - 3/4"	m3		0.700	51.5	36.05
Gasolina 84 octanos	gal		0.110	9.66	1.06
Aceite motor gasolina SAE 30W	gal		0.003	40.5	0.12
Grasa múltiple EP	lb		0.011	8.5	0.09
Agua	ml		0.180	5.6	1.01
Sub Total					332.16
2. Mano de Obra				S/	106.30
Capataz	HH	1	0.06	25.50	1.53
Operario	HH	1	0.64	21.60	13.82
Oficial	HH	1	0.64	17.50	11.20
Peon	HH	1	3.84	15.70	60.29
Operador equipo	HH	1	0.64	22.50	14.40
Herramientas				5%	5.06
3. Equipo y Maquinaria				S/	21.25
Mescladora de concreto T.Tambor 23 HP 11-12P3	HM		0.32	26.500	8.48
Cortadora de pavimento	HM		0.05	14.500	0.73
Grupo electrogeno 150 KVA	HM		0.05	180.500	9.03
Regla moduladora BT 90D	HM		0.05	23.400	1.17
Vibrador de hormigon 4HP, 2.40 plg	HM		0.32	5.780	1.85
TOTAL				S/	459.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Costo del pavimento rígido mediante el método AASHTO 93 (S/).

Descripción	Und.	Pavimento rígido - Método AASHTO 93		
Subbase granular	m3	1560.00	49.47	77173.20
Losa de concreto	m3	1796.08	459.71	825675.94
Total		902849.14		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Costo del pavimento rígido mediante el método PCA (S/).

Descripción	Und.	Pavimento rígido - Método PCA		
Subbase granular	m3	1926.08	49.47	95283.18
Losa de concreto	m3	2080.00	459.71	956196.80
Total		1051479.98		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Costo del pavimento rígido por ambos métodos

Pavimento Rígido			
Descripción	Und	Subbase granular	Losa de concreto
Metodo AASHTO	S/	77,173.20	825,675.94
Metodo PCA	S/	95,283.18	956,196.80

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 28: Costo del pavimento rígido por ambos métodos.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la Tabla 24 nos muestra los costos de cada uno de los pavimentos rígidos por ambos métodos, Por un lado, el método de AASHTO 93 tiene un costo de S/ 77,173.20 en la subbase granular mientras que el método PCA tiene un costo de S/ 95,283.18 en la subbase granular. Además, el método de AASHTO 93 tiene un costo de S/ 825,675.94 en la losa de concreto mientras que el método PCA tiene un costo de S/ 956,196.80 en la losa de concreto.

Contrastación de hipótesis.

Contraste de hipótesis: Espesor de la subbase granular por los métodos de AASHTO 93 y PCA

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA no determina el espesor de la subbase granular.

Ha: La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el espesor de la subbase granular.

Espesor de la capa subbase granular

Los valores de la capa subbase granular de acuerdo a los métodos varían notablemente, puesto que el primer método tiene un valor menor de 3.52 cm del segundo.

Tabla 25: Resultados de espesor de la capa subbase granular.

Pavimento Rígido		
Descripción	M. AASHTO 93	M. PCA
Capa Subbase	15 cm o 5.91"	18.52 cm o 7.29"

Fuente: Elaboración propia

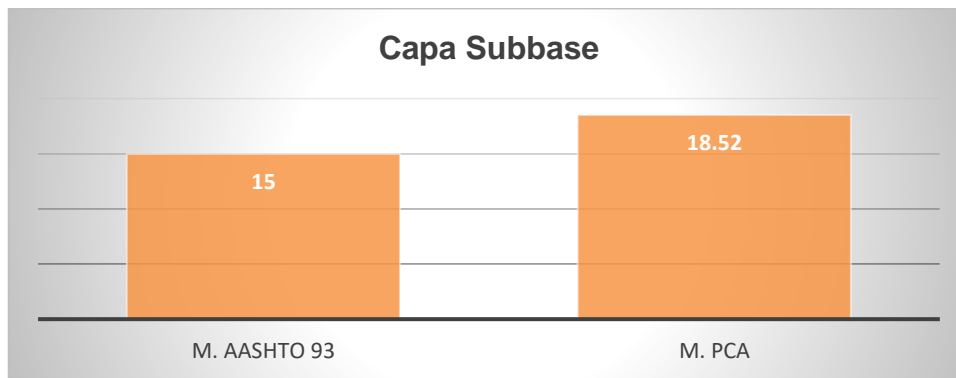


Figura N° 29: Espesor de la capa subbase.

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha), demostrando que la comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el espesor de la subbase granular.

Contraste de hipótesis: Espesor de la losa de concreto por los métodos de AASHTO 93 y PCA

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA no determina el espesor de la losa de concreto.

Ha: La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el espesor de la losa de concreto.

Espesor de la losa de concreto

Los valores de la losa de concreto de acuerdo a los métodos varían notablemente, puesto que el primer método tiene un valor menor de 2.73 cm del segundo.

Tabla 26: Resultados de espesor de la losa de concreto.

Pavimento Rígido		
Descripción	M. AASHTO 93	M. PCA
Losa de concreto	17.27 cm o 6.80"	20 cm o 7.87"

Fuente: Elaboración propia

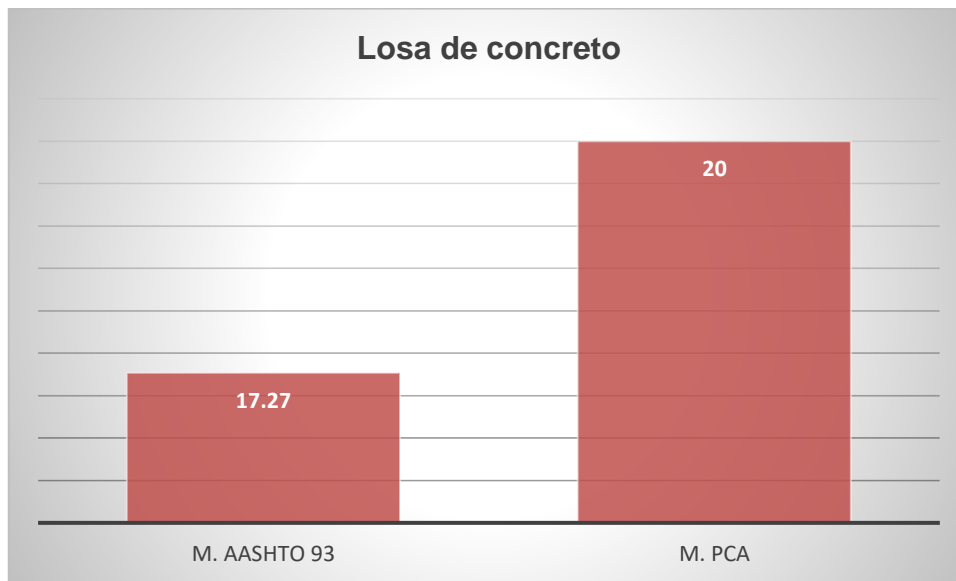


Figura Nº 30: Espesor de la losa de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), demostrando que la comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el espesor de la losa de concreto.

Contraste de hipótesis: Costo del pavimento por los métodos de AASHTO 93 y PCA

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA no determina el costo del pavimento.

H_a : La comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el costo del pavimento.

Tabla 27: Comparación de costos de diseño del pavimento por las metodologías AASHTO 93 y PCA

Estudio comparativo el diseño de pavimento rígido a través de los métodos AASHTO 93 Y PCA							
Descripción	Und.	Pavimento rígido - Metodo AASHTO 93			Pavimento rígido - Metodo PCA		
		Subbase granular	m3	1560	49.47	77173.20	1926.08
Losa de concreto	m3	1796.08	459.71	825675.94	2080.00	459.71	956196.80
Total		902849.14			1051479.98		

Fuente: Elaboración propia.

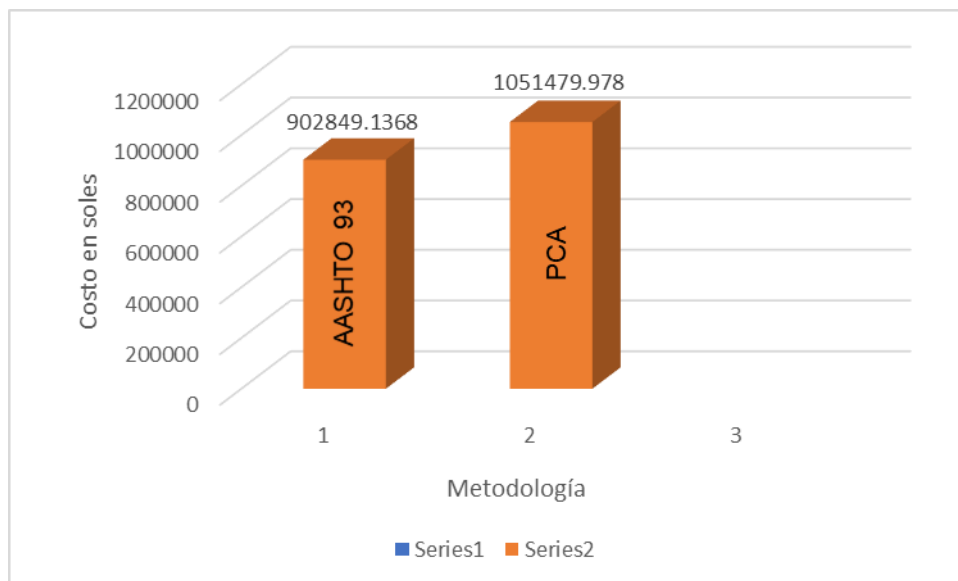


Figura N° 31: Costo según metodología.

Fuente: Elaboración propia.

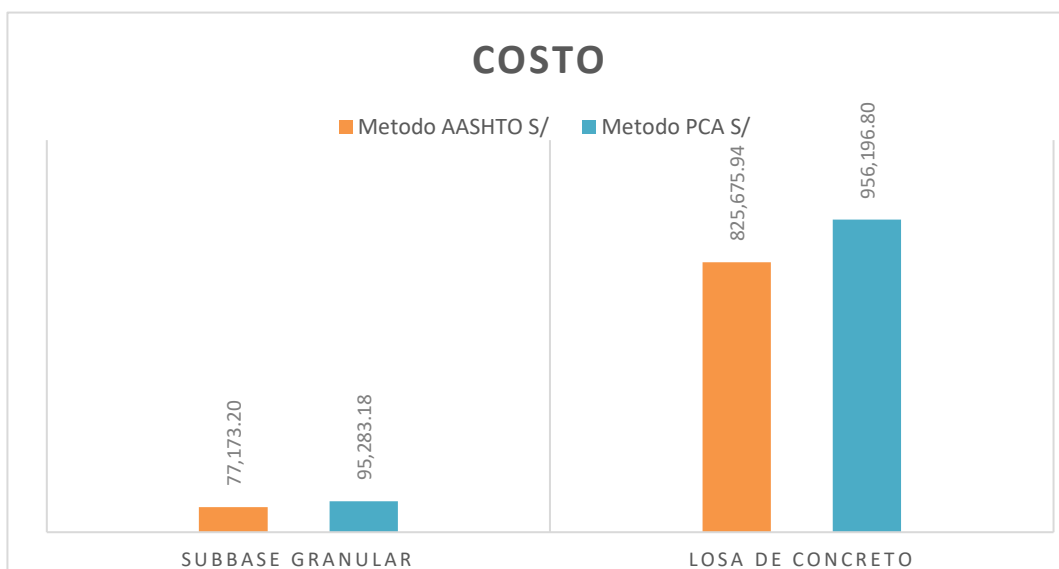


Figura N° 32: Costo de las capas del pavimento rígido.

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), demostrando que la comparación de los métodos AASHTO 93 y PCA determina el costo del pavimento rígido.

V. DISCUSIÓN

Marcador 01 de la variable dependiente - Espesor de la subbase granular según las técnicas AASHTO 93 y PCA (centímetros), la figura 25 muestra los espesores de la capa granular según las dos estrategias. Desde una perspectiva, la estrategia AASHTO 93 tiene un espesor de 15 centímetros, mientras que la técnica PCA tiene un espesor de 18,52 centímetros. Según las investigaciones de (Azañero, 2015), el objetivo fue descubrir el plan de desarrollo de un pavimento rígido de la ciudad de Jancos, a través del sistema de plan de pavimento rígido con AASTHO 1993 y PCA, pensando que los espesores procurados a través de la forma de pensar de la filosofía AASHTO 93 deben ser 0,15 metros y a través del procedimiento PCA debes ser 0,1854 metros. Según los dos exámenes, los resultados coinciden.

Marcador 02 de la variable dependiente - Espesor de la capa de rodadura por las estrategias AASHTO 93 y PCA (centímetros), como se desglosa en la Figura 27 notamos los resultados en cuanto a los espesores del trozo sustancial por las dos técnicas. Desde un punto de vista, tenemos que la técnica AASHTO 93, tiene un espesor de 17,27 centímetros, mientras que la estrategia PCA tiene un espesor de 20 centímetros. Según lo indicado por (Castillo, 2017), infirieron que a través de la técnica AASHTO 1993 y la estrategia PCA, el espesor de la pieza sustancial debe tener las medidas acompañantes: a través de la estrategia AASHTO 93 el espesor suficiente debe ser de 17 centímetros, y con el procedimiento PCA el espesor debe ser de 20 centímetros. Como indican los dos exámenes, los resultados coinciden.

El marcador 03 de la variable dependiente - Coste del pavimento rígido por las técnicas AASHTO 93 y PCA (S/), según lo examinado en la Figura 28 nos muestra los gastos de cada uno de los pavimentos por las dos estrategias, Por un lado, la estrategia AASHTO 93 tiene un gasto de S/77.173,20 en la subbase granular mientras que la técnica PCA tiene un gasto de S/95.283,18 en la subbase granular. Es más, la técnica AASHTO 93 tiene un gasto de S/825,675.94 en la capa de rodadura mientras que la estrategia PCA tiene un gasto de S/956,196.80 en la capa de rodadura. Así (Vázquez, 2014), en el que obtuvieron resultados a través del cómputo por el procedimiento AASHTO 93, en la subbase granular el gasto fue de S/80, 455,60 y a través de la técnica PCA, se adquirió un costo de S/100, 560,25;

teniendo una distinción de S/20, 104,65. Luego tenemos los gastos de la capa de rodadura, con la técnica ASSHTO 93 tiene un gasto de S/850, 700.87 y con la estrategia PCA un gasto de S/980, 050.70 teniendo una distinción de S/129, 349.83 soles. De esta manera, los dos exámenes coinciden en sus resultados.

VI. CONCLUSIONES

Como componente del estudio se realizó una investigación similar de una configuración de pavimento rígido utilizando dos estrategias, AASHTO 93 y PCA. Mediante la técnica AASHTO 93, el espesor es de 17,27 centímetros y mediante la estrategia PCA es de 20 centímetros en cuanto a la losa de concreto. A continuación, tenemos la subbase granular, por la técnica AASHTO 93 obtenemos 15 centímetros y por la estrategia PCA obtenemos 18,52 centímetros. En la pieza de los gastos, se razona que la estrategia AASHTO es inferior a la PCA. De este modo, la técnica AASHTO 93 es la más satisfactoria en términos especializados y monetarios.

El espesor de la subbase granular fijado por las técnicas AASHTO 93 y PCA en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se razona que a través de la filosofía AASHTO 93 el espesor de la subbase granular es de 15 centímetros y a través del enfoque PCA de 18,52 centímetros, según la tabla N° 17 y la figura N° 25.

En el espesor de capa de rodadura por las estrategias AASHTO 93 y PCA (centímetros) en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se presume que aplicando la técnica AASHTO 93, se evaluó un espesor de 17,27 centímetros, por otra parte, utilizando la estrategia PCA, se obtuvo un espesor de 20 centímetros, según la tabla N°18 y la figura N°27. De esta manera, es más inteligente aplicar la técnica de la AASHTO 93, ya que nos ahorrará tiempo y trabajo.

A la luz de la parte monetaria, el gasto del desdoblamiento no enteramente fijado por las técnicas AASHTO 93 y PCA (S/) en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se presume que a través del enfoque AASHTO 93 el gasto del desdoblamiento del pavimento rígido es mucho menor que el PCA, siendo el costo del pavimento rígido por la técnica AASHTO 93 para la S/902849,14 y mediante el PCA el importe de S/1051479,98, según la tabla N°27 y la figura N°31. De este modo, es más práctico elegir la estrategia AASHTO 93, ya que es más idónea según las circunstancias.

VII. RECOMENDACIONES

En la parte especializada utilizando las dos estrategias AASHTO 93 y PCA, correspondiente a la subbase granular en el plano de un pavimento rígido en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se prescribe elegir la estrategia AASHTO 93 donde su espesor fue de 15 centímetros, según la figura N° 25 ya que es la más adecuada para la estimación, sin perjuicio de que arroje resultados más precisos.

Durante el examen, se realizó una investigación similar de una configuración de pavimento rígido utilizando dos estrategias, AASHTO 93 y PCA, comparable a la pieza sustancial en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se prescribe decidir sobre la estrategia AASHTO 93 por ser la más idónea, donde su espesor es de 17,27 centímetros, según la figura N°27, esta técnica es significativamente más efectiva que la PCA, en cuanto a la pieza sustancial.

A la luz de la revisión realizada para observar una configuración de pavimento rígido utilizando dos técnicas, AASHTO 93 y PCA, comparable con el gasto del pavimento rígido en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10), se prescribe aplicar la filosofía AASHTO 93 con un gasto de S/902849,14, la cual es más productiva que la estrategia PCA debido a que su costo es considerablemente más costoso en S/1051479,98.

Se sugiere aplicar el procedimiento AASHTO 93 para planificar un pavimento rígido, ya que esta técnica mejora los activos y hace que las investigaciones sean mucho más certeras. Por otra parte, se sugiere igualmente que este estudio se tenga en cuenta para futuras exploraciones, ya que se trata de un cómputo significativo en una tarea. Por último, se sugiere que este estudio sea terminado a nivel de registro especializado, por lo que muy bien puede ser presentado al programa TRABAJA PERÚ para su futura ejecución.

REFERENCIAS

CARRION, Juan. Factores que generan fisuras en los principales pavimentos rígidos. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2016. 89 pp.

ISBN: 847-123-245-0

AZAÑERO, Santos. Diseño del pavimento rígido con agregados de cantera. Cajamarca: Universidad Cesar Vallejo, 2015. 112 pp.

ISBN: 900-345-677-1

CASTILLO, César. Diseño de un pavimento rígido agregando elastómero termoplástico. Trujillo: Universidad Antenor Orrego, 2017. 51 pp.

ISBN: 777-900-234-7

ZAVALETA, Bryan. Diseño de pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93y PCA. Ancash: Universidad Cesar Vallejo, 2016. 97 pp.

ISBN: 456-960-123-0

ZAPATA, Renzo. Análisis comparativo del diseño de espesor de la capa de rodadura de pavimentos rígidos. Lima: Pontifica Universidad Católica Del Perú, 2017, 42 pp.

ISBN: 901-366-900-3

VASQUÉZ, Bruno. Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2014. 112 pp.

ISBN: 212-132-560-9

ORTEGA, Luis. Diseño de pavimentos rígidos nuevos según la metodología ASSHTO. Popayán: Universidad del Cauca, 2008, 308 pp.

ISBN: 500-899-333-7

ZEGARRA, Milagros. Diseño de pavimento rígido con fibra de acero para mejorarla resistencia del concreto en el diseño de la infraestructura vial. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 94 pp.

ISBN: 004-601-444-8

ANTAUROCO, David. Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre. Ancash: Universidad Cesar Vallejo, 2019, 52 pp.

ISBN: 555-890-402-0

FIGUEROA, Jorge. Guía para el uso del método de diseño de estructuras de pavimentos nuevos según el método AASHTO. San Salvador: Universidad De El Salvador, 2005, 498 pp.

ISBN: 012-342-131-0

SANCHEZ, Marcos. Metodología de diseño del pavimento rígido. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 165 pp.

ISBN: 890-450-670-1

SANCHEZ, Marcos. Diseño de pavimentos rígidos mediante los métodos PCA y AASHTO. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 99 pp.

ISBN: 567-888-900-3

CARRASCO, José. Evaluación del diseño del pavimento rígido mediante el método PCA. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. 102 pp.

ISBN: 500-123-333-9

CARRIÓN, Juan. Principales factores que generan fisuras dentro del pavimento rígido. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 155 pp.

ISBN: 678-000-456-1

ROJAS, Luis. Métodos de diseño del pavimento rígido. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2019. 133 pp.

ISBN: 933-405-666-2

HERRERA, Carlos. Pavimentos urbanos. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2016. 144 pp.

ISBN: 780-567-888-0

ZAMBRANO, Diego. Diseño de pavimentos urbanos con el método AASHTO. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2018. 104 pp.

ISBN: 666-560-340-1

CAMPOS, Josué. Diseño de pavimentos rígidos mediante la metodología PCA. Chimbote: Universidad Tecnológica del Perú, 2019. 67 pp.

ISBN: 800-788-300-2

VILLANUEVA, Jean. Incorporación de plástico reciclado al pavimento rígido. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 99 pp.

ISBN: 500-123-321-6

ORTEGA, Yerson. Evaluación de un diseño de pavimento rígido al incorporar plástico reciclado. Huancayo: Universidad Continental, 2016. 88 pp.

ISBN: 999-567-333-0

FIORINI GARCIA, A (2014). Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras. Tesis de pregrado: Universidad de San Carlos de Guatemala.

ISBN: 000-567-234-1

Morán Ubidia, Jorge (2015). "Manual de construcción con Bambú". Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR, Instituto de Vivienda, Construcción y Urbanismo - IVUC - de la Universidad de San Martín de Porres – USMP y la Dirección de Construcción del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 3ra edición, adaptada al Perú.

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento (enero, 2006). "Norma técnica E 100 – Bamboo", consultado el 18 de junio del 2021.

BORJA SUÁREZ, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [En línea]. Perú, 2016.

Disponible en: <https://unprg.academia.edu/ManuelBorjaSu%C3%A1rez>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6a ed. México D.F: McGrawHill, 2014. 632 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2da ed. Lima: Editorial San Marcos, 2013. 495 pp.

ISBN: 978-612-302-878-7

PALELLA STRACUZZI, Santa y MARTINS PESTANA, Feliberto. Metodología de la investigación. 3era ed. Caracas: Editorial Fedupel, 2012. 285 pp.

ISBN: 980-273-445-4

DIAZ GONZÁLEZ, J; ESCOBAR VELÁSQUEZ, O y OLIVO MARTÍNEZ, E (2014). Aplicación de los Geosintéticos en la Estructura de los Pavimentos y en Obras de Drenaje para Carreteras. Tesis de pregrado: Universidad de El Salvador.

CRUZ VARGAS, E (2018). Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5a ed. México D.F: McGrawHill, 2010. 655 pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9 37

SOTO, S. Manual de Metodología de la investigación. Cuba. 2016.

Recuperado de:

http://jbposgrado.org/material_seminarios/hsampieri/metodologia%20sampleri%205a%20edicion.pdf

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. México. 2016.

Recuperado de:

https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 04.28

HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 17.

HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 129. HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 175.

HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp.

BUSTAMANTE NOBOA, A (2016). Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil, (2016). Tesis Doctoral. Universidad de Cuenca, Ecuador.

BONILLA, Manuel, QUINTANA, Juan, CARRIÓN, Francisco, et al. Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo. Revista secretaria de comunicaciones y transporte. Sanfandila. N° 509. México. [En línea]. 2017. 127 pp. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2022].

MANUAL Y SOFTWARE DE DISEÑO. Manual de diseño con geosintéticos. Zetta comunicadores S.A. 2009.

Manual de Carreteras. (2015). Perú: Editorial Macro. Recuperado de: <https://www.editorialmacro.com/producto?id=135>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

Anexo 02: Matriz de consistencia

Anexo 03: Instrumentos de recolección de datos

Anexo 04: Validez por juicio de expertos

Anexo 05: Normativa

Anexo 06: Mapas y Planos

Anexo 07: Panel Fotográfico

Anexo 09: Software, licencias y calibración de equipos

Anexo 10: Calculo

Anexo 11: Resultado TURNITIN

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021”

Autor: Reynaldo Herrera, Juan William

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTR.
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál será el resultado de un estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Existen diferencias en el resultado del estudio de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima – 2021.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X1) Método AASHTO 93</p> <p>Variable INDEPENDIENTE (X2) Método PCA</p>	<p>Método AASHTO</p> <p>Método PCA</p>	<p>Resistencia de la sub rasante k (Mpa/m)</p> <p>Cargas de tránsito (Tn)</p> <p>Periodo de diseño (Años)</p> <p>Transferencia de carga (J)</p> <p>Serviciabilidad (P)</p> <p>Coefficiente de drenaje (Cd)</p> <p>Confiability (R)</p> <p>Factor de seguridad (Fs)</p> <p>Resistencia de la sub rasante k (Mpa/m)</p> <p>Cargas de tránsito (Tn)</p> <p>Periodo de diseño (Años)</p> <p>Módulo de elasticidad del concreto (E)</p> <p>Factor de seguridad (Fs)</p>	<p>MANUAL DE CARRETERAS (SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS) - SECCIÓN (SUELOS Y PAVIMENTOS).</p> <p>MANUAL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN CARRETERAS Y CALLES MÉTODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION).</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021?</p> <p>¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021.</p> <p>Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICAS Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la sub base granular en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021.</p> <p>Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al espesor de la losa de concreto en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Pavimento rígido</p>	<p>Evaluación Técnica</p> <p>Evaluación Económica</p>	<p>Espesor de la sub base granular (cm)</p> <p>Espesor de la losa de concreto (cm)</p> <p>Costo del pavimento rígido a través de ambas metodologías</p>	<p>MANUAL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN CARRETERAS Y CALLES MÉTODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION).</p>
<p>¿De qué forma el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo influye en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021?</p>	<p>Determinar el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo en la Av. Retablo, Comas, Lima - 2021.</p>	<p>Se obtendrá el estudio comparativo de los métodos AASHTO 93 y PCA en relación al costo en la Av. Retablo, Comas, Lima – 2021.</p>				

ANEXO 2: OPERALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Med.
Variable Independiente (X): Método AASHTO 93 y PCA	Como indica Hernández (2018), en el diseño del pavimento rígido aplicando el enfoque AASHTO 93 incluyen algunos factores que proyectan la forma de comportamiento de la estructura del pavimento, para evitar el daño de la losa o que el pavimento llegue a colapsar dentro de su vida útil. Según Rojas (2006), el método PCA tiene como propósito encontrar el espesor mínimo y óptimo de losa o pavimento de concreto, el mismo que generara un costo anual y de mantenimiento. Hernán (2016), considera en la evaluación de la estructura el análisis de capas del pavimento cual estado se encuentra deficiente y que no cumple con la capacidad de resistir cargas altas y es necesario realizar mantenimientos constantes o rehabilitaciones, en función del estado.	Se realizará estudios básicos tales como el CBR. Mediante el diseño AASHTO 93 y PCA, el diseño de pavimento rígido en cuanto al espesor deberá responder a la demanda actual de tráfico de la zona a intervenir. Puesto que la información de tránsito vehicular incluye volumen de tránsito anual, mensual, diario y horas según (Carrasco, 2018). Según Ortega (2016), para la evaluación del espesor eficiente y necesario del pavimento rígido se tienen dos métodos el AASHTO 93 y PCA, el mismo que conlleva a obtener indicadores que determinan el espesor necesario y optimo.	AASHTO 93	Resistencia de la sub rasante k (Mpa/m)	Razón
				Cargas de tránsito (Tn)	Razón
				Periodo de diseño (Años)	Razón
				Transferencia de carga (J)	Razón
				Serviciabilidad (P)	Razón
				Coefficiente de drenaje (Cd)	Razón
				Confiabilidad (R)	Razón
				Factor de seguridad (Fs)	Razón
			PCA	Resistencia de la sub rasante k (Mpa/m)	Razón
				Cargas de tránsito (Tn)	Razón
				Periodo de diseño (Años)	Razón
				Módulo de elasticidad del concreto (E)	Razón
				Factor de seguridad (Fs)	Razón
Variable Dependiente (Y): Pavimento rígido	Según García (2015), dentro del pavimento rígido se realizará la evaluación técnica que estará en función a los resultados de los métodos AASHTO 93 y PCA, el mismo que calculará el espesor optimo y técnicamente viable. Por otro lado, la evaluación económica se sujetará al costo optimo que demanden y se analice entre los métodos AASHTO 93 y PCA.	Al efectuar con el método AASHTO 93 y PCA, de comparar el espesor del pavimento, para determinar la comparación técnica y el análisis de costos unitarios. La evaluación técnica y económica, estará en función a los resultados con la aplicación de cada uno de los métodos AASHTO 93 y PCA, tomándose el que sea técnicamente viable y económicamente sostenible.	Evaluación Técnica	Espesor de losa de concreto	Razón
				Espesor de la sub base granular (cm)	Razón
				Espesor del pavimento rígido (cm)	Razón
			Evaluación Económica	Costo del pavimento a través del método AASHTO 93	Razón
				Costo del pavimento a través del método PCA	Razón

ANEXO 03: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO: MÉTODO AASHTO 93

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{4.6}}} + (4.22 - 0.32P) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{ps} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 k \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_r / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Calculo del espesor del pavimento (D):

Datos de entrada	Valor	Juicio de expertos				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
W _{8.2}						
Desviación normal estándar (Z _r)						
Desviación estándar (S _o)						
Serviciabilidad (ΔPSI)						
Módulo de reacción de la subrasante (K)						
Coefficiente de reacción combinado (K _c)						
Módulo de rotura (M _r)						
Módulo de elasticidad del concreto (E _c)						
Coefficiente de drenaje (C _d)						
Coefficiente de transmisión de carga (J)						

Espesores	cm
Losa de Concreto	
Base	
Subbase	

PUNTUACIÓN	
Deficiente	00-20
Regular	21-40
Bueno	41-60
Muy bueno	61-80
Excelente	81-100

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022
Firma del experto informante:

Nombres y Apellidos: Luciano Pedro Pérez Rodríguez
DNI. N° 31600526 CIP N° 145654


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Consejo Departamental La Libertad
 Luciano Pedro PÉREZ RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 145654

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

REFUERZO DE PAVIMENTOS RIGIDOS EMPLEANDO LOS MÉTODOS PCA Y AASHTO 93

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor de la losa de concreto	
Módulo de resiliencia	
Numero de capas granulares	
Demanda de tránsito W ₁₈	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS	
Deficiente	
Acceptable	
Bueno	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	Mi

EXPERTOS	
Deficiente	
Acceptable	
Bueno	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Espesor del pavimento (D)	
Espesor de la losa de concreto	
Espesor de base granular	

EXPERTOS	
Deficiente	
Acceptable	
Bueno	
Excelente	

Espesor	Método AASHTO 93	Método PCA	Diferencia de espesores
Espesor de la losa de concreto			
Espesor de la base granular			

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022
Firma del experto informante:

Nombres y Apellidos: Luciano Pedro Pérez Rodríguez
DNI. N° 31600526 CIP N° 145654

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Consejo Departamental La Libertad
 Luciano Pedro PÉREZ RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 145654

Ficha de medición precios unitarios de costo s/ refuerzo

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

Autor del instrumento: Juan William Reynaldo Herrera

Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

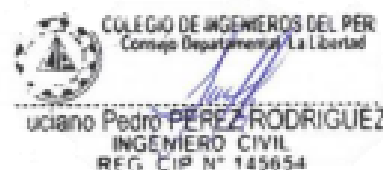
Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento sin refuerzo

Descripción	Unidad	Metrado	P.U (s/.)	Parcial	Expertos				
					Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Losa de concreto	m3								
Costo Directo(S/.)									

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022

Firma del experto informante:

Nombres y Apellidos: Luciano Pedro Pérez Rodríguez
DNI. N° 31600526 CIP N° 145654



PUNTUACION	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO: MÉTODO AASHTO 93

$$\log_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_r / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Calculo del espesor del pavimento (D):

Datos de entrada	Valor	Juicio de expertos				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
W _{8.2}						
Desviación normal estándar (Z _r)						
Desviación estándar (S _o)						
Serviciabilidad (ΔPSI)						
Módulo de reacción de la subrasante (K)						
Coefficiente de reacción combinado (K _c)						
Módulo de rotura (M _r)						
Módulo de elasticidad del concreto (E _c)						
Coefficiente de drenaje (C _d)						
Coefficiente de transmisión de carga (J)						

Espesores	cm
Losa de Concreto	
Base	
Subbase	

PUNTAJACIÓN	
Deficiente	00-20
Regular	21-40
Bueno	41-60
Muy bueno	61-80
Excelente	81-100

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022
Firma del experto informante:


Mg. Ing. Grover Santisteban Domínguez
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 3332

Nombres y Apellidos: Grover Guillermo Santisteban Domínguez
DNI. N° 40957096 CIP N° 83332

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

REFUERZO DE PAVIMENTOS RIGIDOS EMPLEANDO LOS MÉTODOS PCA Y AASHTO 93

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor de la losa de concreto	
Módulo de resiliencia	
Numero de capas granulares	
Demanda de tránsito W ₁₈	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	Mi

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Espesor del pavimento (D)	
Espesor de la losa de concreto	
Espesor de base granular	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

Espesor	Método AASHTO 93	Método PCA	Diferencia de espesores
Espesor de la losa de concreto			
Espesor de la base granular			

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022
Firma del experto informante:


Mg. Ing. Grover Santisteban Domínguez
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 83332

Nombres y Apellidos: Grover Guillermo Santisteban Domínguez
DNI. N° 40957096 CIP N° 83332

PUNTAJACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Ficha de medición precios unitarios de costo s/ refuerzo

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

Autor del instrumento: Juan William Reynaldo Herrera

Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento sin refuerzo

Descripción	Unidad	Metrado	P.U (s/.)	Parcial	Expertos				
					Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Losa de concreto	m3								
Costo Directo(S/.)									

Lugar y fecha: Lima, 9 de junio de 2022

Firma del experto informante:


Mg. Ing. Grover Santisteban Dominguez
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 83332

Nombres y Apellidos: Grover Guillermo Santisteban Domínguez
DNI. N° 40957096 CIP N° 83332

PUNTUACIÓN	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO: MÉTODO AASHTO 93

$$\log_{10} W_{R2} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{10}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_r) \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 k J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Calculo del espesor del pavimento (D):

Datos de entrada	Valor	Juicio de expertos				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
W _{a,2}						
Desviación normal estándar (Zr)						
Desviación estándar (So)						
Serviciabilidad (ΔPSI)						
Módulo de reacción de la subrasante (K)						
Coefficiente de reacción combinado (Kc)						
Módulo de rotura (Mr)						
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)						
Coefficiente de drenaje (Cd)						
Coefficiente de transmisión de carga (J)						

Espesores	cm
Losa de Concreto	
Base	
Subbase	

PUNTUACIÓN	
Deficiente	00-20
Regular	21-40
Bueno	41-60
Muy bueno	61-80
Excelente	81-100

Lugar y fecha: Lima, 8 de junio de 2022
Firma del experto informante:



Ing. Maiquer Yhimi Rupp Mora
CIP N° 211295
SUPERVISOR DE OBRA

Nombres y Apellidos: Maiquer Yhimi Rupp Mora
DNI. N° 70678869 CIP N° 211299

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

REFUERZO DE PAVIMENTOS RIGIDOS EMPLEANDO LOS MÉTODOS PCA Y AASHTO 93

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor de la losa de concreto	
Módulo de resiliencia	
Numero de capas granulares	
Demanda de transito W ₁₈	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	Mi

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Espesor del pavimento (D)	
Espesor de la losa de concreto	
Espesor de base granular	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

Espesor	Método ASSHTO 93	Método PCA	Diferencia de espesores
Espesor de la losa de concreto			
Espesor de la base granular			

Lugar y fecha: Lima, 8 de junio de 2022
Firma del experto informante:



Ing. Maiquer Yhimi Rupp Mora
CIP N° 211295
SUPERVISOR DE OBRA

Nombres y Apellidos: Maiquer Yhimi Rupp Mora
DNI. N° 70678869 CIP N° 211299

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Ficha de medición precios unitarios de costo s/ refuerzo

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021"

Autor del instrumento: Juan William Reynaldo Herrera

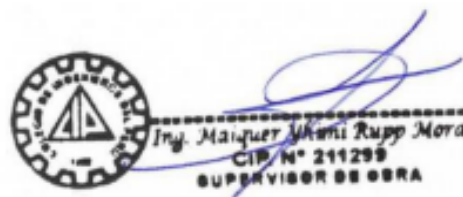
Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento sin refuerzo

Descripción	Unidad	Metrado	P.U (s/.)	Parcial	Expertos				
					Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Losa de concreto	m3								
Costo Directo(S/.)									

Lugar y fecha: Lima, 8 de junio de 2022

Firma del experto informante:



Ing. Maiquer Yhimi Rupp Mora
CIP N° 211299
SUPERVISOR DE OBRA

Nombres y Apellidos: Maiquer Yhimi Rupp Mora
DNI. N° 70678869 CIP N° 211299

PUNTUACIÓN	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

ANEXO 04: VALIDEZ POR JUICIO DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 Facultad de Ingeniería Civil
 VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos
 AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Pérez Rodríguez Luciano Pedro
- Grado académico : Titulado
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 145654

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.
 En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones
		0	1	
De contenido	1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3 ¿EL número de dimensiones es adecuado?		X	
	4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6 ¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7 No existe ambigüedad en los indicadores.		X	
	8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
	11 ¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14 ¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15 No es necesario considerar otros campos		X	
Total			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Pérez Rodríguez Luciano Pedro

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 145654


 COLEGI DE INGENIEROS DEL PERU
 Consejo Departamental La Libertad
 Luciano Pedro PEREZ RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 145654

Firma y Sello

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Facultad de Ingeniería Civil

VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Santisteban Domínguez Grover Guillermo
- Grado académico : Magister
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 83332

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones	
		0	1		
De contenido	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3	¿EL número de dimensiones es adecuado?		X	
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6	¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7	No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?	X		
De criterio	11	¿Los indicadores son medibles?		X	
	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15	No es necesario considerar otros campos		X	
Total				14	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Santisteban Domínguez Luciano Pedro

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 83332


Mg. Ing. César Santisteban Domínguez
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 83332

Firma y Sello

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Facultad de Ingeniería Civil

VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“Estudio comparativo de un pavimento rígido aplicando los métodos AASHTO 93 y PCA, Comas, Lima - 2021”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Rupp Mora Maiquer Yhimi
- Grado académico : Titulado
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 211299

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones
		0	1	
De contenido	1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3 ¿El número de dimensiones es adecuado?		X	
	4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6 ¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7 No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
De criterio	11 ¿Los indicadores son medibles?		X	
	12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14 ¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15 No es necesario considerar otros campos		X	
Total			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Rupp Mora Maiquer Yhimi

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 211299



 Ing. Maiquer Yhimi Rupp Mora
 CIP: N° 211299
 SUPERVISOR DE OBRAS
 Firma y Sello

ASPECTOS A CONSIDERAR		OBSERVADORES					
		1	2	3			
OBSERVACIONES	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?	1	1	1		
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?	1	1	1		
	3	¿EL número de dimensiones es adecuado?	1	1	1		
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?	1	1	1		
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastaran con la información recolectada en los instrumentos?	1	1	1		
	6	¿El número de indicadores es adecuado?	1	1	1		
	7	No existe ambigüedad en los indicadores	1	1	1		
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?	1	1	1		
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?	1	1	1		
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?	1	1	1		
	11	¿Los indicadores son medibles?	1	1	1		
	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?	1	0	1		
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?	1	1	1		
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?	1	1	1		
	15	No es necesario considerar otros campos	1	1	1		

44

CATEGORIAS:	
DE ACUERDO	1
EN DESACUERDO	0

Notaciones:

J: Número de observadores

X_{ik}: Número de observadores que clasifican la observación "i" en la categoría "k"

Para determinar el valor observado:

Se la matriz

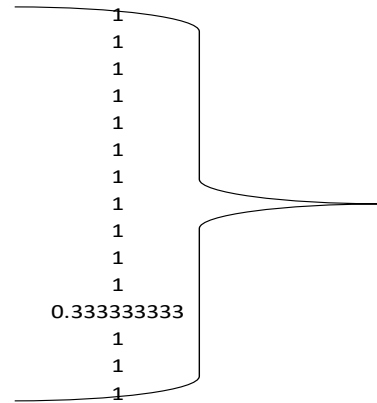
X _{ik} =	[3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		2	1	2	0	0.1	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
		3	0	6	0	0.3	6
						4.3	90

45

Remplazando los valores en la formula:

$$P_0 = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik}(X_{ik} - 1)}{J_i(J_i - 1)}$$

A partir de la matriz Xik se obtienen los siguientes valores:



Valores que se reemplazaran en la formula:

$$\sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik}(X_{ik} - 1)}{J_i(J_i - 1)}$$

$$\sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik}(X_{ik} - 1)}{J_i(J_i - 1)} = 14.33333333$$

$N_c = 15$

$$P_0 = 1$$

Para determinar el valor esperado:

Reemplazando los valores de $P_j(k)$ en la formula:

$$P_e = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{2}{J_i(J_i - 1)} \frac{2}{J(J - 1)} \sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k)$$

$P_1(1)$	$P_2(1)$	$P_3(1)$	$P_4(1)$	$P_5(1)$
1	0.933333333	1	0	0.000000000
$P_1(2)$	$P_2(2)$	$P_3(2)$	$P_4(2)$	$P_5(2)$
0	0.066666667	0	1	1

$$\sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k) = 4 \quad 0.32307692$$

$$P_e = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{2}{J_i(J_i - 1)} \frac{2}{J(J - 1)} \sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k) = 0.323076923$$

$$P_e = 0.64459$$

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} = 0.874948807$$

ANEXO 05: NORMATIVA

MANUAL DE CARRETERAS

SUELOS Y PAVIMENTOS DEL MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS



MANUAL PARA EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS MÉTODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION)

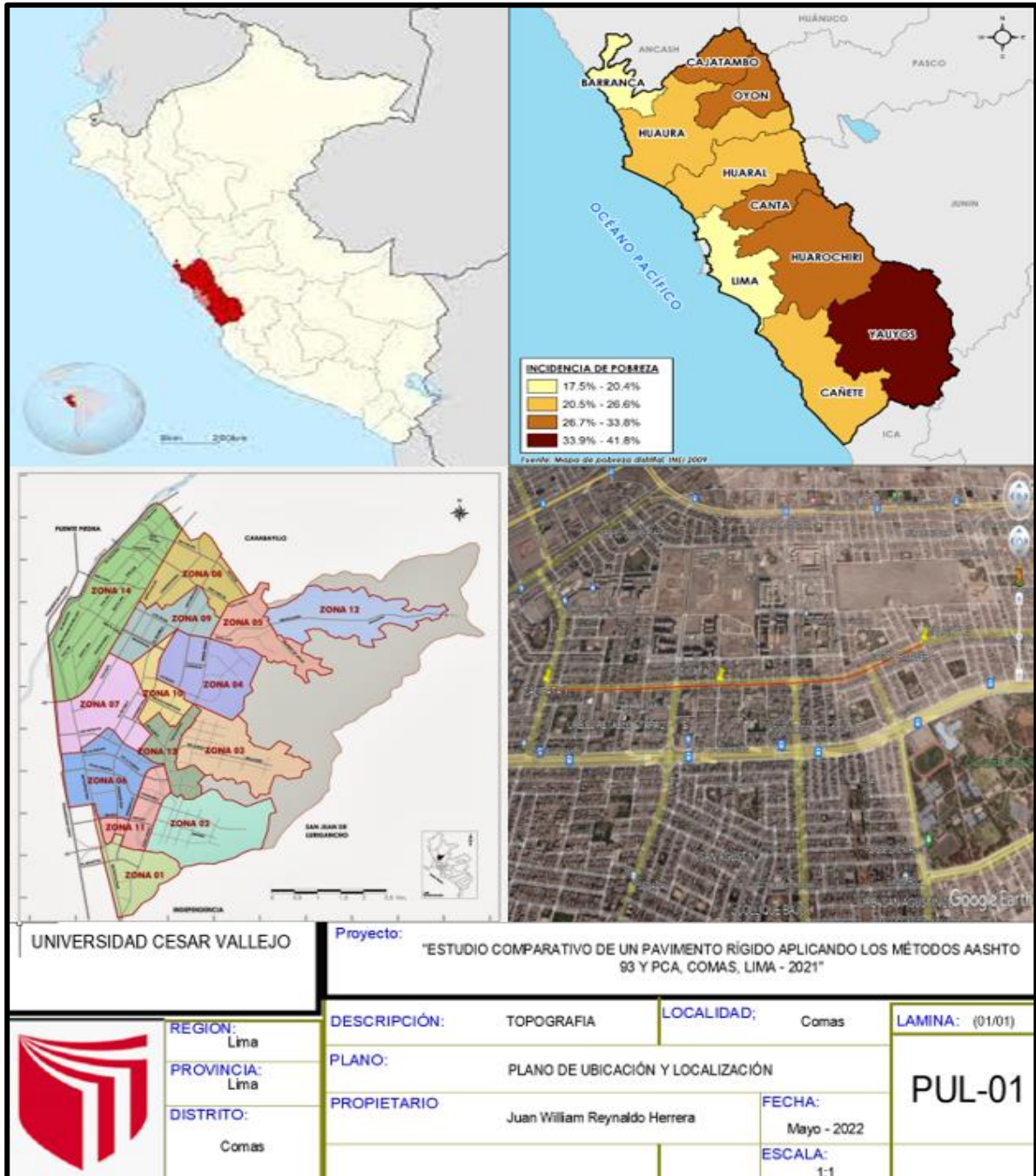
**DISEÑO DE ESPESORES PARA
PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN
CARRETERAS Y CALLES
MÉTODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION**



ANEXO 06: MAPAS Y PLANOS

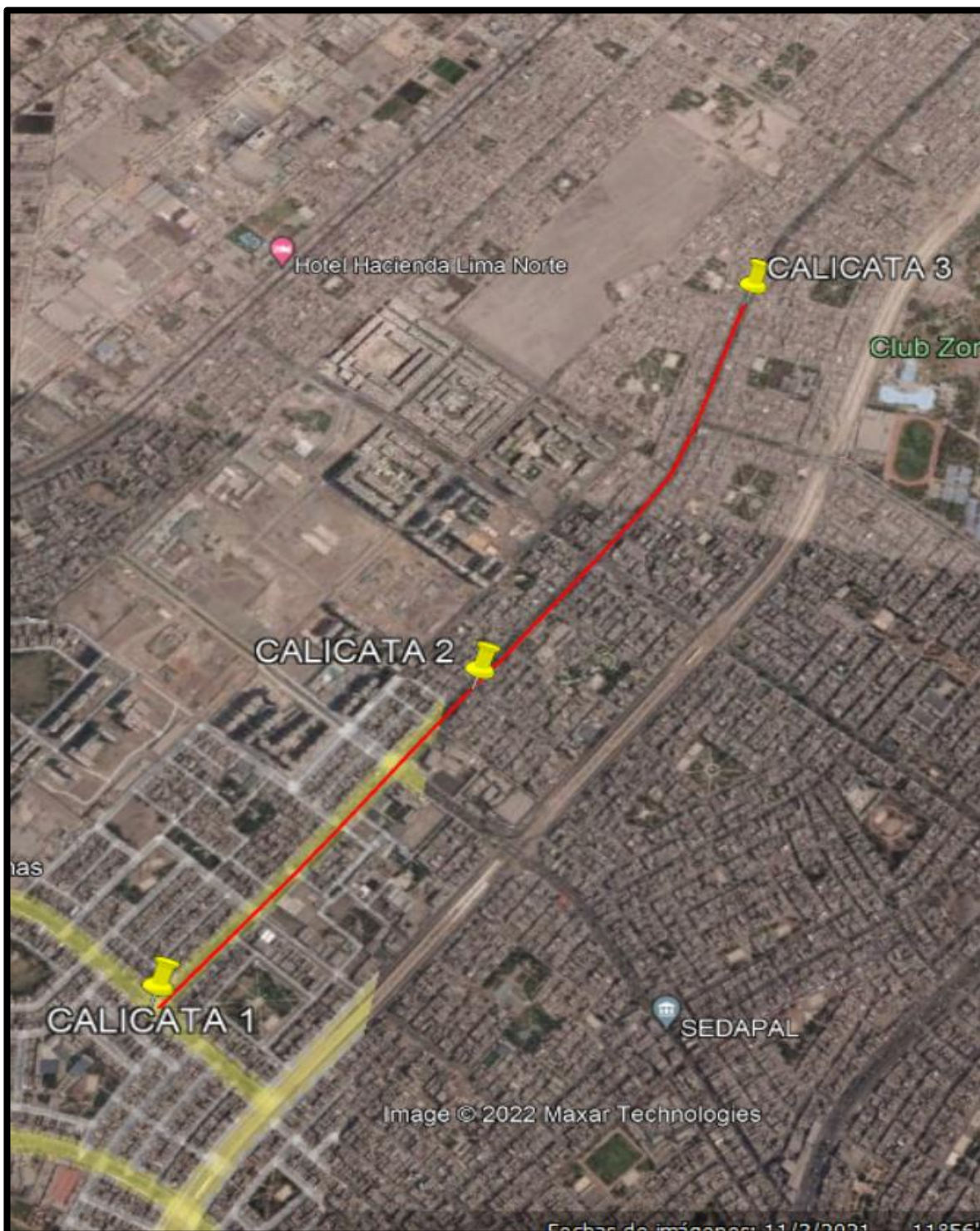
PLANO DE UBICACIÓN

Plano de ubicación que abarca la ciudad de Comas



Plano de ubicación a más detalle de los dos primeros kilómetros de la avenida Retablo

Ubicación de las calicatas



ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO



Conteo de tráfico vehicular en el distrito de Comas en la Av. Retablo (Cruce con la Av. Los Ángeles – Hasta el cruce con la calle 10); el conteo se realizó por una semana.



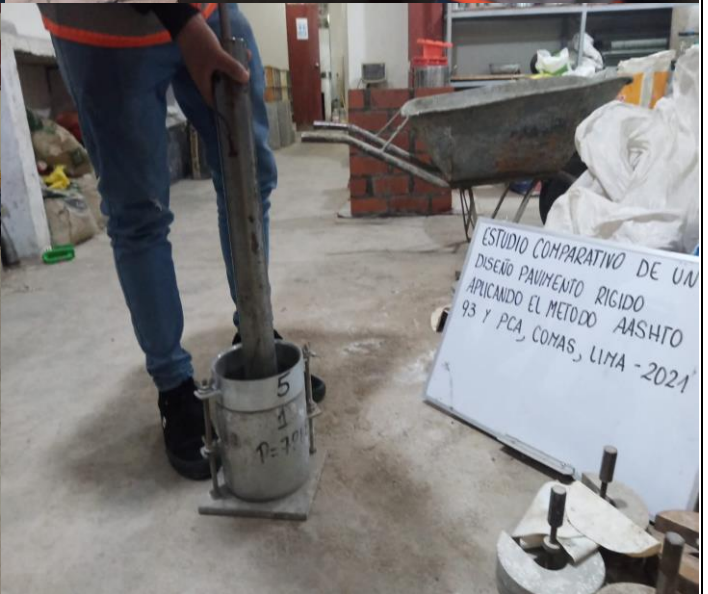
Reconocimiento de la zona para la realización de la primera calicata



Reconocimiento de la zona para la realización de la segunda calicata



Reconocimiento de la zona para la realización de la tercera calicata



Ensayos de laboratorio de análisis granulométrico, límites de consistencia, CBR y proctor modificado para el conseguir los valore correctos para el diseño de pavimento rígido.

ANEXO 09: SOFTWARE, LICENCIAS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Resultados de laboratorio:

Perfil de la calicata 1



Granulometría de la calicata 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

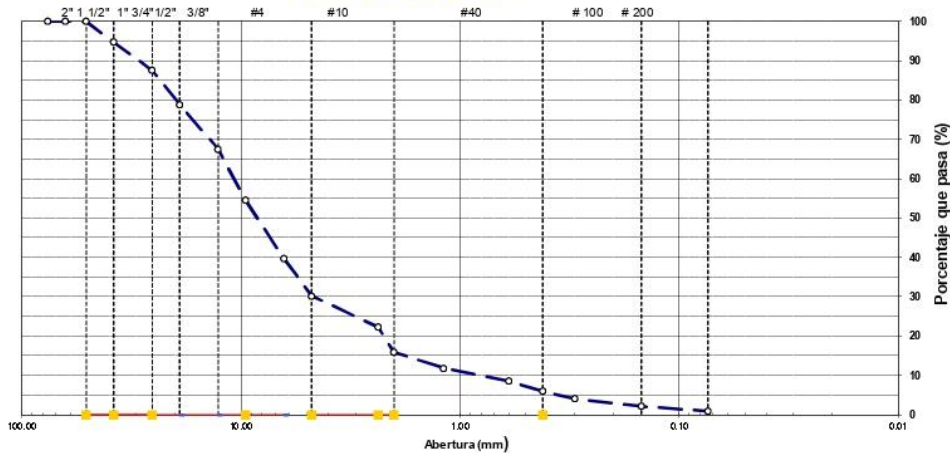
**ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88**

PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		TECNICO :	ILMER SANTA CRUZ O.	
UBICACION :	COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE :	ING. LINTON E. MATO V.	FECHA :	MAYO 2022
SOLICITANTE :	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	MATERIAL :	TERRENO DE FUNDACION		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :	C-01	TAMAÑO MAXIMO :	1 1/2"		
MUESTRA :	M-01				
PROF. (m) :	1.50 MT.				

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	Graduacion	PESO TOTAL	=	2,571.0	gr			
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0								
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO FINO	=	775.7	gr			
1 1/2"	38.100	135.2	5.3	5.3	94.7		LIMITE LIQUIDO	=	29.65	%			
1"	25.400	184.2	7.2	12.4	87.8		LIMITE PLASTICO	=	20.58	%			
3/4"	19.100	224.6	8.7	21.2	78.8		INDICE PLASTICO	=	9.07	%			
1/2"	12.700	291.4	11.3	32.5	67.5		CLASF. AASHTO	=	A1-a	(0)			
3/8"	9.520	334.5	13.0	45.5	54.5		CLASF. SUCCS	=	GP - GC				
1/4"	6.350	380.1	14.8	60.3	39.7		MAX. DENS. SECA	=	1.404	gr/cc			
# 4	4.760	245.4	9.5	69.8	30.2		HUMEDAD OPT.	=	16.8	%			
# 8	2.360	201.5	7.8	77.7	22.3		CBR 100% 0.1"	=	18.3				
# 10	2.000	165.1	6.4	84.1	15.9		CBR 95% 0.1"	=	15.9	%			
# 20	1.190	105.7	4.1	88.2	11.8								
# 30	0.600	84.1	3.3	91.5	8.5								
# 40	0.420	64.1	2.5	94.0	6.0								
# 50	0.300	52.1	2.0	96.0	4.0								
# 100	0.149	48.7	1.9	97.9	2.1								
# 200	0.074	30.3	1.2	99.1	0.9		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	Humd.			
< # 200	FONDO	24.2	0.9	100.0			NATURAL	3,215.2	2,571.0	25.1%			
FRACCION		775.7					Coef. Uniformidad	17					
TOTAL		2,571.0											

Descripción del suelo: Grava Mal Graduada: Mezclas de Grava Arena y Arcilla

CURVA GRANULOMETRICA



ILMER SANTA CRUZ ORDOSCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
"SUELOS Y ASFALTO"

TEC. LABORATORIO

Linton Eimer Mato Vicuña
INGENIERO CIVIL
R.N. S.P. N° 77943

ING. RESPONSABLE

Límite de consistencia de la calicata 1 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318

PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"	TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION : COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.
SOLICITANTE : REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	FECHA : MAYO 2022
	MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 1.50 MT.

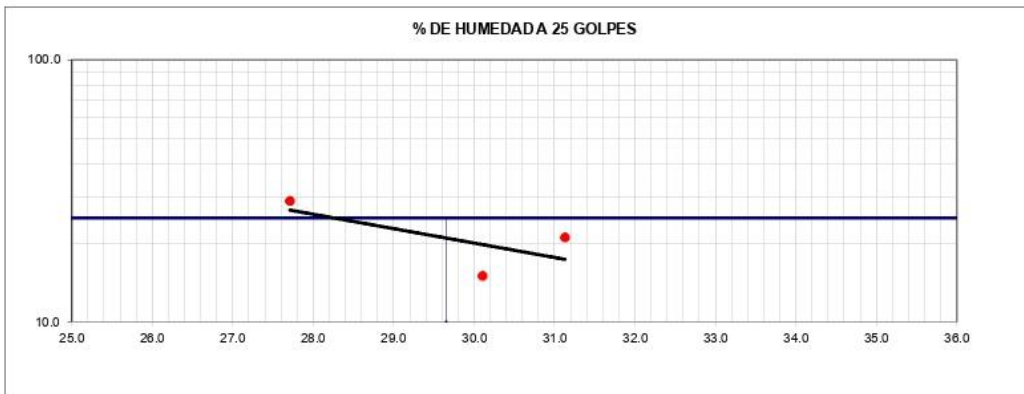
LIMITE LIQUIDO

	1	2	3
N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO	43.08	39.16	37.01
TARRO + SUELO SECO	36.12	32.95	31.80
AGUA	6.96	6.21	5.21
PESO DEL TARRO	13.00	13.00	13.00
PESO DEL SUELO SECO	23.12	19.95	18.80
% DE HUMEDAD	30.10	31.13	27.71
N° DE GOLPES	15	21	29

LIMITE PLASTICO

	4	5
N° TARRO		
TARRO + SUELO HUMEDO	22.95	27.98
TARRO + SUELO SECO	21.15	25.58
AGUA	1.80	2.40
PESO DEL TARRO	13.00	13.00
PESO DEL SUELO SECO	8.15	12.58
% DE HUMEDAD	22.09	19.08

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	29.05
LIMITE PLASTICO	20.58
INDICE DE PLASTICIDAD	8.07

OBSERVACIONES

Ilmer Santa Cruz Orosco
 ILMER SANTA CRUZ OROSOCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO
 TEC. LABORATORIO

Linton E. Mato V.
 Linton E. Mato V.
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 77383
 ING. RESPONSABLE

Proctor modificado de la calicata 1 muestra 1



"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

PROYECTO	: "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"	TECNICO	: ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION	: COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE	: ING. LINTON E. MATO V.
SOLICITANTE	: REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	FECHA	: MAYO 2022
		MATERIAL	: TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 1.50 MT.

DATOS DE LA MUESTRA

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	9578	9850	9930	9855	
Peso molde	gr	6415	6415	6415	6415	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3163	3435	3515	3440	
Volumen del molde	cm ³	2125	2125	2125	2125	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.488	1.616	1.654	1.619	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	765.00	765.00	765.00	765.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.50	661.50	649.10	636.80	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	90.50	103.50	115.90	128.20	
Peso del suelo seco	gr	674.5	661.5	649.1	636.8	
Contenido de agua	%	13.42	15.65	17.86	20.13	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.312	1.398	1.404	1.348	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.40
					Humedad óptima (%)	16.8



Ilmer Santa Cruz Orosco
 ILMER SANTA CRUZ OROSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 "CONCRETO Y ASFALTO"

TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato Vicuña
 Linton Elmer Mato Vicuña
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77543

ING. RESPONSABLE

CBR de la calicata 1 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Teléfono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR AASHTO T-193													
PROYECTO		"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"											
UBICACION		COMAS - LIMA - LIMA											
SOLICITANTE		REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM											
		TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O. ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATOV. FECHA : MAYO 2022 MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION											
DATOS DE LA MUESTRA													
CALICATA		C-01											
MUESTRA		M-01											
PROF. (m)		1.50 MT.											
Molde N°		1		2		3							
N° Capa		5		5		5							
Golpes por capa N°		56		25		12							
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO						
Peso molde + suelo húmedo (gr)		10910	10960	10960	11055	10885	11027						
Peso de molde (gr)		7445	7445	7759	7759	7894	7894						
Peso del suelo húmedo (gr)		3465	3515	3201	3296	2991	3133						
Volumen del molde (cm3)		2115	2115	2100	2100	2119	2119						
Densidad húmeda (gr/cm3)		1.638	1.662	1.524	1.570	1.412	1.479						
Humedad (%)		14.1	15.3	14.3	16.7	14.0	17.9						
Densidad seca (gr/cm3)		1.435	1.441	1.333	1.345	1.238	1.254						
Tarro N°		-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr)		760.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00						
Tarro + Suelo seco (gr)		666.00	659.00	665.00	651.00	666.50	644.50						
Peso del Agua (gr)		94.0	101.0	95.0	109.0	93.5	115.5						
Peso del tarro (gr)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
Peso del suelo seco (gr)		666.0	659.0	665.0	651.0	666.5	644.5						
Humedad (%)		14.1	15.3	14.3	16.7	14.0	17.9						
Promedio de Humedad (%)													
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
6/10/2010	9:55 AM	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/11/2010	9:55 AM	24	0.025	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/12/2010	9:55 AM	48	0.1	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/13/2010	9:55 AM	72	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/14/2010	9:55 AM	96	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		6	21.9			4	15.0			3	11.5		
0.050		13	46.2			9	32.3			5	18.4		
0.075		20	70.5			13	46.2			9	32.3		
0.100	70.3	28	98.3	5.81	8.3	20	70.5	4.15	5.9	12	42.7	2.74	3.9
0.200		35	122.6			27	94.8			18	63.6		
0.300	105.46	48	167.8	10.26	9.7	34	119.1	7.34	7.0	26	91.3	5.27	5.0
0.400		59	206.0			42	146.9			30	105.2		
0.500		68	237.3			50	174.7			36	126.1		

ILMER SANTA CRUZ OROSCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

Linton Erazo Matov
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 77361

TEC. LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

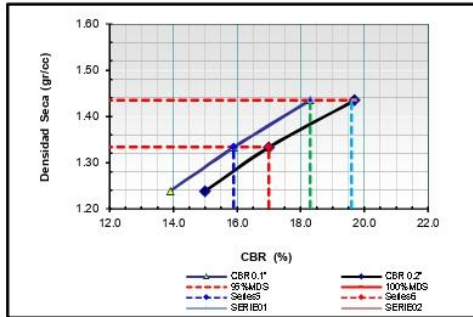
Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO	: "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		
UBICACION	: COMAS - LIMA - LIMA	TECNICO	: ILMER SANTA CRUZ O.
SOLICITANTE	: REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	ING. RESPONSABLE	: ING. LINTON E. MATO V.
		FECHA	: MAYO 2022
		MATERIAL	: TERRENO DE FUNDACION
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01		
MUESTRA	: M-01		
PROF. (m)	: 1.50 MT.		

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

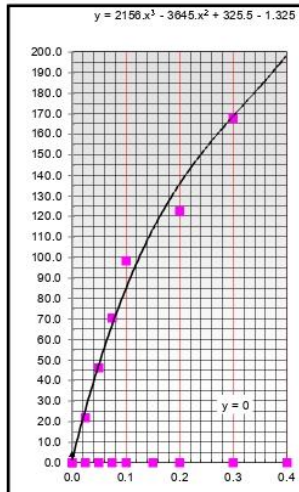


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	18.3	0.2":	19.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	15.9	0.2":	17.0

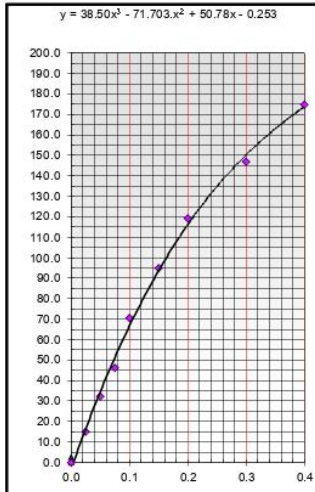
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.404	gr/cc
Optimo Humedad	16.76	%

OBSERVACIONES:

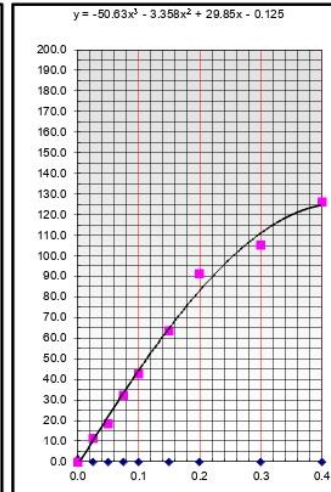
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



ILMER SANTA CRUZ OROSCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

LINTON ELMAR MATO VICENTE
INGENIERO CIVIL
REG. Nº 71965

ING. RESPONSABLE

Perfil de la calicata 2

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS

PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		TECNICO :	ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION :	COMAS - LIMA - LIMA		ING. RESPONSABLE :	ING. LINTON E. MATO V.
SOLICITANTE :	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM		FECHA :	MAYO 2022
			MATERIAL :	TERRENO DE FUNDACION
DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA :	C-02		TAMAÑO MÁXIMO :	1 1/2"
MUESTRAS :	M-01			
PROF. (m) :	1.50 MT.			

PROF.	M.	GRAFICO	ESTRATO	DESCRIPCION	CLASIFICACION		GRANULOMETRIA			LIMTES %			HUM. NAT. %	
			Espesor (CM.)		AASHTO	SUCS	3" A Nro. 4	Nro. 4 a Nro. 200	Menor Nro 200	LL.	L.P.	IP.		
0.00														
0.20				Material con presencia de raíces orgánicas para limpieza y desbroce.										
0.40														
0.60														
0.80		GP - GC		Gravas mal graduadas con pocos finos, gravas arcillosas, mezcla de grava arena y arcilla de color amarillento	A-2-4 (0)	GP - GC	64.39	34.36	1.25	28	21	7	8.7	
1.00														
1.20														
1.40														
1.50														
1.60														


ILMER SANTA CRUZ O.
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO


Linton Elmer Mato V.
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 17981

ING. RESPONSABLE

Granulometría de la calicata 2



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
AASHTO T-1, T-27 y T-88

PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		
UBICACION :	COMAS - LIMA - LIMA	TECNICO :	ILMER SANTA CRUZ O.
CONSULTOR :	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	ING. RESPONSABLE :	ING. LINTON E. MATO V.
		FECHA :	MAYO 2022
		MATERIAL :	TERRENO DE FUNDACION

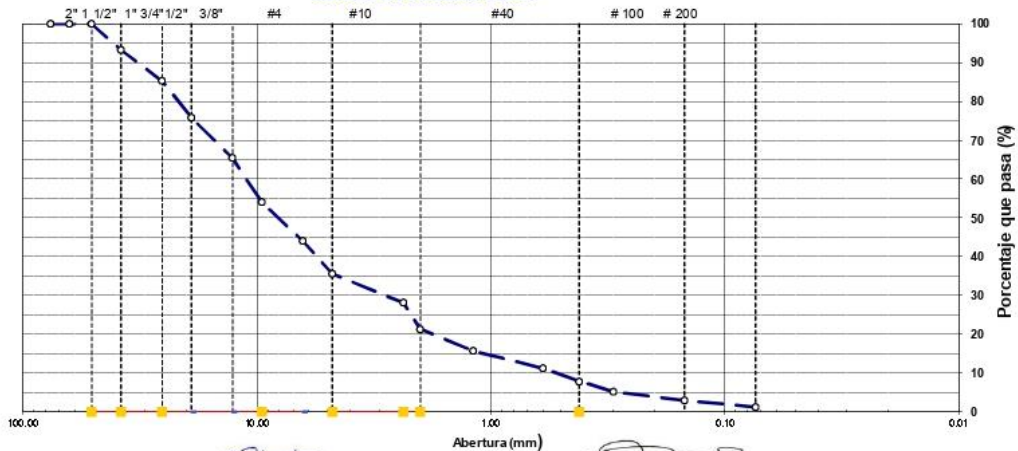
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA :	C-02	TAMAÑO MAXIMO :	1 1/2"
MUESTRA :	M-01		
PROF. (m) :	1.50 MT.		

TAMIZ	ABERT. mm.	PESEO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PARA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	Graduacion	PESO TOTAL = 3,646.4 gr
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO FINO = 1,298.5 gr
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO = 27.88 %
1 1/2"	38.100	245.1	6.7	6.7	93.3		LIMITE PLASTICO = 20.58 %
1"	25.400	290.3	8.0	14.7	85.3		INDICE PLASTICO = 7.30 %
3/4"	19.100	345.1	9.5	24.1	75.9		CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
1/2"	12.700	380.7	10.4	34.6	65.4		CLASF. SUCCS = GP - GC
3/8"	9.520	415.3	11.4	46.0	54.0		MAX. DENS. SECA = 2.141 gr/cc
1/4"	6.350	366.0	10.0	56.0	44.0		HUMEDAD OPT. = 7.8 %
# 4	4.750	305.5	8.4	64.4	35.6		CBR 100% 0,1" = 20.0
# 8	2.380	274.2	7.5	71.9	28.1		CBR 95% 0,1" = 15.2 %
# 10	2.000	247.0	6.8	78.7	21.3		
# 20	1.190	204.7	5.6	84.3	15.7		
# 30	0.600	165.9	4.6	88.8	11.2		
# 40	0.420	121.5	3.3	92.2	7.8		
# 50	0.300	98.7	2.7	94.9	5.1		
# 100	0.149	78.7	2.2	97.0	3.0		
# 200	0.074	62.4	1.7	98.8	1.3		% HUMEDAD
< # 200	FONDO	45.6	1.3	100.0			NATURAL
FRACCION		1,298.5					P.S.H.
TOTAL		3,646.4					P.S.S.
							Humd.
							Coef. Uniformidad
							19

Descripción del suelo: Grava Mal Graduada: Mezclas de Grava Arena y Arcilla

CURVA GRANULOMETRICA



ILMER SANTA CRUZ OROSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO
TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato V. Canale
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7063
ING. RESPONSABLE

Límite de consistencia de la calicata 2 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318

PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"	TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION : COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.
CONSULTOR : REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	FECHA : MAYO 2022
	MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 1.50 MT.

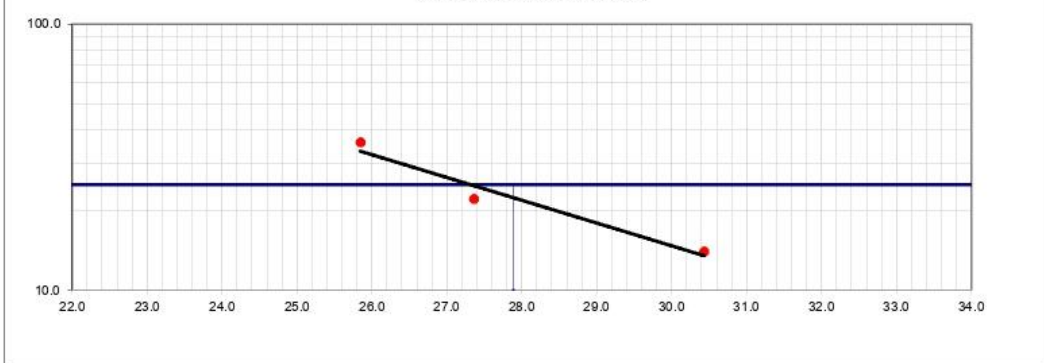
LIMITE LIQUIDO

	1	2	3
N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO	26.15	32.05	31.86
TARRO + SUELO SECO	23.14	27.99	28.04
AGUA	3.01	4.06	3.82
PESO DEL TARRO	13.25	13.15	13.26
PESO DEL SUELO SECO	9.89	14.84	14.78
% DE HUMEDAD	30.43		25.85
N° DE GOLPES	14	22	36

LIMITE PLASTICO

	4	5
N° TARRO		
TARRO + SUELO HUMEDO	22.95	27.98
TARRO + SUELO SECO	21.15	25.58
AGUA	1.80	2.40
PESO DEL TARRO	13.00	13.00
PESO DEL SUELO SECO	8.15	12.58
% DE HUMEDAD	22.09	19.08

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	27.88
LIMITE PLASTICO	20.58
INDICE DE PLASTICIDAD	7.30

OBSERVACIONES

Ilmer Santa Cruz
 ILMER SANTA CRUZ OROSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 (CONCRETO Y ASFALTO)
TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato
 Linton Elmer Mato Vicente
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 17363
ING. RESPONSABLE

Proctor modificado de la calicata 2 muestra 1



"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"
TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O.
ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.
UBICACION : COMAS - LIMA - LIMA
FECHA : MAYO 2022
CONSULTOR : REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 1.50 MT.

DATOS DE LA MUESTRA

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	10465	11255	11365	10285
Peso molde	gr	6415	6415	6415	6415
Peso suelo húmedo compactado	gr	4050	4840	4950	3870
Volumen del molde	cm ³	2125	2125	2125	2125
Peso volumétrico húmedo	gr	1.906	2.278	2.329	1.821
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	900.00	900.00	900.00	900.00
Peso del suelo seco + tara	gr	860.40	843.20	827.20	811.10
Tara	gr				
Peso de agua	gr	39.60	56.80	72.80	88.90
Peso del suelo seco	gr	860.4	843.2	827.2	811.1
Contenido de agua	%	4.60	6.74	8.80	10.96
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.822	2.134	2.141	1.641
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>					2.14
<i>Humedad óptima (%)</i>					7.8



Ilmer Santa Cruz Orasco
 ILMER SANTA CRUZ OROSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato Vicente
 Linton Elmer Mato Vicente
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77943

ING. RESPONSABLE

CBR de la calicata 2 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO	ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021		TECNICO	ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION	COMAS - LIMA - LIMA		ING. RESPONSABLE	ING. LINTON E. MATO V.
CONSULTOR	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM		FECHA	MAYO 2022
			MATERIAL	TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-02
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1.50 MT.

	1	2	3			
Molde N°	5	5	5			
N° Capa	56	25	12			
Golpes por capa N°						
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12620	12670	12350	12445	11950	12092
Peso de molde (gr)	7445	7445	7759	7759	7894	7894
Peso del suelo húmedo (gr)	5175	5225	4591	4686	4056	4198
Volumen del molde (cm3)	2115	2115	2100	2100	2119	2119
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.447	2.470	2.186	2.231	1.914	1.981
Humedad (%)	5.0	3.1	3.5	3.8	4.4	4.9
Densidad seca (gr/cm3)	2.330	2.396	2.113	2.149	1.834	1.889
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
Tarro + Suelo seco (gr)	800.00	815.00	812.00	809.00	805.00	801.00
Peso del Agua (gr)	40.0	25.0	28.0	31.0	35.0	39.0
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	800.0	815.0	812.0	809.0	805.0	801.0
Humedad (%)	5.0	3.1	3.5	3.8	4.4	4.9
Promedio de Humedad (%)						

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/10/2010	9:55 AM	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
6/11/2010	9:55 AM	24	0.0	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
6/12/2010	9:55 AM	48	0.1	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
6/13/2010	9:55 AM	72	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
6/14/2010	9:55 AM	96	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		6	3.3			4	2.3			3	1.7		
0.050		13	7.0			9	4.9			5	2.8		
0.075		20	10.7			13	7.0			9	4.9		
0.100	70.3	28	14.9	28.56	40.6	20	10.7	25.25	35.9	12	6.5	16.11	22.9
0.200		35	18.6			27	14.4			18	9.6		
0.300	105.48	48	25.4	47.66	45.2	34	18.0	41.20	39.1	26	13.8	28.21	26.8
0.400		59	31.2			42	22.3			30	15.9		
0.500		68	36.0			50	26.5			36	19.1		

ILMER SANTA CRUZ OROSCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

Linton E. Mato V.
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 7561

TEC. LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

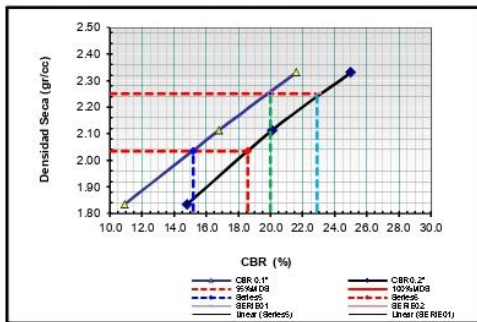
Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA. COMAS, LIMA - 2021"	
UBICACION	COMAS - LIMA - LIMA	TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O.
CONSULTOR	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.
DATOS DE LA MUESTRA		FECHA : MAYO 2022
CALICATA :	C-02	MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
MUESTRA :	M-01	
PROF. (m) :	1.50 MT.	

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



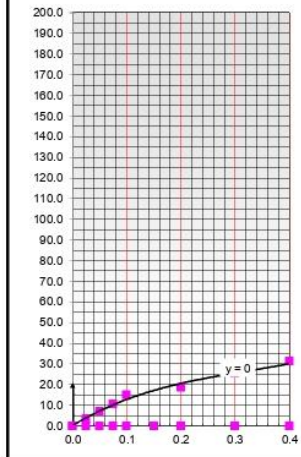
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	20.0	0.2":	22.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	15.2	0.2":	18.6

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.141	gr/cc
Optimo Humedad	7.77	%

OBSERVACIONES:

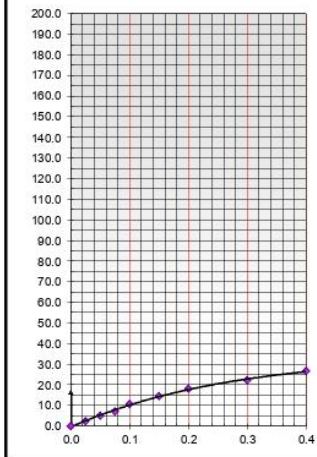
EC = 56 GOLPES

$$y = 369.67x^3 - 356.9x^2 + 158.41x + 0.1901$$



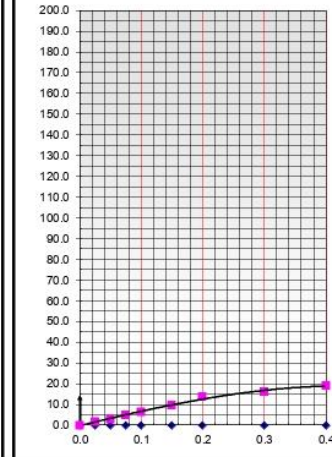
EC = 25 GOLPES

$$y = 123.05x^3 - 190.86x^2 + 123.69x - 0.4857$$



EC = 12 GOLPES

$$y = -85.87x^3 - 30.678x^2 + 73.905x - 0.2803$$



ILMER SANTA CRUZ OROSCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

LINTON ELMER MATO VICARIO
INGENIERO CIVIL
Nº 047 07 71843

ING. RESPONSABLE

Perfil de la calicata 3



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS

PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		TECNICO :	ILMER SANTA CRUZ O.	
UBICACION :	COMAS - LIMA - LIMA		ING. RESPONSABLE :	ING. LINTON E. MATO V.	
SOLICITANTE :	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM		FECHA :	MAYO 2022	
			MATERIAL :	TERRENO DE FUNDACION	
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :	C-03	TAMAÑO MÁXIMO :			1 1/2"
MUESTRAS :	M-01				
PROF. (m) :	1.50 MT.				

PROF.	M.	GRAFICO	ESTRATO Espesor (CM.)	DESCRIPCION	CLASIFICACION		GRANULOMETRIA			LIMITE %			HUM NAT %
					AASHTO	SUCS	3" A Nro. 4	Nro. 4 a Nro. 200	Menor Nro. 200	L.L.	L.P.	I.P.	
0.00													
0.20				Material con presencia de raices organicas para limpieza y desbroce.									
0.40													
0.60													
0.80		GM		Gravas limosas mezclas mal graduadas de grava, arena y limo, buena facilidad de tratamiento en obra	A-2-5 (0)	GM	67.88	31.06	1.06	31	25	7	14.1
1.00													
1.20													
1.40													
1.50													
1.60													

ILMER SANTA CRUZ OROSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO
TEC. LABORATORIO

Linton Emar Mato Vozante
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 75643
ING. RESPONSABLE

Granulometría de la calicata 3

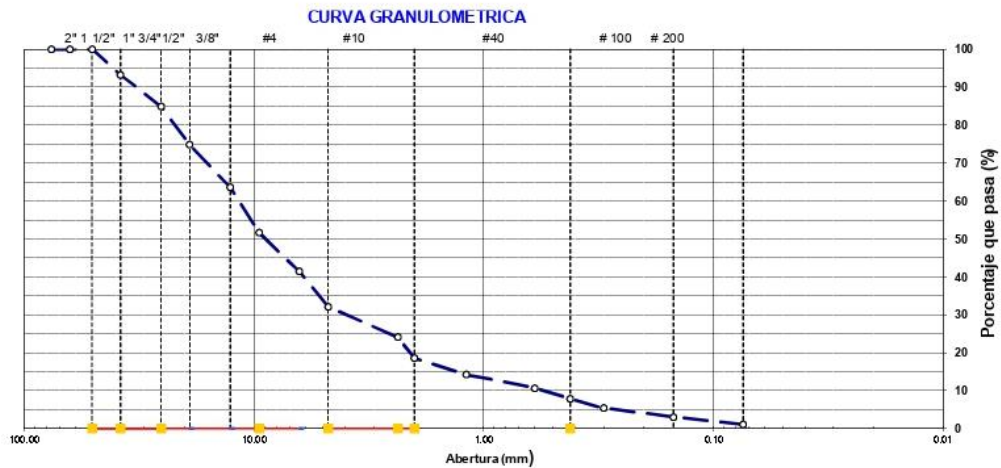


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AASHTO T-1, T-27 y T-88	
PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021" : 00+000
UBICACION :	COMAS - LIMA - LIMA
CONSULTOR :	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM
TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O. ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V. FECHA : MAYO 2022 MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION	
DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	C-03 TAMAÑO MAXIMO : 1 1/2"
MUESTRA :	M-01
PROF. (m) :	1.50 MT.

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PARA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	Graduacion	PESO TOTAL = 3,431.1 gr
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO FINO = 1,102.4 gr
1 1/2"	38.100	232.2	6.8	6.8	93.2		LIMITE LIQUIDO = 31.37 %
1"	25.400	284.7	8.3	15.1	84.9		LIMITE PLASTICO = 24.72 %
3/4"	19.100	345.7	10.1	25.1	74.9		INDICE PLASTICO = 6.65 %
1/2"	12.700	385.8	11.3	36.4	63.6		CLASF. AASHTO = A-2-5 (0)
3/8"	9.520	409.4	11.9	48.3	51.7		CLASF. SUCCS = GM
1/4"	6.350	351.3	10.2	58.6	41.4		MAX. DENS. SECA = 2.038 gr/cc
# 4	4.750	319.7	9.3	67.9	32.1		HUMEDAD OPT. = 8.2 %
# 8	2.360	275.7	8.0	75.9	24.1		CBR 100% 0,1" = 14.3
# 10	2.000	188.8	5.5	81.4	18.6		CBR 85% 0,1" = 11.8 %
# 20	1.190	150.7	4.4	85.8	14.2		
# 30	0.850	121.2	3.5	89.3	10.7		
# 40	0.420	98.7	2.9	92.2	7.8		
# 50	0.300	84.3	2.5	94.7	5.3		
# 100	0.149	78.1	2.3	96.9	3.1		
# 200	0.074	68.7	2.0	98.9	1.1		% HUMEDAD NATURAL = 3,915.3
< # 200	FONDO	36.4	1.1	100.0			P.S.S = 3,431.1
FRACCION TOTAL		1,102.4					Húmd. = 14.1 %
		3,431.1					Coef. Uniformidad = 38

Descripción del suelo: Grava Arcillosa: Mezclas de Grava Arena y Limo



ILMER SANTA CRUZ OROSOCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Linton Elmer Mato Vicosne
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 75641

TEC. LABORATORIO

ING. RESPONSABLE

Límite de consistencia de la calicata 3 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Teléfono: 980 703 014 - (01) 7245639

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N° 40
AASHTO-T-89,T-90, ASTM D 4318

PROYECTO : TESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO APLICANDO LOS METODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"	TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION : COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.
CONSULTOR : REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	FECHA : MAYO 2022
	MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-03
MUESTRA : M-01
PROF. (m) : 1.50 MT.

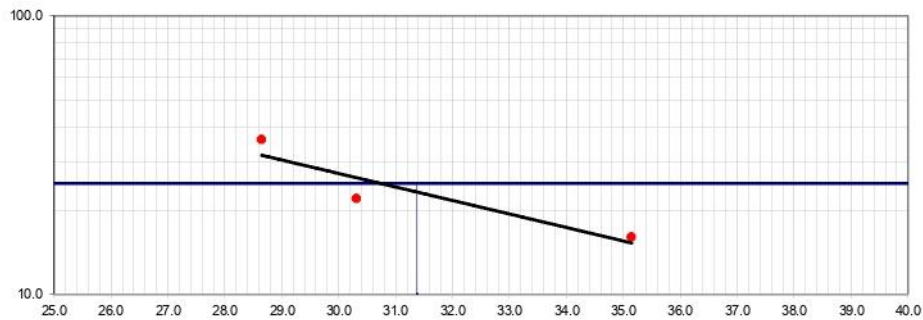
LIMITE LIQUIDO

	1	2	3
N° TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO	38.15	31.20	31.15
TARRO + SUELO SECO	31.05	27.15	27.22
AGUA	6.17	4.05	3.93
PESO DEL TARRO	13.27	13.48	13.12
PESO DEL SUELO SECO	17.78	13.67	14.10
% DE HUMEDAD	35.15	30.32	28.65
N° DE GOLPES	16	22	36

LIMITE PLASTICO

	4	5
N° TARRO		
TARRO + SUELO HUMEDO	23.55	27.45
TARRO + SUELO SECO	21.11	24.15
AGUA	1.77	2.27
PESO DEL TARRO	13.21	13.07
PESO DEL SUELO SECO	7.90	11.08
% DE HUMEDAD	24.12	25.32

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	31.37
LIMITE PLASTICO	24.72
INDICE DE PLASTICIDAD	6.65

OBSERVACIONES

Ilmer Santa Cruz Ordoñez
 ILMER SANTA CRUZ ORDONEZ
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

Linton E. Mato V.
 Linton Emar Mato Vicente
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 17943

ING. RESPONSABLE

Proctor modificado de la calicata 3 muestra 1



"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

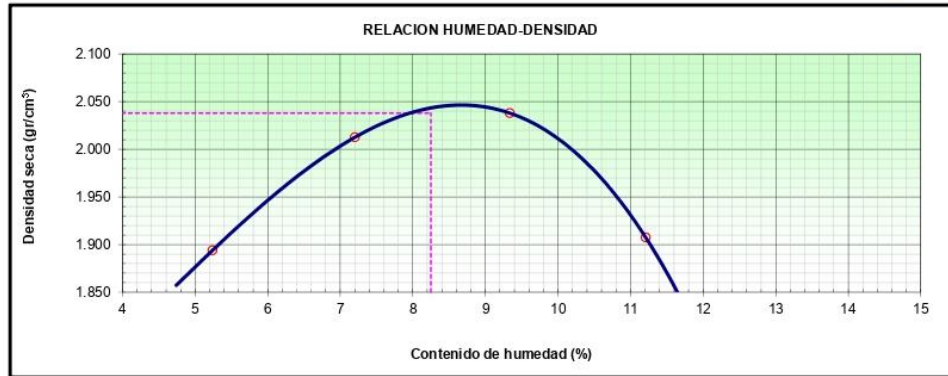
PROYECTO	: "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"	TECNICO	: ILMER SANTA CRUZ O.
UBICACION	: COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE	: ING. LINTON E. MATO V.
CONSULTOR	: REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	FECHA	: MAYO 2022
		MATERIAL	: TERRENO DE FUNDACION

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-03
MUESTRA	: M-01
PROF. (m)	: 1.50 MT.

DATOS DE LA MUESTRA

METODO DE COMPACTACION	: C				
Peso suelo + molde	gr	10700	11000	11150	10035
Peso molde	gr	6415	6415	6415	6415
Peso suelo húmedo compactado	gr	4285	4585	4735	4720
Volumen del molde	cm ³	2125	2125	2125	2125
Peso volumétrico húmedo	gr	1.993	2.158	2.228	2.121
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Peso del suelo seco + tara	gr	950.20	932.80	914.60	899.20
Tara	gr				
Peso de agua	gr	49.80	67.20	85.40	100.80
Peso del suelo seco	gr	950.2	932.8	914.6	899.2
Contenido de agua	%	5.24	7.20	9.34	11.21
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.894	2.013	2.038	1.907
					Densidad máxima (gr/cm³)
					Humedad óptima (%)
					2.04
					8.2



Ilmer Santa Cruz Oroscó
 ILMER SANTA CRUZ OROSCÓ
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 "CONCRETO Y ASFALTO"
TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato Vicente
 Linton Elmer Mato Vicente
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 77941
ING. RESPONSABLE

CBR de la calicata 3 muestra 1



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC
 ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA
 Jr.La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314
 Telefono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR AASHTO T-193													
PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"													
TECNICO : ILMER SANTA CRUZ O. ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V. FECHA : MAYO 2022 MATERIAL : AFIRMADO													
UBICACION : COMAS - LIMA - LIMA													
CONSULTOR : REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM													
DATOS DE LA MUESTRA													
CALICATA : C-03													
MUESTRA : M-01													
PROF. (m) : 1.50 MT.													
Molde N°	1				2				3				
N° Capa	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12225	12275	12060	12155	11965	12107							
Peso de molde (gr)	7445	7445	7759	7759	7894	7894							
Peso del suelo húmedo (gr)	4780	4830	4301	4396	4071	4213							
Volumen del molde (cm3)	2115	2115	2100	2100	2119	2119							
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.260	2.284	2.048	2.093	1.921	1.988							
Humedad (%)	14.1	15.3	14.3	16.7	14.0	17.9							
Densidad seca (gr/cm3)	1.981	1.980	1.792	1.793	1.685	1.686							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr)	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00							
Tarro + Suelo seco (gr)	666.00	659.00	665.00	651.00	666.50	644.50							
Peso del Agua (gr)	94.0	101.0	95.0	109.0	93.5	115.5							
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	666.0	659.0	665.0	651.0	666.5	644.5							
Humedad (%)	14.1	15.3	14.3	16.7	14.0	17.9							
Promedio de Humedad (%)													
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
6/10/2010	9:55 AM	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/11/2010	9:55 AM	24	0.0	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/12/2010	9:55 AM	48	0.1	0.001	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/13/2010	9:55 AM	72	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
6/14/2010	9:55 AM	96	0.1	0.002	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0		
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm2	CARGA kg/cm2	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm2	CARGA kg/cm2	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm2	CARGA kg/cm2	CORRECCION %
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		13	2.8			8	1.7			5	1.0		
0.050		30	6.6			16	3.5			10	2.2		
0.075		48	10.7			24	5.3			15	3.3		
0.100	70.3	58	12.9	5.81	8.3	38	8.4	4.15	5.9	22	4.9	2.74	3.9
0.200		80	17.8			51	11.3			32	7.1		
0.300	105.46	112	25.0	10.26	9.7	66	14.7	7.34	7.0	44	9.8	5.27	5.0
0.400		138	30.8			79	17.6			52	11.6		
0.500		156	34.8			96	21.4			62	13.8		

ILMER SANTA CRUZ ORDOSCO
 TEC. LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO

Linton Elmer Mato Viqueo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 71943

TEC. LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"JJ GEOTECNIA" SAC

ESTUDIOS DE SUELOS EN LIMA

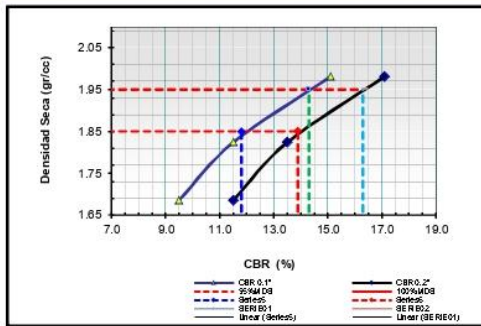
Jr. La Madrid N° 264, Asoc. Los Olivos San Martín de Porres 15314

Teléfono: 980 703 014 - (01) 7245639

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO	"ESTUDIO COMPARATIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 Y PCA, COMAS, LIMA - 2021"		TECNICO : LMER SANTA CRUZ O.
UBICACION	COMAS - LIMA - LIMA	ING. RESPONSABLE : ING. LINTON E. MATO V.	FECHA : MAYO 2022
CONSULTOR	REYNALDO HERRERA JUAN WILLIAM	MATERIAL : BASE DE FUNDACION	
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA :	C-03		
MUESTRA :	M-01		
PROF. (m) :	1.50 MT.		

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



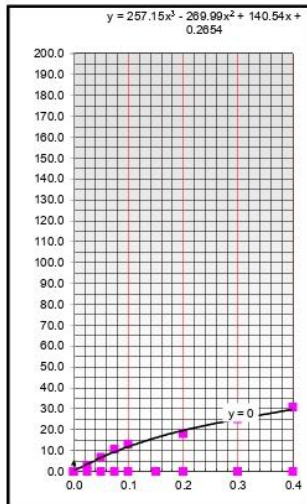
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	14.3	0.2%:	16.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	11.8	0.2%:	13.9

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.038	gr/cc
Optimo Humedad	8.25	%

OBSERVACIONES:

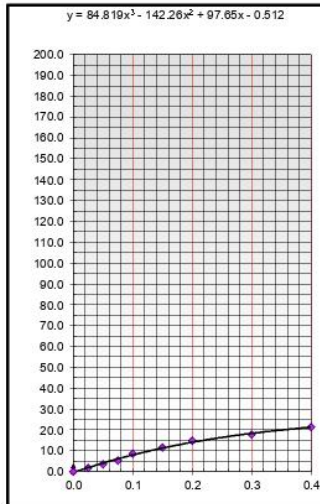
EC = 56 GOLPES

$$y = 257.15x^3 - 269.99x^2 + 140.54x + 0.2654$$



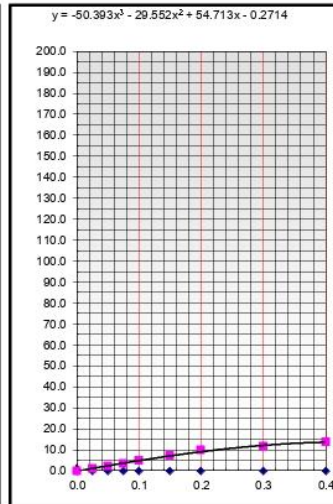
EC = 25 GOLPES

$$y = 84.819x^3 - 142.26x^2 + 97.65x - 0.512$$



EC = 12 GOLPES

$$y = -50.393x^3 - 29.552x^2 + 54.713x - 0.2714$$




ILMER SANTA CRUZ OROSOCO
TEC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

TEC. LABORATORIO


Linton Emer Mato Vicente
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 11645

ING. RESPONSABLE

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DEL LABORATORIO

Calibración de la balanza



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-003-2022

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/01/03
Solicitante	JJ GEOTECNIA S.A.C.
Dirección	AV. A MZ. 48 LOTE 17 ASC. ARMANDO VILLANUEVA LIMA - LIMA - LOS OLIVOS
Instrumento de medición	BALANZA
Identificación	NO INDICA
Intervalo de indicación	30000 g
División de escala Resolución	1 g
División de verificación (e)	1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	OHAUS
Modelo	R21P30
N° de serie	8342167664
Procedencia	USA
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2022/01/03

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-003-2022

Página 2 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	15000.0	0.001	-0.001	30000	0.005	-0.002
2	15000.0	0.002	-0.004	30000	0.004	-0.004
3	15000.0	0.004	-0.005	30000	0.006	-0.004
4	15000.0	0.003	-0.007	30000	0.003	-0.009
5	15000.0	0.003	-0.009	30000	0.005	-0.012
6	15000.0	0.004	-0.001	30000	0.007	-0.014
7	15000.0	0.004	-0.004	30000	0.003	-0.01
8	15000.0	0.007	-0.008	30000	0.005	-0.009
9	15000.0	0.006	-0.004	30000	0.004	-0.007
10	15000.0	0.005	-0.003	30000	0.004	0.008

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15000	0	1
30000	0	5



ARSO GROUP S.A.C.

Asoc. Vía Las Flores de San Diego Ma C Loto 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 901 1680 / Cel: +51 928 286 793 / Cel: +51 925 451 437
ventas@arsogroup.com
www.arsogroup.com

ARSO GROUP S.A.C.

Ing. Hugh Luis Arevalo Carlica
METROLOGÍA



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1	1	0.004	-0.001	100	100	0.006	-0.001	0.001
2		1	0.006	-0.004		100	0.003	-0.001	0.004
3		1	0.005	0.004		100	0.004	-0.002	-0.005
4		1	0.007	0.001		100	0.001	0.004	0.003
5		1	0.009	-0.002		100	0.004	0.004	0.002

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽¹⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
5	5	0.004	-0.001						0.1
10	10	0.006	0.004	0.004	10	0.006	0.001	0.004	0.1
500	500	0.002	-0.005	0.003	500	0.005	0.004	-0.003	0.1
1000	1000	0.002	0.004	0.005	1000	0.009	-0.003	-0.003	0.1
2000	2000	0.009	0.004	0.008	2000	0.005	0.005	0.001	0.1
4000	4000	0.004	0.008	0.002	4000	0.004	-0.004	0.003	0.1
5000	5000	0.005	0.008	0.003	5000	0.007	0.004	0.004	0.1
10000	10000	0.004	0.004	0.005	10000	0.005	-0.03	-0.002	0.1
15000	15000	0.009	0.004	0.004	15000	0.003	-0.008	-0.01	0.5
20000	20000	0.015	0.008	0.001	20000	0.014	-0.014	-0.01	0.5
30000	30000	0.19	0.006	0.005	30000	0.02	-0.015	-0.018	0.5

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_x = 2 \cdot \sqrt{0.00002 \text{ g}^2 + 0.0000054019412 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 211.420922081 \cdot R$

R: Indicación de lecturas de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Ave. Vn. Las Flores de San Diego Mo C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301 1880 / Cel: +51 928 196 763 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arevalo Carica
METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-15695-2021

PROFORMA : 5784A Fecha de emisión : 2021 - 09 - 27 Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.
DIRECCION : Av. A Mza. 45 Lote. 17 Asc. Armando Villanueva Lima - Lima - Los Olivos

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESNA DE CONCRETO
 Marca : ELE INTERNATIONAL Capacidad Máxima : 120000 kgf
 Modelo : ADR TOUCH HEAD División de Escala, d : 0,1 kgf
 N° Serie : 1887-1-00074 Procedencia : USA
 Código de Ident. : NO INDICA Ubicación : LABORATORIO

3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.

La calibración se realizó el día 21 de setiembre del 2021 en las instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

4. MÉTODO.

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma ISO 7500-1 Calibration and verification of testing machines.

5. TRAZABILIDAD.

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	CERTIFICADO DE CALIBRACION
Patrón de Referencia AZP Transducers	Celda de Carga CLFLEX 3MN 3000 kN	12621 C - 2021

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	21,5 °C	21,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	70,0 %	71,0 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza de 95%.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP-0316

Certificado N° : TC-15695-2021

Página : 2 de 2

RESULTADOS							
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		INDICACIÓN PROMEDIO DEL PATRON		ERROR		INCERTIDUMBRE	
(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf
0,0	0,0	0	0,0	0,00	0,0	0,000	0,00
4,2	5000,0	4,2	5003,4	0,00	-3,4	0,000	0,51
8,3	10000,0	8,3	10007,8	-0,01	-7,8	0,000	0,57
16,7	20000,0	16,7	20013,1	-0,01	-13,1	0,000	0,60
41,7	50000,0	41,7	50015,2	-0,01	-15,2	0,001	0,62
50,0	60000,0	50,0	60017,9	-0,01	-17,9	0,001	0,64
58,3	70000,0	58,3	70018,5	-0,02	-18,5	0,001	0,66
66,7	80000,0	66,7	80020,5	-0,02	-20,5	0,001	0,70
75,0	90000,0	75,0	90019,7	-0,02	-19,7	0,001	0,80

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar - error

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-06637-2022

PROFORMA : 10360

Fecha de emisión : 2022 - 05 - 02

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESNA CBR
Marca : NO INDICA
Modelo : 315-X6
N° Serie : HW-0198
Intervalo de indicación : 500 Kg
Resolución : 0,01 Kg
Procedencia : CHINA
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2022 - 04 - 28

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 * Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17,1°C	17,3°C
HUMEDAD RELATIVA	52,0%	51,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 8316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3 MN 5000 kN	12821C

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kgf)	Lectura Convencionalmente Verdadera (kgf)	Error (kgf)	Incertidumbre (kgf)
500,1	500,0	0,1	0,1
1000,3	1000,0	0,3	0,1
1500,3	1500,0	0,3	0,1
2000,5	2000,0	0,5	0,1
2500,6	2500,0	0,6	0,1
3000,9	3000,0	0,9	0,1
3501,1	3500,0	1,1	0,1
4001,2	4000,0	1,2	0,1
4501,5	4500,0	1,5	0,1
5001,7	5000,0	1,7	0,1

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 13427 - 2021

Proforma : 4234A

Fecha de emisión : 2021-07-30

SOLICITANTE: MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
 Marca : PERU TEST
 Modelo : PT-H76
 N° de Serie : 456
 Procedencia : No Indica
 Identificación : No Indica
TIPO DE INDICADOR : DIGITAL
 Alcance : T.amb + 5 °C a 250 °C
 Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
 Alcance : T.amb + 5 °C a 250 °C
 Resolución : 1 °C
 Ubicación : LABORATORIO
 Fecha de Calibración : 2021-07-20

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 016 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	74,1 %/hr	73,2 %/hr
Voltaje	221 V	222 V

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.




Lic. Nicolás Ramos Ponce
 Gerente Técnico
 CPF: 6316



Certificado de Calibración
TC - 13427 - 2021

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,13 °C hasta 0,16 °C	LT - 0346 - 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
80 °C ± 0,5 °C	80	60 min	50 min	30 %	ENVASES DE ACERO

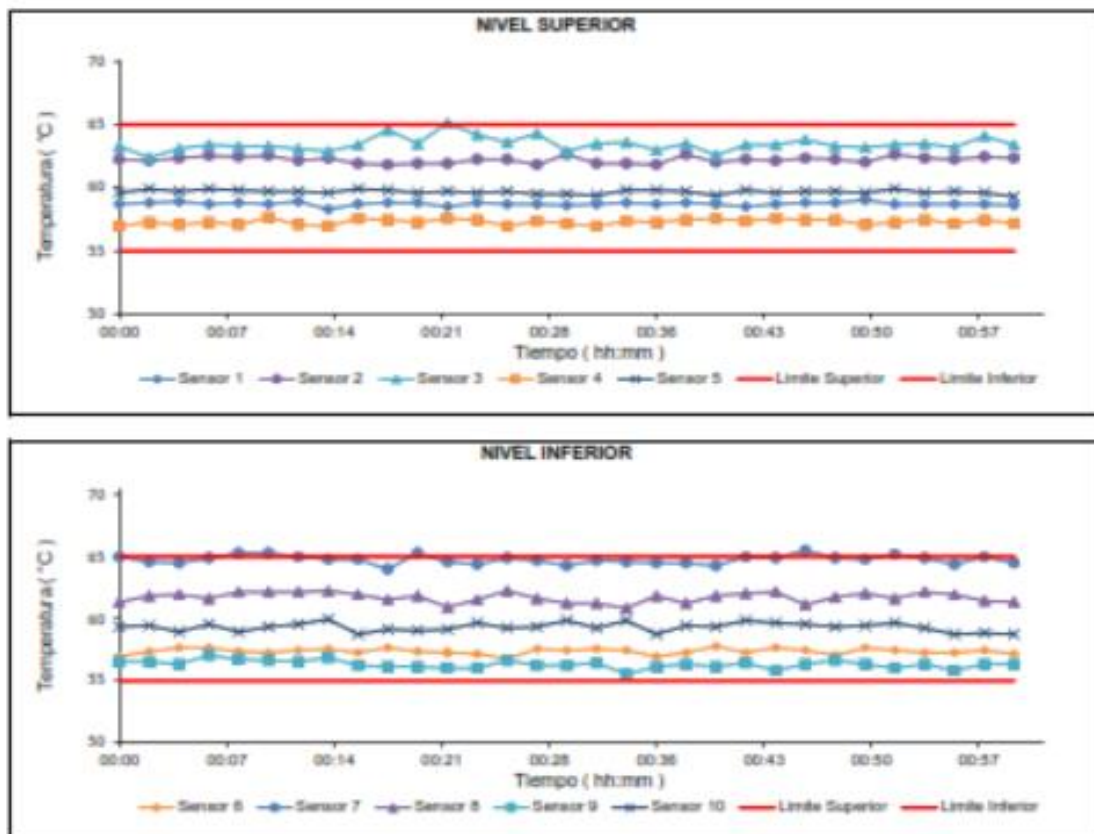
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Normo (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	80	59,7	62,2	63,3	57,0	59,6	57,0	65,0	61,3	56,5	59,3	60,0	6,5
00:02	80	59,8	62,1	62,4	57,3	59,9	57,4	64,8	61,8	56,5	59,4	60,0	6,1
00:04	80	59,9	62,3	63,1	57,1	59,7	57,7	64,5	61,9	56,3	58,9	60,1	6,2
00:06	80	59,7	62,5	63,4	57,3	59,9	57,7	64,9	61,6	57,0	59,6	60,3	7,8
00:08	80	59,8	62,4	63,3	57,1	59,8	57,4	65,3	62,1	56,7	58,9	60,2	6,6
00:10	80	59,7	62,5	63,3	57,7	59,7	57,3	65,3	62,1	56,6	59,3	60,3	6,7
00:12	80	59,9	62,1	63,1	57,1	59,7	57,5	65,0	62,1	56,5	59,6	60,2	6,5
00:14	80	59,3	62,3	62,9	57,0	59,6	57,6	64,8	62,2	56,8	60,0	60,2	7,9
00:16	80	59,7	61,9	63,4	57,6	59,9	57,3	64,6	61,9	56,2	58,7	60,1	6,6
00:18	80	59,8	61,8	64,6	57,5	59,8	57,7	64,0	61,5	56,1	59,1	60,1	6,5
00:20	80	59,8	61,9	63,5	57,3	59,6	57,4	65,3	61,8	56,1	59,0	60,1	9,2
00:22	80	59,5	61,9	65,1	57,6	59,7	57,3	64,6	60,9	56,0	59,1	60,1	9,1
00:24	80	59,8	62,2	64,2	57,5	59,6	57,2	64,4	61,5	56,0	59,7	60,1	6,4
00:26	80	59,7	62,2	63,6	57,0	59,7	56,8	64,9	62,2	56,6	59,2	60,1	6,3
00:28	80	59,7	61,8	64,3	57,4	59,5	57,6	64,7	61,6	56,2	59,3	60,1	6,5
00:30	80	59,6	62,6	62,9	57,2	59,5	57,5	64,3	61,2	56,2	59,9	60,0	6,0
00:32	80	59,7	61,9	63,5	57,0	59,4	57,6	64,7	61,2	56,4	59,2	60,0	6,3
00:34	80	59,8	61,9	63,6	57,4	59,6	57,5	64,6	60,8	55,5	59,9	60,0	9,1
00:36	80	59,7	61,6	63,0	57,3	59,5	57,0	64,5	61,6	56,1	58,7	59,9	6,4
00:38	80	59,8	62,6	63,5	57,5	59,7	57,3	64,5	61,2	56,3	59,4	60,1	6,2
00:40	80	59,7	62,0	62,6	57,6	59,4	57,6	64,3	61,6	56,1	59,3	60,0	6,1
00:42	80	59,5	62,2	63,4	57,4	59,6	57,3	65,0	62,0	56,4	59,9	60,2	6,6
00:44	80	59,7	62,1	63,4	57,6	59,6	57,7	64,9	62,1	55,8	59,7	60,2	9,1
00:46	80	59,8	62,3	63,6	57,5	59,7	57,5	65,5	61,1	56,3	59,6	60,2	9,2
00:48	80	59,8	62,2	63,3	57,5	59,7	57,1	64,9	61,7	56,6	59,3	60,1	6,3
00:50	80	59,0	62,0	63,2	57,1	59,6	57,7	64,8	62,0	56,3	59,4	60,1	6,5
00:52	80	59,7	62,6	63,4	57,3	59,9	57,5	65,2	61,6	56,0	59,7	60,2	9,2
00:54	80	59,7	62,3	63,5	57,5	59,6	57,3	64,9	62,1	56,3	59,2	60,2	6,6
00:56	80	59,7	62,2	63,2	57,2	59,7	57,5	64,4	61,9	55,8	58,7	59,9	6,6
00:58	80	59,7	62,4	64,1	57,5	59,6	57,5	65,0	61,4	56,3	58,6	60,1	6,7
01:00	80	59,6	62,3	63,4	57,2	59,3	57,2	64,5	61,3	56,3	58,7	59,9	6,2
T. PROM	60,0	59,7	62,2	63,5	57,3	59,7	57,4	64,8	61,7	56,3	59,3	60,1	6,5
T. MAX	60,0	59,0	62,6	65,1	57,7	59,9	57,6	65,5	62,2	57,0	60,0	60,3	9,2
T. MIN	60,0	59,3	61,8	62,4	57,0	59,3	56,8	64,0	60,8	55,5	58,7	59,9	7,8
DTT	0,0	0,7	0,8	2,7	0,7	0,6	1,0	1,5	1,4	1,5	1,2	0,4	1,3



RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	60,5	0,3
Mínima Temperatura Medida	55,5	0,2
Desviación Temperatura en el Tiempo	2,7	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	6,4	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,37	0,04
Uniformidad Medida	9,2	0,1

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma NO CUMPLE con los límites especificados de temperatura

Certificado de Calibración
TC - 13427 - 2021

RESULTADOS DE MEDICION

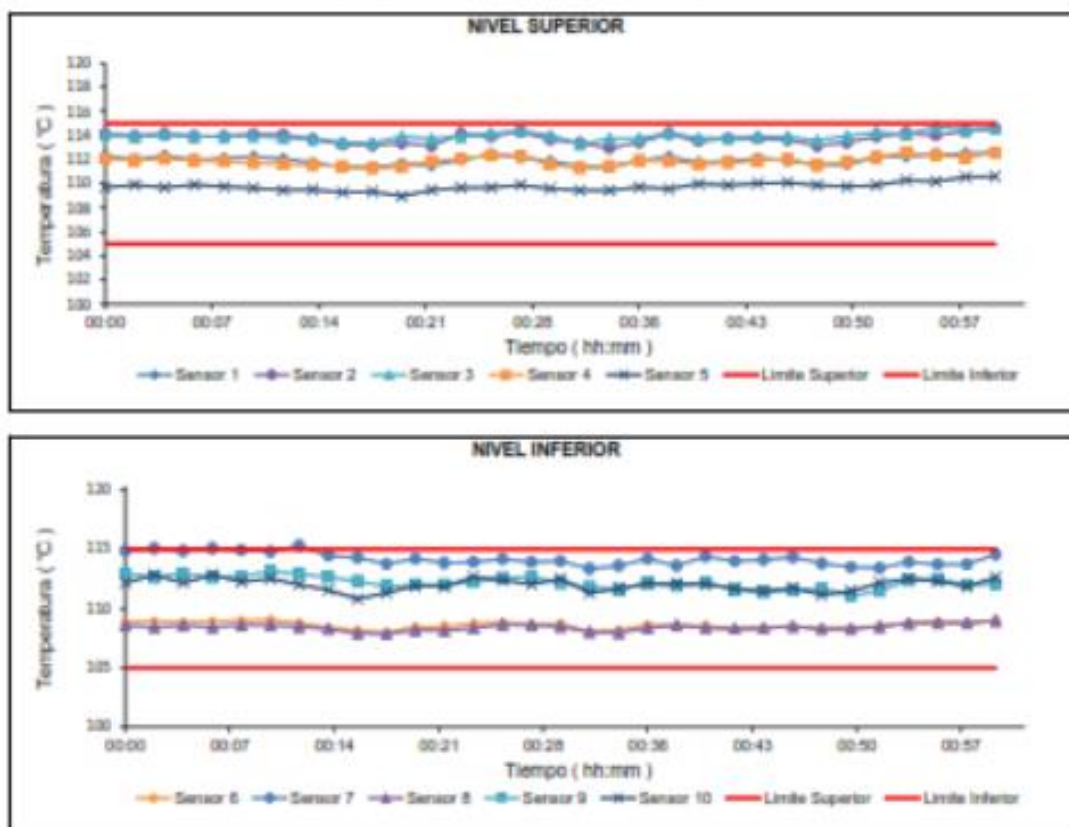
Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
130 °C ± 5 °C	110	60 min	50 min	30 %	ENVASES DE ACEWRIO

Tiempo (H:mn)	Termómetro (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	130	112,4	114,1	114,1	112,1	109,7	108,9	114,8	108,8	112,9	112,2	112,0	6,3
00:02	130	112,0	113,9	113,9	111,9	109,9	108,9	110,1	108,5	112,8	112,8	112,0	6,6
00:04	130	112,4	114,1	114,1	112,1	109,7	108,9	114,8	108,8	112,9	112,2	112,0	6,3
00:06	130	112,0	113,9	113,9	111,9	109,9	108,9	110,1	108,5	112,8	112,8	112,0	6,6
00:08	130	112,1	113,9	114,0	111,9	109,8	109,0	114,9	108,8	112,7	112,2	111,9	6,3
00:10	130	112,2	114,1	114,0	111,7	109,6	109,1	114,8	108,8	113,1	112,5	112,0	6,2
00:12	130	112,1	114,1	113,8	111,8	109,5	108,8	115,3	108,5	112,9	112,0	111,9	6,8
00:14	130	111,7	113,7	113,7	111,5	109,5	108,4	114,4	108,3	112,8	111,8	111,8	6,1
00:16	130	111,4	113,3	113,4	111,4	109,3	108,2	114,3	107,9	112,3	110,8	111,2	6,4
00:18	130	111,4	113,2	113,4	111,3	109,3	108,0	113,7	107,9	111,9	111,3	111,1	5,9
00:20	130	111,6	113,4	113,9	111,4	109,0	108,5	114,2	108,2	112,0	111,9	111,4	6,0
00:22	130	111,5	113,1	113,7	111,9	109,5	108,5	113,8	108,1	112,0	111,9	111,4	5,7
00:24	130	112,0	114,1	113,9	112,1	109,7	108,8	113,9	108,4	112,2	112,7	111,8	5,8
00:26	130	112,4	113,9	114,1	112,3	109,7	108,8	114,2	108,7	112,8	112,4	111,9	5,5
00:28	130	112,2	114,3	114,4	112,3	109,9	108,7	113,9	108,6	112,7	112,0	111,9	5,8
00:30	130	111,9	113,7	114,0	111,8	109,8	108,7	114,0	108,5	112,1	112,5	111,7	5,5
00:32	130	111,4	113,4	113,3	111,3	109,4	108,0	113,3	108,0	111,8	111,3	111,1	5,4
00:34	130	111,4	113,0	113,7	111,4	109,4	108,2	113,6	108,0	111,8	111,7	111,2	5,8
00:36	130	111,9	113,4	113,7	111,9	109,7	108,8	114,2	108,3	112,1	112,1	111,8	5,8
00:38	130	112,2	114,1	114,2	111,9	109,8	108,4	113,8	108,8	111,9	112,1	111,7	5,8
00:40	130	111,8	113,5	113,8	111,8	110,0	108,8	114,4	108,4	112,2	112,0	111,8	6,0
00:42	130	111,8	113,8	113,8	111,7	109,9	108,2	114,0	108,3	111,8	111,7	111,5	5,8
00:44	130	112,1	113,7	113,9	111,9	110,0	108,4	114,1	108,4	111,4	111,5	111,5	5,7
00:46	130	111,9	113,8	113,9	112,0	110,1	108,5	114,3	108,5	111,5	111,7	111,8	5,8
00:48	130	111,8	113,1	113,6	111,5	109,9	108,3	113,8	108,3	111,7	111,1	111,3	5,5
00:50	130	111,8	113,4	114,0	111,8	109,8	108,3	113,5	108,3	111,1	111,8	111,3	5,7
00:52	130	112,2	113,9	114,3	112,3	109,9	108,5	113,4	108,5	111,5	112,2	111,7	5,8
00:54	130	112,3	114,2	114,1	112,6	110,3	108,8	113,9	108,8	112,4	112,5	112,0	5,4
00:56	130	112,4	114,0	114,7	112,4	110,2	108,9	113,7	108,8	112,5	112,3	112,0	5,9
00:58	130	112,5	114,4	114,5	112,2	110,6	108,7	113,7	108,8	112,0	111,9	111,9	5,8
01:00	130	112,6	114,8	114,8	112,5	110,8	109,0	114,9	109,0	112,1	112,8	112,2	5,8
T. PROM	110,0	112,0	113,8	113,9	111,9	109,8	108,6	114,2	108,4	112,2	112,0	111,7	5,9
T. MAX	110,0	112,6	114,8	114,7	112,6	110,8	109,1	115,3	109,0	113,1	112,8	112,2	6,8
T. MIN	110,0	111,4	113,0	113,3	111,3	109,0	108,0	113,3	107,9	111,1	110,8	111,1	5,4
DTT	0,0	1,2	1,8	1,4	1,3	1,8	1,1	1,9	1,1	2,0	2,0	1,1	1,8

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Maxima Temperatura Medida	115,3	0,4
Minima Temperatura Medida	107,9	0,2
Desviación Temperatura en el Tiempo	2,0	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	5,7	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,02	0,04
Uniformidad Medida	6,6	0,2

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma NO CUMPLE con los límites especificados de temperatura

RESULTADOS DE MEDICION

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
180 °C ± 5 °C	180	90 min	50 min	30 %	ENAVES DE ACERO

Tiempo (hh:mm)	Termómetro (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	180	181.1	182.8	182.7	180.7	178.4	177.8	183.8	177.4	181.7	181.0	180.7	6.2
00:02	180	180.7	182.8	182.5	180.5	178.6	177.8	183.8	177.3	181.4	181.7	180.7	6.5
00:04	180	180.8	182.8	182.8	180.5	178.5	177.9	183.7	177.5	181.5	181.1	180.7	6.2
00:06	180	181.0	182.8	182.8	180.3	178.3	177.9	183.5	177.5	181.9	181.4	180.7	6.1
00:08	180	180.8	182.7	182.4	180.2	178.2	177.7	184.1	177.3	181.7	180.9	180.6	6.7
00:10	180	180.5	182.3	182.3	180.1	178.2	177.3	183.2	177.2	181.4	180.4	180.3	6.1
00:12	180	180.1	181.9	182.0	180.0	178.0	177.1	183.1	178.8	181.1	179.7	180.0	6.3
00:14	180	180.1	181.9	182.0	179.9	178.1	178.9	182.5	178.7	180.7	180.2	179.9	5.8
00:16	180	180.4	182.0	182.5	180.0	177.7	177.4	183.0	177.0	180.8	180.8	180.2	5.9
00:18	180	180.2	181.8	182.3	180.5	178.2	177.4	182.6	177.0	180.8	180.7	180.2	5.6
00:20	180	180.7	182.8	182.5	180.7	178.4	177.8	182.7	177.2	181.0	181.5	180.5	5.8
00:22	180	181.1	182.8	182.7	180.9	178.4	177.7	182.9	177.5	181.4	181.3	180.7	5.4
00:24	180	180.9	183.0	183.0	180.9	178.6	177.8	182.7	177.5	181.5	180.9	180.7	5.5
00:26	180	180.6	182.3	182.8	180.2	178.3	177.8	182.8	177.4	180.9	181.4	180.4	5.4
00:28	180	180.2	182.0	181.9	179.9	178.2	177.0	182.1	178.9	180.7	180.2	179.9	5.3
00:30	180	180.1	181.8	182.3	180.0	178.2	177.1	182.4	178.9	180.4	180.8	180.0	5.5
00:32	180	180.8	182.1	182.3	180.5	178.4	177.5	183.0	177.2	180.9	180.9	180.4	5.8
00:34	180	181.0	182.8	182.8	180.5	178.3	177.3	182.4	177.5	180.8	180.9	180.4	5.5
00:36	180	180.5	182.2	182.4	180.2	178.7	177.5	183.2	177.2	181.0	180.9	180.4	6.0
00:38	180	180.6	182.4	182.4	180.3	178.9	177.1	182.8	177.2	180.4	180.8	180.2	5.7
00:40	180	180.8	182.4	182.5	180.5	178.7	177.3	182.9	177.2	180.2	180.3	180.3	5.7
00:42	180	180.7	182.3	182.5	180.8	178.8	177.4	183.1	177.4	180.4	180.8	180.4	5.7
00:44	180	180.3	181.8	182.2	180.1	178.6	177.2	182.6	177.2	180.5	180.0	180.0	5.4
00:46	180	180.3	182.1	182.8	180.4	178.5	177.2	182.3	177.2	179.9	180.3	180.1	5.4
00:48	180	180.9	182.8	182.9	180.8	178.8	177.4	182.2	177.3	180.3	181.0	180.4	5.5
00:50	180	181.0	182.8	182.7	181.2	179.0	177.7	182.7	177.8	181.2	181.4	180.7	5.2
00:52	180	181.2	182.7	183.3	181.0	178.9	177.8	182.5	177.7	181.3	181.1	180.7	5.6
00:54	180	181.2	183.0	183.1	180.8	179.3	177.8	182.5	177.7	180.8	180.7	180.7	5.5
00:56	180	181.3	183.2	183.1	181.1	179.3	177.9	183.3	177.8	180.9	181.5	180.9	5.3
00:58	180	181.4	182.9	183.3	181.3	179.5	178.1	183.0	178.0	180.8	181.8	181.0	5.3
01:00	180	181.4	183.1	183.4	181.3	179.5	178.0	182.8	178.0	179.9	181.1	180.8	5.4
T PROM	180.0	180.7	182.5	182.8	180.5	178.5	177.5	182.9	177.3	180.9	180.8	180.4	5.7
T MAX	180.0	181.4	183.2	183.4	181.3	179.5	178.1	184.1	178.0	181.9	181.7	181.0	6.7
T MIN	180.0	180.1	181.8	181.9	179.9	177.7	178.9	182.1	178.7	179.9	179.7	179.9	5.2
DTT	0.0	1.3	1.8	1.5	1.5	1.8	1.2	1.9	1.3	2.0	2.0	1.1	1.5



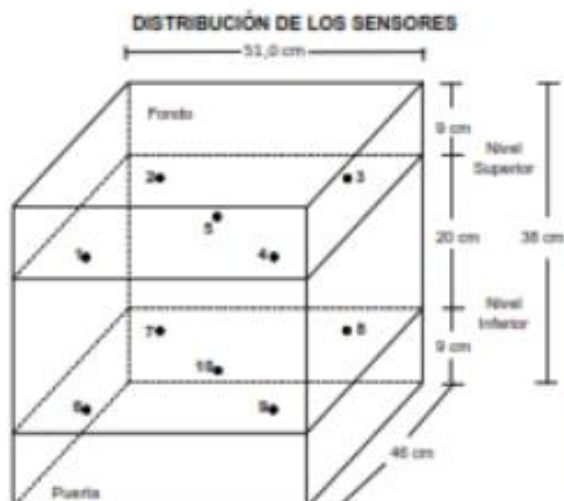
RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	184,1	0,3
Mínima Temperatura Medida	176,7	0,3
Desviación Temperatura en el Tiempo	2,0	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	5,6	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,00	0,04
Uniformidad Medida	6,7	0,1

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los límites especificados de temperatura



FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 29 cm por encima de la base.

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 9 cm por encima de la base.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 6 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

Tmax: Temperatura máxima.

Tmín: Temperatura mínima.

DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isoterma: 0,6 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

ANEXO 10: CALCULO

1. Calculo por el método AASHTO.

El cálculo de espesor de concreto ayudara a determinar el soporte del paso de número determinado de cargas sin la necesidad que se produzca el deterioro del nivel de servicio inferior estimado.

$$\log_{10} W_{8.2} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

$W_{8.2}$ = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

- **Periodo de diseño:** El periodo de diseño en el proyecto de investigación será el mínimo en este caso 20 años.

- **El tránsito (ESALs)**

Para el cálculo del ESALs se necesita el conteo vehicular de la vía por las 24 horas durante una semana.

FORMA DE LA CARRETERA		FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR												ESTACION											
SINCRONIZADO		COMBINADA AV. TRAFICADA												CARRILAS											
SINCRONIZADO		AV. LAS ANJELINAS -> Calle 40												CARRILAS											
SINCRONIZADO		AV. TRAFICADA												CARRILAS											
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONES Y TRACTORES		BUS			CAMION				SEMI TRAILER				TOTAL						
						TRACTOR	COMB	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E	8 E	9 E	10 E	11 E	12 E							
8:00-8:15	E-O	5	10	3	0	3	8	8	1	1	1								40						
8:15-8:30	E-O	3	12	3	1	2	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34						
8:30-8:45	E-O	10	15	2	1	2	6	4	1	2	1	1						45							
8:45-9:00	E-O	3	13	2	1	4	7	8	0	0	1	1						40							
9:00-9:15	E-O	10	14	3	4	0	9	6	2	1								50							
9:15-9:30	E-O	3	16	2	5	8	8	2	1									46							
9:30-9:45	E-O	5	18	5	4	7	5	2	2	1	1	1						53							
9:45-10:00	E-O	4	16	1	5	2	4	7	4	2	1	1						46							
10:00-10:15	E-O	6	13	4	3	8	8	5	4	2								57							
10:15-10:30	E-O	8	15	3	4	3	6	9	7	1								57							
10:30-10:45	E-O	5	12	2	6	6	7	4	7	1	2	1						48							
10:45-11:00	E-O	4	12	2	3	3	5	8	7									45							
11:00-11:15	E-O	5	14	1	3	4	9	6	4	2	1	1						50							
11:15-11:30	E-O	4	16	2	2	4	4	3	5	1	1	1						43							
11:30-11:45	E-O	2	12	4	4	7	8	5	3	1	2							49							
11:45-12:00	E-O	2	12	5	8	6	6	3	2	2								46							
12:00-12:15	E-O	5	15	4	6	3	7	6	1	2	1							50							
12:15-12:30	E-O	3	15	6	7	5	3	7	5									51							
12:30-12:45	E-O	3	14	3	3	3	5	9	2	1								44							
12:45-1:00	E-O	2	13	2	5	4	8	8	5	3	2	1						54							
1:00-1:15	E-O	2	13	3	4	5	9	9	3									47							
1:15-1:30	E-O	3	16	1	8	8	7	8	1	1								54							
1:30-1:45	E-O	5	15	3	4	5	8	7	2									50							
1:45-2:00	E-O	0	12	2	4	5	3	2	2	1								43							
2:00-2:15	E-O	4	13	2	5	6	4	7	1	1								43							
2:15-2:30	E-O	7	12	1	5	5	8	6	3	2	2	1						52							
2:30-2:45	E-O	8	13	5	6	5	6	3	3	3	1							49							
2:45-3:00	E-O	6	13	6	5	5	5	5	8	1								54							
3:00-3:15	E-O	5	14	4	7	2	5	5	1	2								49							
3:15-3:30	E-O	2	12	4	5	2	6	7	2									42							
3:30-3:45	E-O	6	12	3	7	1	5	4	3	1	1							46							
3:45-4:00	E-O	5	12	3	7	1	5	6	1	1								46							
TOTAL		4	123	10	428	4	98	3	130	6	202	6	185	1	88	1	27	20	12	0	10	3	2	38	1510

Cálculo del factor de Ejes Equivalentes.

Factor de Ejes Equivalentes

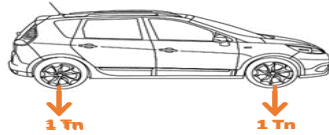
Conversión de motos lineales y mototaxis a **autos**:

Tipo de Veh.	Cantidad	Conversión	Auto (Red.)
Moto Lineal	152	30.4	21
Station	98	95	95
Auto	428	428	428

Total de autos:

544

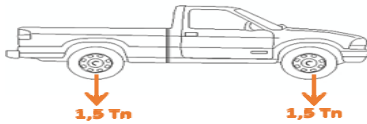
11 T Auto:



$$FEE = \left(\frac{1}{6,6} \right)^{4,1} = 0.000436 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{1}{6,6} \right)^{4,1} = 0.000436 \text{ EE}$$

Camioneta:



$$FEE = \left(\frac{1,5}{6,6} \right)^{4,1} = 0.00230 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{1,5}{6,6} \right)^{4,1} = 0.00230 \text{ EE}$$

B2:



$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

C2:



$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

C3:



$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{18}{15,1} \right)^{4,1} = 2.055 \text{ EE}$$

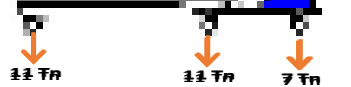
C4:



$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{23}{20,7} \right)^{4,1} = 1.540 \text{ EE}$$

T2S1:

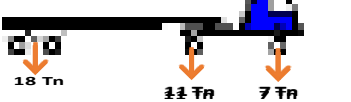


$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

T2S2:

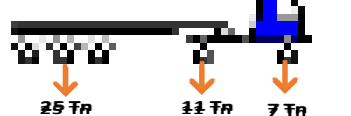


$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{18}{15,1} \right)^{4,1} = 2.055 \text{ EE}$$

T2S3:



$$FEE = \left(\frac{7}{6,6} \right)^{4,1} = 1.273 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{11}{8,2} \right)^{4,1} = 3.335 \text{ EE}$$

$$FEE = \left(\frac{25}{21,8} \right)^4 = 1.730 \text{ EE}$$

Cálculo de ESALs.

Tipo de Vehículo	Eje de Carga	FEE	Rept. Diarias	Ejes Equivalentes
Auto	1.00	0.000436	544	0.2374
	1.00	0.000436	544	0.2374
Camioneta	1.50	0.00230	270	0.6212
	1.50	0.00230	270	0.6212
B2	7.00	1.273	387	492.5868
	11.00	3.335	387	1290.5778
C2	7.00	1.273	88	112.0094
	11.00	3.335	88	293.4647
C3	7.00	1.273	37	47.0949
	18.00	2.055	37	76.0350
C4	7.00	1.273	20	25.4567
	23.00	1.540	20	30.8060
T2S1	7.00	1.273	12	15.2740
	11.00	3.335	12	40.01791528
	11.00	3.335	12	40.01791528
T2S2	7.00	1.273	9	11.4555076
	11.00	3.335	9	30.01343646
	18.00	2.055	9	18.4949833
T2S3	7.00	1.273	6	7.637005067
	11.00	3.335	6	20.00895764
	25.00	1.730	6	10.37732243
ESALo=				2563.045471 EE

Tasa de crecimiento anual= 2,19%		
Tipo de vehiculos	Cantidad	% Composición
Auto	544	39.621
Camioneta	270	19.665
B2	387	28.186
C2	88	6.409
C3	37	2.695
C4	20	1.457
T2S1	12	0.874
T2S2	9	0.655
T2S3	6	0.437
	1373	100.000

DATOS

Fd =Dd	0.50
Fc= Di	0.80
ESALo=	2563.04547
r=	2.19%
n=	20

EE
0.0219

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

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

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

$$ESAL = ESALo \cdot 365 \cdot Dd \cdot DI \cdot \left\{ \frac{1 + r^n}{r} - 1 \right\}$$

Donde:

- ESALo = Repeticiones del eje de carga equivalente actual.
- Dd = Factor de distribución direccional, por lo general se considera 0.5
- DI = Factor de distribución de carril.
- r = tasa de crecimiento anual
- n = Período de diseño

ESAL₂₀=	9266210.597 EE
---------------------------	-----------------------

De acuerdo al Manual de Pavimentos en el capítulo XIV de diseño de Pavimento rígido especifica en el Cuadro 14.2 para número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño; como el ESAL calculado es de 9'266,210.597 EE el tipo de tráfico pesado expresado en EE es de Tipo T_{p9}

Cuadro 14.2
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

- **Serviciabilidad:** El índice de serviciabilidad inicial y final está de acuerdo al tipo de tráfico T_{p9}

Cuadro 14.4
Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)
Índice de Serviabilidad Final o Terminal (Pt)
Diferencial de Serviabilidad
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

➤ **La confiabilidad “R” y la desviación estándar (So)**

El manual de pavimento recomienda una desviación estándar de $S_o = 0.35$. además, la confiabilidad está de acuerdo al tipo de tráfico T_{p9} .

Cuadro 14.5
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T_{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

➤ **El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)**

Para el cálculo del coeficiente de reacción combinado (Kc), se necesita algunos valores como el CBR de la subrasante en este caso es el promedio del CBR de los ensayos de laboratorio que sería 17.53%; luego se calcularán la resistencia de concreto de acuerdo al tráfico pesado en EE.

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
$> 5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Después se calculará el módulo de rotura (M_r) del concreto de acuerdo a la fórmula:

Donde los $M_r = a \sqrt{f'c}$ (Valores en kg/cm^2), según el ACI 363 valores de "a" varían entre 1.99 y 3.18, del cual mediante la interpolación de datos obtuvimos un valor de 2.4068932. Por lo tanto, el valor del $M_r = 42 \text{ Mpa}$.

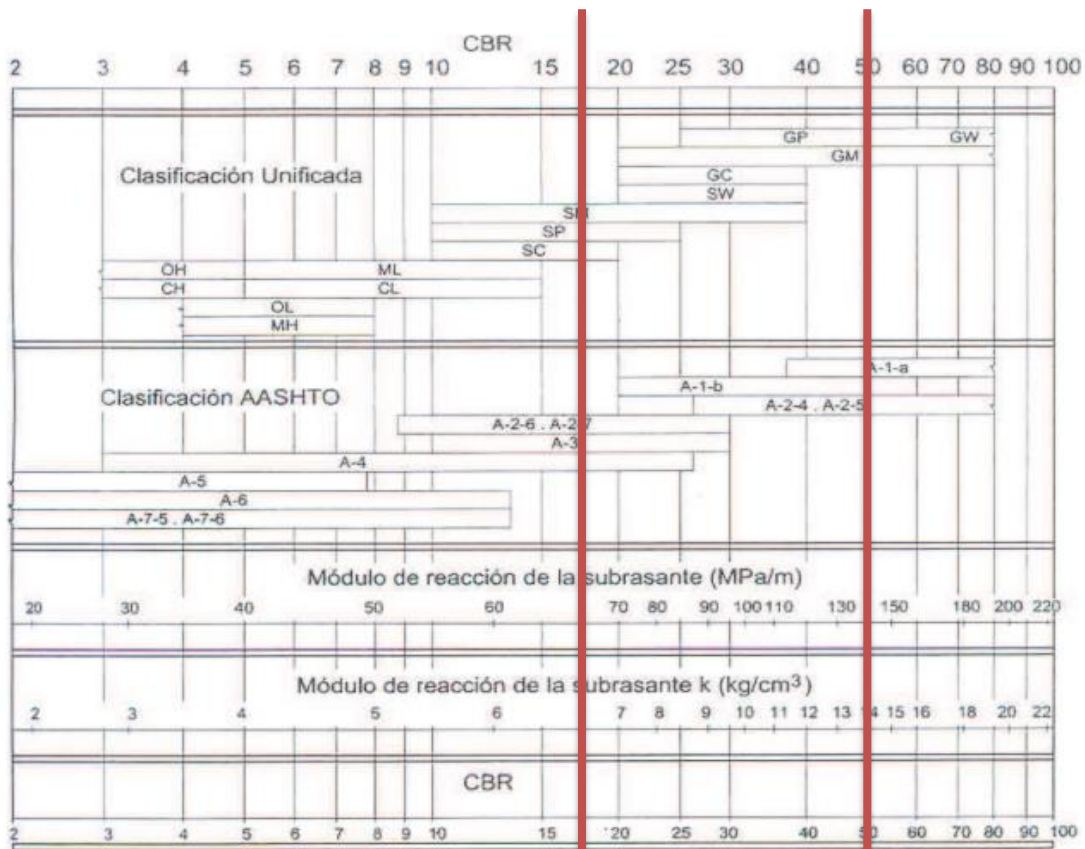
Asimismo, para el CBR mínimo de la subrasante para tráfico menores a $15 \times 10^6 \text{ EE}$, por lo cual se tomará el CBR mínimo 40%; sin embargo, para el CBR mínimo de la subbase definido será el valor estimado de 50%.

Cuadro 14.6
CBR mínimos recomendados para la SubBase Granular
de Pavimentos Rígidos según Intensidad de Tráfico expresado en EE

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para tráfico $\leq 15 \times 10^6 \text{ EE}$	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para tráfico $> 15 \times 10^6 \text{ EE}$	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

Para el cálculo del módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m) se calcula mediante los ábacos y de acuerdo al CBR de la subrasante, donde el módulo de reacción de la subrasante será de $K_0 = 67 \text{ Mpa/m}$ y el módulo de reacción de la subbase granular es de $K_1(\text{subB}) = 140 \text{ Mpa/m}$.



➤ **Módulo de elástico del concreto**

El módulo elástico del concreto estará en función a la resistencia mínima, pero en PSI y se remplazará en la siguiente formula, obteniendo el valor de 3723365.482 PSI.

➤ **Drenaje (Cd)** $E = 57,000x(f'c)^{1.5}$; (f'c en PSI)

Los valores que se tomaran para el diseño de pavimento será una buena calidad de drenaje de nivel de humedad del 5 a 25% tomando el valor de 1.00.

Cuadro 14.9
Coefficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Buena	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

➤ **Transferencia de cargas (J)**

El valor será de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N° 14.10
Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

➤ **Resumen de los valores obtenidos**

Cálculo de Pavimento Rígido		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL (W18)	9266210.597
CBR de la subrasante (%)	CBR =	17.53%
Resistencia del concreto (Kg/cm ²)	(f'c)	300
Módulo elástico del concreto (PSI)	Ec	3723365.482
Resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días (Kg/cm ²)	Mr	42
Modulo de reaccion de la subrasante (Mpa/m)	Ko	67
CBR minimo de la subrasante (%)	CBR(subB.) =	40%
CBR minimo de la subbase-definido (%)	CBR DEF.	50%
Módulo de reacción de la subbase granular (Mpa/m)	K1 (subB) =	140
Espesor de la subbase granular (cm) recomendado por la MTC	h=	15
Coefficiente de reacción combinada (Mpa)	Kc=	75.05
Tipo de trafico	Tipo:	TP9
Indice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico	Pi	4.3
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2.5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	PSI	1.8
Desviación estandar combinado	So	0.35
Nivel de confiabilidad	conf.	90%
Coefficiente estadístico de desviacion estandar normal	ZR	-1.282
Condicion de drenaje	cd	1
Coefficiente de transmision de carga de las juntas	J	2.8

➤ **Cálculo del espesor de la losa de concreto mediante el aplicativo de la Ecuación de AASHTO 93**

El espesor calculado mediante la Ecuación de AASHTO es de 6.8 pulgadas que en cm es 17.27 cm.

Ecuación AASHTO 93 ➤ Juntas

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % $Z_r = -1.282$ So

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial PSI final

Módulo de reacción de la subrasante
 k pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =**
 Calcular W18

Espesor de losa (plg) **D =**

longitudinales y juntas transversales

Para las carreteras de primera clase de acuerdo al Manual de carreteras donde especifica la calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Por lo que las dimensiones de la losa serán de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 14.11
Dimensiones de Losa

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

➤ **Pasadores o DOWELLS**

Son necesarios para EE mayores a 4 millones por lo que será necesario para el

proyecto de investigación.

Cuadro 14.12
Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

➤ **Barras de amarre**

Los aceros corrugados serán colocados en la parte central de la junta longitudinal por lo que se determinara la distancia de las juntas de los extremos de acuerdo al espesor de la losa de concreto.

2. Calculo por el método PCA.

Cuadro 14.13
Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

➤ **Determinación de tránsito futuro**

Tabla 1: *Conteo Vehicular*

VEHÍCULOS		VEH/DIA 2022	VEH/DIA 2042
Vehículo ligero	A	4864	8785
Bus	B2	883	1595
Camión 2 ejes	C2	120	217
Camión 3 ejes	C3	100	181
Semi tráiler	T2S3	90	163
Total		6057	10940

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

T_n: Tránsito en el año enésimo

T_i: Tránsito en el año cero

R: tasa de crecimiento normal 3%

n': número de años hasta cuando se empieza a construir el pavimento

Año de los datos de tráfico: 2022

$$T_n = T_i(1+r)^n$$

$$r = 3.00\%$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$T_i = 1321$$

$$T_n = 1321 (1 + 0.03)^{20}$$

$$T_n = 2,391 \text{ vehículos}$$

➤ **Factor de diseño**

Según el (MVCS, 2018), establece que en Pavimentos de Concreto Hidráulico podemos tomar valores desde 300kg/cm², este valor es el que tomaremos nosotros, por tratarse de una vía de bajo volumen de tránsito vehicular.

➤ **Determinación del C.B.R:** Según los Estudios de Mecánica de Suelos, se obtuvo el siguiente valor de CBR, de acuerdo al tipo de suelo.

CBR de diseño sub rasante = 17.53%

➤ **Diseño**

Tabla 2: *Determinación del módulo de reacción (K) en el CBR*

CBR	K	CBR	K	CBR	K	CBR	K
2.00	2.00	7.00	5.30	14.00	7.20	33.00	10.00
2.10	2.10	7.60	5.60	15.00	7.30	35.00	10.50
2.80	2.80	8.00	5.70	16.00	7.50	39.00	11.20
3.00	3.00	9.00	6.00	18.00	7.80	43.00	12.00
4.00	3.90	10.00	6.20	20.00	8.00	47.00	13.00
4.70	4.20	11.00	6.50	22.00	8.40	52.00	14.00
5.00	4.40	12.00	6.70	25.00	8.80	57.00	15.00
6.00	4.90	13.00	6.90	30.00	9.60	64.00	16.80

Fuente: (ICG, 2017)

Tabla 3: Consideración del C.B.R

CBR	K
12	6.7
13	K
14	7.2
K= 6.94 kg/cm ³	

Fuente: Elaboración propia

➤ **Determinación del Módulo de Reacción de la Sub base (Kc).**

Determinación del Módulo de Reacción de la Sub base Granular, en función de:

Tabla 4: Módulo de reacción de la sub rasante

Valor de K Subrasante	Valor K (kg/cm ³) sobre la base de espesor				
	10.00	15.00	20.00	22.50	30.00
1.40	1.80	2.10	2.30	2.40	3.10
2.10	2.70	3.00	3.27	3.40	4.20
2.80	3.60	3.90	4.23	4.40	5.30
5.50	6.10	6.40	7.13	7.50	8.90
8.30	8.90	9.10	9.90	10.30	11.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Coeficiente de combinación combinada

CBR	Kc
5.50	6.40
6.95	Kc
8.30	9.10
Kc = 7.81 Kg/cm ³	

Fuente: Elaboración propia

Determinación del Módulo de Resiliencia (MR)

Según el método de PCA propone el cálculo del módulo de resiliencia en función a la resistencia del concreto, se tiene:

$$f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$MR = 0.15 * f'c$$

$$MR = 45.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla 6: Cálculo del número de ejes equivalente de diferentes pesos

Tipo de vehículo	Veh/día	FDIR	FDIST	Veh/carril	7 Tn	11 Tn	18 Tn	25 Tn
B2	21	0.5	1	11	11	11		
T2S3	12	0.5	1	6	6	6		6
C2	52	0.5	1	26	25	25		
C3	22	0.5	1	11	11		11	
TOTAL					53	42	11	6

Fuente: Elaboración propia

Factor de Crecimiento:

n= 20 años

r= 3.00%

r: consideramos una tasa normal

FC: factor de crecimiento vehicular (%)

$$FC = (1 + r)^n - 1$$

n: periodo de diseño del pavimento

$$FC = 26.88$$

Ejes de X Tn / Período de Diseño:

Ejes de 07 Tn (15.4 kips) = 529,615.08

Ejes de 11 Tn (24.1 kips): = 421,730.53

Ejes de 18 Tn (39.5 kips): = 107,884.55

Ejes de 25 Tn (54.8 kips): = 58,846.12

➤ Cálculo del Espesor del Pavimento Rígido

Para calcular el espesor del pavimento a través de la metodología del PCA, se necesita asumir un espesor de pavimento y finalmente determinar un valor con el cual cumpla el diseño de fatiga y erosión, cuyo en porcentaje sea menor al 100%.

Se tiene los siguientes datos para el cálculo del espesor:

K Subrasante	6.940	kg/cm ³	253.08	pci
K Combinado	7.810	kg/cm ³	284.04	pci
Esesor de losa propuesto	0.200	m	7.87	pulg
Subbase (h)	0.150	m		
Factor de seguridad por carga	1.00			
Módulo de ruptura propuesto	45.000	kg/cm ³	597.3	psi

Fuente: Elaboración propia

Para el primer tanteo, se tomará como espesor de losa de 7.87 pulgadas (20 cm).

Tabla 7: Cálculo del espesor del pavimento, $e= 7.87$ pulgadas. (20 cm)

CARGA POR EJE	CARGA POR EJE X	N° DE REPETICIONES ESPERADAS	ANÁLISIS DE FATIGA		ANÁLISIS DE EROSIÓN	
			N° REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO DE FATIGA	NÚMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES	DAÑO POR EROSIÓN
(Kips)	FSC			(%)		(%)
1	2	3	4	5	6	7
EJES SIMPLES		Esf. Equivalente: 190, Factor de relación de esfuerzos: 0.318			Factor de erosión: 2.63	
15.4	16.94	529615.08	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
24.1	26.51	421730.53	4000000	10.53%	6000000	7.03%
EJES TANDEN		Esf. Equivalente: 163, Factor de relación de esfuerzos: 0.273			Factor de erosión: 2.7	
39.5	43.45	107884.55	Indeterminado	0.00%	10450000	1.03%
EJE TRIDEM		Esf. Equivalente: Factor de relación de esfuerzos:			Factor de erosión:	
54.8	20.0933			0.00%		0.00%
				0.00%		0.00%
TOTAL				10.53%	TOTAL	8.06%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que el diseño del pavimento cumple el análisis de fatiga y erosión, puesto que la suma no sobrepasa el 100%, el número de repeticiones admisibles o permisibles es mayor que el número de repeticiones esperadas de esta forma analizamos que el espesor asumido es correcto, para el periodo de diseño seleccionado.

Tabla 8: Esfuerzo equivalente - sin berma de concreto (eje simple/eje tándem)

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 9: Factor de erosión - juntas con dowels, sin berma de concreto (eje simple/eje tándem)

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Fuente: (AASHTO, 1993)

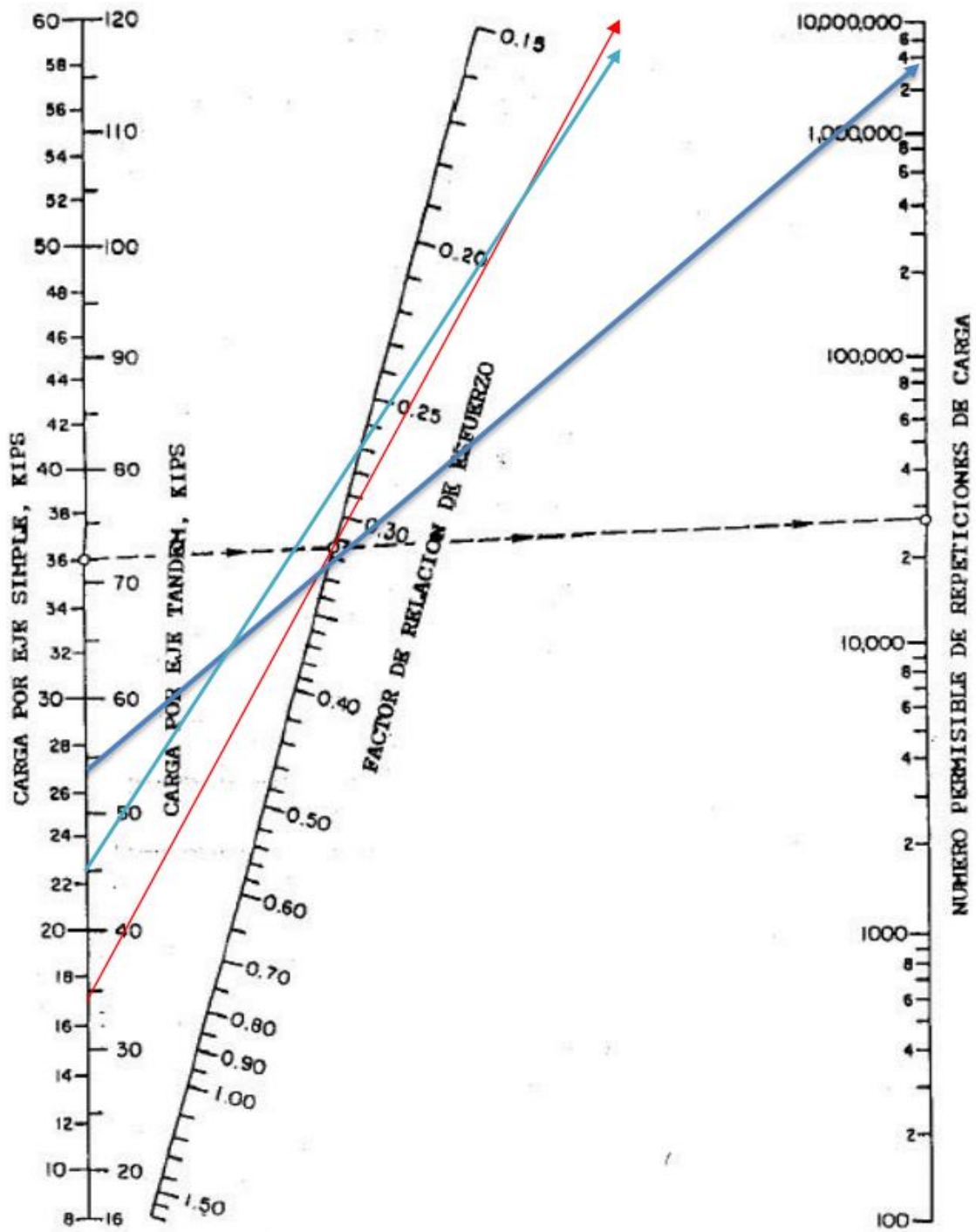


Figura 1: Análisis por fatiga número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de relación de esfuerzo (con y sin berma de hormigón).

Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO 1993

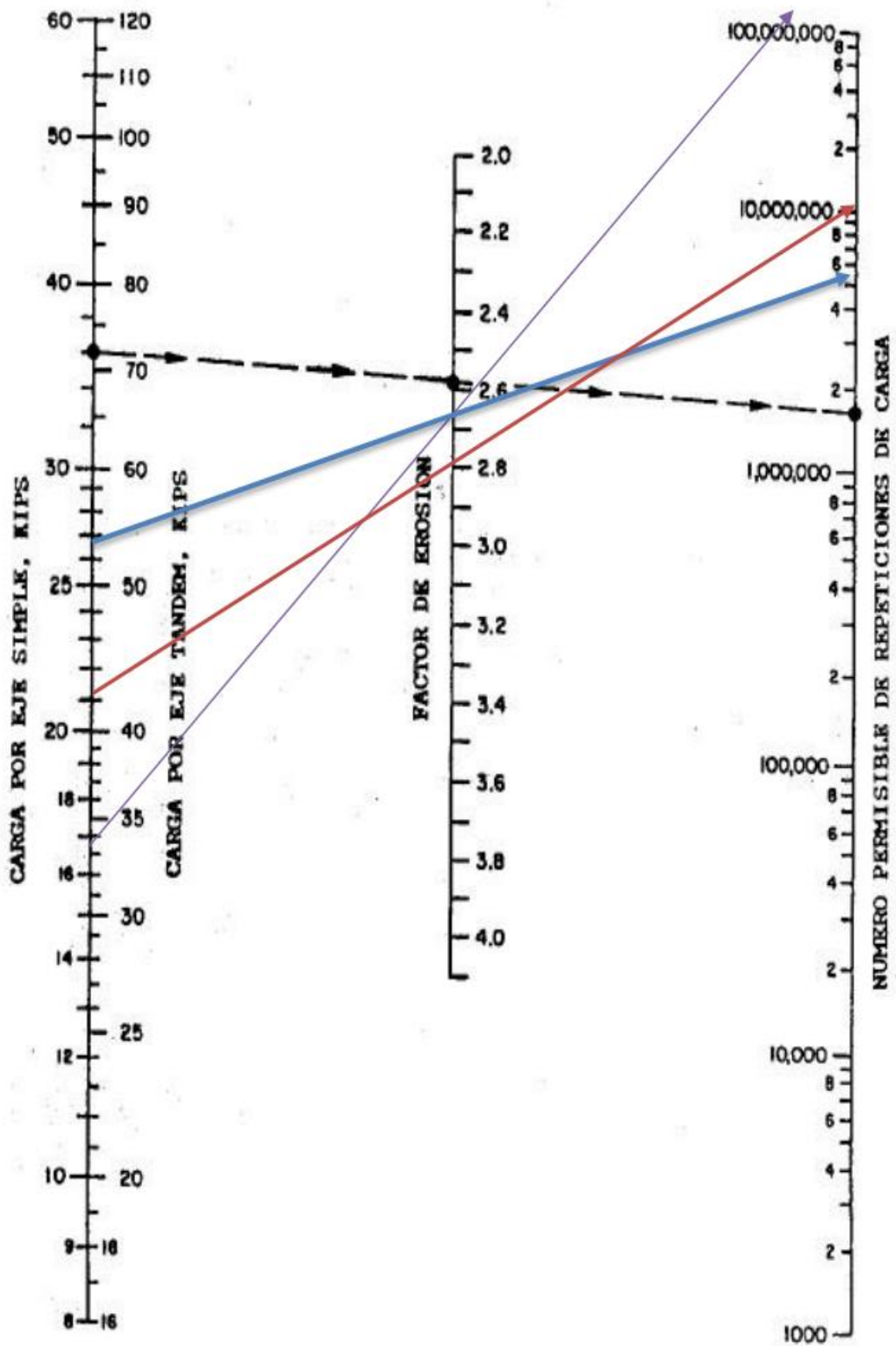


Figura 2: Análisis por erosión - número permisible de repeticiones de carga basado en el factor de erosión (sin berma de hormigón).

Fuente: Guide for Design of Pavements Structures. AASHTO 1993.