

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

---

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA  
PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO  
MECANÍSTICO”**

---

**Tesistas:**

Bach. SOLES REYES, Dennis Alexander.

Bach. VÁSQUEZ GUAYLUPO, Kevin Alexis.

**Asesor:**

MS. ING. LOPEZ CARRANZA, Atilio Rubén.

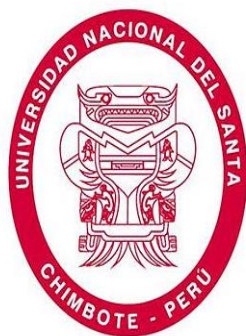
**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

---

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA  
PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO  
MECANÍSTICO”**

---

**Tesistas:**

Bach. SOLES REYES, Dennis Alexander.

Bach. VÁSQUEZ GUAYLUPO, Kevin Alexis.

**Asesor:**

MS. ING. LOPEZ CARRANZA, Atilio Rubén.

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

---

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA  
PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO  
MECANÍSTICO”**

---

**REVISADO Y APROBADO POR:**

---

MS. ING. LOPEZ CARRANZA, Atilio Rubén.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

---

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA  
PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO  
MECANÍSTICO”**

---

Sustentada por el siguiente jurado:

---

Ms. ABNER LEÓN BODADILLA  
Presidente

---

Ms. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA  
Secretario

---

Ms. LUZ ALVAREZ ASTO  
Integrante



## **DEDICATORIA**

**A Dios**, por permitirme encontrar mi Camino en la vida y darme cada día Para alcanzar mis metas y sueños.

**A mis Padres, Natividad y Venancio**, pilares y fuerza constante en los momentos difíciles durante estos años de carrera Universitaria, Por enseñarme que la perseverancia y constancia nos permiten forjar un camino de superación. Mis palabras no son suficientes para agradecerles su apoyo incondicional y todo lo que me han dado.

**A Mis Hermanos**, Edin y Anthony Venancio, por estar conmigo en las buenas y las malas, por alegrarme y motivarme siempre, va para ustedes muchachos.

**SOLES REYES, Dennis Alexander.**



## DEDICATORIA

**A Dios**, por guiar cada uno de los pasos a lo largo de mi vida y darme perseverancia y paciencia para obtener lo que anhelo.

**A mis Padres, Rosa y Carlos**, por ser los principales motores de superación en mi vida durante todo el tiempo, por su paciencia y dedicación, por darme la mejor herencia que un padre puede dar, por su apoyo incondicional durante cada año de estudio y sobre todo por siempre enfocarme en ser una persona de bien.

**A Mis Hermanos**, tanto de sangre (Brigitte y John), como de corazón (Mis amigos), que han sido parte de mi vida, de las anécdotas que nunca se olvidan y que comparten el mismo pensamiento de salir adelante y ser personas de bien, a esa persona que incondicionalmente siempre está a mi lado.

**VÁSQUEZ GUAYLUPO, Kevin Alexis.**



## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecer a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A nuestros Familiares por ser apoyo incondicional y fortaleza constante en este periplo académico.

A los amigos de siempre, Los Chelitos, por las cosas buenas y malas, las traspasadas de estudio, la unión y el apoyo en estos más de 5 años.

A nuestro Asesor el MS. ING. LOPEZ CARRANZA, Atilio Rubén, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la Tesis.

A los Ingenieros Docentes de la EAP Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, por los Conocimientos brindados durante estos años de carrera Universitaria, proporcionándonos una formación Ética y Profesional.

**SOLES REYES y VÁSQUEZ GUAYLUPO.**





a) Subrasante	<b>18</b>
b) Subbase Granular	<b>21</b>
c) Base Granular	<b>23</b>
d) Carpeta	<b>24</b>
2.1.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS – METODO AASHTTO	<b>25</b>
i). Periodo de Diseño	<b>26</b>
ii) Variables	<b>26</b>
a) W18	<b>26</b>
b) Módulo de Resiliencia	<b>27</b>
c) Confiabilidad	<b>27</b>
d) Coeficiente Estadístico	<b>30</b>
e) Desviación Estándar (So)	<b>33</b>
f) Índice de Serviciabilidad	<b>33</b>
g) Numero Estructural (SN)	<b>37</b>
<b>2.2 CONCEPTOS MECANICISTA EN PAVIMENTOS</b>	<b>45</b>
2.2.1 CONTENIDO DE LAS METODOLOGIAS MECANICISTAS	<b>46</b>
2.2.2 VENTAJAS Y CARACTERISTICAS DEL METODO MECANICISTA – EMPIRICO	<b>46</b>
2.2.3 DESCRIPCION GENERAL DE LAS METODOLOGIAS MECANICISTAS	<b>48</b>
2.2.3.1 MODELO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	<b>48</b>
2.2.3.2 ESTRUCTURAS Y COMPONENTES DEL DISEÑO MECANICISTA EMPIRICO	<b>50</b>
2.2.4 FACTORES DE ENTRADA AL PROCESO DEL DISEÑO MECANICISTA	<b>53</b>
2.2.4.1 TRANSITO VEHICULAR	<b>53</b>
2.2.4.2 CARACTERIZACION DE MATERIALES	<b>56</b>

2.2.4.3 FACTORES CLIMATICOS	58
2.2.5 ANALISIS MECANICISTA DE PAVIMENTOS	
ASFALTICOS	59
2.2.5.1 MODELOS DE DETERIORO	59
2.2.5.2 MODELOS DE REGULARIDAD	62
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS</b>	<b>63</b>
<b>3.1 ENSAYO DE MATERIALES EN LABORATORIO</b>	<b>64</b>
3.1.1 GRANULOMETRIA	64
3.1.2 LIMITE LIQUIDO	66
3.1.3 LIMITE PLASTICO	70
3.1.4 CLASIFICACION DE SUELOS	72
3.1.5 CONTENIDO DE HUMEDAD	79
3.1.6 PROCTOR MODIFICADO	80
3.1.7 ENSAYO DE CBR	84
<b>3.2 METODO AASHTO 1993 – DISEÑO DE PAVIMENTO</b>	<b>90</b>
3.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO EN CARRETERA C.P PUENTE VIRU – VIRU, MEDIANTE EL METODO AASHTO 93	<b>90</b>
3.2.1.1 ANALISIS DE TRÁFICO – DETERMINACION DE W18 – EJES EQUIVALENTES	<b>91</b>
1. Metodología.	<b>91</b>
2. Calculo de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes – W18.	<b>93</b>
3.2.1.2 CALCULANDO EL FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	<b>116</b>
3.2.1.3 CALCULANDO LA DESVIACION STANDARD NORMAL	<b>118</b>
3.2.1.4 CALCULANDO LA DESVIACION STANDARD (SO).	<b>119</b>
3.2.1.5 CALCULANDO EL INDICE DE SERVICIABILIDAD DADA $\Delta$ PSI.	<b>119</b>

3.2.1.6	CALCULANDO EL MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE.	120
3.2.1.7	CALCULANDO EL PERIODO DE DISEÑO.	121
3.2.1.8	CALCULANDO EL NUMERO ESTRUCTURAL (SN).	121
3.2.1.9	CALCULANDO EL NUMERO ESTRUCTURAL (SN).	122
3.2.1.10	CALCULO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTOS.	126
<b>3.3</b>	<b>METODO MECANISCISTA</b>	<b>126</b>
3.3.1	UBICACIÓN	127
3.3.2	MODELO CONSTRUCTIVO	127
3.3.3	DESARROLLO METODO MECANICISTA	
	PROGRAMA KENPAVE	128
3.3.4	APLICACIÓN DE DISEÑO – INFORMACION	129
3.3.4.1	Modulo de Poisson	131
3.3.4.2	Modulo de Elasticidad de Materiales	131
3.3.4.3	Configuración y repeticiones de Carga	132
3.3.4.4	Radio de Contacto Neumático	133
3.3.4.5	Presión de Contacto	134
3.3.5	PROGRAMA KENPAVE – DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	134
3.3.5.1	SISTEMA A ANALIZAR	136
	i). Módulos de Elasticidad	136
3.3.5.2	APLICACIÓN DEL KENPAVE EN CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ.	137
	a) Ingreso a la Pantalla Principal	137
	b) Ingresamos al Menú Principal del	

Programa	138
c) Definimos las Características del Sistema – Ingresamos Datos	138
d) Ubicamos las Profundidades a Analizar.	140
e) Ingresamos el Coeficiente de POISSON de la Capas	141
f) Ingresamos el Modulo de Elasticidad en Capas	142
g) Ingreso de Cargas y los Puntos de Análisis	143
3.3.6 APLICACIÓN DE DISEÑO – INFORMACION	143
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>147</b>
4.1 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS OBTENIDOS	148
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>150</b>
5.1 CONCLUSIONES	151
5.2 RECOMENDACIONES	153
<b>CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>155</b>
6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	156
<b>CAPITULO VII: ANEXOS</b>	<b>158</b>
ANEXO I: ESTUDIO DE TRAFICO DE LA ZONA	
ANEXO II: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO	
ANEXO IV: CARGAS VEHICULARES	
ANEXO V: DISEÑO DE PAVIMENTOS	
ANEXO VI: PLANOS DE ZONA DE ESTUDIO	
1. Plano de Ubicación	
2. Plano General	

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Pavimentos.	10
<b>Figura 02:</b> Distribución de Esfuerzos en un Pavimento Flexible.	12
<b>Figura 03:</b> Parámetros de Diseño.	16
<b>Figura 04:</b> Estrategias de Diseño de tipos de pavimentos – Pavimentos flexibles.	18
<b>Figura 05:</b> Partes – Pavimentos flexibles.	25
<b>Figura 06:</b> Ecuación de Diseño de la Estructura de Pavimentos.	28
<b>Figura 07:</b> Numero Estructural para Pavimentos Flexibles.	41
<b>Figura 08:</b> Gráfica de predicción de desempeño.	47
<b>Figura 09:</b> Estado de transición de metodologías empíricas a mecanicistas.	48
<b>Figura 10:</b> Estado de transición de metodologías empíricas a mecanicistas.	49
<b>Figura 11:</b> Componentes claves de las metodologías mecanicistas.	50
<b>Figura 12:</b> Espectro de carga para los ejes sencillo y dual de una configuración T3-S2.	54
<b>Figura 13:</b> Espectros de carga, para ejes sencillo, dual, tándem y trídem.	55
<b>Figura 14:</b> Montaje del ensayo de módulo dinámico.	57
<b>Figura 15:</b> Presencia de agrietamiento de la capa asfáltica – Av. Virú.	59
<b>Figura 16:</b> Deformación permanente de carpeta asfáltica – Av. Virú.	60
<b>Figura 17:</b> Puntos Críticos, Pavimento de Asfalto Convencional	61
<b>Figura 18:</b> Puntos críticos, Pavimento Integral de Asfalto	62
<b>Figura 19:</b> Muestra antes y después de accionar la cazuela.	68
<b>Figura 20:</b> Muestra para determinar Porcentaje de Humedad.	69
<b>Figura 21:</b> Diámetro Requerido del Rollo del suelo.	71
<b>Figura 22:</b> Tamizado y selección de la muestra.	81
<b>Figura 23:</b> Muestras y equipos para ensayo de Compactación.	82
<b>Figura 24:</b> Amasado para encontrar humedad especifica.	83
<b>Figura 25:</b> Sentido de la Compactación de la Muestra.	83



<b>Figura 26:</b> Enrasado de Muestras compactadas.	84
<b>Figura 27:</b> Disco espaciador y papel filtro dentro del molde.	86
<b>Figura 28:</b> Peso de molde más suelo compactado.	86
<b>Figura 29:</b> Inmersión del molde y colocación de trípode con Deformímetro.	88
<b>Figura 30:</b> Penetración de CBR.	89
<b>Figura 31:</b> Calculo de Numero Estructural.	90
<b>Figura 32:</b> Concreto Asfáltico Convencional.	123
<b>Figura 33:</b> Monograma para la Capa de Base.	124
<b>Figura 34:</b> Nomograma para la Capa de SubBase.	125
<b>Figura 35:</b> Ubicación de carretera de estudio.	128
<b>Figura 36:</b> Diseño – pavimento Flexible.	131
<b>Figura 37:</b> Vista en planta de las cargas Impuestas al Pavimento por los vehículos Considerados en el Estudio de Trafico.	133
<b>Figura 38:</b> Detalle de Conjunto de Ruedas Tandem	134
<b>Figura 39:</b> Estructura de Pavimento en la Carretera Viru.	136
<b>Figura 40:</b> Excavación de Calicata determinación de espesores Carretera Virú.	136
<b>Figura 41:</b> Pantalla Principal.	138
<b>Figura 42:</b> Inserta Nuevo Proyecto	139
<b>Figura 43:</b> Datos Determinados – diseño.	141
<b>Figura 44:</b> Profundidades a Analizar – Diseño.	142
<b>Figura 45:</b> Coeficiente de POISSON – ALTURA CAPAS.	143
<b>Figura 46:</b> Módulos de Elasticidad.	143
<b>Figura 47:</b> Parámetros de Cargas.	144
<b>Figura 48:</b> Aplicación de Diseño - KENPAVE.	145
<b>Figura 49:</b> Cantidad de Puntos a Analizar.	145
<b>Figura 50:</b> Guardar y al Menú Principal.	146
<b>Figura 51:</b> Análisis y Resultados.	147

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA N°1:</b> Categoría de Sub Rasante.	19
<b>TABLA N°2:</b> Requerimiento de Ensayos Especiales la Sub-base.	22
<b>TABLA N°3:</b> Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular.	24
<b>TABLA N°4:</b> Modulo Resiliente Obtenido por Correlación con CBR.	27
<b>TABLA N°5:</b> Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según Rango de tráfico.	29
<b>TABLA N°6:</b> Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico.	30
<b>TABLA N°7:</b> Coeficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para una sola etapa de diseño (10 o 20 años). Según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.	31
<b>TABLA N°8:</b> Coeficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para dos etapas de diseño de 10 años cada una). Según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.	32
<b>TABLA N°09:</b> Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) Según Rango Tráfico.	34
<b>TABLA N°10:</b> Índice de Serviciabilidad Final ( $P_T$ ) Según Rango de Tráfico.	35
<b>TABLA N°11:</b> Índice de Serviciabilidad Final ( $P_T$ ) Según Rango de Tráfico.	36
<b>TABLA N°12:</b> Coeficientes Estructurales de las capas del Pavimento $a_i$ .	38
<b>TABLA N°13:</b> Calidad de Drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.	39
<b>TABLA N°14:</b> Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje $m_i$ , Para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.	40
<b>TABLA N°15:</b> Valores recomendados de espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular.	42
<b>TABLA N°16:</b> Números Estructurales Requeridos.	43
<b>TABLA N°17:</b> Estructura de Pavimentos Flexibles con Carpeta Asfáltica.	44
<b>TABLA N°18:</b> Módulos de Poisson Convencionales para Materiales de Pavimentos Asfálticos.	58



<b>TABLA N°19:</b> Clasificación de suelos tipo grava.	73
<b>TABLA N°20:</b> Carta de plasticidad.	74
<b>TABLA N°21:</b> Diagrama de flujo para nombre de grupo de suelos tipo grava.	75
<b>TABLA N°22:</b> Clasificación de suelos tipo arena.	76
<b>TABLA N°23:</b> Clasificación de suelos tipo arena.	77
<b>TABLA N°24:</b> Clasificación de suelos con LL menor a 50%.	78
<b>TABLA N°25:</b> Clasificación de suelos con LL mayor a 50%.	78
<b>TABLA N°26:</b> Tiempos de curado.	82
<b>TABLA N°27:</b> Configuración de Ejes.	93
<b>TABLA N°28:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	95
<b>TABLA N°29:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	96
<b>TABLA N°30:</b> Relación de Cargas por Eje.	96
<b>TABLA N°31:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	98
<b>TABLA N°32:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	99
<b>TABLA N°33:</b> Relación de Cargas por Eje	99
<b>TABLA N°34:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	101
<b>TABLA N°35:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	102
<b>TABLA N°36:</b> Relación de Cargas por Eje.	102
<b>TABLA N°37:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	104
<b>TABLA N°38:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	105
<b>TABLA N°39:</b> Relación de Cargas por Eje.	105
<b>TABLA N°40:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	107
<b>TABLA N°41:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	108
<b>TABLA N°42:</b> Relación de Cargas por Eje.	108
<b>TABLA N°43:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	110
<b>TABLA N°44:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	111
<b>TABLA N°45:</b> Relación de Cargas por Eje.	111
<b>TABLA N°46:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	113
<b>TABLA N°47:</b> Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.	114
<b>TABLA N°48:</b> Relación de Cargas por Eje.	114





<b>TABLA N°49:</b> Tipos de Trafico para Intervalos de Ejes Equivalentes.	117
<b>TABLA N°50:</b> Tipos de Trafico para Intervalos de Ejes Equivalentes.	118
<b>TABLA N°51:</b> Coeficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para una sola etapa de diseño (10 o 20 años). Según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.	119
<b>TABLA N°52:</b> Categorías de Subrasante.	121
<b>TABLA N°53:</b> Análisis de Periodo de Diseño.	122
<b>TABLA N°54:</b> Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje $m_i$ , para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.	126
<b>TABLA N°55:</b> Espesores Mínimos Recomendados.	127
<b>TABLA N°56:</b> Módulos de Poisson Empleados para las Diferentes Capas de Pavimento.	132
<b>TABLA N°57:</b> Valores Típicos para el Modulo de Elasticidad de Materiales Asfálticos.	132
<b>TABLA N°58:</b> Valores Típicos para el Modulo de Elasticidad de Materiales Asfálticos.	134
<b>TABLA N°59:</b> Módulos de Elasticidad = E psi.	138
<b>TABLA N° 60:</b> Resultados Obtenidos.	148



## **RESUMEN**

El presente Proyecto de Investigación consistió en poder Evaluar la Calidad Estructural de la Vía desde el C.P Puente Virú hasta Virú, utilizando el Método Mecanístico, debido que trabaja en base a esfuerzos y deformaciones, que nos llevaron a un diseño más adecuado, económico y efectivo. En la vía a analizada, además de la evaluación estructural del pavimento flexible existente, se obtuvo el estado funcional, que muchas veces resalta a simple vista; se planteó con el siguiente Proyecto de Investigación poder predecir realmente la vida útil del pavimento flexible, teniendo como parámetros de diseño el tráfico, geotecnia, hidráulica, clima, entre otros factores que no utiliza el método empírico.



## **ABSTRACT**

The present Research Project consisted in evaluating the Structural Quality of the Road from the CP Puente Virú to Virú, using the Mechanical Method, because it works based on efforts and deformations, which led us to a more adequate, economic and effective design . In the way analyzed, in addition to the structural evaluation of the existing flexible pavement, the functional state was obtained, which often stands out at a glance; it was proposed with the following Research Project to really predict the useful life of the flexible pavement, taking as design parameters the traffic, geotechnics, hydraulics, climate, among other factors that the empirical method does not use.



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# **CAPITULO I:**

# **INTRODUCCION**



## **1. INTRODUCCION**

Tradicionalmente, el diseño de pavimentos flexibles se ha realizado siguiendo los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes por sus siglas en inglés) . Este trabajo presenta una nueva metodología de diseño, Mediante el Metodo Mecanístico o Mecanicista la cual se refiere a aquel que incorporan modelos básicos de ingeniería mecánica para evaluar esfuerzos y deformaciones de un pavimento, dándonos así su respuesta, comportamiento y durabilidad (performance), de la Vía de Estudio Carretera Puente Virú – Virú. Se aplicó un modelo para predecir el estado de esfuerzos en un pavimento bajo simulación de cargas la cual se realizará utilizando el programa de cómputo KENPAVE (Análisis y Diseño de Pavimentos). El análisis estructural de pavimento ejecutado por el KENPAVE considera al asfalto como material viscoelástico; y a los materiales granulares para bases y subbases y a los materiales finos de subrasante como materiales de esfuerzos sensitivos, esto es, con un comportamiento que depende del nivel del esfuerzo al cual se le somete. En el trabajo de Investigacion se evaluará estructuralmente, en base a un diseño real para una vía, los métodos de diseño tradicionales y la aplicación del programa de cómputo presentado, con el fin de realizar una evaluación de los resultados obtenidos por cada una de las metodologías, estableciendo su conveniencia y aplicaciones ingenieriles modernas.

## **1.1 ANTECEDENTES:**

A mediados de los Años 80, Virú Pueblo no presentaba en ese entonces ningún tipo de Infraestructura Vial, fue a finales de la Misma década que se ejecutó la obra de pavimentación y mejoramiento de la transitabilidad vial del casco urbano de Virú, cual consistía en pavimentar y construir veredas para tránsito peatonal. Desde entonces debido al paso del tiempo, al mal cuidado y falta de mantenimiento de dicha Infraestructura, esta se ha venido deteriorando.

Por parte de las Entidades Municipales, de las últimas gestiones no se ha planteado una evaluación y solución para mejorar el tránsito vehicular y peatonal. Actualmente la Avenida Virú, la cual une el centro poblado Puente Virú con el casco urbano de la Provincia de Virú, presenta una Infraestructura Vial en Pésimas Condiciones, debido al Tiempo, falta de mantenimiento o al desorden Vehicular y Tránsito Pesado que circulan por el Centro de la Ciudad. A pesar de la Importancia en el Ámbito Social, Económico, Turístico y Político los problemas en el ámbito Vial que enfrenta la Provincia de Virú, no permite el adecuado Desarrollo de la misma.

Si deseamos que un Proyecto de Infraestructura Vial nos permita un control y Mejoramiento en niveles de productividad es necesario trabajar los Diseños de Pavimentos, Sistemas Viales y de Tránsito.

El Diseño de Pavimentos Flexibles Mediante el METODO MECANÍSTICO, tiene influencia desde el año 1993 donde AASHTO público una guía de diseño para pavimentos que utilizaba Ecuaciones

provenientes de métodos Empíricos – Mecanístico desarrollados en el AASHO Road Test, donde se determinaron relaciones entre las distintas variables que intervienen en el diseño de pavimentos sea flexible o rígido. La investigación patrocinada por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales (AASHO ahora AASHTO) fue concebida como un estudio del desempeño de las estructuras de pavimentos de conocido espesor frente a distintas cargas de tráfico. La información obtenida en la investigación fue crucial en el avance del conocimiento de las estructuras de pavimento, diseño, desempeño entre otros. Todos los resultados permitieron elaborar Ecuaciones empíricas luego afinadas con métodos mecanicistas para el diseño y mantenimiento de los pavimentos en Estados Unidos.

El MEPDG (Guía de Diseño de Pavimentos Mecanístico – Empírico) ha sido resultado de varios años de investigación en los EE. UU, los reportes y manuales del MEPDG han sido sujeto de revisiones y mejoras antes de ser utilizados con fines prácticos, que es una alternativa para el análisis y diseño de pavimentos aplicando las bondades del software, en comparación con el Método AASHTO 93. Así mismo se determina que la aplicabilidad para el Perú se da siempre y cuando se seleccionen condiciones climáticas que mejor representen a la zona de estudio. (Blas y Matallana, 2011; pág. 6).

Así mismo el presente Método de Diseño de Pavimentos es empleado en países como Colombia, Ecuador y Chile.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los diseños de pavimentos en el Perú se han venido ejecutando mediante métodos empíricos como es el método AASHTO 93 el cual se basa solo con parámetros de suelos y tráfico, muchos de estos pavimentos han fallado funcionalmente como estructuralmente, en los Estados Unidos de Norteamérica, se ha venido desarrollando diseños tomando en cuenta los esfuerzos y deformaciones de los pavimentos flexibles, a este método se denomina El Método Mecanístico.

En la provincia de Virú, la carretera presenta daños estructurales de agrietamiento por fatiga y ahuellamiento provocados por el nivel de tránsito, factores climáticos, de cargas, y otros factores no considerados en el diseño de dicha carretera. la carretera del presente estudio no es ajena al diseño empírico, se presume que esta vía tiene una antigüedad de 25 años; la cual perjudica de manera económica y social a transportistas, moradores, visitantes; del Centro Poblado Puente Virú – Virú los cuales transitan continuamente por esta Vía por tal motivo se plantea el siguiente problema:

**¿Será más conveniente usar el método Mecanístico en el Diseño de Pavimentos Flexibles, teniendo en cuenta el aspecto técnico y económico en la vía desde el centro poblado Puente Virú hasta el casco urbano de la provincia de Virú (Avenida Virú)?**



### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal; REALIZAR LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO.

#### **1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- ✓ Determinar el estado actual de la estructura del pavimento flexible existente en la vía desde el centro poblado Puente Virú hasta el casco urbano de la provincia de Virú (Avenida Virú).
- ✓ Determinar los parámetros para el diseño de la vía en estudio.
- ✓ Diseñar la estructura del pavimento flexible empleando el método Mecanístico de la vía en estudio.

### **1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS**

Si utilizamos el método Mecanístico mediante el programa de Computo KENPAVE (Análisis y Diseño de Pavimentos), entonces la evaluación estructural de la carretera Puente Virú – Virú será más óptima.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En el Diseño Estructural De Pavimentos existen diversos métodos, ya sea para pavimentos rígidos, flexibles y articulados, estos métodos se basan generalmente en el tráfico proyectado y a las características físicas y mecánicas de los suelos de la subrasante.

Esta investigación constituirá un aporte a la reducción de los costos de mantenimiento, ya que nos permitirá determinar un diseño más exacto de cada una de las capas que conforman el paquete estructural del

pavimento, puesto que este diseño se fundamenta con esfuerzos y deformaciones que es solicitado por el flujo vehicular.

Los espesores del pavimento son directamente proporcionales al tráfico solicitado, por este motivo se aplicará el método mecanicista por ser un método más concordante con la realidad

## **1.6 VARIABLE**

### **1.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

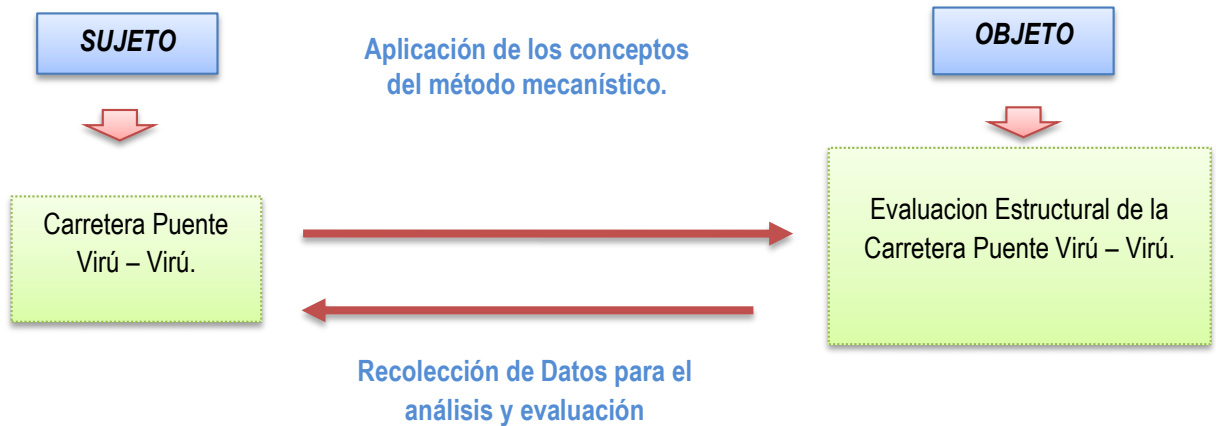
- Diseño de Pavimento Flexible por el Método Mecanístico.

### **1.6.2 VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Fallas en la Estructura del Pavimento Flexible manifestadas como: Agrietamientos por fatiga, Agrietamientos térmicos, Deformaciones permanentes.
- Parámetros de diseño: Módulo de Resiliencia, Tráfico, Clima, Materiales de la Vía Puente Virú – Virú.

## **1.7 DISEÑO DE INVESTIGACION**

La presente investigación es el tipo Cuasi Experimental debido a que el estudio se realizará con la manipulación de las variables, es decir se obtendrá información de la actividad intencional (laboratorio), para luego obtener respuestas con el uso de fórmulas y procesadores de datos, para luego formular los cuadros de resultados.



## 1.8 LIMITACIONES DE TRABAJO

En la investigación se recopilará la información de todos los datos que se requieran, y esto permitirá que mediante las muestras obtenidas y mediante cuadros estadísticos determinar valores como el de Módulo de Resiliencia (Ensayo poco Realizado en los Laboratorios de la zona) los cuales determinarán las propiedades del asfalto, y así tener toda la información necesaria y proceder a aplicar los métodos AASHTO 1993 – MECANÍSTICO utilizando el programa de cómputo KENPAVE, luego de obtener los diseños por los dos métodos, se procede a compararlos y así identificar, que método es mejor en el diseño de pavimentos en la Carretera Puente Virú– Virú.



# **CAPITULO II:**

# **MARCO TEORICO**

## 2.1 PAVIMENTOS

### 2.1.1 GENERALIDADES

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento, es decir, un pavimento es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. (ANALISIS DEL METODO AASHTO 2008 (M-EPDG) EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, 2008, Pág. 08).



**Figura 01:** Pavimentos.

**Fuente:** (<http://www.abc.gob.bo/entregan-28-km-de-pavimento-flexible-en-el-tramo-chi%C3%B1ata-%E2%80%93-colomi>)

### **2.1.2 PAVIMENTO FLEXIBLE**

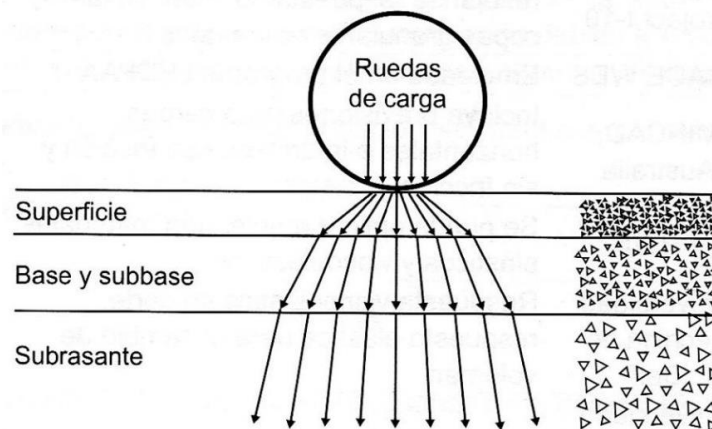
El pavimento flexible, es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: slurry seal (lechada asfáltica), tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (*MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS, MTC,2014, Pág. 22*).

El pavimento flexible distribuye la carga en una menor área y, por ende, el esfuerzo es transmitido hasta mayores profundidades en comparación con el pavimento rígido. A medida que aumenta la profundidad, la misma carga se distribuye sobre un área mayor de tal forma que la mayor tensión se produce en la superficie y esta va disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Por lo tanto, el material de mayor calidad se coloca en capas superficiales. Una pequeña cantidad de deformación, sin embargo, podría quedarse de forma permanente que podría acumularse con muchas repeticiones de carga causando ahuellamiento en el recorrido de la rueda.

El espesor requerido para cada capa de pavimento flexible es muy variable, depende de los materiales utilizados, la magnitud y el número de repeticiones de carga de tráfico, las condiciones ambientales y la vida útil deseada del pavimento. Estos factores se consideran en el proceso

de diseño, para que el pavimento dure el período de vida sin fallas excesivas. En la Mayoría de los casos, la capa superficial varía desde 1 hasta 10 pulgadas, la cual podría incluir una serie de recapeos. La capa de base típicamente varia de 4 a 12 pulgadas y la subbase varía desde 6 hasta 20 pulgadas.

La vida Típica de un pavimento flexible varía de caso a caso con un valor promedio de 10 a 20 años. Sin embargo, al existir una gran variación en los parámetros de diseño sobre los cuales el diseñador no tiene control, esta vida se puede reducir significativamente si no se considera la atención oportuna del mantenimiento de recapeo. (*Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos, 2016, 2da Edición, Pág. 78*).



**Figura 02:** Distribución de Esfuerzos en un Pavimento Flexible.

**Fuente:** (*Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos, 2016, 2da Edición, Pág. 78*).

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos

por las cargas del tránsito. Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia estructural. - Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes, también se tienen los producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.
- Durabilidad. - La durabilidad está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se le desee dar al camino depende de la importancia de este. Hay veces que es más fácil hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.
- Requerimientos de conservación. - Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento.

Otro factor es la intensidad del tránsito, ya que se tiene que prever el crecimiento futuro. Se debe tomar en cuenta el comportamiento futuro de las terracerías, deformaciones y derrumbes. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado. La falta de conservación sistemática hace que la vida de un pavimento se acorte.

- Comodidad. - Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere



para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.

*(ANALISIS DEL METODO AASHTO 2008 (M-EPDG) EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, 2008, Pág. 08 - 09).*

### **i). Análisis de Pavimentos Flexibles.**

Para la realización de un Análisis de Pavimentos Flexibles contempla el cálculo de los esfuerzos y deformaciones por tensión en las ubicaciones críticas de las estructuras que son: en la parte superior de la carpeta donde los esfuerzos de compresión son máximos; en la parte inferior de la carpeta donde los esfuerzos de tensión y deformaciones son críticas, al interior de la base granular para verificar que no se produzcan esfuerzos de tensión (salvo que se trate de bases estabilizadas) y en la parte superior de la subrasante donde los esfuerzos de compresión son los que producirán deformaciones verticales no recuperables.

*(Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos, 2016, 2da Edición, Pág. 54).*

### **ii). Objetivos de Diseño y Limitaciones**

Los objetivos de diseño de pavimentos son indicados a continuación, se debe tener en cuenta que algunos de estos objetivos no son complementarios, tales como maximizar la economía y la capacidad de carga.

- Maximizar la economía, seguridad y capacidad de servicio durante el período de diseño.

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

- Maximizar la capacidad de carga adecuada en términos de la magnitud y las repeticiones de carga.
- Minimizar el período que pueda limitar la vida útil.
- Minimizar el ruido o la contaminación del aire limitado durante la construcción.
- Minimizar las interrupciones temporales por construcción o mantenimiento.
- Minimizar los impactos ambientales.

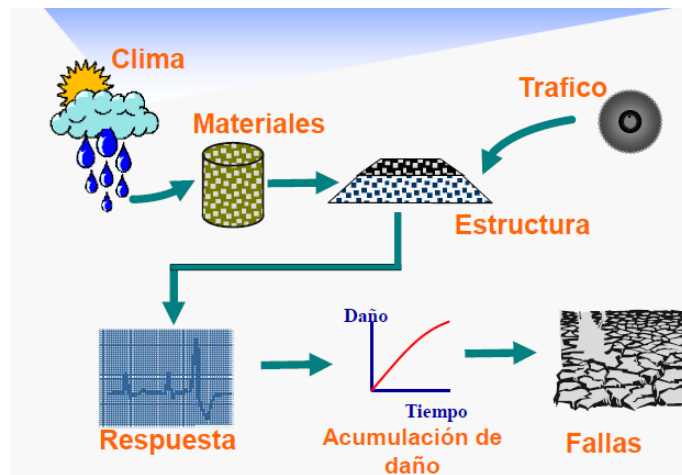
Sin embargo, existe una serie de limitaciones al momento del diseño que deben ser tomadas en cuenta, algunas de las cuales son:

- Disponibilidad de tiempo y fondos para el diseño de la construcción.
- Condición actual de la vía.
- Disponibilidad de materiales.
- Espesores máximos de las capas.
- Capacidad técnica de construcción, tales como personal y maquinaria.
- Calidad de la construcción.
- Métodos de diseño y calibración de los modelos de análisis.
- Calidad y cantidad de la información disponible para diseño.

(Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos, 2016,  
2da Edición, Pág. 78).

### iii). Parámetros de Diseño

- Tráfico.
- Materiales.
- Condiciones Ambientales.
- Mantenimiento.
- Calidad de Construcción.



**Figura 03: Parámetros de Diseño.**

**Fuente:** (Fuente Propia).

### iv). Método de Diseño.

A través del desarrollo de la ingeniería de pavimentos, se han ido presentando diferentes métodos de diseño, algunos de los cuales se basan en información simple y emplean reglas prácticas para determinar el espesor resultante, mientras que otros requieran de ensayos más sofisticados y de programas de cálculo avanzados, pasando por aquellos que presentan directamente catálogos de

secciones que son seleccionados en función a datos básicos. Los

Métodos pueden ser agrupados en:

- Métodos Basados en la experiencia.
- Métodos Basados en relaciones Empíricas y pruebas de resistencia simple.
- Métodos basados en la evaluación estadística del comportamiento del pavimento.
- Métodos basados en el análisis estructural de sistemas multicapas.
- Métodos basados en carreteras experimentales.
- Métodos basados en programas y pruebas de largo plazo.

Otros:

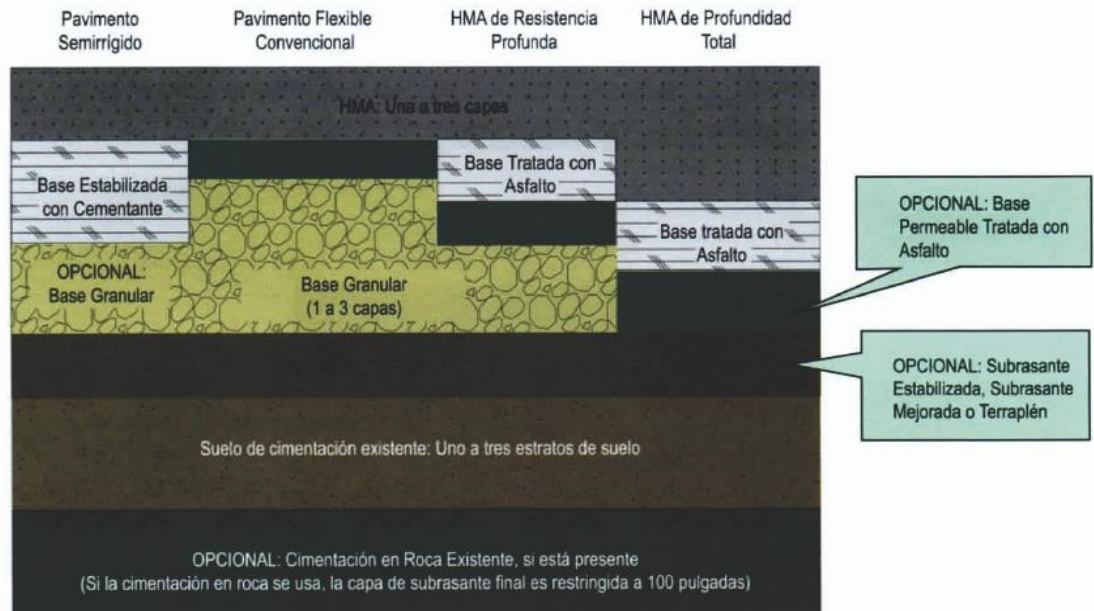
- Método del Instituto del Asfalto.
- Método AASHTO 1993 y MTC.
- Método Mecanístico – Empírico de AASHTO.

*(Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos, 2016,  
2da Edición, Pág. 79).*

### **2.1.2.1 COMPOSICION – PAVIMENTO FLEXIBLE.**

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de

cada obra. (*Análisis del Método AASHTO 2008 (M-EPDG) en Pavimentos Flexibles, 2008, Pág. 08 - 09*).



**Figura 04:** Estrategias de Diseño de tipos de pavimentos – Pavimentos flexibles.

**Fuente:** (*Guía de Diseño Mecánico – Empírico de Pavimentos, 2015, 2da Edición, Pág. 21*).

### a) Subrasante

La Sub Rasante es la Superficie terminada de la carretera a nivel de movimientos de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La sub rasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable y optimo estado, de tal

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocara encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30 m de suelo debajo del nivel superior de la sub rasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo del Próctor Modificado.

*(Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 21).*

**TABLA N° 01:**

*Categoría de Sub Rasante.*

<b>CATEGORIAS DE SUB RASANTE</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> = Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> = Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> = Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> = Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> = Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> = Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente:** *(Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y*

*Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 21.)*

**ENSAYO DE MATERIALES – SUELOS CBR**

Se utiliza el ensayo in situ para determinar su CBR con el fin de evaluar y diseñar la estructura de un pavimento flexible, tales como base y sub-base gruesas y subrasantes y también para otras

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

aplicaciones (como caminos no pavimentados), para los cuales el CBR es el parámetro de resistencia indicada. Si el CBR del campo es usado directamente para la evaluación o diseño, sin considerar la variación ocasionada por cambios en el contenido de agua, el ensayo debe llevarse a cabo bajo una de las siguientes condiciones:

- Si el grado de saturación (porcentaje de vacíos llenos de agua) es de 80 % o más.
- Si el material es de grano grueso y sin cohesión, de modo que no se ve afectado en forma significativa por los cambios en el contenido de agua.
- Si el suelo no ha sido modificado por actividades de construcción durante los dos años anteriores al ensayo. En este último caso, el contenido de agua no es realmente constante, sino que generalmente fluctúa dentro de un margen bastante reducido. Por lo tanto, los datos del ensayo en campo, pueden utilizarse satisfactoriamente para indicar el promedio de la capacidad de carga.

Este método de ensayo cubre la evaluación de la calidad de la subrasante, pero también es aplicable a materiales de subbase y base.

*(Manual de Ensayo de Materiales, MTC, 2014, Pág. 258)*

## **b) Subbase Granular**

Capa constituida por un material de calidad y espesor determinados y que se coloca entre la subrasante y la base. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR mayor o igual a 40% y la fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensayo de los Ángeles de no más de 40%.

- **Función económica.** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica.
- **Capa de transición,** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

- Disminución de las deformaciones. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones) o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Resistencia. La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.
- Drenaje. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas; es como impedir la ascensión capilar.

*(Análisis del Método AASHTO 2008 (M-EPDG) en Pavimentos Flexibles, 2008, Pág. 10).*

**TABLA N° 02:**

**Requerimiento de Ensayos Especiales la Sub-base.**

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	--	D 4791	--	20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5 mm)  
 (2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

**Fuente:** "Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013, MTC, Pág. 360"

### **c) Base Granular**

Base conformada exclusivamente por una mezcla de suelos, que habitualmente cumplen con ciertos requisitos en cuanto a granulometría, límites de Atterberg, capacidad de soporte y otros. Cuando el material se use como base para tratamiento superficial doble el contenido mínimo de chancado será de 70%, su tamaño máximo absoluto será de 40 mm, y su Índice de Plasticidad máximo será de 4%, salvo que el proyecto estipule otro valor, debidamente justificado, el que en ningún caso podrá exceder el 6 %. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR 80%; la fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensayo de Los Ángeles, de no más de 35%. En caso de tratamiento superficial doble, el soporte deberá ser  $CBR \cdot 100\%$ .

- Resistencia. La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. Función económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

*(Análisis del Método AASHTO 2008 (M-EPDG) en Pavimentos Flexibles, 2008, Pág. 10-11).*

**TABLA N°03:**

*Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular.*

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ( $<10^6$ )	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ( $\geq 10^6$ )	Mín. 100%

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

**Fuente:** "Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas  
Generales para Construcción, 2013, MTC, Pág. 370"

**d) Carpeta**

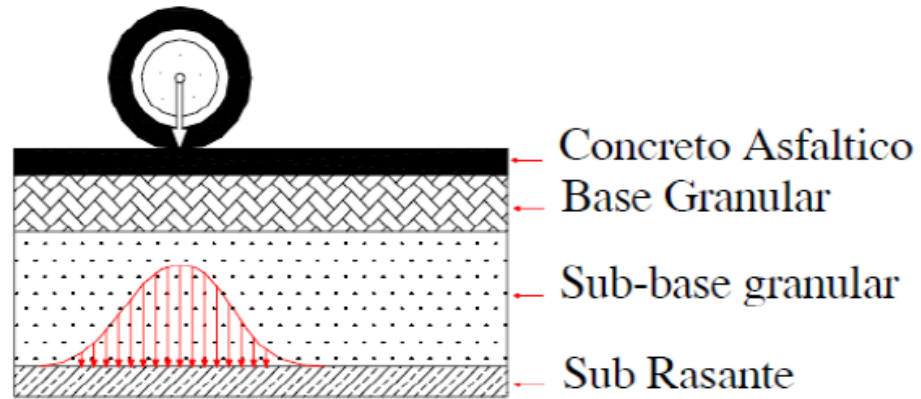
En cuanto a propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR 60%. En zonas donde se permite efectuar el ensayo sin inmersión, este valor deberá ser del 80%. La fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensaye de Los Ángeles, de no más de 30%. Así también la capa de rodadura es el espesor o porción de material construido sobre la capa imprimante. Sus Funciones Básicas son Proteger las aguas de lluvia, contribuir al aumento de la capacidad soporte del pavimento, evitar que la base se desintegre o desgaste por el tránsito vehicular y proporcionar una superficie adecuada al flujo vehicular.

- Superficie de rodamiento. La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

- Resistencia. Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

*(Análisis del Método AASHTO 2008 (M-EPDG) en Pavimentos Flexibles, 2008, Pág. 11).*



**Figura 05:** Partes – Pavimentos flexibles.

**Fuente:** *(Diseño Mecanístico - Empírico de Pavimentos, 2016, Ing. Jorge Yamunaque Miranda, Pág. 57).*

### 2.1.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS – METODO AASHTO.

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub rasante para el cálculo de espesores. Asimismo, se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la Versión de la Guía AASHTO-93. El propósito del modelo es el cálculo del número Estructural Requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas

vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.

### i). Periodo de Diseño

El periodo de diseño a ser empleado para el presente manual u proyecto de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y según lo requiera la entidad. (*Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 131-132.*)

### ii). Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

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

**Figura 06:** Ecuación de Diseño de la Estructura de Pavimentos.

**Fuente:** (*Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 131.*)

- a) **W18**, es el número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80KN) para el periodo de diseño.

### b) Módulo de Resiliencia ( $M_R$ )

El Módulo de Resiliencia ( $M_R$ ) es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones de AASHTO.

**TABLA N°4:**

*Módulo Resiliente Obtenido por Correlación con CBR.*

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE ( $M_R$ ) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE ( $M_R$ ) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE ( $M_R$ ) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE ( $M_R$ ) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 132.)

### c) Confiabilidad (%R)

El Método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su compartimiento; sin embargo, solicitaciones diferentes a las esperadas, como, por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

Según ASSHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr la confiabilidad determinada; por ejemplo, 90 % o 95%, significa que solamente un 10 % o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla. En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar. La confiabilidad no es parámetro de ingreso directo en la Ecuación de diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como Desviación Standard ( $Z_r$ ). (*Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 132.*)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**TABLA N°05:**

Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según Rango de tráfico.

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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 133.)

Para el diseño por etapas, según AASTHTO, se deben determinar las confiabilidades de cada etapa, teniendo en cuenta la confiabilidad total correspondiente a todo el periodo de diseño, corresponden a los valores de la Tabla 5, elevado a la potencia inversa del número de etapas. Así se tiene la relación siguiente:

$$R_{\text{Etapa}} = \text{Confiabilidad de cada Etapa.}$$

$$R_{\text{Total}} = \text{Confiabilidad Total para el periodo total de Diseño. Ver Tabla 5.}$$

$$N = \text{Numero de Capas.}$$



**TABLA N°06:**

Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)		
				1ERA. ETAPA (1)	2DA. ETAPA (2)	TOTAL (1) X (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	81%	81%	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	600,000	87%	87%	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	89%	89%	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
T <sub>P15</sub>		>30'000,000	97%	97%	95%	

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 134.)

**d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )**

El Coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) representa el valor de la Confiabilidad Seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución Normal. (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 134.)

**TABLA N°07:**

Coeficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para una sola etapa de diseño (10 o 20 años). Según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( $Z_r$ )
Caminos de Baja Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	-1.645

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 135.)

**TABLA N°08:**

Coeficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para dos etapas de diseño de 10 años cada una). Según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( $Z_r$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	$T_{P0}$	75,000	150,000	-0.878
	$T_{P1}$	150,001	300,000	-0.994
	$T_{P2}$	300,001	500,000	-1.126
	$T_{P3}$	500,001	750,000	-1.227
	$T_{P4}$	750,001	1,000,000	-1.227
Resto de Caminos	$T_{P5}$	1,000,001	1,500,000	-1.405
	$T_{P6}$	1,500,001	3,000,000	-1.405
	$T_{P7}$	3,000,001	5,000,000	-1.405
	$T_{P8}$	5,000,001	7,500,000	-1.645
	$T_{P9}$	7,500,001	10'000,000	-1.645
	$T_{P10}$	10'000,001	12'500,000	-1.645
	$T_{P11}$	12'500,001	15'000,000	-1.645
	$T_{P12}$	15'000,001	20'000,000	-1.881
	$T_{P13}$	20'000,001	25'000,000	-1.881
	$T_{P14}$	25'000,001	30'000,000	-1.881
$T_{P15}$	>30'000,000		-1.881	

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 136.)

### **e) Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ )**

La Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento, como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del Modelo. La guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de  $S_o$  comprendidos entre 0.40 y 0.50, lo recomendable es tomar un valor de 0.45.

### **f) Índice de Serviciabilidad presente (PSI)**

El Índice de Serviciabilidad presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

#### **f.1) Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ )**

La Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) es la condición de una Vía recientemente construida.

*(Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 137)*

**TABLA N°09:**

*Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango Tráfico.*

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

*Fuente: (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 137.)*

### f.2) Serviciabilidad Final o Terminal ( $P_T$ )

La Serviciabilidad Terminal ( $P_T$ ) es la condición de una Vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

**TABLA N°10:**

*Índice de Serviciabilidad Final ( $P_T$ ) Según Rango de Tráfico.*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL ( $P_T$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	$T_{P1}$	150,001	300,000	2.00
	$T_{P2}$	300,001	500,000	2.00
	$T_{P3}$	500,001	750,000	2.00
	$T_{P4}$	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	$T_{P5}$	1,000,001	1,500,000	2.50
	$T_{P6}$	1,500,001	3,000,000	2.50
	$T_{P7}$	3,000,001	5,000,000	2.50
	$T_{P8}$	5,000,001	7,500,000	2.50
	$T_{P9}$	7,500,001	10'000,000	2.50
	$T_{P10}$	10'000,001	12'500,000	2.50
	$T_{P11}$	12'500,001	15'000,000	2.50
	$T_{P12}$	15'000,001	20'000,000	3.00
	$T_{P13}$	20'000,001	25'000,000	3.00
	$T_{P14}$	25'000,001	30'000,000	3.00
	$T_{P15}$		>30'000,000	3.00

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 138.)

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

( $\Delta$ PSI) es la diferencia entre la Serviabilidad Inicial y Terminal asumida para el Proyecto en desarrollo.

**TABLA N°11:**

*Índice de Serviabilidad Final ( $P_T$ ) Según Rango de Tráfico.*

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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 139.)

### **g) Numero Estructural Propuesto (SNR)**

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Numero Estructural, que representa el espesor total de pavimento a colocar y debe ser transformado al efectivo de cada una de las capas que la constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente Ecuación:

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

Donde:

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

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

$m_2, m_3$  = Coeficiente de drenaje base y subbase,  
respectivamente.

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. Se deberá realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimentos seleccionadas, de tal manera permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada. Los valores de los coeficientes estructurales son:



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**TABLA N°12:**

*Coefficientes Estructurales de las capas del Pavimento  $a_i$ .*

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%, y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 141.)

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

La ecuación SN de AASHTO, también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables que son:

- a. La calidad del drenaje.
- b. Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación.

**TABLA N°13:**

*Calidad de Drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.*

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

**Fuente:** (*Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 142.*)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Se consideran Coeficientes de drenaje  $m_i$ , para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad a la saturación y calidad del drenaje.

**TABLA N°14:**

*Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje  $m_i$ , para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.*

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 142.)

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimentos, se asume como el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de 1.00.

En función a los parámetros requeridos por AASHTO y especificados en los cuadros anteriores, se han determinado los diferentes Números Estructurales requeridos, para cada rango de trafico expresado en ejes equivalentes (EE) y rango de tipos de suelos, según se presenta en las siguientes tablas.

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

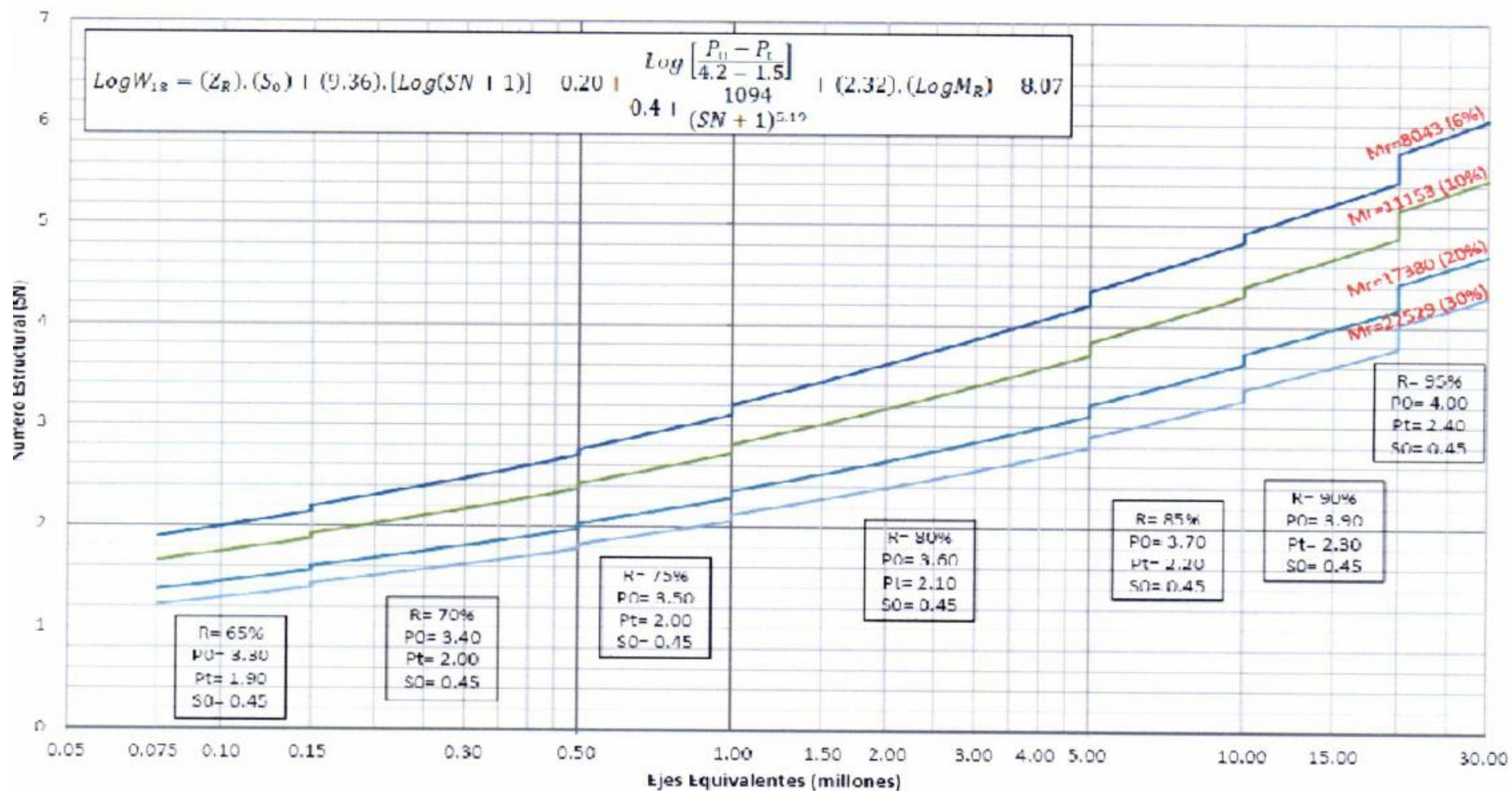


Figura 07: Numero Estructural para Pavimentos Flexibles

Fuente: (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 143.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**TABLA N°15:**

Valores recomendados de espesores Mínimos de Capa  
Superficial y Base Granular.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 142.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**TABLA N° 16:**  
Números Estructurales Requeridos.

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUB RASANTE Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Subbase Granular						
TIPO SUB RASANTE CLASE DE TRANSITO	Inadecuada CBR < 3 % (*)	Pobre 3 % ≤ CBR < 6 % (*)	Regula	Buena	Muy Buena	Excelente
			6 % ≤ CBR < 10 %	10 % ≤ CBR < 20 %	20 % ≤ CBR < 30 %	CBR ≥ 30 %
T <sub>p0</sub> 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.150	1.890	1.630	1.630
T <sub>p1</sub> 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.476	2.216	1.852	1.800
T <sub>p2</sub> 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.765	2.372	2.008	1.800
T <sub>p3</sub> 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.982	2.594	2.178	1.970
T <sub>p4</sub> 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.152	2.764	2.348	2.140
T <sub>p5</sub> 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.459	3.105	2.556	2.296
T <sub>p6</sub> 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.911	3.431	2.882	2.570
T <sub>p7</sub> 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.218	3.757	3.156	2.844
T <sub>p8</sub> 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.652	4.135	3.482	3.118
T <sub>p9</sub> 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.847	4.305	3.652	3.288
T <sub>p10</sub> 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.134	4.582	3.884	3.506
T <sub>p11</sub> 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.257	4.705	4.054	3.676
T <sub>p12</sub> 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.380	4.922	4.224	3.846
T <sub>p13</sub> 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.914	5.327	4.613	4.178
T <sub>p14</sub> 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.084	5.497	4.783	4.348

(\*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de suelos, que sera materia de Estudio Especial  
- Con el Suelo Estabilizado la estructura del pavimento a colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

Fuente: (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 151.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

TABLA N°17:

Estructura de Pavimentos Flexibles con Carpeta Asfáltica.

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75.001-150.000	150.001-300.000	300.001-500.000	500.001-750.000	750.001-1'000.000	1'000.001-1'500.000	1'500.001-3'000.000	3'000.001-5'000.000
CBR %	$M_{II}$ 2555xCBR <sup>0.34</sup>	5 cm 25 cm	6 cm 28 cm	6 cm 20 cm	7 cm 20 cm	8 cm 20 cm	8 cm 25 cm	9 cm 25 cm	9 cm 30 cm
CBR < 6%	≤ 8,040 psi (55.4 MPa)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040 psi (55.4 MPa) ≤ 11,150psi (76.9 MPa)	5 cm 25 cm	6 cm 28 cm	6 cm 20 cm	7 cm 20 cm	8 cm 20 cm	8 cm 25 cm	9 cm 25 cm	9 cm 30 cm
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150 psi (76.9 MPa) ≤ 17,380 psi (119.8 MPa)	5 cm 20 cm	6 cm 23 cm	6 cm 26 cm	7 cm 27 cm	8 cm 7 cm	8 cm 20 cm	9 cm 23 cm	10 cm 26 cm
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380 psi (119.8 MPa) ≤ 22,530 psi (155.3 MPa)	5 cm 15 cm	6 cm 16 cm	6 cm 19 cm	7 cm 19 cm	8 cm 19 cm	8 cm 23 cm	9 cm 26 cm	10 cm 28 cm
CBR ≥ 30%	> 22,530 psi (155.3 MPa)	5 cm 15 cm	6 cm 15 cm	6 cm 15 cm	7 cm 15 cm	8 cm 15 cm	8 cm 18 cm	9 cm 20 cm	10 cm 22 cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)  
 Base Granular  
 Subbase Granular

Nota: 1, (\*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.  
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.  
 3. En la etapa de Operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:  
 a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.  
 b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuará al menos una medición cada cuatro años.  
 c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

Fuente: (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 161.)

## **2.2 CONCEPTOS MECANICISTAS EN PAVIMENTOS**

Para comprender los Métodos mecanicistas para el análisis estructural y el diseño de pavimentos, es necesario conocer la esencia de dichos métodos, los cuales se ponen en énfasis en los conceptos involucrados, ya que en la definición de fórmulas matemáticas hay muchos coeficientes de ajuste los cuales no tienen un sentido físico, esto nos permite reflexionar sobre las limitaciones que se tienen en cuanto a llevar un modelo de campo a papel o en el mejor de los casos a un programa computacional.

Actualmente para el diseño de pavimentos el enfoque usado, son métodos empíricos, en los cuales el diseño de los espesores del pavimento es respaldado por propiedades físicas de los materiales y un índice de resistencia, que para nuestro país comúnmente es usado el valor de CBR por sus siglas en inglés California Bearing Ratio, el uso de módulo de Resiliencia el cual es un concepto mecanicista se ha encontrado por correlación con el valor de CBR, con los métodos empíricos como es el caso del método AASHTO 93, se tiene la incertidumbre de que las condiciones en las que se ha realizado el tramo de prueba, no son las mismas que las de nuestro país, debido a esto se necesita la introducción de grandes factores de seguridad, para poder brindar la confiabilidad necesaria. Ya que este enfoque está limitado por los tipos de suelos considerados los cuales cambian de sitio en sitio, los métodos de construcción los que cada vez son más modernos, las configuraciones vehiculares.



*(Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93, Ángel García, 2014, Pág. 16).*

### **2.2.1 CONTENIDO DE LAS METODOLOGÍAS MECANICISTAS**

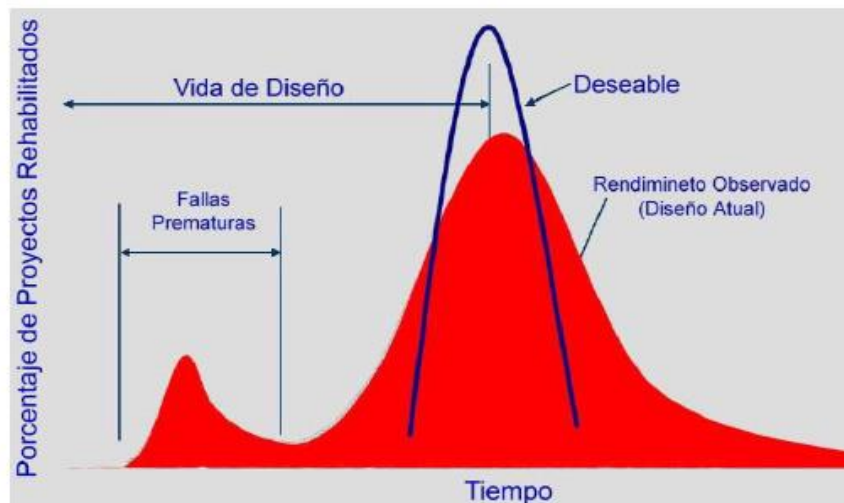
Las metodologías mecanicistas pretenden tener un enfoque puramente científico, con un marco teórico suficiente que permita el análisis completo de la mecánica del comportamiento de un pavimento ante las acciones del clima y del tránsito vehicular. Esto es, un marco teórico en donde las propiedades fundamentales de los materiales se conocen, y se pueden determinar en laboratorio o en campo. Esta metodología facilita la predicción correcta de la evolución en el tiempo de los diferentes deterioros que se pudieran presentar y, por ende, aumentar en gran medida la confiabilidad de los diseños.

*(Conceptos Mecanicista en Pavimentos, Ángel García – Paul Garnica, 2004, Pág.6).*

### **2.2.2 VENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO MECANICISTA-EMPÍRICO**

1. El diseño ya no es solo para el espesor de la estructura.
2. Aproximación comprensiva incluyendo consideraciones estructurales y de los materiales.
3. Manejo mejorado de efectos climáticos y diseños de seguridad.
4. Nuevos Conceptos:
  - Funcionamiento basado en deterioros y calidad de la carretera.
  - Mejor caracterización de pavimentos existentes.

- Consideraciones directas de drenaje y erosión de la subbase.
5. Adaptabilidad:
- Mejor habilidad para manejar las características cambiantes del tránsito.
  - Capacidad para incorporar materiales pavimentados disponibles.
  - Capacidad de extrapolar de los estudios de campo y laboratorio.
6. A través de una consideración directa de indicadores críticos del funcionamiento pavimento, la metodología del diseño mecanicista, este tal vez sea el beneficio más grande de las metodologías mecanicistas, lo cual puede dicho de otra manera es la predicción del desempeño, lo cual puede ilustrarse gráficamente en la Figura 14.

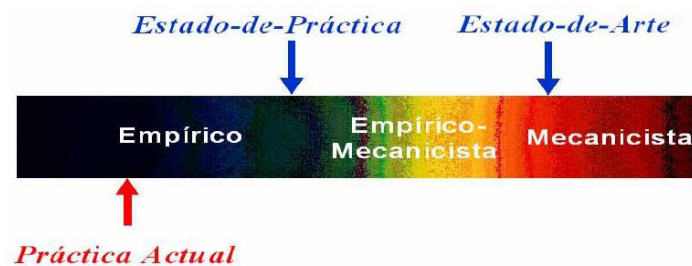


**Figura 08:** Gráfica de predicción de desempeño.

**Fuente:** (Part 1- Introduction to 2002 Design Guide, Background).

### 2.2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS METODOLOGÍAS MECANICISTAS.

En cuanto a la práctica actual se está llevando a cabo con metodologías empíricas, pero la tendencia mundial es hacia metodologías empírico-mecanicistas, entre las cuales podemos mencionar el método de la AASHTO MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide), el método Shell, y el método norteamericano del Asfalto.



**Figura 09:** Estado de transición de metodologías empíricas a mecánicas.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 258).

#### 2.2.3.1 MODELO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

El adecuado modelo estructural para pavimentos tanto de estructuras flexibles como rígidas, es la clave de los métodos mecanicistas, la figura 09 muestra básicamente los datos de entrada al proceso de diseño, los cuales consisten en la estructura del pavimento, es decir la definición del número y espesor de las capas propuestas, el clima existente lo cual básicamente son datos de temperatura y precipitación, el tránsito, y las propiedades mecánicas de los materiales, los cuales son los módulos elásticos de cada una de las capas.

Los modelos de respuesta de la estructura son usados para calcular esfuerzos críticos (esfuerzos y deformaciones), lo cual cabe mencionar que son conceptos puramente mecanicistas, y dependen únicamente de las condiciones locales.

Estas respuestas son utilizadas en modelos de daños para acumular daños mes a mes a través del período de diseño. El daño acumulado en el tiempo es relativo para deterioros específicos tales como agrietamiento por fatiga, ahuellamiento el cual es entonces pronosticado usando campos calibrados de modelos de grietas (este es la parte principal del método empírico de un proceso de diseño mecanicista-empírico). (*Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93, Ángel García – Felipe Gutiérrez, 2014, Pág. 19*).



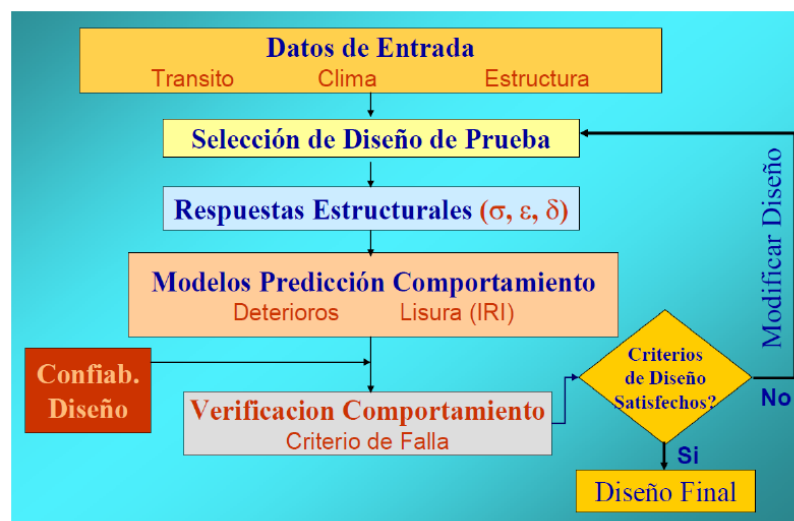
**Figura 10:** Estado de transición de metodologías empíricas a mecanicistas.

**Fuente:** (*Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 258*).

### 2.2.3.2 ESTRUCTURAS Y COMPONENTES DEL DISEÑO MECANICISTA-EMPÍRICO.

El siguiente diagrama de flujo genérico (Figura 11), representa un algoritmo que forma la base para la mayoría de diseños mecanicista, no hay arreglos de los componentes que existen en el proceso. Se enfatiza que la naturaleza iterativa del proceso de diseño es muy diferente de los procesos de diseño "paso a paso" basados en el cálculo de espesor de AASHTO.

También se hace énfasis que los criterios del funcionamiento, contra los cuales el diseño será verificado, se incorporarán al flujo grama como entradas de datos.



**Figura 11:** Componentes claves de las metodologías mecanicistas.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 258).

### **2.2.3.2.1 COMPONENTES DE ENTRADA**

Las componentes de entrada al proceso de diseño se refieren a la geometría de la estructura; básicamente son los espesores de cada capa, las propiedades de los materiales que conforman cada una de esas capas, que serán módulos dinámicos o resilientes, el tipo de clima del medio físico que atravesará la carretera, definido por precipitación y temperatura, y el nivel de tránsito vehicular definido ya sea en ejes equivalentes, o preferentemente a través de su correspondiente espectro de distribución de cargas, que veremos más adelante.

La selección del diseño inicial consiste en una primera estimación de valores, es decir un diseño de prueba, para los parámetros de entrada, los cuales son enumerados a continuación.

1. Geometría de la estructura; los espesores de cada capa (base, sub-base, carpeta)
2. Propiedades mecánicas de los materiales: consisten en la introducción de módulos elásticos para cada una de esas capas, que serán módulos dinámicos o resilientes.
3. Tipo de clima del medio físico: definido por precipitación y temperatura, en el medio que atravesará la carretera.
4. Nivel de tránsito vehicular: definido ya sea en ejes equivalentes, o preferentemente a través de su correspondiente espectro de distribución de cargas.

### **2.2.3.2.2 CÁLCULO DE RESPUESTAS ESTRUCTURALES**

Definido inicialmente el diseño inicial se procede al cálculo de lo que será, las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento. Lo cual consiste en conocer la distribución de esfuerzos ( $\sigma$ ), deformaciones unitarias ( $\epsilon$ ), y deflexiones ( $\delta$ ). El cálculo se realiza básicamente considerando al pavimento como un medio multicapas en donde el comportamiento de los materiales se basa en la teoría de la elasticidad.

### **2.2.3.2.3 CÁLCULO DEL NIVEL DE DAÑO**

Partiendo de la respuesta estructural del pavimento, se calcula el nivel de daño esperado en el período de diseño para los diferentes tipos de deterioros que se pudieran presentar; estos deterioros pueden ser:

1. Agrietamientos por fatiga.
2. Agrietamientos térmicos.
3. Deformaciones permanentes.
4. El nivel de regularidad medido a través del llamado Índice de Regularidad Internacional (IRI).

Una vez calculados los niveles de deterioro para el período de diseño se comparan con los valores máximos permitidos por el diseñador, los cuales dependen por supuesto del tipo de camino del que se trate. Para caminos de altas especificaciones como autopistas, la exigencia deberá ser mayor.

Se puede apreciar que el método es iterativo, por lo que consiste en la selección de un diseño de prueba, el cual, sino cumple con las exigencias requeridas, se pedirá la evaluación de otro diseño de prueba. El cálculo se puede realizar de modo determinista, suponiendo solamente un valor medio para todos los parámetros involucrados, o probabilista, agregando el valor de incertidumbre para cada variable, usando por ejemplo la desviación estándar. *(Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93, Ángel García – Felipe Gutierrez, 2014, Pág. 20-21).*

## **2.2.4 FACTORES DE ENTRADA AL PROCESO DE DISEÑO MECANICISTA**

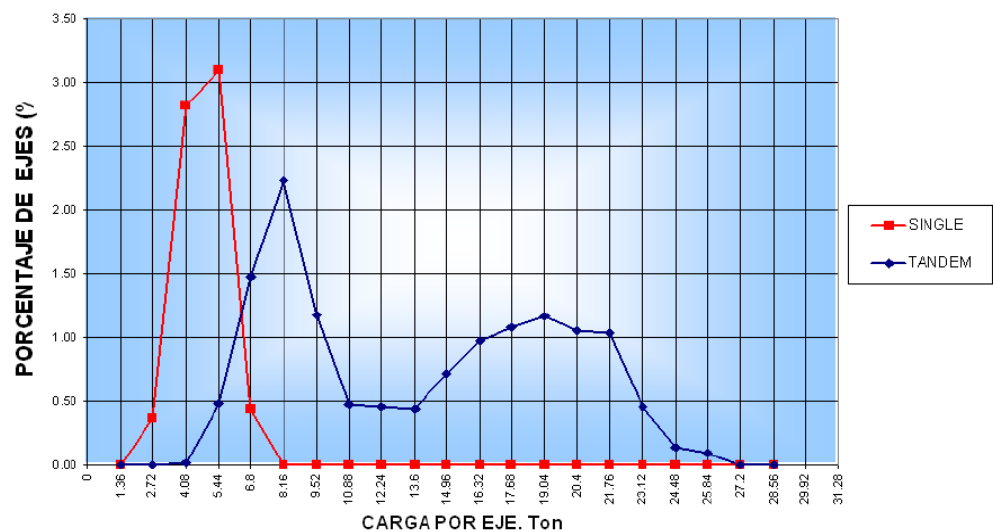
### **2.2.4.1 TRÁNSITO VEHICULAR**

Comúnmente para métodos empíricos se usa el concepto del número de ejes equivalentes o ESAL, los métodos mecanicistas consideran la circulación de camiones cargados en términos de ejes de espectro de carga. Se consideran espectros de carga para ejes simples, tándem, y trídem. El enfoque de ESAL's (Equivalent simple axial Load – Numero de Pasada de Ejes cuantificado) ya no es más utilizado como un dato de entrada directa en el diseño. En algunos casos será pedido como un diseño preliminar o bien con propósito de una revisión. En algunos casos, los espectros de carga serán convertidos en ESAL's internamente dentro del



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

software como manera de hacer uso de modelos matemáticos previos que no los han convertido a una base de espectros de carga. Lo que se propone es trabajar directamente con las configuraciones vehiculares y su correspondiente distribución de cargas por eje, a través del concepto de espectro de carga. Para ello veamos un ejemplo de un espectro de carga, generado por un T3-S2. Se presenta un espectro de carga para los ejes sencillo y dual presente en la configuración denominada T3-S2 en cierta estación de aforo. El espectro de carga se calcula a partir del cociente entre el número de un tipo de eje para un cierto nivel de carga y el número total ejes.

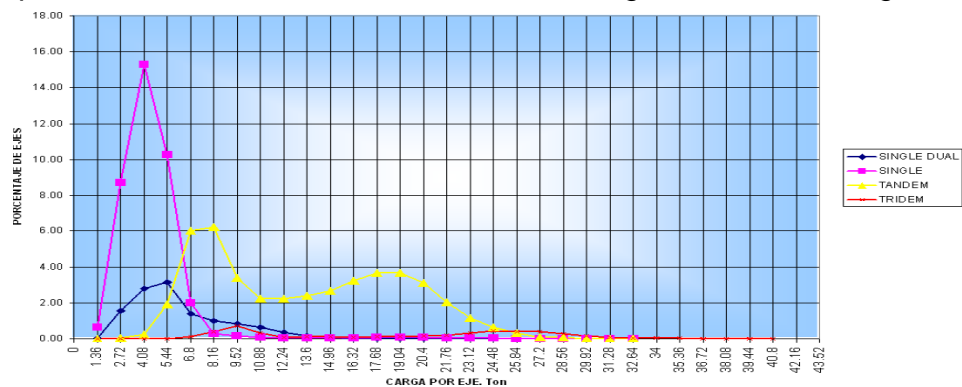


**Figura 12:** Espectro de carga para los ejes sencillo y dual de una configuración T3-S2.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 258).

### Interpretación de un espectro de carga.

Cada punto en el espectro de carga representa el porcentaje de ese tipo de eje que circula con cierto nivel de carga; los picos representan los mayores porcentajes de participación. En este caso el eje sencillo presenta un sólo pico, que significa que los ejes sencillos de un T3-S2 circulan con un valor promedio de carga del orden de las 5 toneladas, lo que representa un 3% de participación con respecto a la totalidad de ejes en la estación de aforo. En la misma figura y para los ejes tándem, se pueden observar dos picos, que equivalen a dos situaciones diferentes, por ejemplo, a cuando circulan vacíos y/o cargados. También es usual trazar los espectros de carga por tipo de eje, mezclando todas las clases de vehículos, a manera de tener una envolvente, ya que es el total de todos los espectros, teniendo así el total de ejes simples, tándem y trídem, para lo cual es necesario conocer las configuraciones de carga.



**Figura 13:** Espectros de carga, para ejes sencillo, dual, tándem y trídem.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 260).

Para fines de diseño el número de ejes a considerar se deberá calcular para el carril de diseño, utilizando los factores pertinentes:

1. Factor de distribución por carril
2. Factor de distribución por sentido de circulación.

Diseñando para el carril que se encuentre más cargado.

El complemento de la información referida al tránsito es:

1. Distancia entre ejes y llantas
2. Tasa anual de crecimiento
3. Presión de inflado de las llantas.

#### **2.2.4.2 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES**

Las propiedades fundamentales de los materiales que usualmente son parte de la sección estructural de un pavimento, se deben determinar a partir de ensayos de laboratorio de carga repetida.

##### **1. - Ensayo de Módulo dinámico**

Para el caso de las mezclas asfálticas, la propiedad se llama módulo dinámico, estandarizado según la norma ASTM D3497, en donde un espécimen cilíndrico se somete a pulsos repetidos de cierto esfuerzo cíclico, en condiciones de compresión no confinada.

El módulo dinámico se calcula como el cociente entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria elástica en cada ciclo de carga.



**Figura 14:** Montaje del ensayo de módulo dinámico.

**Fuente:** (*Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica  
Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 261*).

## **2. Ensayo de Módulo de Resiliencia**

Para suelos y materiales granulares (materiales de base, sub-base y subrasante), la propiedad de referencia es el módulo de resiliencia, que se ejecuta de acuerdo con la norma AASHTO T274, En este caso, la prueba se ejecuta por medio de un ensayo triaxial donde la presión de confinamiento es constante, y el esfuerzo desviador se aplica cíclicamente. El módulo de resiliencia se define como el cociente entre el esfuerzo desviador aplicado y la deformación unitaria elástica en cada ciclo de carga. Los ensayos de módulo de resiliencia se deben realizar en condiciones representativas de la colocación de los materiales en obra, como son las características de peso volumétrico, contenido de agua de compactación, método de compactación, granulometría, etc., ya que el ensayo es muy sensible a esas condiciones.

**TABLA N°18:**

*Módulos de Poisson Convencionales para Materiales de Pavimentos  
Asfálticos.*

<b>ELEMENTO</b>	<b>MÓDULO DE POISSON</b>
<b>Carpeta asfáltica</b>	<b>0.30</b>
<b>Base</b>	<b>0.35</b>
<b>Sub-base</b>	<b>0.35</b>
<b>Subrasante</b>	<b>0.40</b>

**Fuente:** (*Evaluación del Espectro de Carga y coeficientes de daño del corredor de la Avenida Boyoca D.C, Bogotá D.C, Juan Ricardo Troncoso Rivera. 2010*)

#### **2.2.4.3 FACTORES CLIMÁTICOS**

Los factores climáticos son de mucha importancia, ya que pueden afectar directamente las propiedades de los materiales, siendo las variables del clima las más importantes la humedad y temperatura, presentes en la estructura del pavimento, la humedad es definida por el grado de precipitación presente en la zona, así también de manera secundaria afectan la distribución de todas las variables climáticas como: viento, radiación solar, humedad relativa, ciclos de hielo y deshielo (estos no los tenemos en zonas de clima tropical, sin embargo en zonas frías tiene gran influencia la disminución de la temperatura, ya que rigidiza en gran manera la carpeta asfáltica.)

(*Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93, Ángel García – Felipe Gutierrez, 2014, Pág. 24-25*).

## 2.2.5 ANÁLISIS MECANICISTA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

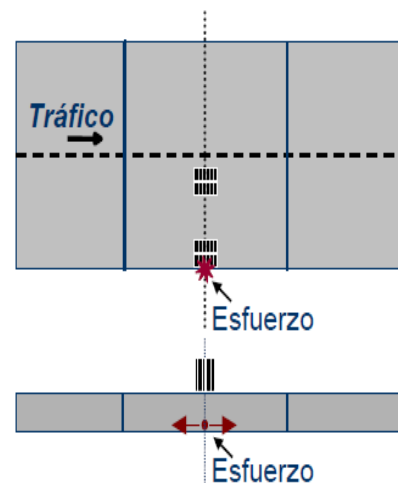
### 2.2.5.1 MODELOS DE DETERIORO

#### a) Agrietamiento

El agrietamiento puede tener distintos orígenes, el más considerado es el generado por la aplicación de cargas repetidas, que induce la fatiga del material de la carpeta asfáltica.

Tipos de carga repetida:

- Inducida por el tráfico vehicular (Propagación ascendente).
- Inducida por los ciclos de temperatura existentes (Propagación descendente).
- Las propiedades de fatiga de la mezcla asfáltica se determinan a partir de ensayos de flexión, o de tensión indirecta en mezclas asfálticas.



**Figura 15:** Presencia de agrietamiento de la capa asfáltica – Av. Virú.

**Fuente:** Elaboración Propia

## **b) Deformación Permanente**

También están presentes en los pavimentos asfálticos los deterioros inducidos por las deformaciones permanentes, que se manifiestan en superficie a través de la formación de roderas, también se le llama ahuellamiento.



**Figura 16:** Deformación permanente de carpeta asfáltica – Av. Virú.

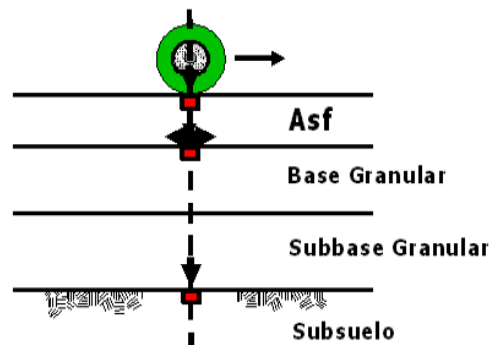
**Fuente:** Elaboración Propia

Las deformaciones permanentes se originan por la compresión y consolidación del material ante la acción de los esfuerzos normales y cortantes, transmitidos por el flujo vehicular. La de formación permanente que observamos en la superficie de rodamiento, es la suma acumulada de la contribución de todas las capas de la sección estructural en un pavimento. Más aún, es práctica común para fines de diseño, que la componente principal se debe al terreno de cimentación, y que la que resulta de las otras capas se puede controlar con una buena selección de materiales y excelentes prácticas constructivas.

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Respuestas estructurales (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) en la sección estructural de un pavimento flexible, se considera una serie de puntos críticos a fin de calcular los valores más desfavorables. La práctica más común consiste en fijar un punto para estimar el agrietamiento por fatiga de la mezcla asfáltica en el contacto con la capa de base, y otro punto crítico para el cálculo de deformaciones permanentes situado en la parte superior de las terracerías o terreno de cimentación.

El cálculo se realiza a través de la teoría de Burmister para medios elásticos estratificados, en donde el material se caracteriza por su módulo de elasticidad y por la relación de Poisson. Para la mezcla asfáltica, el módulo que se debe emplear es el dinámico, y para suelos y materiales granulares, el módulo resiliente.

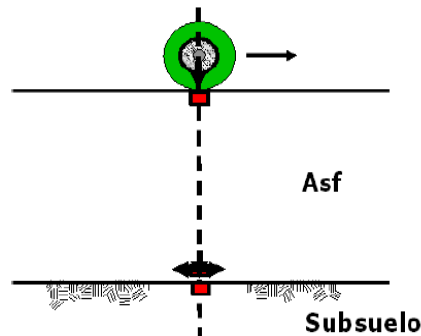


**Figura 17:** Puntos Críticos, Pavimento de Asfalto Convencional.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica

Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 265)





**Figura 18:** Puntos críticos, Pavimento Integral de Asfalto.

**Fuente:** (Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, Paul Garnica  
Anguas, Ángel Correa, 2008, Pág. 265)

#### 2.2.5.2 MODELOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL

Una buena manera de representar de forma cuantitativa el deterioro en cuanto a su regularidad superficial se hace con el uso del Índice de regularidad Internacional (IRI), así también el IRI inicial es un factor esencial, ya que un mejor valor de IRI, garantiza un mejor desempeño del pavimento, para establecer el modelo de regularidad se considera el cambio del IRI en el tiempo, una parte del cambio en el IRI se deberá a un deterioro superficial, otra parte por efecto de las bajas temperaturas o heladas, y otra parte por los cambios volumétricos del terreno de cimentación por efecto de la humedad. (*Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93, Ángel García – Felipe Gutierrez, 2014, Pág. 27-29*).



# **CAPITULO III:**

# **MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. ENSAYO DE MATERIALES EN LABORATORIO.**

#### **3.1.1. GRANULOMETRÍA**

##### **Preparación de la Muestra.**

- Temperatura: para mantener inalterada la humedad de la muestra los sitios en donde se realizan los ensayos no deben tener variaciones de temperatura mayores a  $\pm 4$  C°, ni tampoco tener un contacto directo con la luz solar.

- Muestreo y Almacenamiento: El muestreo de un suelo es la etapa previa al análisis y determinación de propiedades. Es probablemente la fase más importante para la obtención de datos analíticos que puedan considerarse seguros y poder hacer un dictamen verídico sobre el suelo en análisis.

La preparación de la muestra se llevará a cabo por el método de cuarteo y una vez sea este realizado se procederá a separar la muestra en finos y gruesos por medio del método de lavado.

Se propone llevar una pequeña porción al horno y una vez seco, se romperá un pequeño terrón aplicando fuerza con los dedos. Si en el proceso de desmoronamiento se observa con claridad que los finos se pulverizan, no habrá necesidad de hacer lavado.

El proceso de lavado consiste en llevar el material sobre la malla No. 200 (0,075mm) y sometiéndola a corrientes continuas de aguas mientras esta es movida de un lado a otro con la mano. En el momento en que el agua que sale por la parte inferior del tamiz sea totalmente clara, la muestra se llevara al horno y luego se dejara

secar a temperatura ambiente. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 57*).

### **Procedimiento**

Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el contenido de humedad a menos que:

- El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")
- El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz N° 4,75 mm (N°4).
- El agregado grueso se a latamente absorbente (por ejemplo, los agregados ligeros.)
- Las muestras también se pueden secar a temperaturas altas usando planchas calientes sin que afecten resultados, si se mantienen los escapes de vapor sin generar presiones suficientes para fracturar las partículas y temperaturas que no sean mayores para causar rompimiento químico del agregado.

Se seleccionó la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Se encajó los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y se colocó la muestra sobre el tamiz superior y se efectuó el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

Se hizo el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado manual como sigue: sostener individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo bien ajustado, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Luego el filo del tamiz se hizo un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano.

Se determinó el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza.

El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 59*).

### **3.1.2. LIMITE LÍQUIDO**

#### **Preparación de la muestra:**

El ensayo se realizará por el método de preparación de vía húmeda, siguiendo los pasos que a continuación se presentan:

- Por medio de métodos visuales y manuales se debe garantizar que el material no contenga granos que sean retenidos por el tamiz N°40 (425  $\mu$ m). Una vez se esté seguro de la situación anterior, con ayuda de agua destilada y una espátula se prepara el material

**TESIS: “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO”**

---

variando su humedad de manera que se requieran golpes en el rango de 15-35 para cerrar su ranura.

Una vez realizada la mezcla del material, verificar de nuevo la no existencia de material con diámetro mayor a 425  $\mu\text{m}$ . De encontrar la existencia de este, remover las partículas manualmente cuando esto sea posible. De no ser posible realizar este procedimiento manualmente, se procede de la siguiente manera:

- Se cubre el material con agua dentro de un recipiente con el fin de eliminar terrones y evitar que partículas finas se adhieran a partículas gruesas.
- Verter el material sobre un tamiz N°40 que descansa sobre un recipiente limpio, y con suficiente agua y creando remolinos manualmente, se deben lavar las partículas de grava y arena retenidas en el tamiz N° 40 para luego retirarlas.
- El material que pasa por el tamiz N° 40 debe llevarse a un proceso de reducción de humedad, hasta llegar al valor necesario para obtener el cerramiento de la abertura en un intervalo de 15-35 golpes. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 43*).

**Procedimiento:**

- Una vez se haya preparado el material, se coloca una parte de este en la cazuela y se comprime y extiende sobre la misma,

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

procurando no dejar burbujas de aire y que su máximo valor de profundidad sea aprox. 10 mm.

- Haciendo una pasada de arriba hacia abajo y manteniendo el ranurador normal a la superficie de la cazuela, se realiza la ranura lo más uniforme posible.

- Se acciona la cazuela a una razón de aprox. 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13mm. La ranura debe cerrarse por flujo del suelo, mas no por el desplazamiento del suelo sobre la cazuela.



**Figura 19:** Muestra antes y después de accionar la cazuela.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 44).

- Se extrae una parte del suelo presente en la cazuela, asegurándose que sea de lado y lado de la ranura y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa.

**TESIS: “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO”**

- El suelo sobrante se pasa a la zona de mezclado y con ayuda agua destilado se varía la humedad de este según se necesite aumentar o disminuir el número de golpes.
- Se lava y se limpia tanto el ranurador como la cazuela y se realizan dos tanteos más.
- Es necesario que los datos de golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos.  
25-35, 20-30, 15-25.



**Figura 20:** *Recolección de Muestra para determinar Porcentaje de Humedad.*

**Fuente:** *(Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 45).*

- Se registra el valor del peso de recipiente más la porción de suelo. Se somete a secado en el horno a una temperatura de  $\pm 110$  °C y una vez se obtengan valores de masa constante se registra el peso de suelo seco más recipiente.
- “Se determina el Limite Liquido como el Contenido de Humedad en Porcentaje correspondiente al corte de la línea de tendencia en los



25 golpes". (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 46*).

### **3.1.3. LÍMITE PLÁSTICO.**

#### **Preparación de la Muestra.**

Del suelo preparado para la realización del ensayo del límite líquido se toma una porción de mínimo 15 g. A continuación, se lleva su estado de humedad hasta que el material permita formar rollos y el mismo no se pegue al ser manipulado con las manos. La reducción de humedad, se puede realizar por moldeo con espátula o exponiendo la muestra a corrientes de aire. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 49*).

#### **Procedimiento.**

- Se selecciona una porción de aproximadamente 1,5 – 2,0 g, de la muestra previamente preparada.
- Se hace rodar la porción de muestra entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante y no superior a la necesaria para formar rollos.
- Se debe formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud, hasta que este alcance un diámetro de aproximadamente 3,02 mm.



**Figura 21:** *Diámetro Requerido del Rollo del suelo.*

**Fuente:** *(Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 49).*

- Si al alcanzar este diámetro el rollo no presenta agrietamiento y desmoronamiento, se tiene un material con humedad superior a su límite plástico. En tal caso se junta de nuevo todo el material formando una esfera, manipulándola con las manos, produciendo así su pérdida de humedad.

Se repiten los pasos anteriores hasta lograr que una vez el material alcance el diámetro de 3,2 mm, se produzca un agrietamiento y desmoronamiento del mismo.

Se colocan en un recipiente de masa conocida y se registra el peso de muestra más recipiente. *(Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 50).*

### **3.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.**

#### **Procedimiento para identificación de los suelos.**

- Determine el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200.
- Si el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200 es menor a 50 %, se trata de un suelo de grano grueso y se siguen los siguientes pasos:
  - Si el porcentaje de gravas es superior al porcentaje de arenas, el suelo es tipo grava verificar las tablas.

TESIS: “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO”

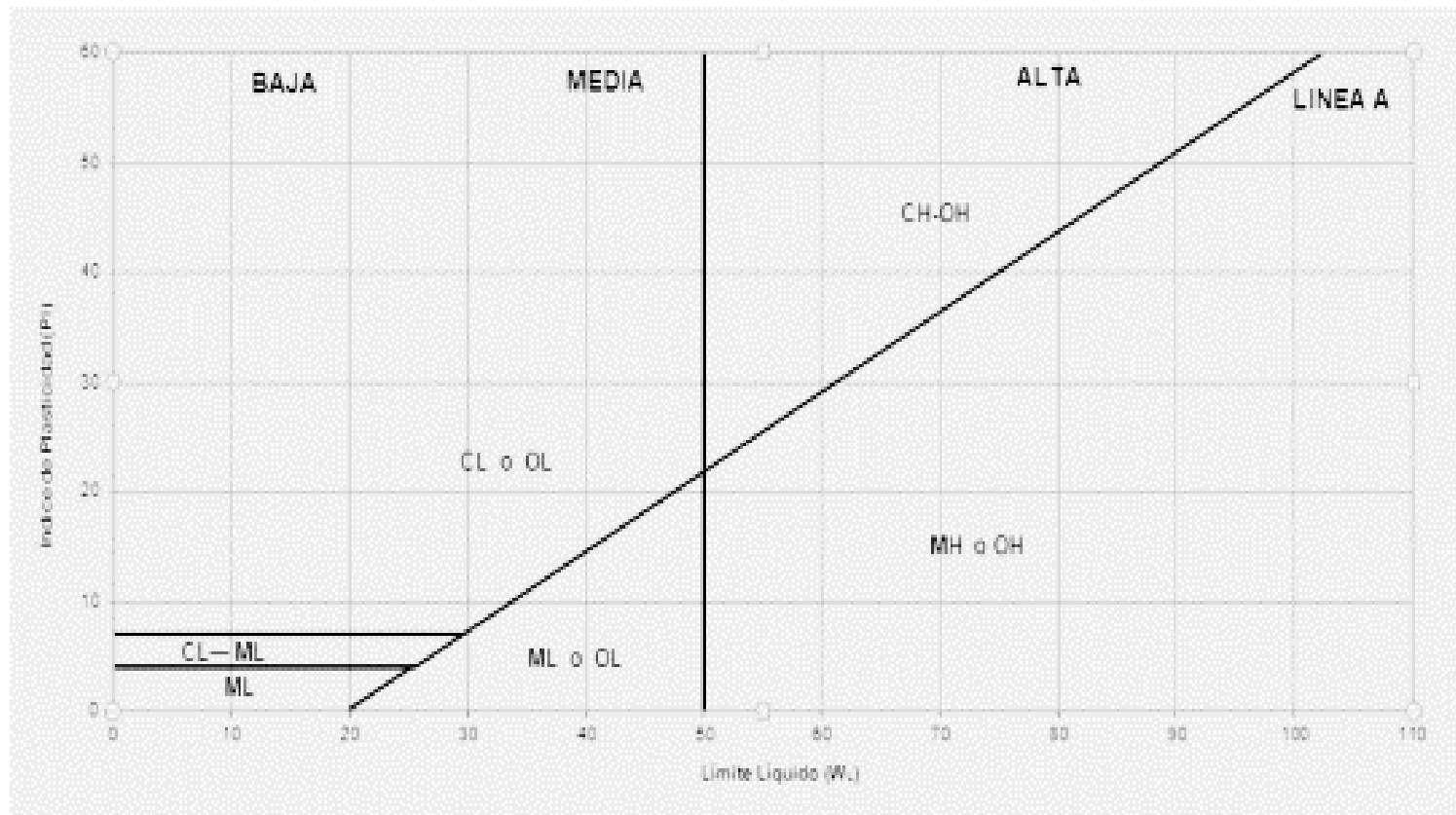
**TABLA N°19:**  
Clasificación de suelos tipo grava.

CRITERIO		DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GRAVA BIEN GRADADA	GW
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$ ( o no cumple criterios para GW)	GRAVA MAL GRADADA	GP
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP < 4$	GRAVA LIMOSA	GM
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP > 7$	GRAVA ARCILLOSA	GC
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica se ubican en el area de CL-ML (figura1)	GRAVA ARCILLO-LIMOSA	GC-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP < 4$	GRAVA BIEN GRADADA CON FINOS LIMOSOS	GW-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; $IP < 4$	GRAVA MAL GRADADA CON FINOS LIMOSOS	GP-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP > 7$	GRAVA BIEN GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	GW-GC
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; $IP > 7$	GRAVA MAL GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	GP-GC

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 158).

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**TABLA N°20:**  
*Carta de plasticidad.*



**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 158).

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

- Para establecer el nombre del grupo propio del suelo vaya a la siguiente tabla.

**TABLA N°21:**

Diagrama de flujo para nombre de grupo de suelos tipo grava.

SIMBOLO	GRADACIÓN	NOMBRE ESPECÍFICO
GW	<15% de arena	Grava bien gradada
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con arena
GP	<15% de arena	Grava mal gradada
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con arena
GM	<15% de arena	Grava limosa
	≥ 15% de arena	Grava limosa con arena
GC	<15% de arena	Grava arcillosa
	≥ 15% de arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena	Grava limo-arcillosa
	≥ 15% de arena	Grava limo-arcillosa con arena
GW-GM	<15% de arena	Grava bien gradada con limo
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena	Grava bien gradada con arcilla
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con arcilla y arena
GP-GM	<15% de arena	Grava mal gradada con limo
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena	Grava mal gradada con arcilla
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con arcilla y arena

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y

Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 159).

TESIS: “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO”

- Si el porcentaje de arenas es superior al porcentaje de gravas, el suelo es tipo arenoso, verificar las siguientes tablas.

**TABLA N°22:**

*Clasificación de suelos tipo arena.*

CRITERIO	DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO	
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	ARENA BIEN GRADADA	SW
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$ ( o no cumple criterios para GW)	ARENA MAL GRADADA	SP
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP < 4$	ARENA LIMOSA	SM
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica arriba de la linea A (figura 1) ; o $IP > 7$	ARENA ARCILLOSA	SC
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica se ubican en el area de CL-ML (figura1)	ARENA ARCILLO-LIMOSA	SC-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o $IP < 4$	ARENA BIEN GRADADA CON FINOS LIMOSOS	SW-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$ , Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; $IP < 4$	ARENA MAL GRADADA CON FINOS LIMOSOS	SP-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ , Limites en grafica arriba de la linea A (figura 1) ; o $IP > 7$	ARENA BIEN GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	SW-SC
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$ , Limites en grafica arriba de la linea A (figura 1) ; $IP > 7$	ARENA MAL GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	SP-SC

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 160).

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

- Para establecer el nombre del grupo propio del suelo vaya a la Tabla.

**TABLA N°23:**

*Clasificación de suelos tipo arena.*

SIMBOLO	GRADACIÓN	NOMBRE ESPECÍFICO
SW	<15% de grava	Arena bien gradada
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con grava
SP	<15% de grava	Arena mal gradada
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con grava
SM	<15% de grava	Arena limosa
	≥ 15% de grava	Arena limosa con grava
SC	<15% de grava	Arena arcillosa
	≥ 15% de grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	<15% de grava	Arena limo-arcillosa
	≥ 15% de grava	Arena limo-arcillosa con grava
SW-SM	<15% de grava	Arena bien gradada con limo
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena bien gradada con arcilla
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con arcilla y grava
SP-SM	<15% de grava	Arena mal gradada con limo
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena mal gradada con arcilla
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con arcilla y grava

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y

Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 161).



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

- Si el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200 es mayor a 50 %, se trata de un suelo de grano fino y se siguen los siguientes pasos:
- Si el límite líquido del suelo es menor a 50 % vaya a la Tabla 24 y si el límite líquido es mayor a 50 % vaya a la Tabla 25.

**TABLA N°24:**

*Clasificación de suelos con LL menor a 50%.*

CRITERIO		DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
INORGÁNICO	IP < 4 O bajo la línea A (figura 1)	LIMO DE BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
INORGÁNICO	IP > 7 y simultáneamente en la línea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD	CL
INORGÁNICO	4 ≤ IP ≤ 7 y simultáneamente en la línea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA LIMOSA	CL - ML
ORGÁNICO	IP < 4 O bajo la línea A (figura 1)	LIMO ORGÁNICO	OL
ORGÁNICO	IP ≥ 4 y simultáneamente en la línea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA ORGÁNICA	OL

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 161).

**TABLA N°25:**

*Clasificación de suelos con LL mayor a 50%.*

CRITERIO		DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
INORGÁNICO	Bajo la línea A (figura 1)	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD	MH
INORGÁNICO	En la línea A o por encima de ella	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD	CH
ORGÁNICO	Bajo la línea A (figura 1)	LIMO ORGÁNICO	OH
ORGÁNICO	En la línea A o por encima de ella	ARCILLA ORGÁNICA	OH

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 161).

- **Estimación De Símbolos Fronterizos Para Suelos Con Dos Identificaciones Posibles**

A continuación, se presentan diferentes situaciones en las que es posible presentar como clasificación de suelo un símbolo fronterizo:

- Porcentaje estimado de finos con valores entre 45 y 55 %.

Un símbolo puede corresponder a un suelo de grano grueso y el otro a un suelo de grano fino.

- Porcentajes de grava y arena similares.

- Cuando el suelo puede que sea bien gradado o mal gradado.

- Cuando el suelo puede que sea un limo o una arcilla.

- Cuando un suelo de grano fino presenta propiedades que indican que se encuentra en el límite entre la baja y la alta compresibilidad. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 163*).

### 3.1.5. CONTENIDO DE HUMEDAD

#### Procedimiento

Se colocó la muestra en una tara y se determinó el peso de la tara y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen y se registró este valor.

Se colocó el material húmedo en el horno y se secó el material hasta alcanzar una masa constante a  $110 \pm 5 \text{ C}^\circ$ .

En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente.

Luego que el material se secó a peso constante, se removió la tara del horno. Se determinó el peso de la tara y el material secado al horno usando la misma balanza usada en este ensayo. Se registró este valor.

Se obtuvo un Contenido de Humedad en el Agregado Fino de 0.73 y en el Agregado Grueso de 0.31. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 28*).

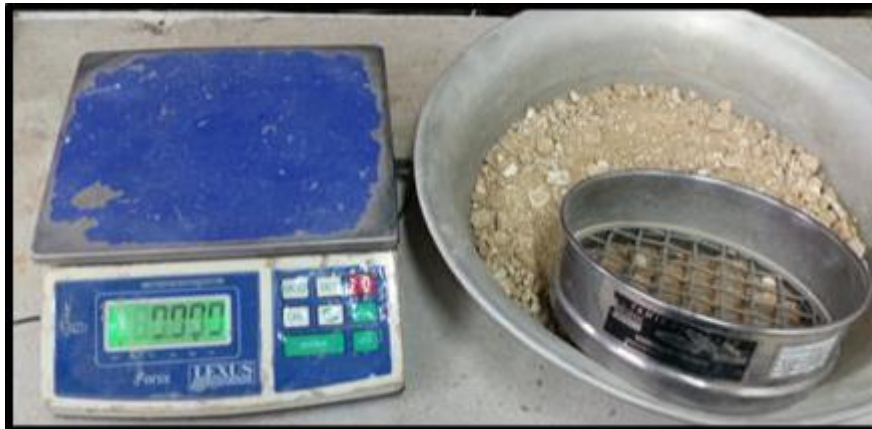
### **3.1.6. PROCTOR MODIFICADO**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>).

#### **Procedimiento**

- Se lleva a cabo el proceso de tamizado de la muestra obtenida en campo. Una vez este finaliza se tendrán por separado las fracción gruesa y la fracción de ensayo, cuyos pesos permitirán determinar sus porcentajes en la totalidad de la muestra extraída y verificar la

condición inicial; que la muestra no presente un porcentaje retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " mayor al 30 %.



**Figura 22:** Tamizado y selección de la muestra.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 149).

- Con la seguridad que la condición anterior se cumple se procede a seleccionar las muestras para los ensayos a realizar. Es necesario preparar por lo menos cuatro (4) submuestras, de manera tal que una vez se generen los puntos en la gráfica de compactación y su línea de tendencia, el pico de la curva sea efectivamente el que indique la mayor densidad seca. Estas muestras se colocaran en recipientes de aluminio lo suficientemente grandes para llevar a cabo el proceso de humedecimiento de la muestra.



**Figura 23:** Muestras y equipos para ensayo de Compactación.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 150).

- Se determina un valor cercano a la humedad óptima y los tres siguientes, se distribuyen a criterio del laboratorista o la persona encargada. Dos por encima y uno por debajo o viceversa. Se realiza el cálculo para determinar cuál es la cantidad de agua que cumplirá con las humedades determinadas y con ayuda de una pipeta y con la mayor precisión posible se mide el fluido.

- Una vez medidas las cantidades de agua necesarias, se realiza la mezcla de tal manera que la totalidad de la muestra presente la misma humedad y consistencia.

Se recomienda someter los suelos a tiempos de curado como lo muestra la tabla a continuación:

**TABLA N°26:**

*Tiempos de curado*

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	TIEMPO DE CURADO (h)
GW, GP, SW, SP	No requiere
SW, SP	3
Todos los demás suelos	16

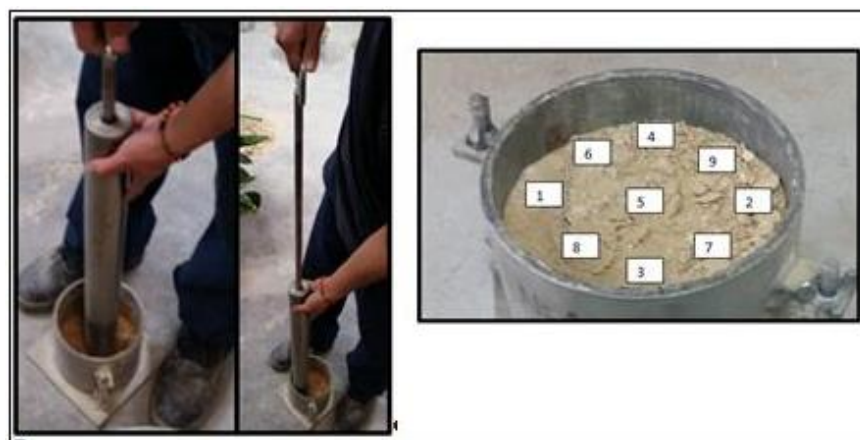
**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 150).



**Figura 24:** Amasado para encontrar humedad específica.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 151).

- Con el peso del molde previamente tomado se procede a realizar la compactación del material dentro del mismo. El material se debe disponer en cinco (5) capas y a cada una de ellas se debe proporcionar cincuenta y seis (56) golpes en el orden como lo indica la imagen a continuación. Se debe asegurar que cada golpe alcance la altura máxima de caída y que la superficie de contacto con la cara del martillo sea total. También se debe cumplir que la última capa sobrepase el borde del molde en una altura no mayor a 6mm.



**Figura 25:** Sentido de la Compactación de la Muestra.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y

Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 151).

Una vez se termine la compactación, la camisa superior es retirada y con ayuda de la espátula cuyas características cumplan las condiciones para el procedimiento, se lleva a cabo el enrasado. En el momento de enrasar es usual que guijarros dispuestos en la superficie sean desprendidos y dejen pequeños vacíos en la misma, para tal caso se recomienda llenar dichos vacíos con suelo sobrante del tamizado.



**Figura 26:** Enrasado de Muestras compactadas.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 152).

Una vez se ha enrasado el molde, este se retira de su placa base y se registra su peso.

- El material es retirado del molde y para cada uno de los ensayos se toman muestras para determinar el contenido de humedad, el cual fue mencionado. (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 152).

### **3.1.7. ENSAYO DE CBR**

#### **Preparación de la Muestra.**

Como ya se mencionó la muestra a ensayar debe tener tamaños máximos de partículas de 19 mm. Se debe preparar una muestra

de masa superior a 5,0 kg cuya humedad sea la determinada como optima en el ensayo de compactación. Joseph Bowles (1980) en su manual de procedimientos recomienda que si se desea curar el suelo para obtener una distribución más uniforme de la humedad, se debe mezclar con el porcentaje necesario de humedad y almacenar en un recipiente sellado por espacio de 12 a 24 horas antes del ensayo. Tomar una muestra representativa del material mezclado y humedecido, para determinar el porcentaje de humedad inicial. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 136*).

### **Procedimiento**

Para realizar el ensayo de CBR se tienen en cuenta el proceso que se menciona a continuación:

- Tomar el peso de los moldes, cada molde debe tener en sus paredes exteriores los datos de su peso, altura y volumen.
- Se arma el equipo de compactación, es decir base, molde, camisa superior y ajuste de tornillos. Se debe asegurar que el terreno o superficie donde la base del molde quede apoyada, sea firme y no presente deformaciones ni pendientes.
- Se introduce el disco espaciador sobre la base perforada y sobre este un papel de filtro y de esta manera asegurando que el suelo no presente adherencia con el disco durante la compactación.



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**



**Figura 27:** Disco espaciador y papel filtro dentro del molde.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y  
Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 137).

- Se lleva a cabo la etapa de compactación.
- A continuación, se retira la camisa superior del molde y se enrasa la muestra, asegurando que los espacios que hayan quedado sean llenados con material más fino que los orificios producidos en el enrase. Del material sobrante se debe apartar una muestra representativa con el fin de determinar el porcentaje de humedad.



**Figura 28:** Peso de molde más suelo compactado.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y  
Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 138).

- Con el fin de determinar el peso unitario del suelo, se retira el disco espaciador y se pesa el conjunto molde más suelo compactado.

- Luego sobre la base se coloca un papel de filtro y el molde se coloca sobre este, pero esta vez invertido, de manera que el papel de filtro quede en contacto con la superficie enrasada. A partir de este paso, el ensayo se puede llevar a cabo de dos maneras diferentes y a saber: la primera con muestras saturadas y la segunda con muestras en condición natural.

### **Saturada**

- Lo primero que se debe hacer es determinar la presión o esfuerzo que producirá el suelo a esa profundidad, a causa de la estructura de pavimento que sobre este se vaya a construir. Una vez se tenga este dato, se debe determinar el número de sobrecargas metálicas que simularan este esfuerzo, teniendo en cuenta el área de contacto.

- Una vez se haya invertido el molde, se colocará sobre la muestra compactada, la placa perforada con el vástago y las sobrecargas previamente determinadas y cuyo valor se debe registrar. En el manual de Joseph Bowles, recomiendan que la aproximación debe ser de 2,2 kg y nunca por debajo de 4,5 kg. - Alistar un tanque cuya superficie inferior sea plana y estable y que se encuentre en un lugar donde no haya vibraciones ni riesgos de producir oleaje o turbulencia dentro del mismo.

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

- Sumergir el molde en el tanque con todo su conjunto y asegurarse que el nivel del agua sobrepase el extremo superior de la muestra. Se recomienda que la lámina de agua superior este 20 mm arriba del punto donde empieza la camisa superior.



**Figura 29:** Inmersión del molde y colocación de trípode con deformímetro.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 139).

- Se monta el trípode sobre el borde del molde, marcando con tiza o marcador los puntos exactos de contacto de las tres patas del trípode. Esto en caso de ser necesario retirarlo durante el ensayo y ponerlo nuevamente.
- Se ajusta el deformímetro de caratula y se registra la primera lectura, registrando también la hora y el día exacto.
- El ensayo puede tener una duración de 96 horas, pero se puede dar por terminado cuando se registren valores cero de expansión por un periodo mayor a 24 horas. Por lo anterior se deduce que en ningún momento se puede dar por terminada la inmersión por un

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

periodo inferior a 24 horas. Se recomienda hacer lecturas en los siguientes intervalos de tiempo:

Horas	0	1	2	4	8	12	24	36	48	72	96
Lectura #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- Luego de retirar la muestra de la inmersión, se debe sacar y dejar drenar por un lapso de 15 minutos y secar sus superficies expuestas. Luego de esto se debe registra el peso muestra saturada más molde.



**Figura 30:** Penetración de CBR.

**Fuente:** (Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 140).

**No saturada.**

- Llevar el conjunto (con sobrecargas incluidas) a la máquina de compresión y con una presión no mayor a 4,5 kg presionar el pistón de penetración sobre la muestra.

- Tanto el deformímetro de carga como el deformímetro de penetración se deben llevar a cero luego de realizar el paso anterior.
- A partir de este momento se lleva a cabo la compresión con una velocidad de penetración de 1,27 mm por minuto. (*Manual De Procedimientos De Ensayos De Suelos Y Memoria De Cálculo – Trabajo de grado, Pág. 140*).

### 3.2. METODO AASHTO 1993 – DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

En el Proyecto de Investigación se realizó el Diseño de pavimento flexible como demostración del Método AASHTO 93, usado en la carretera de estudio entre el Puente Virú – Virú.

#### 3.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO EN CARRETERA ENTRE C.P PUENTE VIRÚ – VIRÚ, MEDIANTE EL METODO AASHTO 93.

Para la realización de Diseño de Pavimentos Flexible Mediante la cual se basa como la resolución del Cálculo de Numero Estructural, SN es un valor Índice que combina espesores de capas, la capa de coeficiente estructural y coeficiente de drenaje, mediante la Ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_R - 8.07$$

$$0.40 + \frac{\quad}{(SN+1)^{5.19}}$$

**Figura 31:** Cálculo de Numero Estructural.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Donde:

$W_{18}$  = Número estimado de Ejes Simples Equivalentes de 8.20 Toneladas.

$Z_R$  = Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.

$S_o$  = Desviación Estándar Total

$\Delta PSI$  = Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ ) y Final ( $P_t$ ).

$M_r$  = Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi).

$S_N$  = Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).

### **3.2.1.1 ANALISIS DE TRÁFICO – DETERMINACION DE $W_{18}$ – EJES EQUIVALENTES.**

El propósito del estudio de tráfico puede ser determinar el flujo de carga y pasajeros entre par de origen y destino, o conocer el volumen de vehículos que circulan en un tramo. Uno de los primeros pasos en un estudio de tráfico es la evaluación de los movimientos que se producen, para lo que es preciso. Conocer el volumen medio diario anual de cada tipo de vehículo que circula por un tramo de vía.

#### **1. Metodología**

Como norma general los estudios de tráfico tienen las siguientes características.

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

- Conteo continuo las 24 horas del día. Periodo de una semana completa, esto es, 7 días consecutivos, pudiendo iniciarse cualquier día de la semana.
- Periodo de cinco días consecutivos, pudiendo iniciarse el día martes o el día domingo.
- Conteo y Encuesta en ambos sentidos de circulación.
- En general se puede distinguir los siguientes turnos de conteo:
- Conteo diurno de 6:00 AM a 10:00 PM que corresponden a dos turnos de 8 horas.
- Conteo nocturno de 10:00 PM a 6:00 AM que corresponde a un turno de 8 horas.
- Conocer para cada tramo la demanda volumétrica anual deberá conocer la clasificación por tipo de vehículos. El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual, información que el MTC dispone y puede proporcionar de los registros continuos que obtienen actualmente en las estaciones existentes de peaje y pesaje del propio MTC. (ANEXO: ESTUDIO DE TRÁFICO).
- Demanda proyectada, dicha información se levantará de lado como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis, y establecer el Número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para pavimento.

## 2. Cálculo de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

–  $W_{18}$ .

Se definió como un EE, al efecto deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.20 tn. de peso, con neumáticos a la presión de 80lbs/pulg<sup>2</sup>.

**TABLA N°27:**

*Configuración de Ejes*

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

**Nota:**

RS : Rueda Simple

RD: Rueda Doble

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 66.)

Para determinar el Número de Ejes Equivalentes, en el periodo de diseño según MTC, se usó la expresión por tipo de vehículo,



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados.

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20\text{Tn}}} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

$N_{\text{rep de EE}_{8.20\text{Tn}}}$  = Numero de repeticiones de ejes equivalentes de 8.20 Tn.

$EE_{\text{dia-carril}}$  = Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo por día, para carril de diseño.

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi}$$

$IMD_{pi}$  = Corresponde al índice Medio Diario.

$F_d$  = Factor Direccional.

$F_c$  = Factor Carril.

$F_{VPI}$  = Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado.

$F_{pi}$  = Factor de Presión de Neumáticos.

$F_{CA}$  = Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.

365 = Número de Días al Año.

Aplicación de Ecuación N°01 – Calculamos Numero de Repeticiones.

**a). Vehículos Menores:**

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20\text{Tn}}} = [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots \text{ (1)}$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots \text{ (2)}$$

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

- Índice Medio Diario ( $IMD_{pi}$ )

$$(IMD_{pi}) = 3642.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

- Factor Direccional ( $F_d$ )

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°28:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ para carril de diseño
1 calzada (para $IMD_a$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- Factor Carril ( $F_c$ )

$$(F_c) = 1.00.$$

**TABLA N°29:**

*Factores de Distribución Direccional y de 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. (F<sub>VPI</sub>)**

$$(F_{VPI}) = 0.158.$$

**TABLA N°30:**

*Relación de Cargas por Eje.*

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>s,2 tr</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>

P = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**Ejes:**  $EE_{S1} = [3.5/6.60]^{4.0}$

$$EE_{S1} = 0.079.$$

\*p= Peso de Vehículos.

$$EE_{S2} = [3.5/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 0.079.$$

\*p= Peso de Vehículos.

- **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

- **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

$r$  = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.

$n$  = Periodo de Diseño= 20 años.

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 287.72.$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = 3471864.33.$$

**b). Buses (B2):**

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.20Tn} = [ EE_{dia-carril} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

○ **Índice Medio Diario (IMD<sub>pi</sub>)**

$$(IMD_{pi}) = 215.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

○ **Factor Direccional (F<sub>d</sub>)**

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°31:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (F <sub>d</sub> )	Factor Carril (F <sub>c</sub> )	Factor Ponderado F <sub>d</sub> x F <sub>c</sub> 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

○ **Factor Carril (F<sub>c</sub>)**

$$(F_c) = 1.00.$$

**TABLA N°32:**

*Factores de Distribución Direccional y de 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. (F<sub>VPI</sub>)**

$$(F_{VPI}) = 4.51.$$

**TABLA N°33:**

*Relación de Cargas por Eje.*

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>
P = peso real por eje en toneladas	

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

**Ejes:**

$$EE_{S1} = [7.0/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.27.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

- **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

- **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

*r = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.*

*n = Periodo de Diseño= 20 años.*

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 48483$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$N_{rep}$  de  $EE_{8.20Tn} = 5850334.80$ .

**c) Camión (C2):**

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.20Tn} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

○ **Índice Medio Diario ( $IMD_{pi}$ )**

$$(IMD_{pi}) = 94.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

○ **Factor Direccional ( $F_d$ )**

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°34:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ para carril de diseño
1 calzada (para $IMD_a$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

○ **Factor Carril ( $F_c$ )**

$$(F_c) = 1.00.$$



**TABLA N°35:**

*Factores de Distribución Direccional y de 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado.**  
**(F<sub>VPI</sub>)**

$$(F_{VPI}) = 4.51.$$

**TABLA N°36:**

*Relación de Cargas por Eje.*

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>a2 in</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>

P = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

**Ejes:**

$$EE_{S1} = [7.0/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.27.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

- **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

- **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

*r = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.*

*n = Periodo de Diseño= 20 años.*

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = \text{IMD}_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 211.97.$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$N_{rep}$  de  $EE_{8.20Tn} = 2557820.79$ .

**d). Camión (C2RB1):**

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.20Tn} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

○ **Índice Medio Diario ( $IMD_{pi}$ )**

$$(IMD_{pi}) = 11.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

○ **Factor Direccional ( $F_d$ )**

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°37:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ para carril de diseño
1 calzada (para $IMD_a$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

○ **Factor Carril ( $F_c$ )**

$$(F_c) = 1.00.$$

**TABLA N°38:**

*Factores de Distribución Direccional y de 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. (F<sub>VPI</sub>)**

$$(F_{VPI}) = 7.75.$$

**TABLA N°39:**

*Relación de Cargas por Eje.*

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>210</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>

P = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

**Ejes:**

$$EE_{S1} = [7.0/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.27.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S3} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S3} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

○ **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

○ **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

*r = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.*

*n = Periodo de Diseño= 20 años.*

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 42.63.$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = 514351.61.$$

**e). Semi Trailer (8x4):**

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

○ **Índice Medio Diario (IMD<sub>pi</sub>)**

$$(IMD_{pi}) = 12.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

○ **Factor Direccional (F<sub>d</sub>)**

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°40:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (F <sub>d</sub> )	Factor Carril (F <sub>c</sub> )	Factor Ponderado F <sub>d</sub> x F <sub>c</sub> 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

○ **Factor Carril ( $F_c$ )**

$$(F_c) = 1.00.$$

**TABLA N°41:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

○ **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. ( $F_{VPI}$ )**

$$(F_{VPI}) = 42.51.$$

**TABLA N°42:**

*Relación de Cargas por Eje.*

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

P = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**Ejes:**  $EE_{2S1} = 2 [14.0/6.60]^{4.0}$

$$EE_{2S1} = 40.49.$$

\* $p$ = Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).

$$EE_{TA2} = [18/15.1]^{4.0}$$

$$EE_{1S2} = 2.02.$$

\* $p$ = Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).

○ **Factor de presión de Neumáticos. ( $F_p$ )**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

○ **Factor de Crecimiento Acumulado. ( $F_{ca}$ )**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

$r$  = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.

$n$  = Periodo de Diseño= 20 años.

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 255.06$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = 3077783.51.$$



f). Trailer (T2S1):

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.20Tn} = [ EE_{dia-carril} \times F_{CA} \times 365] \dots (1)$$

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

o Índice Medio Diario ( $IMD_{pi}$ )

$$(IMD_{pi}) = 2.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

o Factor Direccional ( $F_d$ )

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°43:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

o Factor Carril ( $F_c$ )

$$(F_c) = 1.00.$$

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

**TABLA N°44:**

*Factores de Distribución Direccional y de 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

- **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. (F<sub>VPI</sub>)**

$$(F_{VPI}) = 7.75.$$

**TABLA N°45: Relación de Cargas por Eje.**

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>s 2tr</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>s1</sub> )	EE <sub>s1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>s2</sub> )	EE <sub>s2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>

P = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

**Ejes:**

$$EE_{S1} = [7.0/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.27.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

○ **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

○ **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

*r = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.*

*n = Periodo de Diseño= 20 años.*

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots\dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 7.75.$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots\dots (1)$$

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = 93518.48.$$

**g). Trailer (T2S3):**

$$N_{\text{rep de EE}_{8.20Tn}} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365] \dots\dots (1)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots\dots (2)$$

○ **Índice Medio Diario (IMD<sub>pi</sub>)**

$$(IMD_{pi}) = 2.$$

Según Anexo: Estudio de Trafico – Virú.

○ **Factor Direccional (F<sub>d</sub>)**

$$(F_d) = 0.50.$$

**TABLA N°46:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (F <sub>d</sub> )	Factor Carril (F <sub>c</sub> )	Factor Ponderado F <sub>d</sub> x F <sub>c</sub> 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

○ **Factor Carril ( $F_c$ )**

$$(F_c) = 1.00.$$

**TABLA N°47:**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional ( $F_d$ )	Factor Carril ( $F_c$ )	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ 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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 64.)

○ **Factor Vehículo pesado del Tipo Seleccionado. ( $F_{VPI}$ )**

$$(F_{VPI}) = 6.21.$$

**TABLA N°48:**

*Relación de Cargas por Eje.*

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

F = peso real por eje en toneladas

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 67.)

**Ejes:**

$$EE_{S1} = [7.0/6.60]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.27.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{S2} = [11/8.2]^{4.0}$$

$$EE_{S2} = 3.24.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

$$EE_{TR2} = [25/21.8]^{3.9}$$

$$EE_{TR2} = 1.70.$$

\*p= *Peso de Vehículos. (Anexo Cuadro de Configuraciones Vehiculares Cargas).*

○ **Factor de presión de Neumáticos. (F<sub>p</sub>)**

$$(F_p) = 1.00.$$

\*Valor estimado por MTC – AASHTO 93.

○ **Factor de Crecimiento Acumulado. (F<sub>ca</sub>)**

$$(F_{ca}) = 33.06.$$

\*Se determina Según la Formula:

$$F_{ca} = [(1+r)^n - 1]/r$$

*r = Tasa Anual de Crecimiento, se recomienda 5%.*

*n = Periodo de Diseño= 20 años.*

Calculamos en Ecuación (2):

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{VPI} \times F_{pi} \dots (2)$$

$$EE_{\text{dia-carril}} = 6.21.$$

Calculamos en Ecuación (1):

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365 ] \dots (1)$$

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = 74935.45.$$

**Siendo en Conclusión los  $\sum EE$**

$$N_{\text{rep de } EE_{8.20Tn}} = \sum [ EE_{\text{dia-carril}} \times F_{CA} \times 365 ]$$

$$W_{18} = EE_{8.20Tn} = 15640608.97.$$

$$W_{18} = EE_{8.20Tn} = 15.64 \times 10^6$$

### **3.2.1.2 CALCULANDO EL FACTOR DE CONFIABILIDAD (R).**

Según resultados de Números de Ejes Equivalente donde la Carretera de Estudio presenta un tipo de Trafico =  $Tp_{12}$ .

**TABLA N°49:**

*Tipos de Trafico para Intervalos de Ejes  
Equivalentes.*

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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología,  
Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y  
Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 127.)

Tomamos un Nivel de Confiabilidad de:

**R= 95%.**

Teniendo en cuenta que la carretera se encuentra en zona urbana. Para efectos de diseño debe quedar claro que a



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

medida que la confiabilidad se hace más grande, serán necesario mayores espesores de pavimentos.

**TABLA N°50:**

*Tipos de Trafico para Intervalos de Ejes Equivalentes.*

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

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 133.)

### 3.2.1.3 CALCULANDO LA DESVIACION STANDARD

#### NORMAL

El Coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) representa el valor de la Confiabilidad Seleccionada.

**TABLA N°51:**

*Coficiente de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), para una sola*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( $Z_r$ )
Caminos de Baja Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
T <sub>P15</sub>		>30'000,000	-1.645	

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 135.)

Tomamos un Valor de  $Z_r$ :

$$Z_r = -1.645.$$

#### **3.2.1.4 CALCULANDO LA DESVIACION STANDARD ( $S_o$ ).**

Para Pavimentos Flexibles este Valor Oscila entre 0.4-0.5.

Tomamos un Valor de  $S_o$ :

$$S_o = 0.45.$$

#### **3.2.1.5 CALCULANDO EL INDICE DE SERVICIABILIDAD DADA**

##### **$\Delta$ PSI.**

Por lo tanto, considerando que la Serviciabilidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento.

Por lo que para la Carretera de Estudio presenta un tipo de Trafico =  $T_{p12}$ .

Corresponde:

$$P_I = \text{Serviciabilidad Inicial} = 4.20.$$

$$P_T = \text{Serviciabilidad Final} = 3.00.$$

$$\Delta\text{PSI} = P_I - P_T = 1.20.$$

#### **3.2.1.6 CALCULANDO EL MÓDULO RESILIENTE DE LA**

##### **SUBRASANTE.**

Según obtenidos datos estadísticos y ábacos, y con los datos Obtenidos de la Sub rasante (Anexo: Estudio de

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Mecánica de Suelos - CBR). Se calculó y determino un CBR de:  
**% CBR = 12 %.**

**TABLA N°52:**

*Categorías de Subrasante.*

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente:** (*Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC, 2014, Pág. 130.*)

Puesto que no se cuenta con equipos que permitan la determinación en laboratorio de los módulos resilientes para suelos se estiman cálculos de Correlación CBR-M<sub>r</sub>, realizados por el AASHTO. Según Tabla N° 04: Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR.

$$M_r = 12,533. \text{ Psi.}$$

**3.2.1.7 CALCULANDO EL PERIODO DE DISEÑO.**

El cual es equivalente al tiempo que transcurrirá desde la estructura nueva hasta ser reconstruida o se deteriore (Serviciabilidad Final).

$$\text{Periodo de Diseño} = 20 \text{ Años.}$$

**TABLA N°53:**

*Análisis de Periodo de Diseño*

Highway conditions	Analysis period (years)
High-volume urban	30 – 50
High-volume rural	20 – 50
Low-volume paved	15 – 25
Low-volume aggregate surface	10 – 20

**Fuente:** (AASHTO, 1993.)

### 3.2.1.8 CALCULANDO EL NUMERO ESTRUCTURAL (SN).

De los Datos Obtenidos anteriormente reemplazándolo en la formula siguiente:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right] + 2.32 \times \log M_R - 8.07}{1094} + \frac{0.40}{(SN+1)^{5.19}}$$

En conclusión =

$$7.194 = (-0.74) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}(0.444)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 9.507 - 8.07$$

$$\mathbf{SN= 5.21}$$

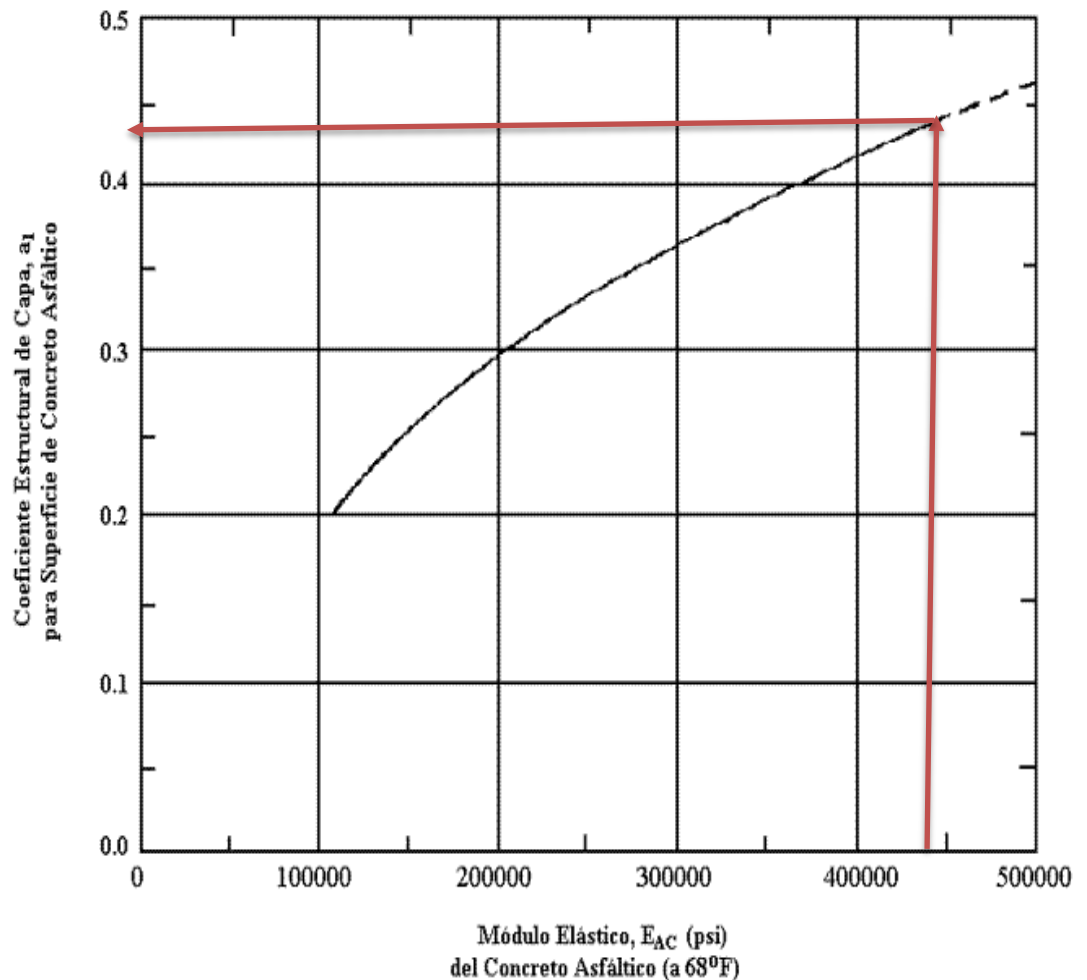
### 3.2.1.9 CÁLCULO DE ESTRUCTURACION DE PAVIMENTOS.

#### a). Coeficientes Estructurales de Capa.

##### i) Concreto Asfáltico Convencional (1/pulg)

##### (a<sub>1</sub>)

Si se conoce el Módulo de Elasticidad de la mezcla asfáltica en psi o si se conoce la Estabilidad Marshall en libras



**Figura 32:** Concreto Asfáltico Convencional.

**Fuente:** (Guía para el Diseño de Pavimento por el Método AASHTO 1993).

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Conociéndose que por concepto el valor de la Carpeta Asfáltica es de:

$$E=450,000 \text{ psi.}$$

Graficando en Figura 32, se determina un Valor de Coeficiente estructural del concreto Asfáltico de:

$$a_1 = 0.44 \text{ (1/pulg).}$$

ii) Base Granular (1/pulg) ( $a_2$ )

Según Monograma de la Figura 33 para una Base Granular de CBR 100% (Diseño) y un Módulo Resiliente de  $M_R = 30000 \text{ psi}$ .

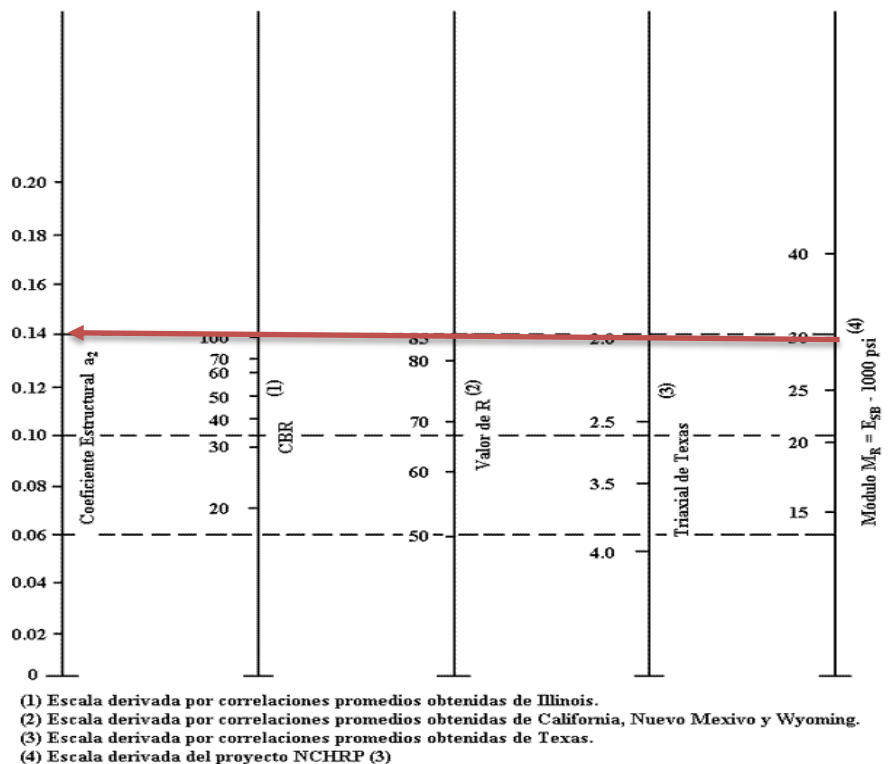


Figura 33: Monograma para la Capa de Base.

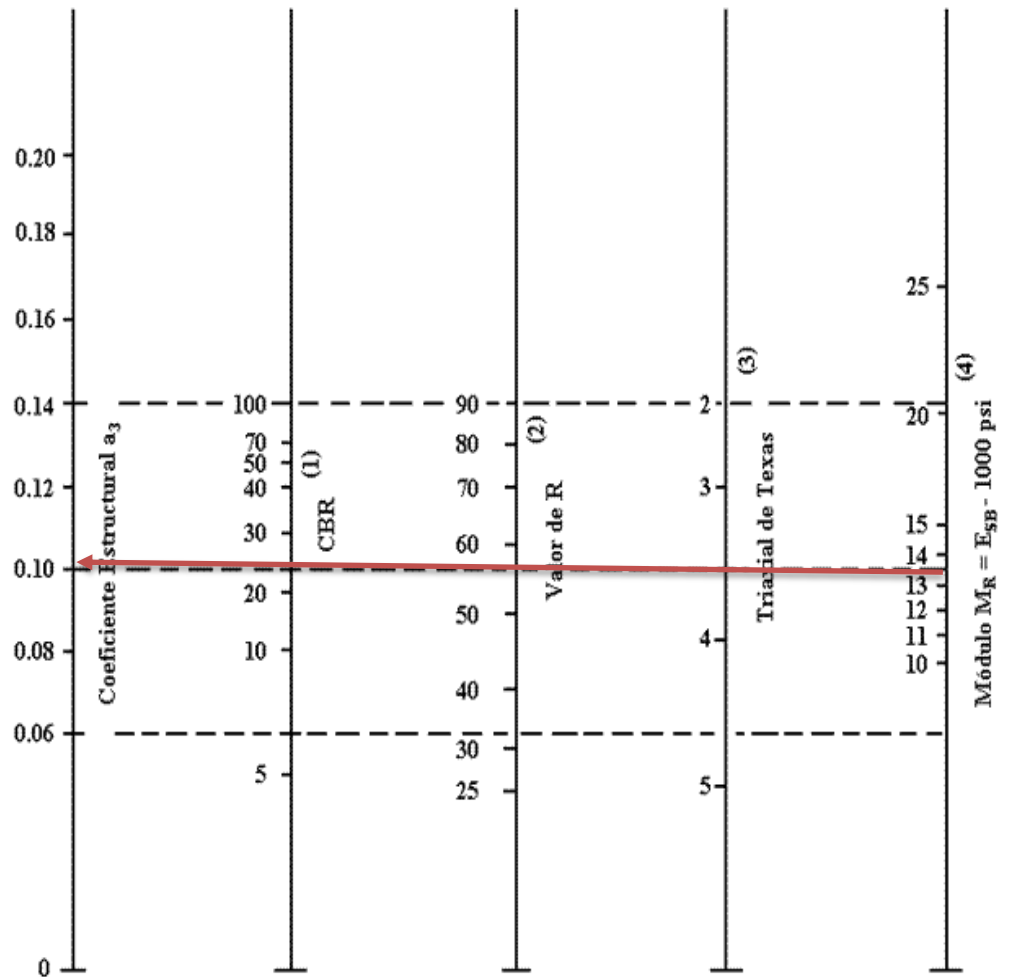
Fuente: (Guía para el Diseño de Pavimento por el Método AASHTO 1993).

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Graficando en Figura 39, se determina un Valor de Base Granular de:  $a_2 = 0.14$  (1/pulg).

iii) SubBase Granular (1/pulg) ( $a_3$ )

Según Monograma de la Figura 40 para una Base Granular de CBR 25% (Diseño) y un Módulo Resiliente de  $M_R = 13600$  psi.



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 34: Nomograma para la Capa de SubBase.

Fuente: (Guía para el Diseño de Pavimento por el Método AASHTO 1993).



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Graficando en Figura 40, se determina un Valor de SubBase Granular de:

$$a_3 = 0.10 \text{ (1/pulg.)}$$

**b). Coeficientes de Drenaje de Capa.**

Se consideran Coeficientes de drenaje  $m_i$ , para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad a la saturación y calidad del drenaje.

**TABLA N°54:**

*Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje  $m_i$ , para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.*

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

**Fuente:** (Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, MTC,2014, Pág. 142.)

Para secciones de estructuras de pavimentos, se asume como el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de 1.30. (Presencia de Lluvias en Zona Costera).

$$\text{i). Base Granular (m2)} = 1.30$$

$$\text{ii). Sub Base Granular (m3)} = 1.30$$

### 3.2.1.10 CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE PAVIMENTOS.

Se resolverá con la Formula siguiente con los datos obtenidos anteriormente:

$$SN = a_1xd_1 + a_2xd_2xm_2 + a_3xd_3xm_3.$$

#### a). Primer Método.

Para los cuales se tendrán criterios de Espesores Mínimos. Se Iterará y determinada los espesores por tanteo.

**TABLA N°55:**

*Espesores Mínimos Recomendados.*

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

**Fuente:** (Guía para el Diseño de Pavimento por el Método AASHTO 1993).

### **3.3. METODO MECANISCISTA.**

Se aplicó el Método Mecanicista, en la cual nos referimos a aquellos métodos que incorporan modelos básicos de ingeniería mecánica para evaluar esfuerzos y deformaciones de un pavimento, dándonos así su respuesta, comportamiento y durabilidad(performance), de la Vía de Estudio Carretera Puente Virú – Virú. Se aplicará un modelo para predecir el estado de esfuerzos en un pavimento bajo simulación de cargas.

#### **3.3.1 UBICACIÓN**

La vía a evaluar mediante el Método Mecanicista se encuentra Ubicada en el Departamento de La Libertad – Provincia de Virú – Distrito de Virú. La cual Inicia en El cruce de la Panamericana Norte (Km=519) – Avenida Virú hasta llegar al Casco Urbano de Virú. Teniendo un Longitud de 4,089.55 km.



**Figura 35:** *Ubicación de carretera de estudio.*

**Fuente:** *Elaboración Propia.*

### **3.3.2 MODELO CONSTRUCTIVO**

El análisis estructural a realizar para el diseño de pavimentos tiene por objetivo el cálculo de los valores de ciertas deformaciones unitarias en determinadas posiciones críticas del pavimento para su aplicación en un análisis de daños por criterios de falla que nos permitirá la estimación de la vida de diseño del pavimento. Dichos criterios de falla son el criterio de falla de agrietamiento por fatiga y el criterio de falla por deformación permanente. Los valores a emplear en las Ecuaciones del modelo empleado, se determinan en base a un análisis estructural, el cual puede ejecutarse sea considerando a todos los materiales constituyentes de las capas como perfectamente elásticos (Análisis Lineal Elástico); o considerando a los materiales de base, sub base (si la hubiera) y sub rasante como materiales sometidos a esfuerzos sensitivos (Análisis No Lineal Elástico), y por último, considerando al material asfáltico comportándose de manera viscoelástica.

### **3.3.3 DESARROLLO METODO MECANICISTA PROGRAMA**

#### **KENPAVE.**

El programa de computo KEN PAVE es utilizado para la evaluación estructural de pavimentos flexibles, este mismo se consiste en sistemas de pavimentos de varias capas de material elástico sometidos a una carga circular (cargas vehiculares), como pueden ser sometidos a ruedas múltiples (duales, tandem o tridem). El

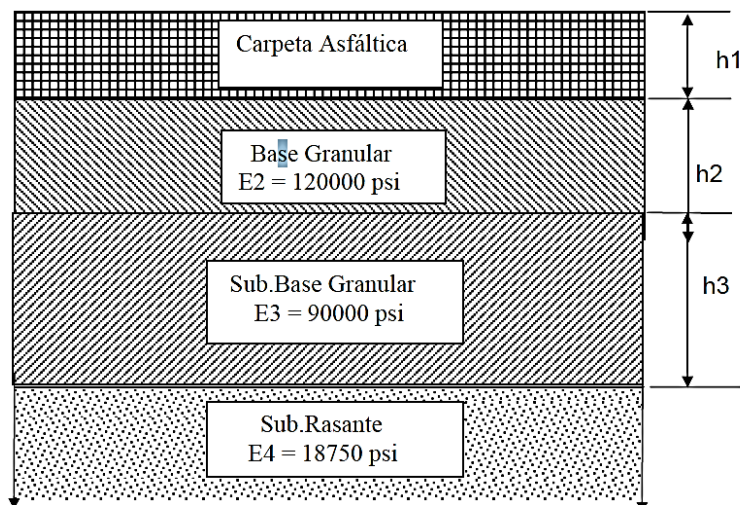
programa KENPAVE realiza el análisis de daños, dividiendo cada año en un máximo de 12 periodos, si se desea, cada uno con un conjunto diferente de propiedades de material. Cada periodo puede tener un máximo de 12 grupos de carga. La vida de diseño es calculada acumulando el daño por agrietamiento por fatiga y deformación permanente causado durante cada periodo por todos los grupos de carga.

### **3.3.4 APLICACIONES DE DISEÑO - INFORMACION.**

En el apartado anterior hemos visto que el programa de cómputo KENPAVE tiene tres formas de aplicación. La primera se lleva a cabo considerando a todos los materiales constituyentes de las capas de pavimento como materiales perfectamente elásticos (análisis elástico), es decir con sus propiedades de resistencia (módulo de elasticidad o módulo resiliente) constantes e independiente del nivel de esfuerzo al que se somete el pavimento; la segunda forma de aplicación del KENPAVE (análisis elástico no lineal) se lleva a cabo considerando las características de esfuerzo sensitivas de las propiedades de resistencia de los materiales de base, subbase (si la hubiera) y de la subrasante, es decir con los valores de los módulos resilientes de estas capas variando con el nivel de esfuerzo al cual se las somete; y la tercera forma de análisis se efectúa considerando al material asfáltico como material de comportamiento viscoelástico (análisis viscoelástico). Se ha

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

visto también que para realizar un análisis elástico no lineal y un análisis viscoelástico, se requiere la ejecución de diversos ensayos de laboratorio, para lo cual no se cuenta con las facilidades y equipos necesarios en el país. El equipo para llevar a cabo este ensayo es una celda triaxial con un dispositivo de carga que permita someter al testigo a repeticiones de carga que simulen el paso de las cargas de tráfico. El presente trabajo compara los resultados obtenidos de diseño para una vida útil de 20 años. La primera alternativa considera carpeta asfáltica, base granular, sub base granular y sub rasante.



**Figura 36:** Diseño – pavimento Flexible.

**Fuente:** (Evaluación De Un Modelo Avanzado de Diseño De Pavimentos Flexibles y su Comparación Con Los Métodos Tradicionales).

E= Módulos Resilientes.

H= Espesores de Capas.

### 3.3.4.1 MÓDULO DE POISSON

**TABLA N°56:**

*Módulos de Poisson Empleados para las Diferentes Capas de Pavimento.*

Material	Rango	Utilizado
Material Asfáltico	0,30 – 0,40	0,35
Materiales Granulares	0,30 - 0,40	0,35
Materiales Finos	0,30 - 0,50	0,45

**Fuente:** (*Evaluación De Un Modelo Avanzado de Diseño De Pavimentos Flexibles y su Comparación Con Los Métodos Tradicionales, Pág. 6).*

### 3.3.4.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD DE MATERIALES

**TABLA N°57:**

*Valores Típicos para el Módulo de Elasticidad de Materiales Asfálticos.*

Temperatura (°C)	Frecuencia de Carga (Hz)					
	1		4		16	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio
4	6,0 - 18,0	12,0	9,0 - 27,0	16,0	10,0 - 30,0	18,0
21	2,0 - 6,0	3,0	4,0 - 9,0	5,0	5,0 - 11,0	7,0
38	0,5 - 1,5	0,7	0,7 - 2,2	1,0	1,0 - 3,2	1,6

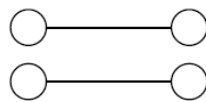
Nota: Los módulos de elasticidad se expresan en términos de  $10^5$  psi.

**Fuente:** (*Evaluación De Un Modelo Avanzado de Diseño De Pavimentos Flexibles y su Comparación Con Los Métodos Tradicionales, Pág. 7).*

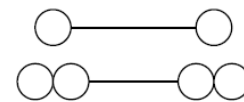
### 3.3.4.3 CONFIGURACIÓN Y REPETICIONES DE CARGA

Se consideraron los siguientes Tipos de Vehículos.

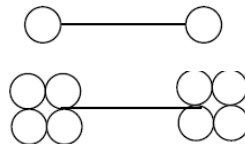
- Vehículos de Transporte público (dos ejes simples)
- Camiones de dos ejes (un eje simple + un eje dual).
- Camiones de tres ejes (un eje simple + un eje tándem)
- Tráiler y semi tráiler (un eje simple + dos ejes tándem).



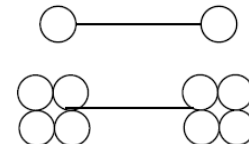
**Transporte Público**  
(02 eje simples)



**Camión dos Ejes**  
(01 eje simple + 01 eje dual)



**Camión Tres Ejes**  
(01 eje simple + 01 eje tándem)



**Tráiler y Semi - Tráiler**  
(01 eje simple + 02 eje tándem)

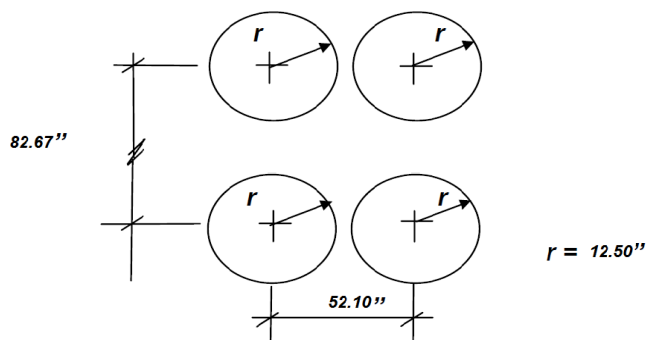
**Figura 37:** Vista en planta de las cargas Impuestas al Pavimento por los vehículos Considerados en el Estudio de Trafico.

**Fuente:** (Evaluación De Un Modelo Avanzado de Diseño De Pavimentos Flexibles y su Comparación Con Los Métodos Tradicionales, Pág 8).



### 3.3.4.4 RADIO DE CONTACTO NEUMÁTICO

Superficie de pavimento este caso es de  $r = 12.50''$ , espaciamento dual centro a centro de rueda es igual a  $52.10''$ , el espaciamento tándem, es igual a  $82.67''$ . Como se muestra en la Figura siguiente.



**Figura 38:** Detalle de Conjunto de Ruedas Tandem.

**Fuente:** (Elaboración Propia).

Según los ejes de vehículos de estudio más adecuados para la evaluación estructural del Proyecto se consideró las siguientes características de cargas transmitidas.

**TABLA N° 58:**

Valores Típicos para el Módulo de Elasticidad de Materiales  
Asfálticos.

Tipo de Eje	Carga Transmitida al Pavimento (Libras)	Número de Ruedas en el Eje	Carga por Rueda (Libras)
Simple	9000	2	4500
Dual Simple	18000	4	4500
Tándem	36000	8	4500

**Fuente:** (Evaluación De Un Modelo Avanzado de Diseño De Pavimentos Flexibles y su Comparación Con Los Métodos Tradicionales, Pág. 7).

### **3.3.4.5 PRESIÓN DE CONTACTO**

Se determinó la presión de contacto por rueda según la formula.

Presión de Contacto= (Carga por Rueda) / Área de Contacto de Rueda.

$$\text{Carga por Rueda} = 18000\text{lb}$$

Reemplazando en formula:

$$\text{Presión de Contacto} = 18000 / (\pi * 12.50^2)$$

$$\text{Presión de Contacto} = 18000 / (\pi * 12.50^2)$$

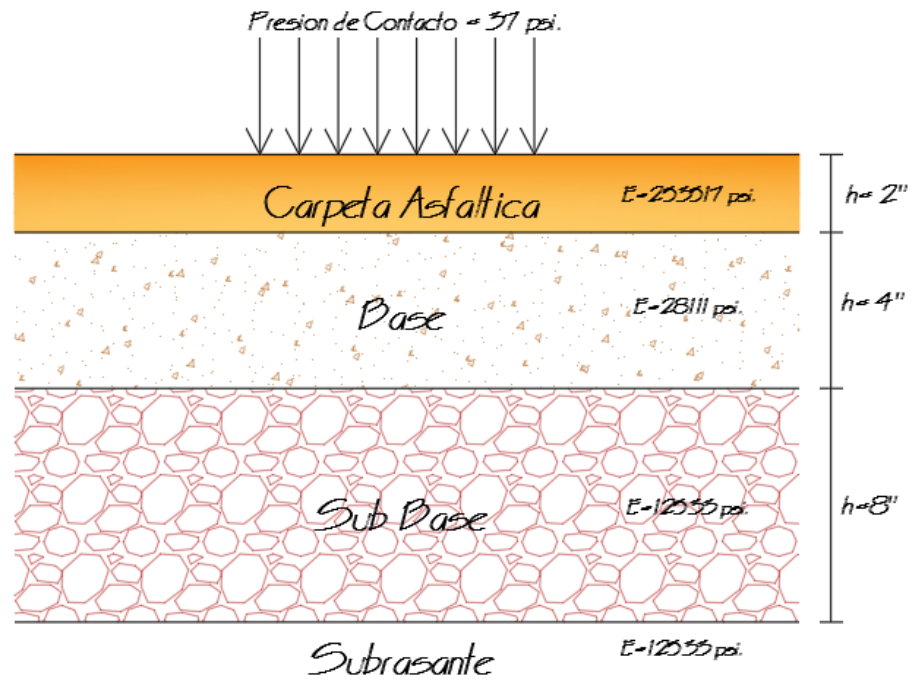
$$\text{Presión de Contacto} = 37 \text{ psi.}$$

### **3.3.5 PROGRAMA KENPAVE – DISEÑO DE PAVIMENTOS**

#### **FLEXIBLES.**

El programa KENPAVE, analizara los efectos causados sobre el pavimento flexible de estudio de la Carretera Puente Virú – Virú. La cual según Análisis y examinación de suelo se puede observar:

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"



**Figura 39:** Estructura de Pavimento en la Carretera Virú.

**Fuente:** (Elaboración Propia).



**Figura 40:** Excavación de Calicata determinación de espesores Carretera Virú.

**Fuente:** (Elaboración Propia).

### **3.3.5.1 SISTEMA A ANALIZAR**

Se analizará los efectos que se generan sobre el pavimento flexible de estudio, conformada por 03 capas: Carpeta Asfáltica, Base y Sub-Base por acción de un eje tándem.

- Presión de Contacto de Cada Neumático = 37 psi.
- Radio = 12.50"

De acuerdo a criterio de diseño se determinará los esfuerzos y deformaciones en las profundidades: 0,4",4.001",6",6.001",14",14.001",20" (espesores de estructura de Pavimento a Utilizar, respecto al eje de la primera llanta), para determinar los valores más representativos ya sea de esfuerzos y deformaciones presentes en el modelo estructural.

#### **i) Módulos de Elasticidad (E)**

En la aplicación se considera por propiedades de materiales, valores determinados, estándar basados en estudios de cargas triaxiales – módulos de Resiliencia. Se calculó los grados  $81^{\circ}\text{F} = 27^{\circ}\text{C}$  (Temperatura Promedio en la Provincia de Virú)

Carpeta Asfáltica =  $E_1 = 253517$  psi.

Base Granular =  $E_2 = 28111$  psi.

Sub Base Granular =  $E_3 = 12533$  psi. (Según

Ensayo de CBR – Estudio de Suelos - Anexos)

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

Subrasante = E4= 12533 psi. (Según  
Ensayo de CBR – Estudio de Suelos - Anexos)

**TABLA N°59: Módulos de Elasticidad = E psi.**

Mes	Temperatura del aire (°F)	Base Granular K1	Módulo (psi)			
			Superficie HMA	Carpeta asfáltica HMA	Base Granular	Sub-base
Enero	45	8000	1436929	1478458	21870	12000
Febrero	38	16000	1875179	1891803	50610	31000
Marzo	43	24000	1561968	1598808	84539	50000
Abril	45	2000	1436929	1478458	5670	7200
Mayo	56	3500	878127	937209	10227	8400
Junio	70	5000	415886	473105	16042	9600
Julio	78	6500	254835	302849	22206	10800
Agosto	81	8000	209688	253517	28111	12000
Septiembre	78	8000	254835	302849	27408	12000
Octubre	73	8000	347698	402234	26322	12000
Noviembre	58	8000	798268	857035	23630	12000
Diciembre	54	8000	965976	1024883	23039	12000

Nota: El signo negativo del esfuerzo de tensión no se muestra 1psi = 6.9KPa.

**Fuente:** (Manual de Guía y Aplicación – KENPAVE, Pág. 7).

**3.3.5.2 APLICACIÓN DEL KENPAVE EN CARRETERA VIRÚ**

**a) Ingreso a la Pantalla Principal.**

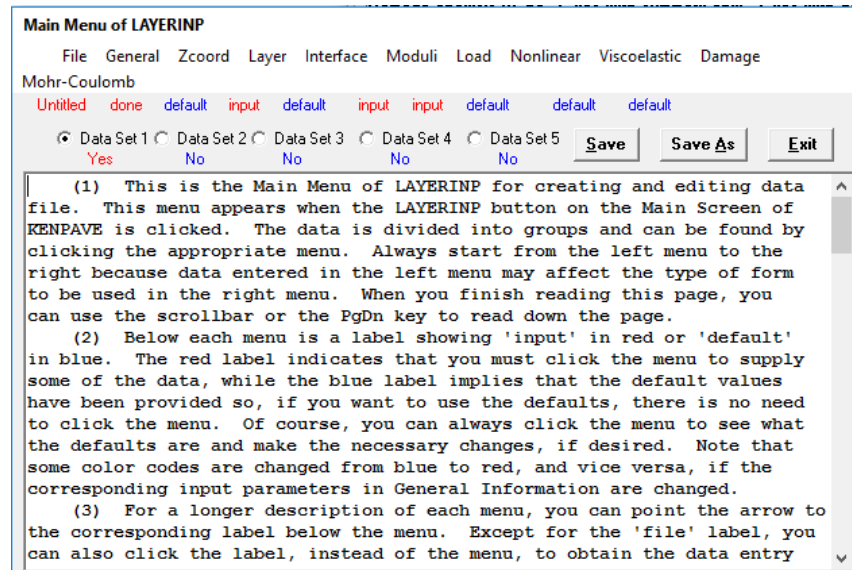
Digitamos el Nombre del Proyecto CARRETERA VIRÚ. Seguidamente por la opción LAYERINP, donde se ingresarán los datos antes Determinados.



**Figura 41: Pantalla Principal.**

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método Mecanístico – KENPAVE.

### b) Ingresamos al Menú Principal del Programa.



**Figura 42:** Inserta Nuevo Proyecto

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método

Mecanístico – KENPAVE.

### c) Definimos las Características del Sistema – Ingresamos Datos.

- Título: Carretera Virú.
- MATL (Tipos de Material): Materiales Elásticos, capas son lineal elástico.
- NDAMA (Análisis de Daño): 0 No presenta – Diseño a considerar.
- NYP (Numero de Periodos por Año): cada año se puede dividir en un máximo de 12 periodos para el análisis de daños, se considera 1= Mes.
- NLG (Numero de Grupos de Carga): cargas por eje pueden dividirse en un máximo de 12 grupos para

análisis de daños, se considera uno, ya que el objeto de estudio es 1.

- DEL (Tolerancia para Integración Numérica): un defecto de 0.001 implica una precisión de 0,1%, por defecto.
- NL (Numero de Capas): Para el objeto de estudio presenta 3, carpeta asfáltica, base y sub base.
- NZ (Numero de coordenadas verticales analizar): 0.
- ICL (Número máximo de ciclos de integración): por Defecto 80.
- NSTD (Número de tensiones, esfuerzos y desplazamiento): 9 para el desplazamiento vertical, cuatro tensiones y cuatro esfuerzos.
- NBOND (Tipos de interfaz entre dos capas): 1 por defecto.
- NLBT (Número de capas con análisis de daño basado en la tensión de tracción en la parte inferior de capa de asfalto): 1 por defecto.
- NLTC (Número de capas con análisis de daño basado en la tensión de compresión vertical en la parte superior de la subrasante): 1 por defecto.
- NUNIT (Sistema de Unidades): 1 Sistema internacional.

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE	CARRETERA VIRU	
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)		1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detatiled printout) (NDAMA)		0
Number of periods per year (NPY)		1
Number of load groups (NLG)		1
Tolerance for numerical integration (DEL)		0.001
Number of layers (NL)		3
Number of Z coordinates for analysis (NZ)		8
Maximum cycles of numerical integration (ICL)		80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)		9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)		1
Number of layers for bottom tension (NLBT)		1
Number of layers for top compression (NLTC)		1
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)		0

(1) This form appears when the 'General' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the entire text, you can click this textbox to make it active and then use the PgDn key.

(2) When creating a new file, this form must be entered first because some default values to be used in the other forms vary with the system

**Figura 43: Datos Determinados – diseño.**

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método Mecanístico – KENPAVE.

**d) Ubicamos las Profundidades a Analizar.**

Hacemos click en Zcood en la cual agregamos las profundidades: 0,4",4.001",6",6.001",14",14.001",20". Se toma como punto de inicio la superficie del pavimento.



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1

Point No.	ZC
1	0
2	4
3	4.001
4	6
5	6.001
6	14
7	14.001
8	20

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. To read this textbox by the PgDn key, you have to click anywhere in the box to make it active. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press

Print

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

OK

**Figura 44:** Profundidades a Analizar – Diseño.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método Mecanístico –  
KENPAVE

**e) Ingresamos el Coeficiente de POISSON de la Capas.**

Ingresamos al menú Layer en el cual insertaremos los valores de los módulos de Poisson para cada capa con su dimensión.

Carpeta Asfáltica = 2"

Base = 4"

Subbase = 8"

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

Unit in.

Layer No.	TH	PR
1	2	3.5
2	4	3.5
3	XXXXXXXXXX	4.5

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you should click this textbox to make it active. When you finish reading, you should click the cell to make it active before typing in the data. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can

Print OK

**Figura 45:** Coeficiente de POISSON – ALTURA CAPAS.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método Mecanístico – KENPAVE.

**f) Ingresamos el Módulo de Elasticidad en Capas.**

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

Unit psi

Layer No.	E
1	253517
2	28111
3	12533

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer. For a nonlinear layer, E is the assumed modulus for the first iteration and a convenient E to be assumed for both granular base and clayey subgrade is their K1 value

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

(4) You can delete a line, or one

Print OK

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

**Figura 46:** Módulos de Elasticidad.

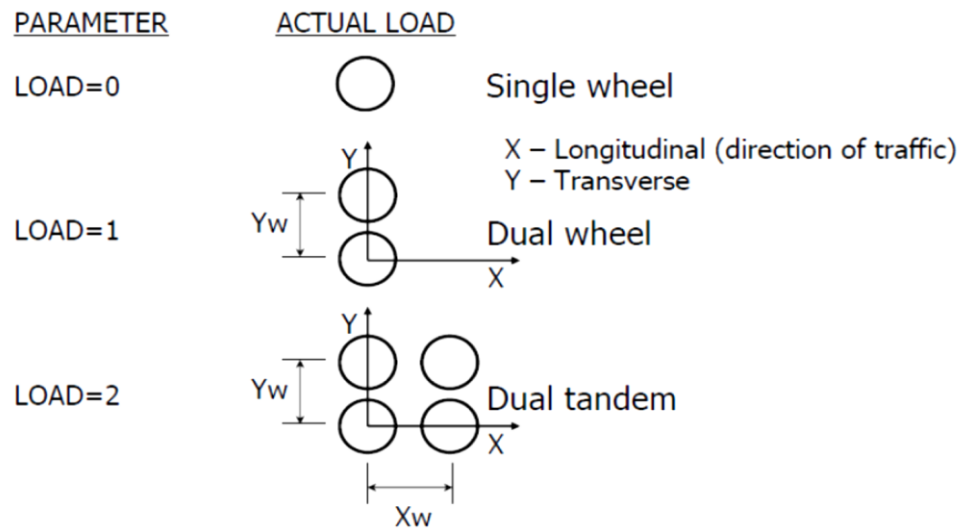
**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método Mecanístico – KENPAVE.

**g) Ingreso de Cargas y los Puntos de Análisis.**

Ingresamos al Menú LOAD, y llenaremos el cuadro siguiendo los siguientes parámetros y datos del apartado

**3.3.6 APLICACIONES DE DISEÑO - INFORMACION.**

Por lo que nos facilita la comprensión la siguiente imagen:



**Figura 47:** Parámetros de Cargas.

**Fuente:** (Manual de Guía y Aplicación – KENPAVE,  
Pág. 18)

Ingresaremos Datos:

- LOAD: 1 Debido a que es un sistema Dual Simple.
- CR: Longitud de Radio, 12.50".
- CP: Presión Actuante, 37 psi.
- YW: Distancia de Ejes de Carga, 52.10".
- XY: 0, no presenta cargas en otra dirección.

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

- NR or NPT: Ingresamos la cantidad de puntos 5, se analizará a distancias 0,2",6",14" y 20".

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	in.	psi	in.	in.		
Load Group No	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	1	12.5	37	52.1	0	5

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for axle arrangements.

(2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.

(3) CR (contact radius of circular loaded ares).

(4) CP (contact pressure on circular loaded ares).

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y

Print OK

**Figura 48:** Aplicación de Diseño - KENPAVE.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método

**Mecanistico – KENPAVE.**

X and Y Coordinates of Response Points for Load Group No. 1 and Data Set No. 1

Unit	in.	in.
Point No.	XPT	YPT
1	0	0
2	0	2
3	0	6
4	0	14
5	0	20

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT, to enter this auxiliary form.

(2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).

(3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).

(4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

(5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press

Print OK

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

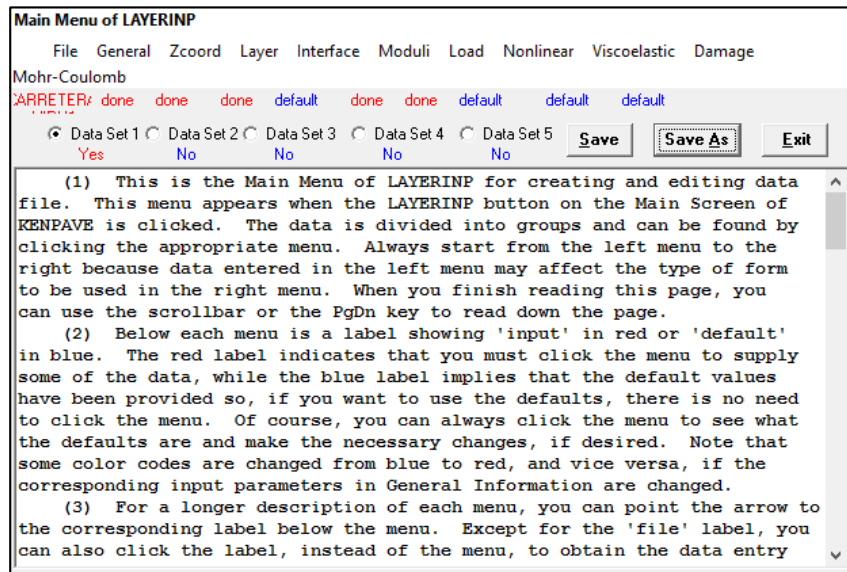
**Figura 49:** Cantidad de Puntos a Analizar.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método

**Mecanistico – KENPAVE.**

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

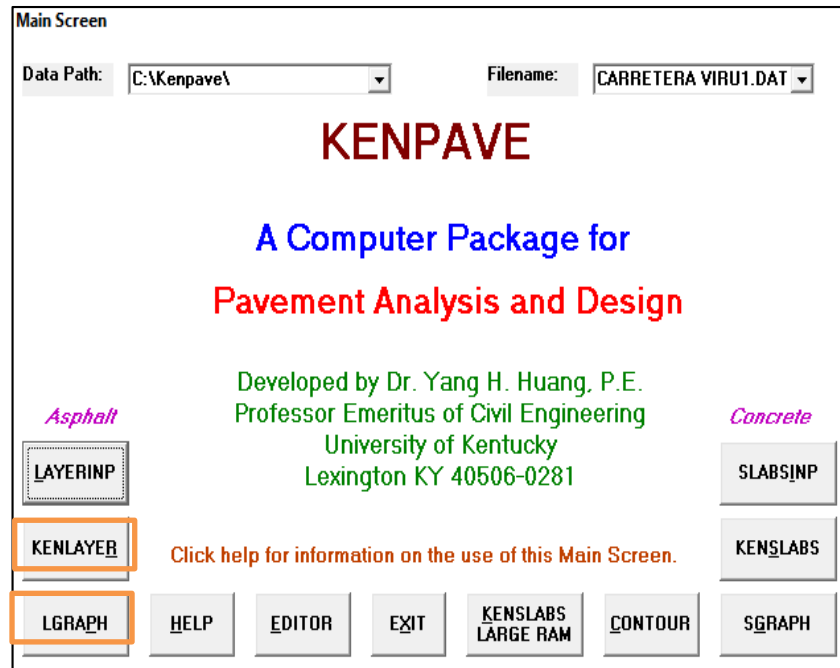
- Luego del INGRESO DE DATOS, Finalmente hacemos clic en OK hasta llegar al menú principal.
- Guardamos el archivo haciendo clic en Save As y luego para salir del menú presionamos Exit.



**Figura 50:** Guardar y al Menú Principal.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método  
Mecanístico – KENPAVE.

- Luego nos Vamos a KENLAYER Y LGRAPH, para proceder a el Análisis y Visualizaciones Resultados Obtenidos en el Diseño de Pavimentos en la Carretera Virú.



**Figura 51:** Análisis y Resultados.

**Fuente:** Software Diseño de Pavimentos Método  
Mecanístico – KENPAVE.



# **CAPITULO IV:**

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### 4.1. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

De acuerdo a los Resultados Obtenidos, el Método Mecanístico aplicando el Programa KENPAVE, nos muestra inicialmente las deformaciones que presenta el Pavimento existente, el cual mediante un seguimiento se verificaron las fallas estructurales en dicho pavimento (ANEXO: PANEL FOTOGRAFICO).

**TABLA N° 60:** Resultados Obtenidos.

<b>Datos Consolidados</b>	<b>Pavimento Existente</b>	<b>Pavimento Nuevo</b>
Deformación por Tensión $\epsilon_t$	-6.663 E <sup>-3</sup>	-4.086 E <sup>-3</sup>
Deformación por Compresión $\epsilon_c$	8.991 E <sup>-3</sup>	5.288 E <sup>-3</sup>
<b>Espesores Pavimentos</b>		
Carpeta Asfáltica	5 cm	10 cm
Base Granular	10 cm	20 cm
Sub base	20 cm	40 cm

**Fuente:** (Elaboracion Propia)

En base a resultados estadísticos se determino las deformaciones por Agrietamiento y por ahuellamiento daños estructurales irreversibles en todo el tramo de carretera, los datos de deformaciones resultan mayores esfuerzos en el pavimento existente, por el colapso estructural que este mismo presenta al cumplir su vida útil de diseño. Al diseñar mediante el Metodo Mecanistico (Pavimento Nuevo), este soportara una deformación Menor al cumplir su vida Util de Diseño, por lo que tendrá una mayor sustentabilidad y tendrá un mayor resistencia los diferentes esfuerzos



sometidos según las cargas a soportar. Según Tabla N°60 y deformaciones y esfuerzos detallados anteriormente.

Los espesores determinados en las capas del Pavimento son determinados mediante las cargas (Estudio de Trafico  $W_{18}$ ), por lo que se puede apreciar una notable diferencia en base a esfuerzos y las dimensiones de las mismas, para la misma vida Util de Pavimento.

El programa KENPAVE (Análisis y Diseño de Pavimentos) nos permitió determinar el desempeño del Pavimento Flexible corroborando que existe una mayor precisión en cuanto los espesores de las capas mas acertada en base a esfuerzos y deformaciones, las cuales serán sometida la estructura Vial, Carretera Puente Virú – Virú.



# **CAPITULO V:**

# **CONCLUSIONES Y**

# **RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES.**

- ✓ De los datos obtenidos mediante el Diseño de Pavimento Metodo AASHTO 93, y analizados según el Metodo Mecanistico se concluye que el diseño inicial no satisface los parámetros necesarios para la vigencia de Dicha Carretera. Por lo que se propuso un Nuevo Diseño, por lo que podemos afirmar que la hipótesis es aceptada.
- ✓ Realizada la Evaluacion estructural se verifico que la Carretera Puente Virú-Virú, Presenta daños estructurales de agrietamiento por fatiga y ahuellamiento provocados por el nivel de transito, datos obtenidos en la cantidad de Ejes Equivalentes, factores no considerados en el diseño de dicha carretera.
- ✓ Se concluye mediante el Metodo Mecanistico empleando el Programa KENPAVE, el diseño Nuevo de Pavimento en la Carretera Puente Virú –Virú.
  - Espesor de Carpeta Asfáltica = 10 cm.
  - Espesor de Base Granular = 20 cm.
  - Espesor de Sub Base = 40 cm.
- ✓ Se determino los parámetros de Diseño para la Realizacion del Metodo Mecanistico, Módulos de POISSON 0.30 -0.50, Presión de Contacto de Cada Neumático = 37 psi, Radio = 12.50". De acuerdo a criterio de diseño se determino los esfuerzos y deformaciones en las profundidades: 0,4",4.001",6",6.001",14",14.001",20" (espesores de estructura de Pavimento a Utilizar, respecto al eje

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

de la primera llanta), Carpeta Asfáltica =  $E_1 = 253517$  psi. Base Granular =  $E_2 = 28111$  psi. Sub Base Granular =  $E_3 = 12533$  psi. Subrasante =  $E_4 = 12533$  psi.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- ✓ Se recomienda usar el Método Mecanístico para el diseño de Pavimentos, para de acuerdo a las características que solicita, los datos ingresados y otros requisitos, nos muestre el resultado más Optimo para cumplir con las funciones para las que fue diseñado.
- ✓ Teniendo en cuenta que el diseño original planteado por el método AASHTO 93 no cumple los criterios de aceptación, se propone modificar el diseño preliminar, haciendo una revisión al Diseño y características para minimizar las fallas estructurales en la Carretera, ya que esta mismas suelen ser muy de criticas como lo son agrietamiento por fatiga y ahuellamiento..
- ✓ Tratar en lo posible Trabajar con datos que se ajusten más a los parámetros que se establecen en el diseño original, considerando que sólo así se logrará el desempeño adecuado y un manejo Optimo del software.
- ✓ Se recomienda que debido a las fallas estructurales de la carretera Puente Virú – Virú y por la edad de esta misma, se deberá realizar un proyecto nuevo de construcción de dicha via, para mejorar la Infraestructura vial de la Provincia de Virú, por lo que es uno de los accesos principales al casco urbano del mismo.
- ✓ El Programa KENPAVE, muestra las características de los materiales , como Módulo de Elasticidad y POOISON, datos obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Se recomienda para el diseño de pavimentos mediante el método Mecanistico la

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

realización de dicho ensayos permitiendo así valores más cercanos y reales de los espesores de la Estructura de Pavimentos.

- ✓ Se recomienda la realización adecuada del Estudio de Tráfico y el conteo del mismo, debido a que para el Diseño de Pavimentos se debe tener con precisión la capacidad de carga a la cual va a ser sometida la estructura, y así no presentar deformaciones y sobreesfuerzos del mismo.



# **CAPITULO VI:**

## **REFERENCIA**

### **BIBLIOGRAFICA**

## 6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

*Analisis Del Metodo Aashto 2008 (M-EPDG) En Pavimentos Flexibles.* 2008. Lima, Peru. Recuperado de [http://biblioteca.uajms.edu.bo/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1620](http://biblioteca.uajms.edu.bo/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1620)

Correa, A. y Garnica Anguas, P. *Conceptos Mecanicista en Pavimentos.* Instituto Mexicano de Transporte (2004). Recuperado de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt258.pdf>

García Vargas, A., Gutiérrez Romero, F. y Hernández Soriano, J. (2014). *Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles mediante las Alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método AASHTO 93.* Recuperado de <https://es.scribd.com/document/365409292/Analisis-comparativo-para-diseno-de-pavimentos-flexibles-mediante-las-alternativas-IMT-PAVE-y-CR-ME-del-metodo-mecanicista-empirico-2C-con-el-metodo-A>

Garnica Anguas, P, Martínez Peña, I y Prado Cardona, E. *Algunos Aspectos De La Resistencia A La Tensión Y Fatiga En Suelos Arcillosos Estabilizados Con Cal.* Sanfandila, Qro, México: *Publicación Técnica No 230, Instituto Mexicano del Transporte* (2003). Recuperado de <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt230.pdf>



*Guía de Diseño Mecanístico – Empírico de Pavimentos. (2015 2da Edición ICG). Lima, Peru: Fondo Editorial ICG.*

*Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos. (2016 2da Edición ICG). Lima, Peru: Fondo Editorial ICG.*

*Manual De Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos – Seccion Suelos Y Pavimentos, 2013, Lima, Perú. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)*

*Yamunaque Miranda, J. (2016) ,Diseño Mecanístico - Empírico de Pavimentos. Recuperado de <http://www.cip-civil.com/wp-content/uploads/2016/08/DISE%C3%91O-MECANISTICO-DE-PAVIMENTOS-FLEXIBLES.pdf>*



# **CAPITULO VII:**

# **ANEXOS**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# **ANEXO I – Estudio de**

# **Trafico de la Zona**

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

**Aplicativo de la Guía Simplificada Caminos Vecinales- Análisis Costo Efectividad**

1.GENERALIDADES

Nombre del Proyecto: EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO  
 Departamento: LA LIBERTAD  
 Provincia: VIRU  
 Distrito: VIRU  
 Zona Geográfica: COSTA  
 Horizonte del Proyecto: 10 años

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

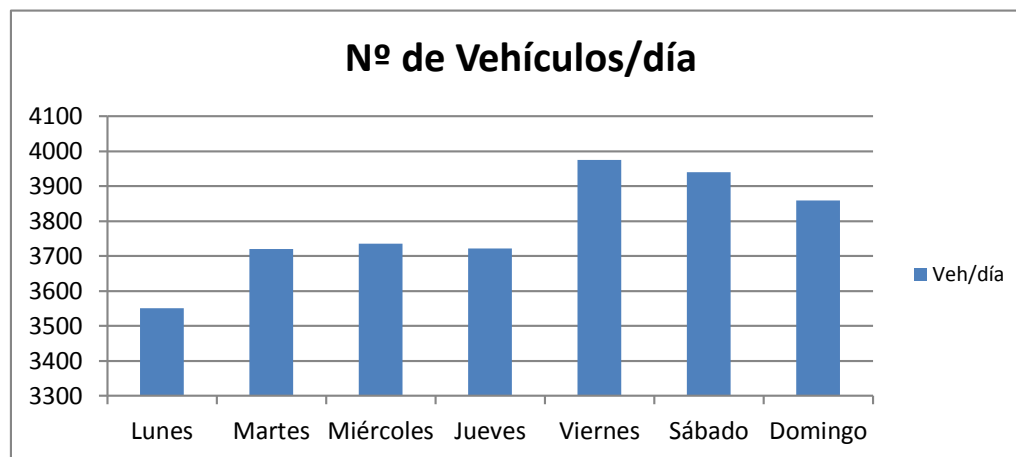
i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico:

Mes: **NOVIEMBRE**

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automovil	2268	2445	2439	2479	2664	2612	2553
Camioneta	586	591	591	580	608	614	598
C.R.	424	415	417	400	434	432	424
Micro	163	167	173	154	170	177	167
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	94	90	98	96	86	90	98
Camión 3E	16	12	17	13	14	15	20
<b>TOTAL</b>	<b>3551</b>	<b>3720</b>	<b>3735</b>	<b>3722</b>	<b>3976</b>	<b>3940</b>	<b>3860</b>

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**



**ii) Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano al camino**

F.C.E. Vehículos ligeros:

1.05289742

F.C.E. Vehículos pesados:

0.95883748

**Nota: Utilizar los datos del Ministerio de Transportes, ver ANEXO 3**

**iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días**

Donde:

$IMD_s$  = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada

$IMD_a$  = Índice Medio Anual

$V_i$  = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factores de Corrección Estacional

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automovil	2268	2445	2439	2479	2664	2612	2553	17460	2494	1.05289742	2626
Camioneta	586	591	591	580	608	614	598	4168	595	1.05289742	627
C.R.	424	415	417	400	434	432	424	2946	421	1.05289742	443
Micro	163	167	173	154	170	177	167	1171	167	1.05289742	176
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.05289742	0
Camión 2E	94	90	98	96	86	90	98	652	93	0.95883748	89
Camión 3E	16	12	17	13	14	15	20	107	15	0.95883748	15
<b>TOTAL</b>	<b>3551</b>	<b>3720</b>	<b>3735</b>	<b>3722</b>	<b>3976</b>	<b>3940</b>	<b>3860</b>	<b>26504</b>	<b>3786</b>		<b>3976</b>

**2. ANALISIS DE LA DEMANDA**

**2.1 Demanda Actual**

**Tráfico Actual por Tipo de Vehículo**

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil	2626	66.05
Camioneta	627	15.77
C.R.	443	11.14
Micro	176	4.43
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	89	2.24
Camión 3E	15	0.38
<b>IMD</b>	<b>3976</b>	<b>100.00</b>

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

**2.2 Demanda  
Proyectada**

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)}$$

**Donde:**

- $T_n$  = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- $T_0$  = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- $n$  = año futuro de proyección
- $r$  = tasa anual de crecimiento de tránsito

**Tasa de Crecimiento x Región en %**

- $r_{vp}$  = **1.30** Tasa de Crecimiento Anual de la Población **(para vehículos de pasajeros)**
- $r_{vc}$  = **1.70** Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional **(para vehículos de carga)**

**Proyección de Tráfico - Situación Sin Proyecto**

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Tráfico Normal</b>	<b>3976</b>	<b>3976</b>	<b>4028</b>	<b>4082</b>	<b>4136</b>	<b>4187</b>	<b>4244</b>	<b>4301</b>	<b>4355</b>	<b>4412</b>	<b>4471</b>
Automovil	2626.00	2626.00	2660.00	2695.00	2730.00	2765.00	2801.00	2838.00	2874.00	2912.00	2950.00
Camioneta	627.00	627.00	635.00	643.00	652.00	660.00	669.00	678.00	686.00	695.00	704.00
C.R.	443.00	443.00	449.00	455.00	461.00	466.00	473.00	479.00	485.00	491.00	498.00
Micro	176.00	176.00	178.00	181.00	183.00	185.00	188.00	190.00	193.00	195.00	198.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 2E	89.00	89.00	91.00	92.00	94.00	95.00	97.00	99.00	100.00	102.00	104.00
Camión 3E	15.00	15.00	15.00	16.00	16.00	16.00	16.00	17.00	17.00	17.00	17.00

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

2.3 Demanda Proyectada "Con Proyecto"

Tráfico Generado por Tipo de Proyecto

Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	10

Fuente: Guía Metodológica Simplificada

Proyección de Tráfico - Con Evaluación

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Tráfico Normal</b>	<b>3976.00</b>	<b>3976.00</b>	<b>4028.00</b>	<b>4082.00</b>	<b>4136.00</b>	<b>4187.00</b>	<b>4244.00</b>	<b>4301.00</b>	<b>4355.00</b>	<b>4412.00</b>	<b>4471.00</b>
Automovil	2626.00	2626.00	2660.00	2695.00	2730.00	2765.00	2801.00	2838.00	2874.00	2912.00	2950.00
Camioneta	627.00	627.00	635.00	643.00	652.00	660.00	669.00	678.00	686.00	695.00	704.00
C.R.	443.00	443.00	449.00	455.00	461.00	466.00	473.00	479.00	485.00	491.00	498.00
Micro	176.00	176.00	178.00	181.00	183.00	185.00	188.00	190.00	193.00	195.00	198.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 2E	89.00	89.00	91.00	92.00	94.00	95.00	97.00	99.00	100.00	102.00	104.00
Camión 3E	15.00	15.00	15.00	16.00	16.00	16.00	16.00	17.00	17.00	17.00	17.00
<b>Tráfico Generado</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>404.00</b>	<b>409.00</b>	<b>413.00</b>	<b>421.00</b>	<b>425.00</b>	<b>431.00</b>	<b>436.00</b>	<b>442.00</b>	<b>447.00</b>
Automovil	0.00	0.00	266.00	270.00	273.00	277.00	280.00	284.00	287.00	291.00	295.00
Camioneta	0.00	0.00	64.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	70.00
C.R.	0.00	0.00	45.00	46.00	46.00	47.00	47.00	48.00	49.00	49.00	50.00
Micro	0.00	0.00	18.00	18.00	18.00	19.00	19.00	19.00	19.00	20.00	20.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 2E	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Camión 3E	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
<b>IMD TOTAL</b>	<b>3976.00</b>	<b>3976.00</b>	<b>4432.00</b>	<b>4491.00</b>	<b>4549.00</b>	<b>4608.00</b>	<b>4669.00</b>	<b>4732.00</b>	<b>4791.00</b>	<b>4854.00</b>	<b>4918.00</b>





TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

TIPO DE VÍA	Vía colector: Av. Virú		
SENTIDO	Ambos	E ←	S →
UBICACIÓN	Puente Virú - Virú		

ESTACION	Nº 1		
CODIGO DE LA ESTACION	E-01		
DIA Y FECHA	Lunes	30-10	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
04-05	0	0	2	2	5	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
05-06	5	1	1	3	14	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
06-07	80	31	15	12	20	0	8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	168	
07-08	141	38	15	13	37	1	9	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	262	
08-09	119	31	31	10	34	0	10	0	6	0	0	3	0	0	0	1	0	0	245	
09-10	106	29	22	13	29	1	11	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	217	
10-11	105	29	20	9	30	0	12	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	212	
11-12	107	27	23	7	34	0	10	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	
12-13	162	41	37	8	39	2	11	0	11	1	0	0	0	0	0	0	2	0	314	
13-14	149	34	30	6	35	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269	
14-15	119	30	28	10	27	1	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230	
15-16	109	29	30	9	28	0	10	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	221	
16-17	110	37	32	9	25	1	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	
17-18	99	34	29	7	26	1	13	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	215	
18-19	97	33	34	11	29	1	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222	
19-20	125	38	36	7	12	1	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236	
20-21	75	29	29	8	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	151	
21-22	34	22	20	1	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	
22-23	7	4	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
23-00	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
<b>TOTAL</b>	<b>1750</b>	<b>518</b>	<b>438</b>	<b>148</b>	<b>424</b>	<b>16</b>	<b>147</b>	<b>0</b>	<b>94</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3551</b>	



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

<b>TIPO DE VÍA</b>	Via colectora: Av. Virú		
<b>SENTIDO</b>	Ambos	E ←	S →
<b>UBICACIÓN</b>	Puente Virú - Virú		

<b>ESTACION</b>	Nº 1		
<b>CODIGO DE LA ESTACION</b>	E-01		
<b>DIA Y FECHA</b>	Martes	31-10	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
00-01	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
04-05	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
05-06	6	2	3	0	10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
06-07	43	38	16	12	20	0	8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	139
07-08	151	43	34	11	37	1	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292
08-09	129	35	29	10	34	0	10	0	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	256
09-10	111	32	20	13	29	2	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	223
10-11	111	34	19	9	30	3	12	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225
11-12	110	32	24	7	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224
12-13	190	45	38	8	39	1	11	0	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	344
13-14	154	41	29	6	35	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281
14-15	128	36	27	10	27	1	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243
15-16	116	38	30	9	28	2	10	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	238
16-17	118	42	31	9	25	1	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238
17-18	102	38	29	7	26	2	13	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225
18-19	106	39	33	11	29	1	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236
19-20	140	46	37	7	12	1	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261
20-21	81	36	28	8	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	163
21-22	39	28	19	4	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
22-23	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
23-00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>1838</b>	<b>607</b>	<b>447</b>	<b>144</b>	<b>415</b>	<b>20</b>	<b>147</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3720</b>



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

TIPO DE VÍA	Via colector: Av. Virú		
SENTIDO	Ambos	E ←	s →
UBICACIÓN	Puente Virú - Virú		

ESTACION	Nº 1		
CODIGO DE LA ESTACION	E-01		
DIA Y FECHA	Miércoles	01-11	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	6	5	3	7	17	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
06-07	35	38	16	12	20	0	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	132
07-08	157	43	34	11	37	1	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
08-09	127	35	29	10	34	0	10	0	5	0	0	6	0	0	0	1	0	0	257
09-10	100	32	18	13	24	2	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	205
10-11	111	34	19	9	30	3	12	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225
11-12	112	32	24	7	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
12-13	178	45	32	8	39	1	11	0	15	1	0	0	0	0	0	0	2	0	332
13-14	152	41	29	6	35	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278
14-15	136	36	27	10	27	1	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251
15-16	116	38	30	9	28	2	10	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	238
16-17	117	42	31	9	25	1	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237
17-18	102	38	29	7	26	2	13	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225
18-19	106	39	33	11	29	1	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237
19-20	140	46	37	7	12	1	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261
20-21	81	36	28	8	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	163
21-22	40	28	19	4	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
22-23	2	8	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
23-00	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<b>TOTAL</b>	<b>1820</b>	<b>619</b>	<b>439</b>	<b>152</b>	<b>417</b>	<b>17</b>	<b>156</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3735</b>

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

TIPO DE VÍA	Via colectoras: Av. Virú		
SENTIDO	Ambos	E ←	S →
UBICACIÓN	Puente Virú - Virú		

ESTACION	Nº 1		
CODIGO DE LA ESTACION	E-01		
DIA Y FECHA	Jueves	02-11	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	86	36	16	12	20	0	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181
07-08	149	44	34	11	37	1	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293
08-09	131	38	29	10	34	0	11	0	5	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	262
09-10	115	32	20	13	29	2	10	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
10-11	110	34	19	9	30	3	10	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222
11-12	108	32	24	7	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222
12-13	178	52	37	6	34	1	8	0	12	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	330
13-14	152	41	29	6	35	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279
14-15	128	36	27	10	27	1	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243
15-16	116	38	30	9	28	2	10	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238
16-17	118	42	31	9	25	1	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238
17-18	102	38	29	7	26	2	13	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225
18-19	106	39	33	11	29	1	9	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238
19-20	140	46	37	7	12	1	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261
20-21	81	36	28	8	0	1	3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162
21-22	40	28	19	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
22-23	1	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23-00	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>1862</b>	<b>617</b>	<b>443</b>	<b>137</b>	<b>400</b>	<b>17</b>	<b>137</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3722</b>



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

TIPO DE VÍA	Via colectora: Av. Virú		
SENTIDO	Ambos	E ←	S →
UBICACIÓN	Puente Virú - Virú		

ESTACION	Nº 1		
CODIGO DE LA ESTACION	E-01		
DIA Y FECHA	Viernes	03-11	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
03-04	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
04-05	0	0	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
05-06	15	5	3	3	10	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
06-07	100	38	16	6	35	0	7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204
07-08	167	54	34	14	37	1	9	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321
08-09	128	35	29	13	34	0	10	0	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	256
09-10	121	32	20	15	29	2	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
10-11	111	34	19	12	30	3	8	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223
11-12	118	32	24	9	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234
12-13	189	62	38	12	43	1	9	0	12	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	368
13-14	156	41	29	8	35	0	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282
14-15	130	36	27	12	27	1	8	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	248
15-16	127	38	30	11	28	2	10	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250
16-17	124	42	31	11	25	1	7	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247
17-18	123	38	29	10	26	2	13	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250
18-19	119	39	33	13	29	1	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252
19-20	176	55	37	9	12	2	11	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310
20-21	97	36	30	12	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185
21-22	32	12	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
22-23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
23-00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2035</b>	<b>629</b>	<b>435</b>	<b>173</b>	<b>434</b>	<b>22</b>	<b>148</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3976</b>	

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

<b>TIPO DE VÍA</b>	Via colectora: Av. Virú		
<b>SENTIDO</b>	Ambos	E ←	S →
<b>UBICACIÓN</b>	Puente Virú - Virú		

<b>ESTACION</b>	Nº 1		
<b>CODIGO DE LA ESTACION</b>	E-01		
<b>DIA Y FECHA</b>	Sábado	04-11	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
03-04	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
04-05	0	3	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
05-06	12	6	3	3	12	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
06-07	98	38	16	6	35	0	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	204
07-08	154	54	34	14	37	1	9	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	311
08-09	130	35	29	13	34	0	10	0	5	0	0	2	0	0	0	1	0	0	259
09-10	120	32	20	15	29	2	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	234
10-11	110	34	19	12	30	3	12	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	226
11-12	118	32	24	9	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234
12-13	196	50	42	14	39	1	11	0	12	1	0	0	0	0	0	1	0	0	367
13-14	123	41	29	8	35	0	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249
14-15	130	36	27	12	27	1	8	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	248
15-16	127	38	30	11	28	2	10	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	250
16-17	124	42	31	11	25	1	7	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	247
17-18	123	38	29	10	26	2	13	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	250
18-19	119	39	33	13	29	1	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252
19-20	176	55	37	9	12	2	11	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310
20-21	97	36	30	12	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	185
21-22	32	12	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
22-23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
23-00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1991</b>	<b>621</b>	<b>439</b>	<b>175</b>	<b>432</b>	<b>22</b>	<b>155</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3940</b>

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CONTEO VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO**

<b>TIPO DE VÍA</b>	Via colectoras: Av. Virú		
<b>SENTIDO</b>	Ambos	E ←	s →
<b>UBICACIÓN</b>	Puente Virú - Virú		

<b>ESTACION</b>	Nº 1		
<b>CODIGO DE LA ESTACION</b>	E-01		
<b>DIA Y FECHA</b>	Domingo	05-11	2017

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
04-05	0	0	2	2	5	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
05-06	5	1	1	3	14	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
06-07	80	31	15	12	20	0	8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	168
07-08	157	43	34	11	37	1	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
08-09	127	35	29	10	34	0	10	0	5	0	0	6	0	0	0	1	0	0	257
09-10	110	32	20	13	29	2	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	222
10-11	111	34	19	9	30	3	12	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225
11-12	112	32	24	7	34	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
12-13	178	45	38	8	39	1	11	0	15	1	0	0	0	0	0	0	2	0	338
13-14	152	41	29	6	35	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278
14-15	136	36	27	10	27	1	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251
15-16	116	38	30	9	28	2	10	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	238
16-17	117	42	31	9	25	1	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237
17-18	123	38	29	10	26	2	13	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	250
18-19	119	39	33	13	29	1	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252
19-20	176	55	37	9	12	2	11	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310
20-21	81	36	28	8	0	1	3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	162
21-22	40	28	19	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
22-23	1	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23-00	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>1942</b>	<b>611</b>	<b>446</b>	<b>152</b>	<b>424</b>	<b>23</b>	<b>144</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3860</b>



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# **ANEXO II – Estudio de**

# **Mecánica de Suelos**





**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# GRANULOMETRIA



PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. PuenteVirú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-I

NAPA FREÁTICA : no presenta

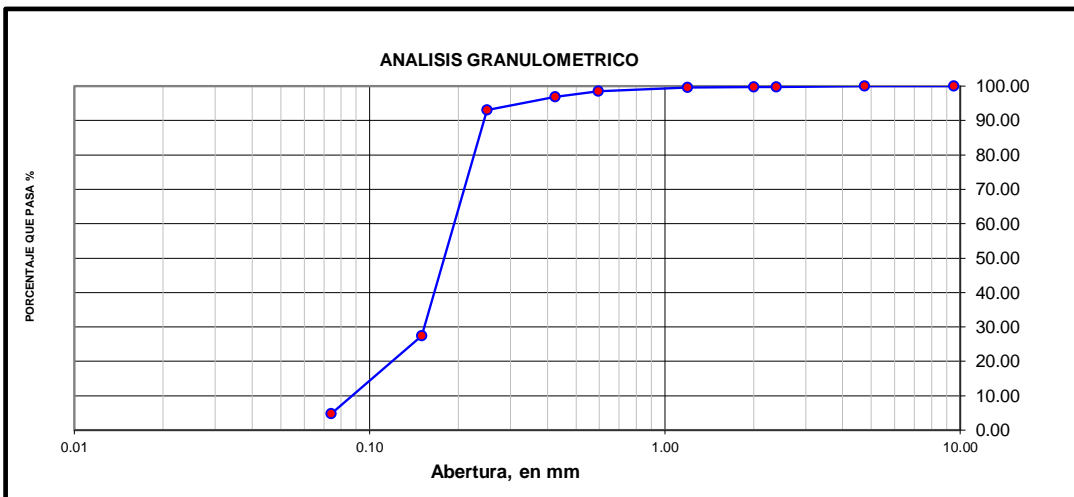
ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	190.560				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.39	0.20	0.20	99.81
Nº 10	2.000	0.10	0.05	0.25	99.76
Nº 16	1.191	0.19	0.10	0.34	99.66
Nº 30	0.595	2.42	1.21	1.55	98.45
Nº 40	0.425	3.09	1.55	3.10	96.91
Nº 60	0.250	7.69	3.85	6.94	93.06
Nº 100	0.150	131.30	65.65	72.59	27.41
Nº 200	0.074	45.38	22.69	95.28	4.72
< Nº 200	---	9.44	4.72	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.28</b>	<b>Finos (%) = 4.72</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.15  
 D<sub>60</sub> = 0.22

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.44$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.14$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.100	28.000	27.950	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	114.11	112.50	110.59	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	109.86	108.76	106.52	
4. Peso Agua, [gr]	4.25	3.74	4.07	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	81.76	80.76	78.57	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	5.20	4.63	5.18	5.00

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	94.99%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.05%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	2.76%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	92.19%
Finos(Diam<Nº200)	4.72%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)



PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. Virú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

NAPA FREÁTICA : no presenta

CALICATA : C-02

ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

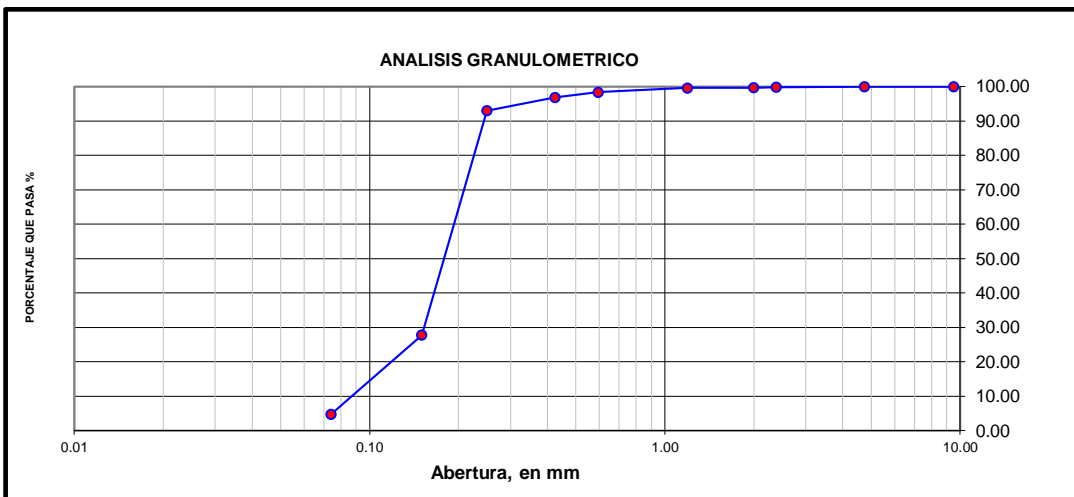
MUESTRA : M-I

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	190.590				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.42	0.21	0.21	99.79
Nº 10	2.000	0.16	0.08	0.29	99.71
Nº 16	1.191	0.26	0.13	0.42	99.58
Nº 30	0.595	2.39	1.20	1.62	98.39
Nº 40	0.425	3.11	1.56	3.17	96.83
Nº 60	0.250	7.65	3.83	7.00	93.01
Nº 100	0.150	130.59	65.30	72.29	27.71
Nº 200	0.074	46.01	23.01	95.30	4.71
< Nº 200	---	9.41	4.71	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.30</b>	<b>Finos (%) = 4.71</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.15  
 D<sub>60</sub> = 0.22

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.44$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.14$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	27.850	27.695	28.050	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	110.25	115.64	114.62	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	106.35	111.30	110.63	
4. Peso Agua, [gr]	3.90	4.34	3.99	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	78.50	83.61	82.58	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	4.97	5.19	4.83	5.00

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	94.96%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.08%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	2.75%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	92.13%
Finos(Diam<Nº200)	4.71%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN

: Av. Virú

SOLICITA

: Tesistas

FECHA

: NOVIEMBRE 2017

CALICATA

: C-03

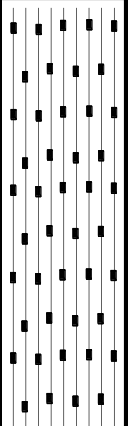
PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : 1.50 mt.

MUESTRA

: M-I

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
1.50	1.50	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		<p>Primer Horizonte :</p> <p>Arenas finas limpias, uniformes, contenidos de arenas medias y gruesas mal graduadas, flojas y de color beige claro.</p>	SP	A-2-4 (0)	5.00%	NP	NP



PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. Virú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

CALICATA : C-03

MUESTRA : M-I

NAPA FREÁTICA : no presenta

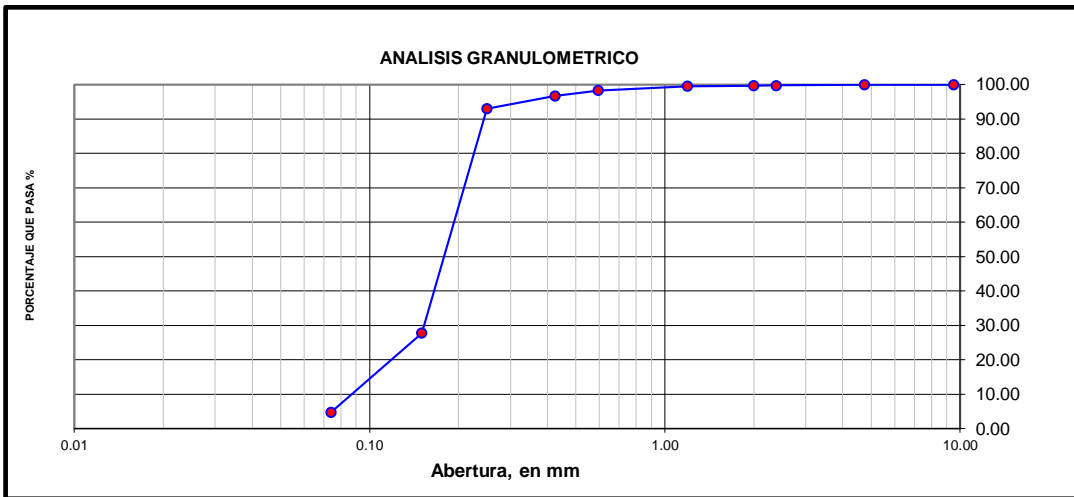
ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	190.630				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.56	0.28	0.28	99.72
Nº 10	2.000	0.11	0.06	0.34	99.67
Nº 16	1.191	0.25	0.13	0.46	99.54
Nº 30	0.595	2.58	1.29	1.75	98.25
Nº 40	0.425	3.01	1.51	3.26	96.75
Nº 60	0.250	7.55	3.78	7.03	92.97
Nº 100	0.150	130.52	65.26	72.29	27.71
Nº 200	0.074	46.05	23.03	95.32	4.69
< Nº 200	---	9.37	4.69	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.32</b>	<b>Finos (%) = 4.69</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.15  
 D<sub>60</sub> = 0.22

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.44$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.14$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.000	27.850	28.100	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	116.26	112.50	116.00	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	112.00	108.50	111.84	
4. Peso Agua, [gr]	4.26	4.00	4.16	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	84.00	80.65	83.74	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>5.07</b>	<b>4.96</b>	<b>4.97</b>	<b>5.00</b>

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	94.91%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.06%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	2.80%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	92.06%
Finos(Diam<Nº200)	4.69%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico"

UBICACIÓN : Av. Virú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

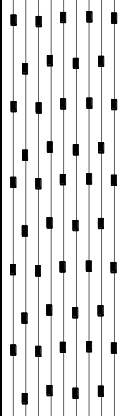
CALICATA : C-04

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : 1.50 mt.

MUESTRA : M-I

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
1.50	1.50	<b>C A L I C A T A</b>	<b>MUESTRA A CIELO ABIERTO</b>	Obs-01		<b>Primer Horizonte :</b>  Arenas finas limpias, uniformes, contenidos de arenas medias y gruesas mal graduadas, flojas y de color beige claro.	<b>SP</b>	<b>A-2-4 (0)</b>	<b>5.00%</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. Virú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

NAPA FREÁTICA : no presenta

CALICATA : C-04

ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

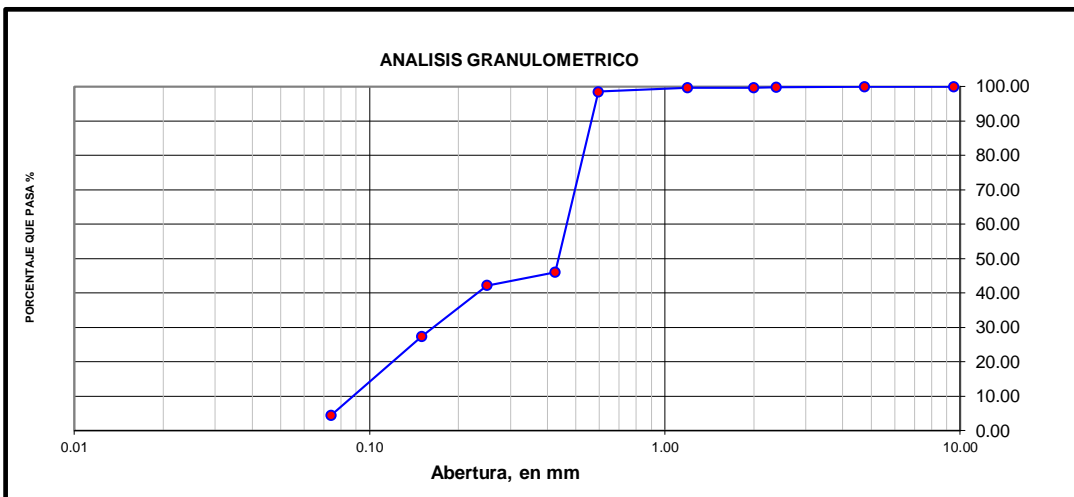
MUESTRA : M-I

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	191.150				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.42	0.21	0.21	99.79
Nº 10	2.000	0.15	0.08	0.29	99.72
Nº 16	1.191	0.20	0.10	0.39	99.62
Nº 30	0.595	2.23	1.12	1.50	98.50
Nº 40	0.425	104.95	52.48	53.98	46.03
Nº 60	0.250	7.67	3.84	57.81	42.19
Nº 100	0.150	29.67	14.84	72.65	27.36
Nº 200	0.074	45.86	22.93	95.58	4.42
< Nº 200	---	8.85	4.42	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.58</b>	<b>Finos (%) = 4.42</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.18  
 D<sub>60</sub> = 0.47

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 5.22$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.77$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	27.850	27.695	28.050	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	110.25	115.64	114.62	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	106.35	111.30	110.63	
4. Peso Agua, [gr]	3.90	4.34	3.99	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	78.50	83.61	82.58	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	4.97	5.19	4.83	5.00

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	95.27%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.08%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	53.59%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	41.60%
Finos(Diam<Nº200)	4.42%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN

: Av. Virú

SOLICITA

: Tesistas

FECHA

: NOVIEMBRE 2017

CALICATA

: C-05

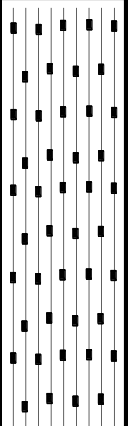
PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : 1.50 mt.

MUESTRA

: M-I

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
1.50	1.50	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		<p>Primer Horizonte :</p> <p>Arenas finas limpias, uniformes, contenidos de arenas medias y gruesas mal graduadas, flojas y de color beige claro.</p>	SP	A-2-4 (0)	5.00%	NP	NP

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. Virú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

NAPA FREÁTICA : no presenta

CALICATA : C-05

ESPELOR DE ESTRATO : 1.50 m.

MUESTRA : M-I

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

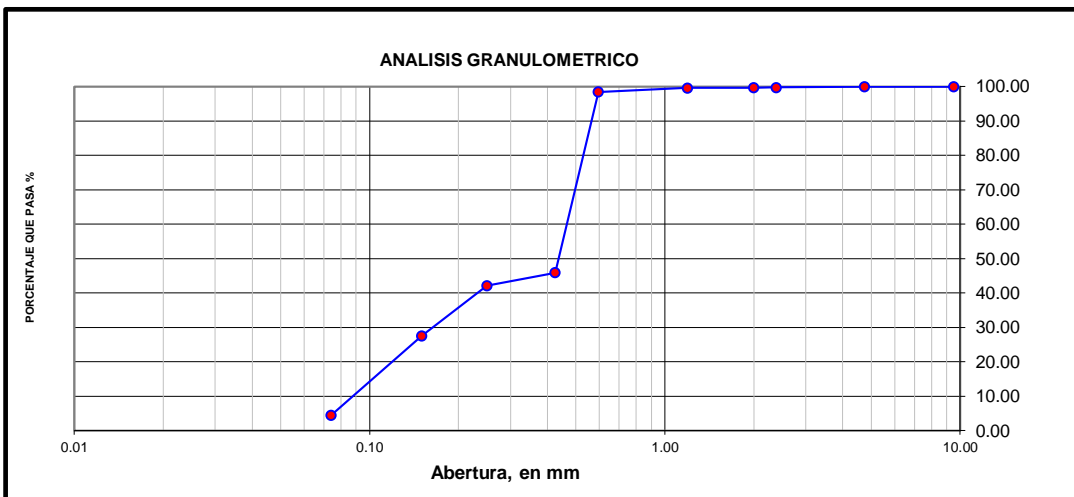
## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000
Peso Tamizado, [gr]	191.130

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.52	0.26	0.26	99.74
Nº 10	2.000	0.09	0.05	0.31	99.70
Nº 16	1.191	0.22	0.11	0.42	99.59
Nº 30	0.595	2.32	1.16	1.58	98.43
Nº 40	0.425	105.11	52.56	54.13	45.87
Nº 60	0.250	7.66	3.83	57.96	42.04
Nº 100	0.150	29.15	14.58	72.54	27.47
Nº 200	0.074	46.06	23.03	95.57	4.44
< Nº 200	---	8.87	4.44	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.57</b>	<b>Finos (%) = 4.44</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.17  
 D<sub>60</sub> = 0.47

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 5.22$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.68$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	26.754	27.695	28.050	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	120.54	136.45	132.50	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	116.00	132.00	126.92	
4. Peso Agua, [gr]	4.54	4.45	5.58	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	89.25	104.31	98.87	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>5.09</b>	<b>4.27</b>	<b>5.64</b>	<b>5.00</b>

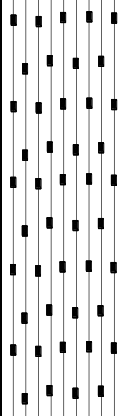
## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	95.20%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.05%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	53.72%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	41.44%
Finos(Diam<Nº200)	4.44%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)



PROYECTO : **“Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico”**  
 UBICACIÓN : Av. PuenteVirú  
 SOLICITA : Tesistas  
 FECHA : NOVIEMBRE 2017  
 CALICATA : C-06 PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : 1.50 mt.  
 MUESTRA : M-I NAPA FREÁTICA : **NO PRESENTA**

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
1.50	1.50	<b>C A L I C A T A</b>	<b>MUESTRA A CIELO ABIERTO</b>	Obs-01		<b>Primer Horizonte :</b>  Arenas finas limpias, uniformes, contenidos de arenas medias y gruesas mal graduadas, flojas y de color beige claro.	<b>SP</b>	<b>A-2-4 (0)</b>	<b>5.00%</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>

PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. PuenteVirú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

NAPA FREÁTICA : no presenta

CALICATA : C-06

ESPELOR DE ESTRATO : 1.50 m.

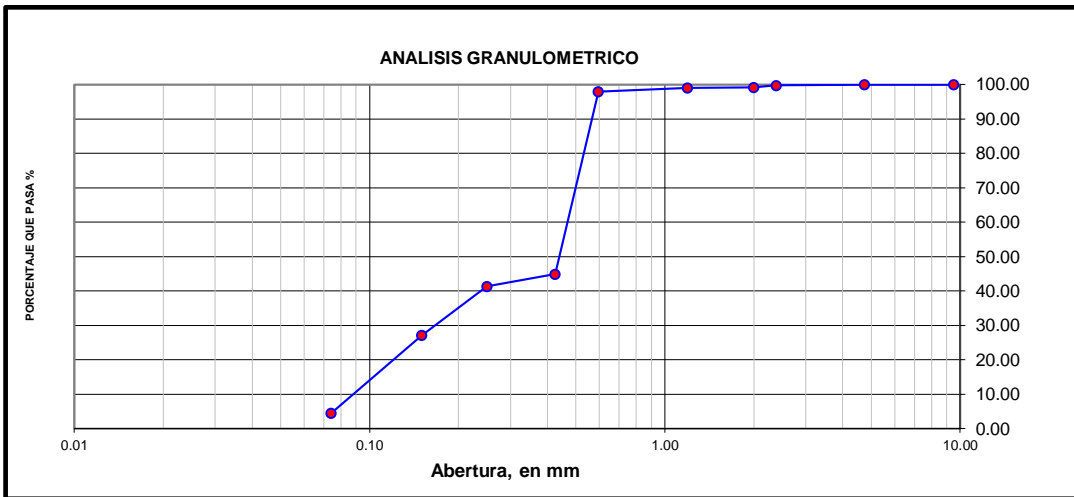
MUESTRA : M-I

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	191.160				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	0.55	0.28	0.28	99.73
Nº 10	2.000	1.06	0.53	0.81	99.20
Nº 16	1.191	0.29	0.15	0.95	99.05
Nº 30	0.595	2.39	1.20	2.15	97.86
Nº 40	0.425	106.01	53.01	55.15	44.85
Nº 60	0.250	7.15	3.58	58.73	41.28
Nº 100	0.150	28.49	14.25	72.97	27.03
Nº 200	0.074	45.22	22.61	95.58	4.42
< Nº 200	---	8.84	4.42	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 95.58</b>	<b>Finos (%) = 4.42</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

D<sub>10</sub> = 0.09  
 D<sub>30</sub> = 0.18  
 D<sub>60</sub> = 0.47

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 5.22$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.77$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.100	28.000	27.950	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	120.54	113.50	115.26	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	116.30	109.05	111.35	
4. Peso Agua, [gr]	4.24	4.45	3.91	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	88.20	81.05	83.40	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	4.81	5.49	4.69	5.00

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	95.16%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.53%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	54.20%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	40.43%
Finos(Diam<Nº200)	4.42%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SP
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)



PROYECTO

: "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico "

UBICACIÓN : Av. PuenteVirú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

NAPA FREÁTICA : no presenta

CALICATA : C-07

ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

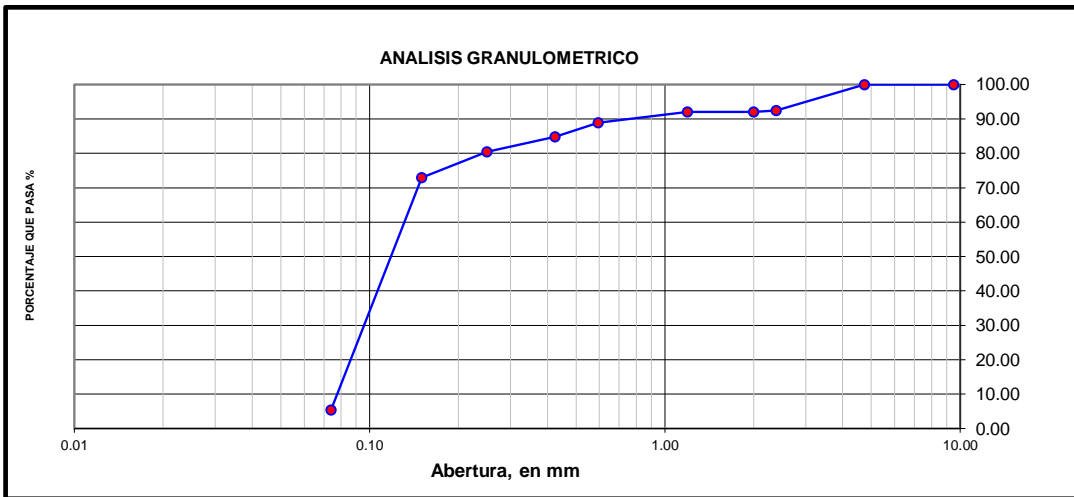
MUESTRA : M-I

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	189.190				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	15.01	7.51	7.51	92.50
Nº 10	2.000	1.00	0.50	8.01	92.00
Nº 16	1.191	0.00	0.00	8.01	92.00
Nº 30	0.595	6.30	3.15	11.16	88.85
Nº 40	0.425	8.05	4.03	15.18	84.82
Nº 60	0.250	8.80	4.40	19.58	80.42
Nº 100	0.150	15.01	7.51	27.09	72.92
Nº 200	0.074	135.02	67.51	94.60	5.41
< Nº 200	---	10.81	5.41	100.00	0.00



<b>Grava (%) = 0.00</b>	<b>Arena (%) = 94.60</b>	<b>Finos (%) = 5.41</b>
-------------------------	--------------------------	-------------------------

$$D_{10} = 0.08 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1.63 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.96$$

$$D_{30} = 0.10$$

$$D_{60} = 0.13$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.100	28.000	27.950	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	112.65	116.00	120.65	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	108.00	111.50	117.27	
4. Peso Agua, [gr]	4.65	4.50	3.38	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	79.90	83.50	89.32	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>5.82</b>	<b>5.39</b>	<b>3.78</b>	<b>5.00</b>

#### 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(N°4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (N°4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(N°200<Diam<N°4)	87.09%
Arena Gruesa (N°10<Diam<N°4)	0.50%
Arena Media (N°40<Diam<N°10)	7.18%
Arena Fina (N°200<Diam<N°40)	79.42%
Finos(Diam<N°200)	5.41%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	5.00%
Clasificacion SUCS	SM
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)

PROYECTO : **“Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico”**

UBICACIÓN : Av. PuenteVirú

SOLICITA : Tesistas

FECHA : NOVIEMBRE 2017

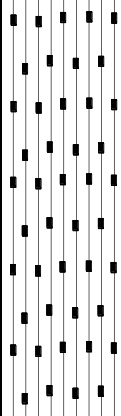
CALICATA : C-08

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : 1.50 mt.

MUESTRA : M-I

NAPA FREÁTICA : **NO PRESENTA**

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
1.50	1.50	<b>C A L I C A T A</b>	<b>MUESTRA A CIELO ABIERTO</b>	Obs-01		<b>Primer Horizonte :</b>  ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	<b>SM</b>	<b>A-2-4 (0)</b>	<b>7.30%</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>



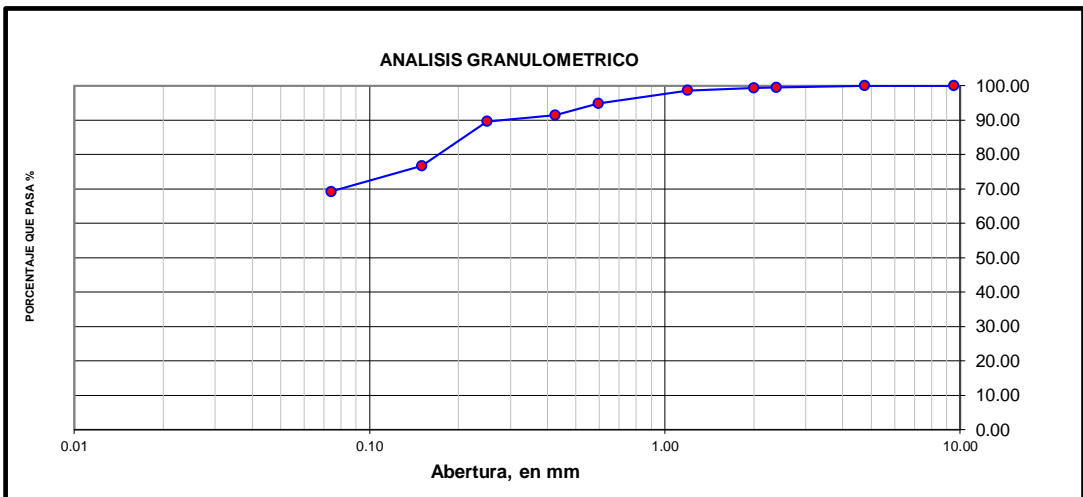
**PROYECTO** : "Evaluación estructural de la carretera Puente Virú - Virú, Utilizando el método Mecánico"  
**UBICACIÓN** : Av. PuenteVirú  
**SOLICITA** : Tesistas  
**FECHA** : NOVIEMBRE 2017  
**CALICATA** : C-08  
**MUESTRA** : M-I

**NAPA FREÁTICA** : no presenta  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.50 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	200.000				
Peso Tamizado, [gr]	61.640				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.381	1.13	0.57	0.57	99.44
Nº 10	2.000	0.20	0.10	0.67	99.34
Nº 16	1.191	1.51	0.76	1.42	98.58
Nº 30	0.595	7.43	3.72	5.14	94.87
Nº 40	0.425	6.83	3.42	8.55	91.45
Nº 60	0.250	3.71	1.86	10.41	89.60
Nº 100	0.150	25.82	12.91	23.32	76.69
Nº 200	0.074	15.01	7.51	30.82	69.18
< Nº 200	---	138.36	69.18	100.00	0.00



**Grava (%) = 0.00      Arena (%) = 30.82      Finos (%) = 69.18**

$D_{10} = 0.08$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1.63$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.96$   
 $D_{30} = 0.10$   
 $D_{60} = 0.13$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
AASHTO	A-2-4 (0)	Materiales granulares con partículas finas limosas.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, [%]			

Procedimiento	LIMITE PLASTICO		
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	<b>NO PRESENTA</b>		
4. Peso Agua, [gr]			
5. Peso Suelo Seco, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.100	28.000	27.950	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	114.11	112.50	110.59	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	108.00	107.00	104.98	
4. Peso Agua, [gr]	6.11	5.50	5.61	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	79.90	79.00	77.03	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>7.65</b>	<b>6.96</b>	<b>7.28</b>	<b>7.30</b>

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava(Nº4<Diam<3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4"<Diam<3")	0.00%
Grava Fina (Nº4<Diam<3/4")	0.00%
Arena(Nº200<Diam<Nº4)	29.50%
Arena Gruesa (Nº10<Diam<Nº4)	0.10%
Arena Media (Nº40<Diam<Nº10)	7.13%
Arena Fina (Nº200<Diam<Nº40)	22.27%
Finos(Diam<Nº200)	69.18%
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice de plasticidad	NP
Contenido de Humedad	7.30%
Clasificacion SUCS	SM
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# PRÓCTOR

PROYECTO "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"

UBICACIÓN VIRÚ

SOLICITA TESISTAS

FECHA NOVIEMBRE DE 2017

CALICATA C-1

MUESTRA M-1

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

ESPESOR DE ESTRATO : 1.50 m.

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

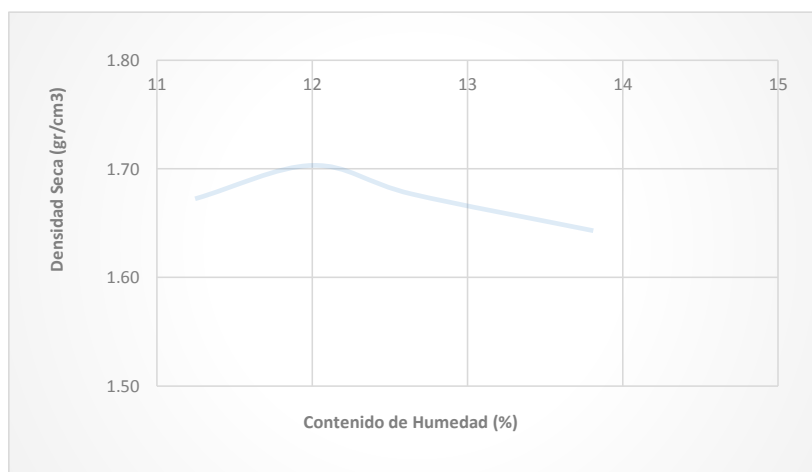
**DENSIDAD HUMEDAD**

ENSAYO N°	1	2	3	4
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	8820.00	8920.00	8880.00	8840.00
Peso del Molde (gr)	4870.00	4870.00	4870.00	4870.00
Peso Muestra Húmeda (gr)	3950.00	4050.00	4010.00	3970.00
Volúmen del molde (cc)	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Densidad humeda (gr/cc)	1.86	1.91	1.89	1.87

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Número de Tara	1	2	3	4
Peso humedo + Tara (gr)	217.79	264.23	222.27	241.86
Peso Seco + Tara (gr)	189.27	236.36	193.90	213.36
Peso tara (gr)	28.52	27.87	28.37	28.50
Peso agua (gr)	7.31	13.06	13.78	18.23
Peso Muestra Seca (gr)	65.00	108.80	109.00	132.00
Contenido de Humedad %	11.25	12.00	12.64	13.81
Densidad Seca (gr/cc)	1.67	1.70	1.68	1.64

**CURVA DE COMPACTACION**



**PROYECTO** "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"  
**UBICACIÓN** VIRÚ  
**SOLICITA** TESISITAS  
**FECHA** NOVIEMBRE DE 2017 **NAPA FREATICA** : NO PRESENTA  
**CALICATA** C-2 **ESPEJOR DE ESTRATO** : 1.50 m.  
**MUESTRA** M-1 **PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m.

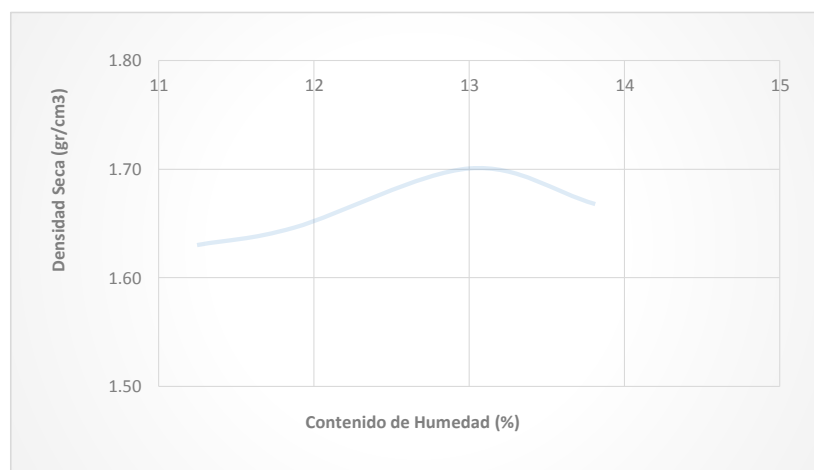
**DENSIDAD HUMEDAD**

ENSAYO N°	1	2	3	4
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	8720.00	8780.00	8950.00	8900.00
Peso del Molde (gr)	4870.00	4870.00	4870.00	4870.00
Peso Muestra Húmeda (gr)	3850.00	3910.00	4080.00	4030.00
Volúmen del molde (cc)	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Densidad húmeda (gr/cc)	<b>1.81</b>	<b>1.84</b>	<b>1.92</b>	<b>1.90</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Número de Tara	1	2	3	4
Peso húmedo + Tara (gr)	217.79	264.23	222.27	241.86
Peso Seco + Tara (gr)	189.27	236.36	193.90	213.36
Peso tara (gr)	28.52	27.87	28.37	28.50
Peso agua (gr)	7.31	13.06	13.78	18.23
Peso Muestra Seca (gr)	65.00	110.00	106.00	132.00
Contenido de Humedad %	11.25	11.87	13.00	13.81
Densidad Seca (gr/cc)	<b>1.63</b>	<b>1.65</b>	<b>1.70</b>	<b>1.67</b>

### CURVA DE COMPACTACION



**PROYECTO** "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"  
**UBICACIÓN** VIRÚ  
**SOLICITA** TESISITAS  
**FECHA** NOVIEMBRE DE 2017 **NAPA FREATICA** : NO PRESENTA  
**CALICATA** C-3 **ESPEJOR DE ESTRATO** : 1.50 m.  
**MUESTRA** M-1 **PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m.

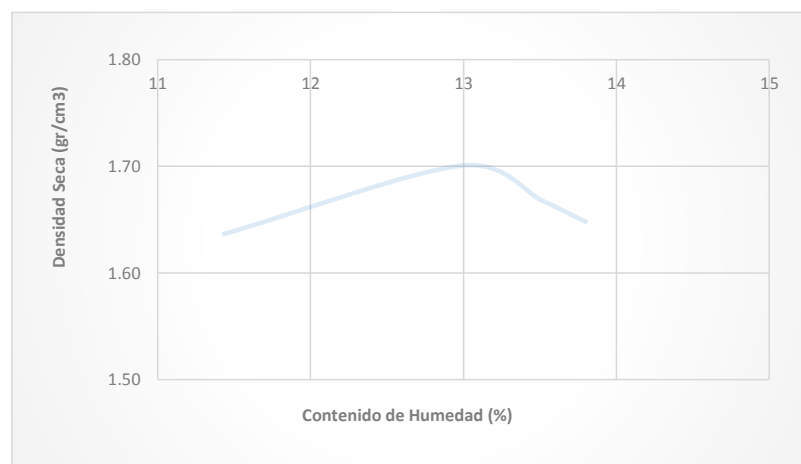
**DENSIDAD HUMEDAD**

ENSAYO N°	1	2	3	4
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	8740.00	8950.00	8890.00	8850.00
Peso del Molde (gr)	4870.00	4870.00	4870.00	4870.00
Peso Muestra Húmeda (gr)	3870.00	4080.00	4020.00	3980.00
Volúmen del molde (cc)	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Densidad húmeda (gr/cc)	1.82	1.92	1.89	1.87

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Número de Tara	1	2	3	4
Peso húmedo + Tara (gr)	217.79	264.23	222.27	241.86
Peso Seco + Tara (gr)	189.27	236.36	193.90	213.36
Peso tara (gr)	28.52	27.87	28.37	28.50
Peso agua (gr)	7.31	13.06	13.78	18.23
Peso Muestra Seca (gr)	64.00	100.50	102.00	132.00
Contenido de Humedad %	11.42	13.00	13.51	13.81
Densidad Seca (gr/cc)	1.64	1.70	1.67	1.65

### CURVA DE COMPACTACION





**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

**CBR**

**PROYECTO** : "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"  
**SOLICITA** TESISTAS  
**LUGAR** :CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU  
**FECHA** : NOVIEMBRE DE 2017 **MATERIAL:** TERRENO NATURAL

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor modificado**

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.70
Optimo Contenido de Humedad (%)	12.00

**b) Compactación de los moldes CBR**

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	9249.00	8920.00	7985.00
2	Peso del molde [gr]	4190.00	4190.00	4190.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5059.00	4730.00
4	Volumen de molde [cm3]		2117.40	2117.40
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.39	2.23

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Tara N°		3	2	1
6	Peso de la tara, [gr]	19.000	17.550	17.200
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	48.720	47.390	46.560
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	45.100	43.790	43.010
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	3.620	3.600
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	26.100	26.240
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.87%	13.72%
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.10	1.96

**c) Prueba de penetración**

Area del anillo = 3 pulg<sup>2</sup>

Presión (libras/pulg<sup>2</sup>) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		60.0	157	30.0	84	9.0	32
0.050		100.0	255	65.0	170	42.0	113
0.075		115.0	292	85.0	219	64.0	167
0.100	1000	130.0	329	110.0	280	76.0	196
0.200	1500	130.0	329	110.0	280	90.0	231
0.300	1900	139.0	351	115.0	292	93.0	238
0.400		140.0	353	115.0	292	94.0	241
0.500		145.0	366	120.0	304	98.0	250



PROYECTO

: "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"

SOLICITA

TESISTAS

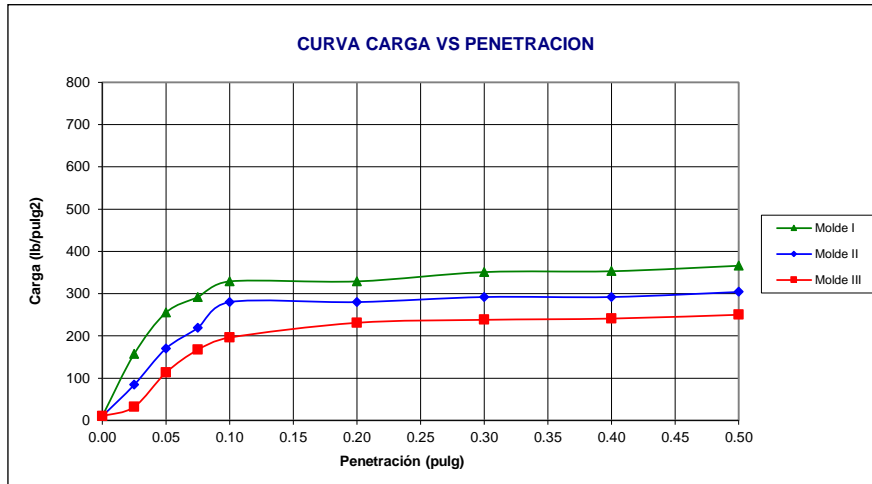
LUGAR

: CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU

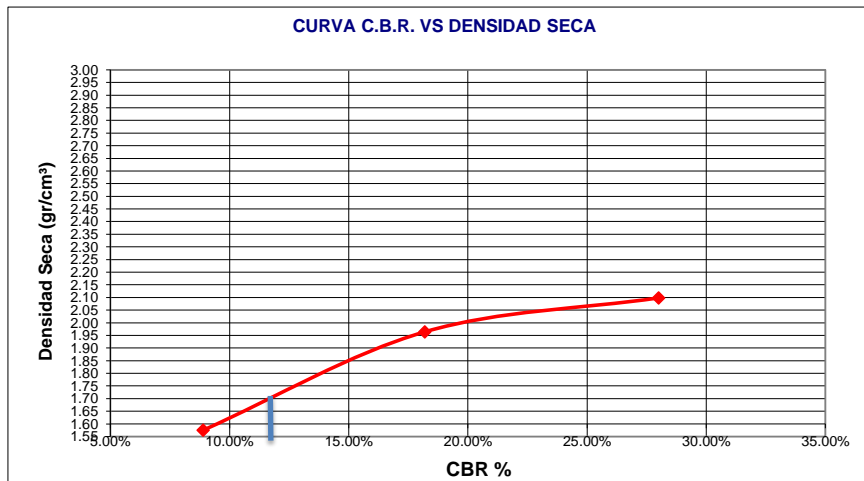
FECHA

: NOVIEMBRE DE 2017

MATERIAL: TERRENO NATURAL



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	280.0	1000	28.00	NO PRESENTA
II	0.1	182.0	1000	18.20	NO PRESENTA
III	0.1	89.0	1000	8.90	NO PRESENTA



100 % Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.70
C.B.R. (%)	12.00%

**PROYECTO** : "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"  
**SOLICITA** TESISISTAS  
**LUGAR** :CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU  
**FECHA** : NOVIEMBRE DE 2017 **MATERIAL:** TERRENO NATURAL

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor modificado**

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.70
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.00

**b) Compactación de los moldes CBR**

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	9250.00	8918.00	7982.00
2	Peso del molde [gr]	4190.00	4190.00	4190.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5060.00	4728.00
4	Volumen de molde [cm3]		2117.40	2117.40
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.39	2.23

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Tara N°		3	2	1
6	Peso de la tara, [gr]	19.000	17.550	17.200
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	48.720	47.390	46.560
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	45.100	43.790	43.010
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	3.620	3.550
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	26.100	25.810
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.87%	13.72%
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.10	1.96

**c) Prueba de penetración**

Área del anillo = 3 pulg<sup>2</sup>

Presión (libras/pulg<sup>2</sup>) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		55.0	145	28.0	79	10.0	35
0.050		90.0	231	62.0	162	45.0	120
0.075		115.0	292	79.0	204	60.0	157
0.100	1000	125.0	317	101.0	258	80.0	206
0.200	1500	130.0	329	112.0	285	85.0	219
0.300	1900	139.0	351	114.0	290	92.0	236
0.400		140.0	353	115.0	292	94.0	241
0.500		142.0	358	115.0	292	95.0	243

PROYECTO

: "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"

SOLICITA

TESISTAS

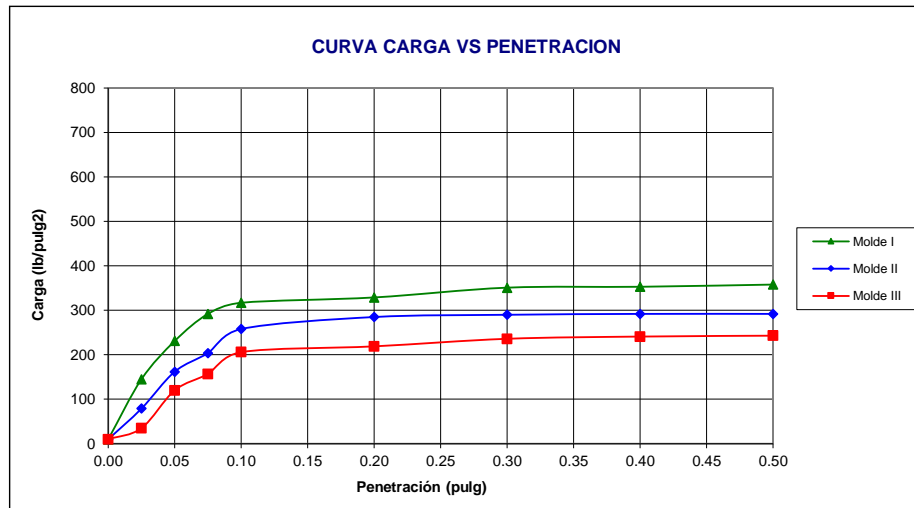
LUGAR

: CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU

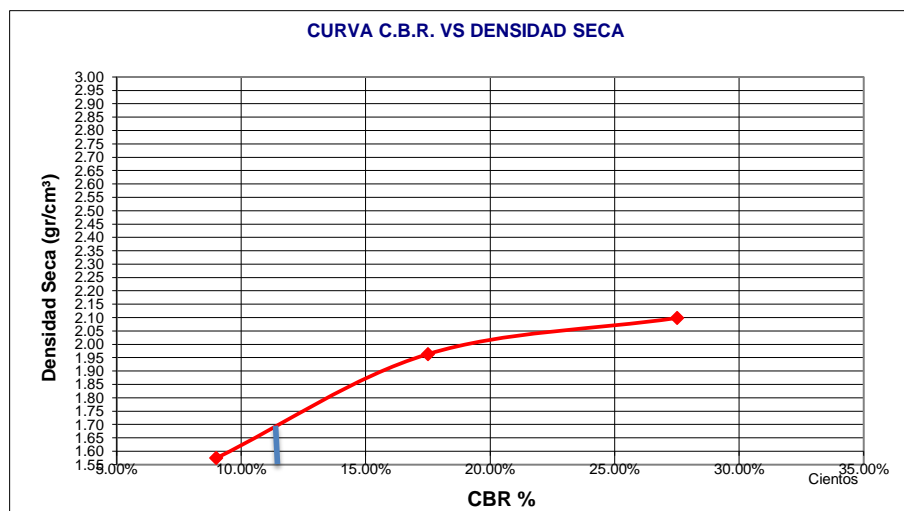
FECHA

: NOVIEMBRE DE 2017

MATERIAL: TERRENO NATURAL



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	275.0	1000	27.50	NO PRESENTA
II	0.1	175.0	1000	17.50	NO PRESENTA
III	0.1	90.0	1000	9.00	NO PRESENTA



100 % Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.70
C.B.R. (%)	11.00%

**PROYECTO** : "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"  
**SOLICITA** TESISITAS  
**LUGAR** :CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU  
**FECHA** : NOVIEMBRE DE 2017 **MATERIAL:** TERRENO NATURAL

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor modificado**

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.70
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.00

**b) Compactación de los moldes CBR**

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	9248.00	8916.00	7980.00
2	Peso del molde [gr]	4190.00	4190.00	4190.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4726.00	3790.00
4	Volumen de molde [cm3]	2117.40	2117.40	2117.40
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.23	1.79

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Tara N°		3	2	1
6	Peso de la tara, [gr]	19.000	17.550	17.200
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	48.720	47.390	46.560
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	45.100	43.790	43.010
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	3.620	3.550
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	26.100	25.810
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.87%	13.75%
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.10	1.57

**c) Prueba de penetración**

Área del anillo = 3 pulg<sup>2</sup>

Presión (libras/pulg<sup>2</sup>) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		50.0	133	25.0	71	8.0	30
0.050		90.0	231	60.0	157	40.0	108
0.075		110.0	280	80.0	206	60.0	157
0.100	1000	120.0	304	100.0	255	75.0	194
0.200	1500	130.0	329	110.0	280	90.0	231
0.300	1900	139.0	351	112.0	285	92.0	236
0.400		140.0	353	115.0	292	93.0	238
0.500		143.0	361	116.0	295	95.0	243

PROYECTO

: "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU, UTILIZANDO EL METODO MECANISTICO"

SOLICITA

TESISTAS

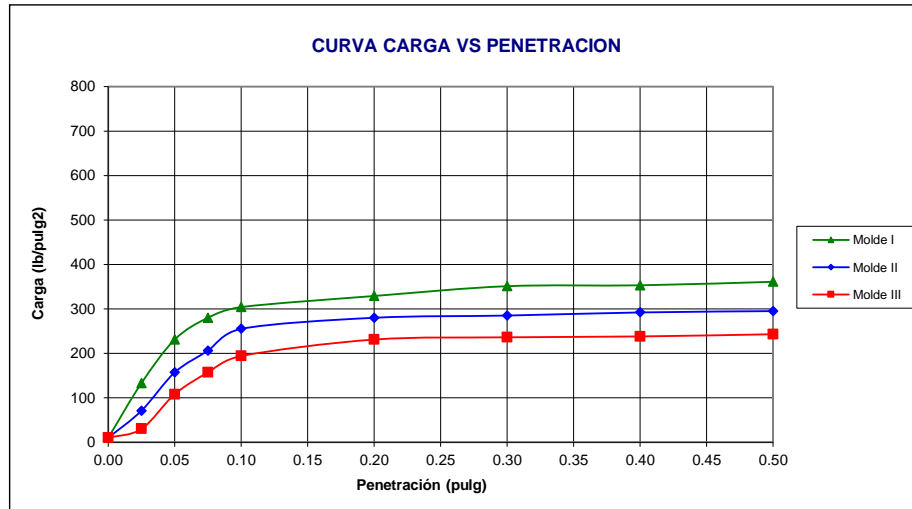
LUGAR

:CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU

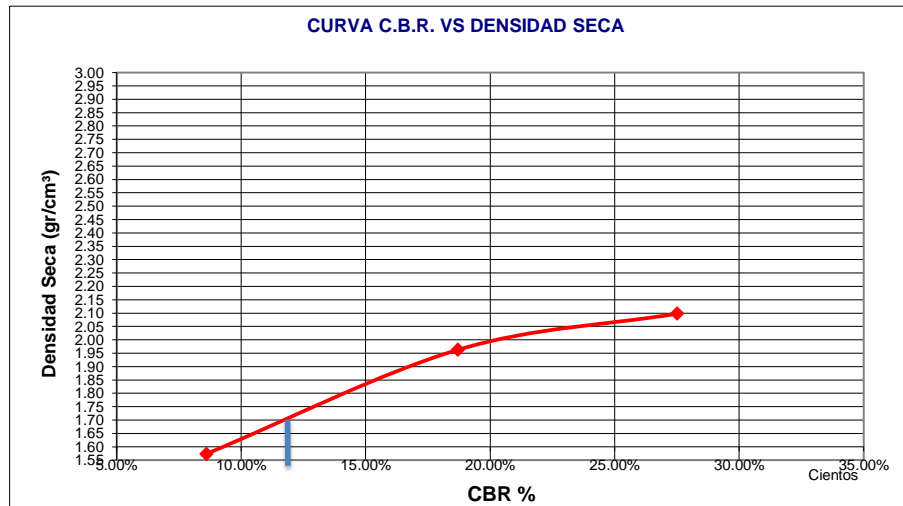
FECHA

: NOVIEMBRE DE 2017

MATERIAL: TERRENO NATURAL



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	275.0	1000	27.50	NO PRESENTA
II	0.1	187.0	1000	18.70	NO PRESENTA
III	0.1	86.0	1000	8.60	NO PRESENTA



100 % Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.70
C.B.R. (%)	12.00%



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# **ANEXO III – Panel**

## **Fotográfico.**



**VISITA A LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ (AV. VIRÚ)**

**EVALUACIÓN DEL SECTOR 01: DESDE EL KM 0+000 HASTA 4+089.55.**



**FOTO N° 01:**

Se observa la falla de "DESINTEGRACION DE BORDE, en el carril derecho en un grado ALTO de severidad, a causa del tránsito y de la abrasión.



**FOTO N° 02:**

Se observa la falla de "FISURA LONGITUDINAL, en el carril derecho en un grado MEDIO de severidad, a causa de exceso de cargas con relación a la estructura del pavimento.



**FOTO N° 03:**

Se observa la falla de "FISURA TRANSVERSAL, en el carril derecho en un grado MEDIO de severidad, a causa de la contracción de la mezcla asfáltica.



**FOTO N° 04:**

Se observa la falla de "BACHES DESCUBIERTOS", en el carril derecho en un grado MODERADO de severidad, a causa de los daños asociados a la condición estructural del pavimento.





**FOTO N° 05:**

Se observa la falla de "PELADURA", en el carril derecho en un grado ALTO de severidad, a causa de falta de adherencia agregado – asfalto y debilitamiento a nivel estructural.



**FOTO N° 06:**

Se observa la falla de "AGRIETAMIENTO POR FATIGA", en el carril derecho en un grado ALTO de severidad, a causa de los esfuerzos soportados que van degradando el pavimento haciendo notoria la falla estructural.



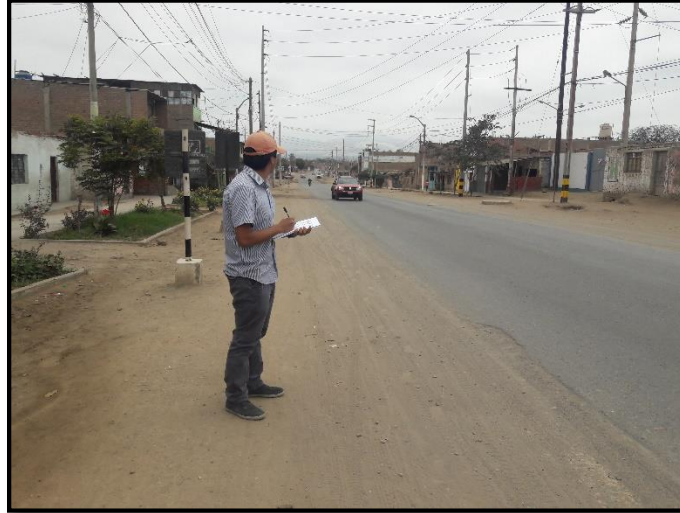
**FOTO N° 07 y 08:**

Se observa la falla de "AHUELLAMIENTO", en el carril izquierdo en un grado MODERADO de severidad, a causa de la mala compactación de las bases granulares o tensiones de trabajo mayores a las tensiones admisibles en la subrasante.



**ESTUDIO DE TRÁFICO, CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ (AV. VIRÚ)**

**EVALUACIÓN DEL SECTOR 01: DESDE EL KM 0+000 HASTA 4+089.55.**



**FOTO N° 09:**

Se observa en la imagen el conteo de vehículos en el transcurso de la mañana para luego poder realizar el estudio de tráfico.



**FOTO N° 10:**

Se observa en la imagen el conteo de vehículos en el transcurso de la tarde para luego poder realizar el estudio de tráfico.



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**



**FOTO N° 11:**

Se observa en la imagen el tránsito de los distintos vehículos en el transcurso de la mañana que nos ayudarán a obtener el estudio de tráfico necesario para el posterior diseño.



**FOTO N° 12:**

Se observa en la imagen el tránsito de los distintos vehículos en el transcurso de la tarde que nos ayudarán a obtener el estudio de tráfico necesario para el posterior diseño.



**ESTUDIO DE SUELOS, CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ (AV. VIRÚ)**  
**EVALUACIÓN DEL SECTOR 01: DESDE EL KM 0+000 HASTA 4+089.55.**



**FOTO N° 13 y 14:**

Se observa en las imágenes las calicatas realizadas para los futuros estudios y que nos ayudarán a evaluar y diseñar el pavimento.



**FOTO N° 15:**

Se observa en la imagen la calicata con su respectiva identificación de la zona, para posteriormente retirar el material necesario a evaluar.



**FOTO N° 16:**

Se observa en la imagen la muestra retirada para su posterior evaluación y así obtener los datos necesarios para el diseño.



**FOTO N° 17:**

Se observa en la imagen el proceso de tamizado para la obtención de datos necesarios para el diseño como la identificación del tipo de suelo.



**FOTO N° 18:**

Se observa en la imagen la compactación de la muestra en el proceso de ejecución del próctor para la obtención de datos necesarios para el diseño.



**FOTO N° 19:**

Se observa en la imagen el proceso donde se sumergen las muestras para su saturación durante los días respectivos.



**FOTO N° 20:**

Se observa en la imagen las muestras sumergidas para su posterior evaluación y recopilación de datos necesarios.





**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# **ANEXO IV – Cargas**

## **Vehiculares.**



**DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC y MODIFICATORIAS VIGENTES**

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C2		12,30	7	11	—	—	18	
C2RB1		20,50	7	11	11	—	29	
C2RB2		20,50	7	11	18	—	36	
C2R2		23,00	7	11	11	11	40	
C2R3		23,00	7	11	11	18	47	
C3		13,20	7	18	—	—	25	
C3R2		23,00	7	18	11	11	47	
C3R3		23,00	7	18	11	18	48 <sup>(2)</sup>	
C3R4		23,00	7	18	18	18	48 <sup>(2)</sup>	
C3RB1		20,50	7	18	11	—	36	
C3RB2		20,50	7	18	18	—	43	
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	—	—	30	
C4 RB1		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	11	—	41	
C4 RB2		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	18	—	48	
C4 R2		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	11	48 <sup>(2)</sup>	
C4 R3		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	18	48 <sup>(2)</sup>	
B2		13,20	7	11	—	—	18	
B3-1		14,00	7	16	—	—	23	
B4-1		15,00	7+7 <sup>(5)</sup>	16	—	—	30	
BA-1		18,30	7	11	7	—	25	

(1) Conjunto de ejes con un eje direccional  
 (2) Vehículos con facilidad de distribución de peso por ejes  
 (3) Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 2,40 m

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1º	2º	3º		4º
8x4		13,20	7+7 <sup>(5)</sup>	18	—	—	32	
8x4 RB1		20,50	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	—	43	
8x4 RB2		20,50	7+7 <sup>(5)</sup>	18	18	—	48 <sup>(2)</sup>	
8x4 R2		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	11	48 <sup>(2)</sup>	
8x4 R3		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	18	48 <sup>(2)</sup>	
8x4 R4		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	18	18	48 <sup>(2)</sup>	
T2S1		20,50	7	11	11	—	29	
T2S2		20,50	7	11	18	—	36	
T2 Se2		20,50	7	11	11	11	40	
T2S3		20,50	7	11	25	—	43	
T2 Se3		20,50	7	11	11 <sup>(4)</sup>	18	47	
T3 S1		20,50	7	18	11	—	36	
T3S2		20,50	7	18	18	—	43	
T3Se2		20,50	7	18	11	11	47	
T3S3		20,50	7	18	25	—	48 <sup>(2)</sup>	
T3Se3		20,50	7	18	11 <sup>(4)</sup>	18	48 <sup>(2)</sup>	
T3S2 S2		23,00	7	18	18	18	48 <sup>(2)</sup>	
T3Se2 Se2		23,00	7	18	11+11 <sup>(3)</sup>	11+11 <sup>(3)</sup>	48 <sup>(2)</sup>	
T3S2 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 <sup>(2)</sup>
T3Se2 S1Se2		23,00	7	18	11+11 <sup>(3)</sup>	11	11+11 <sup>(3)</sup>	48 <sup>(2)</sup>

(4) Eje direccional  
 (5) Carga máxima para conjunto de ejes direccionales compuestos por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 1,70 m



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

# ANEXO V – Diseño de Pavimentos

**RESULTADOS DE APLICACIÓN DE METODO ASSHTO -1993 DISEÑO DE CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU.**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO**  
**METODO AASHTO 1993**

**PROYECTO:** EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO

**SECCION:** Progresiva 0+000 - 4+089.55 km **FECHA:** Nov-17

**1. REQUISITOS DEL DISEÑO**

a. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	1.56E+07
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
d. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	3.0
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE MATERIALES**

a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN2)	0.00
b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE	0.00
c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	12533.00

**3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)**

SN Requerido	Gt	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
5.21	0.35218	7.19	14.15

**3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO**

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.10
b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.30
Subbase (m3)	1.30

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	5.21	4.70	10	20	30
2	5.21	5.21	10	20	40

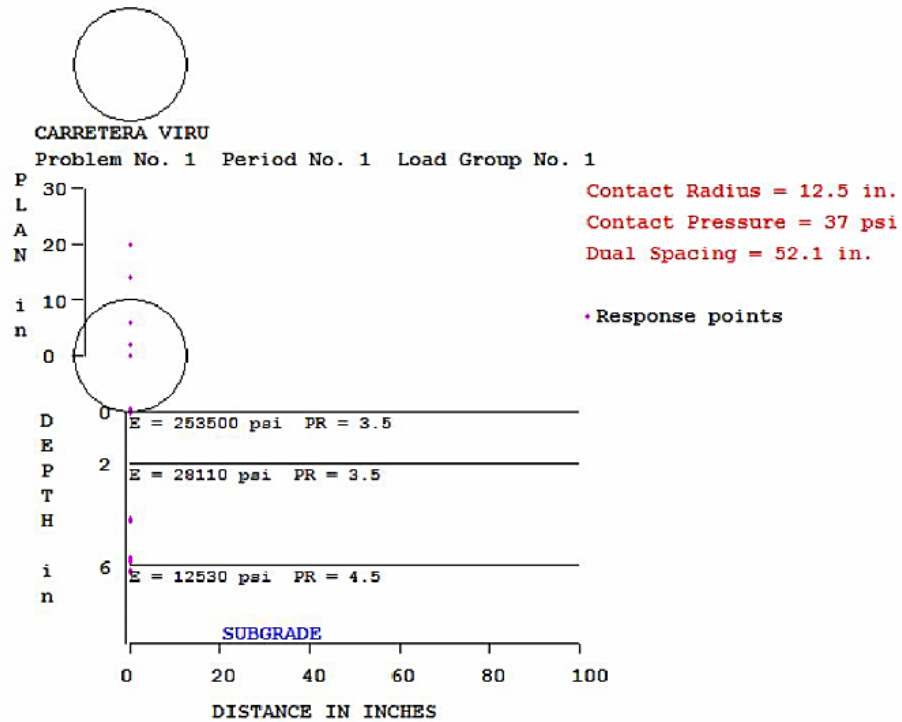
**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

Por lo tanto, mediante el Método ASHHTO – 1993, se diseñó la estructura de Pavimento Flexible para la Carretera de Estudio Puente Virú – Virú. Alcanzando una Estructura Definitiva de Pavimento.

- Espesor de Carpeta Asfáltica = 10 cm.
- Espesor de Base Granular = 20 cm.
- Espesor de Sub Base = 40 cm.



**RESULTADOS DE APLICACIÓN KENPAVE DISEÑO DE  
CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, ESTADO ESTRUCTURAL  
ACTUAL.**



**- Datos LGRAPH KENPAVE – ESFUERZOS Y DEFORMACIONES**

INPUT FILE NAME -C:\Kenpave\CARRETERA VIRU1.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -CARRETERA VIRU

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 3

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 8

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)-----= 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi

unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE: 2 4

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 3.5 3.5 4.5

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 4 4.001 6 6.001 14 14.001 20

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1 2.535E+05 2 2.811E+04 3 1.253E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 12.5

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 37

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 5

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 0

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 52.1

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 2.000

3 0.000 6.000 4 0.000 14.000 5 0.000 20.000

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

**Esfuerzos y Deformaciones en Pavimento de Estudio**



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	εt (Agrietamiento o por fatiga)	εC (Ahuellamiento)	σz. Esfuerzo en lb/pulg <sup>2</sup>
1	0.00000	-0.05366	37.000	484.121	36.782	421.915			
	(STRAIN)	-5.527E-03	-1.236E-02	-4.423E-03	-1.236E-02	-5.527E-03			
1	4.00000	-0.01872	29.586	30.010	21.378	27.739			
	(STRAIN)	-6.430E-03	-5.116E-03	-5.048E-03	-6.430E-03	-5.411E-03			
1	4.00100	-0.01871	29.584	30.009	21.382	27.742			
	(STRAIN)	-6.430E-03	-5.117E-03	-5.049E-03	-6.430E-03	-5.412E-03			
1	6.00000	-0.00597	24.673	37.759	24.604	30.974			
	(STRAIN)	-6.663E-03	-7.671E-03	-5.577E-03	-7.682E-03	-6.663E-03			
1	6.00100	-0.00599	24.656	24.683	-11.005	-8.583			
	(STRAIN)	-6.659E-03	8.991E-03	-9.003E-03	-6.659E-03	-5.596E-03			
1	14.00000	-0.05131	11.229	11.291	-4.125	-2.367			
	(STRAIN)	-3.533E-03	3.205E-03	3.232E-03	-3.533E-03	-2.762E-03			
1	14.00100	-0.05131	11.228	11.290	-4.124	-2.367			
	(STRAIN)	-3.533E-03	3.204E-03	3.232E-03	-3.533E-03	-2.762E-03			
1	20.00000	-0.06450	6.822	6.918	-1.939	-0.606			
	(STRAIN)	-2.421E-03	1.423E-03	1.466E-03	-2.421E-03	-1.836E-03			
2	0.00000	-0.05468	37.000	485.680	37.561	420.527			
	(STRAIN)	-5.565E-03	-1.236E-02	-4.408E-03	-1.236E-02	-5.565E-03			
2	4.00000	-0.01982	29.485	30.592	21.066	27.284			
	(STRAIN)	-6.457E-03	-5.109E-03	-4.932E-03	-6.457E-03	-5.461E-03			
2	4.00100	-0.01981	29.483	30.592	21.071	27.286			
	(STRAIN)	-6.457E-03	-5.110E-03	-4.933E-03	-6.457E-03	-5.462E-03			
2	6.00000	-0.00707	24.504	38.112	24.357	30.682			
	(STRAIN)	-6.686E-03	-7.675E-03	-5.497E-03	-7.699E-03	-6.686E-03			
2	6.00100	-0.00708	24.502	24.563	-10.977	-8.381			
	(STRAIN)	-6.686E-03	8.884E-03	8.910E-03	-6.686E-03	-5.547E-03			
2	14.00000	-0.05162	11.138	11.138	-4.106	-2.159			
	(STRAIN)	-3.552E-03	3.138E-03	3.138E-03	-3.552E-03	-2.697E-03			
2	14.00100	-0.05163	11.137	11.137	-4.105	-2.158			
	(STRAIN)	-3.551E-03	3.138E-03	3.138E-03	-3.551E-03	-2.697E-03			
2	20.00000	-0.06454	6.804	6.825	-1.933	-0.460			
	(STRAIN)	-2.440E-03	1.395E-03	1.404E-03	-2.440E-03	-1.793E-03			
3	0.00000	-0.06101	37.000	475.187	35.071	383.947			
	(STRAIN)	-5.530E-03	-1.172E-02	-3.910E-03	-1.172E-02	-5.530E-03			
3	4.00000	-0.02787	28.227	35.149	18.281	21.524			
	(STRAIN)	-6.406E-03	-4.814E-03	-3.705E-03	-6.406E-03	-5.887E-03			
3	4.00100	-0.02786	28.225	35.150	18.285	21.525			
	(STRAIN)	-6.406E-03	-4.815E-03	-3.706E-03	-6.406E-03	-5.887E-03			
3	6.00000	-0.01568	22.884	40.570	20.617	27.956			
	(STRAIN)	-6.624E-03	-7.436E-03	-4.604E-03	-7.798E-03	-6.624E-03			
3	6.00100	-0.01569	22.881	24.176	-10.555	-8.076			
	(STRAIN)	-6.623E-03	8.050E-03	8.619E-03	-6.623E-03	-5.535E-03			
3	14.00000	-0.05459	10.239	10.505	-3.882	-1.575			
	(STRAIN)	-3.516E-03	2.681E-03	2.797E-03	-3.516E-03	-2.504E-03			
3	14.00100	-0.05459	10.238	10.504	-3.881	-1.574			
	(STRAIN)	-3.516E-03	2.680E-03	2.797E-03	-3.516E-03	-2.503E-03			
3	20.00000	-0.06565	6.458	6.484	-1.846	-0.085			
	(STRAIN)	-2.445E-03	1.199E-03	1.211E-03	-2.445E-03	-1.672E-03			
4	0.00000	-0.08838	0.000	390.566	12.148	170.722			
	(STRAIN)	-4.886E-03	-7.701E-03	-9.841E-04	-7.701E-03	-4.886E-03			
4	4.00000	-0.06519	8.111	42.625	2.079	3.221			
	(STRAIN)	-5.451E-03	-4.669E-03	8.564E-04	-5.634E-03	-5.451E-03			
4	4.00100	-0.06518	8.112	42.622	2.082	3.221			
	(STRAIN)	-5.451E-03	-4.668E-03	8.560E-04	-5.634E-03	-5.451E-03			
4	6.00000	-0.05597	8.818	40.633	2.668	4.732			
	(STRAIN)	-5.553E-03	-4.569E-03	5.241E-04	-5.553E-03	-5.223E-03			
4	6.00100	-0.05597	8.818	18.474	-7.340	-4.640			
	(STRAIN)	-5.553E-03	1.538E-03	5.776E-03	-5.553E-03	-4.368E-03			
4	14.00000	-0.06632	6.551	8.024	-2.908	0.311			
	(STRAIN)	-3.225E-03	9.263E-04	1.573E-03	-3.225E-03	-1.812E-03			
4	14.00100	-0.06633	6.551	8.023	-2.907	0.311			
	(STRAIN)	-3.224E-03	9.263E-04	1.572E-03	-3.224E-03	-1.812E-03			
4	20.00000	-0.07046	5.015	5.318	-1.480	0.943			
	(STRAIN)	-2.366E-03	4.843E-04	6.171E-04	-2.366E-03	-1.303E-03			



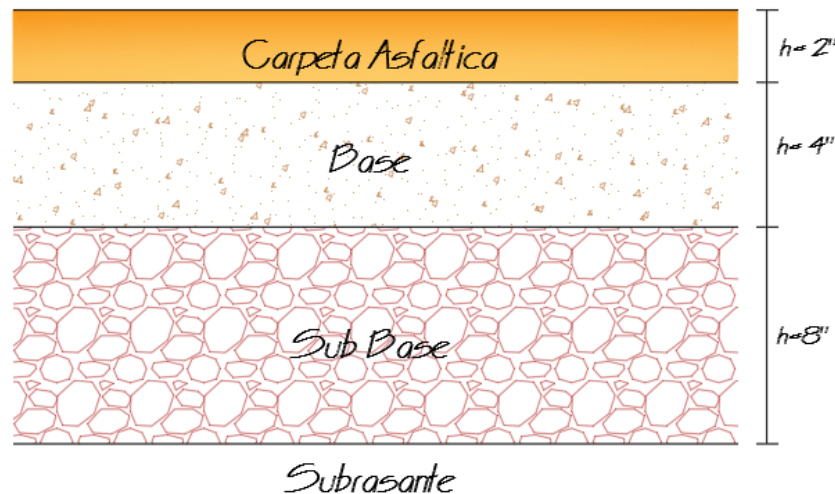
**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

5	0.00000	-0.10456	0.000	322.315	-0.636	67.541
	(STRAIN)	-4.175E-03	-5.385E-03	3.477E-04	-5.385E-03	-4.175E-03
5	4.00000	-0.08590	1.778	34.061	-0.594	1.065
	(STRAIN)	-4.394E-03	-4.015E-03	1.153E-03	-4.394E-03	-4.129E-03
5	4.00100	-0.08590	1.779	34.060	-0.596	1.065
	(STRAIN)	-4.394E-03	-4.014E-03	1.153E-03	-4.394E-03	-4.129E-03
5	6.00000	-0.07850	2.788	32.447	-3.835	2.072
	(STRAIN)	-4.434E-03	-3.374E-03	1.374E-03	-4.434E-03	-3.489E-03
5	6.00100	-0.07850	2.789	11.131	-4.386	0.243
	(STRAIN)	-4.434E-03	-1.285E-03	2.376E-03	-4.434E-03	-2.402E-03
5	14.00000	-0.07407	4.314	5.793	-2.204	2.042
	(STRAIN)	-2.989E-03	-1.284E-04	5.205E-04	-2.989E-03	-1.126E-03
5	14.00100	-0.07407	4.314	5.792	-2.204	2.042
	(STRAIN)	-2.989E-03	-1.284E-04	5.203E-04	-2.989E-03	-1.125E-03
5	20.00000	-0.07387	4.046	4.303	-1.216	1.812
	(STRAIN)	-2.293E-03	1.668E-05	1.296E-04	-2.293E-03	-9.638E-04
POINT	VERTICAL	NORMAL X	NORMAL Y	SHEAR XY	SHEAR YZ	SHEAR XZ
NO.	COORDINATE	STRESS (STRAIN)	STRESS (STRAIN)	STRESS (STRAIN)	STRESS (STRAIN)	STRESS (STRAIN)
1	0.00000	4.219E+02	4.841E+02	0.000E+00	-1.499E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.527E-03	-4.423E-03	0.000E+00	-5.321E-11	0.000E+00
1	4.00000	2.138E+01	2.816E+01	0.000E+00	-8.847E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.430E-03	-5.344E-03	0.000E+00	-2.832E-04	0.000E+00
1	4.00100	2.138E+01	2.817E+01	0.000E+00	-8.847E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.430E-03	-5.344E-03	0.000E+00	-2.832E-04	0.000E+00
1	6.00000	3.097E+01	3.769E+01	0.000E+00	-9.488E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.663E-03	-5.588E-03	0.000E+00	-3.038E-04	0.000E+00
1	6.00100	-1.101E+01	-8.556E+00	0.000E+00	-9.488E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.659E-03	-5.584E-03	0.000E+00	-8.327E-04	0.000E+00
1	14.00000	-4.125E+00	-2.306E+00	0.000E+00	-9.168E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.533E-03	-2.735E-03	0.000E+00	-8.046E-04	0.000E+00
1	14.00100	-4.124E+00	-2.305E+00	0.000E+00	-9.168E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.533E-03	-2.734E-03	0.000E+00	-8.046E-04	0.000E+00
1	20.00000	-1.939E+00	-5.092E-01	0.000E+00	-8.470E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.421E-03	-1.794E-03	0.000E+00	-7.434E-04	0.000E+00
2	0.00000	4.205E+02	4.857E+02	0.000E+00	1.508E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.565E-03	-4.408E-03	0.000E+00	5.353E-11	0.000E+00
2	4.00000	2.107E+01	2.839E+01	0.000E+00	1.561E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.457E-03	-5.284E-03	0.000E+00	4.997E-04	0.000E+00
2	4.00100	2.107E+01	2.840E+01	0.000E+00	1.561E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.457E-03	-5.284E-03	0.000E+00	4.997E-04	0.000E+00
2	6.00000	3.068E+01	3.797E+01	0.000E+00	1.415E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.686E-03	-5.520E-03	0.000E+00	4.531E-04	0.000E+00
2	6.00100	-1.098E+01	-8.320E+00	0.000E+00	1.415E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.686E-03	-5.520E-03	0.000E+00	1.242E-03	0.000E+00
2	14.00000	-4.106E+00	-2.159E+00	0.000E+00	4.982E-02	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.552E-03	-2.697E-03	0.000E+00	4.372E-05	0.000E+00
2	14.00100	-4.105E+00	-2.158E+00	0.000E+00	4.970E-02	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.551E-03	-2.697E-03	0.000E+00	4.362E-05	0.000E+00
2	20.00000	-1.933E+00	-4.388E-01	0.000E+00	-3.923E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.440E-03	-1.784E-03	0.000E+00	-3.443E-04	0.000E+00
3	0.00000	3.839E+02	4.752E+02	0.000E+00	1.939E-07	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.530E-03	-3.910E-03	0.000E+00	6.884E-12	0.000E+00
3	4.00000	1.828E+01	2.845E+01	0.000E+00	6.812E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.406E-03	-4.779E-03	0.000E+00	2.181E-03	0.000E+00
3	4.00100	1.829E+01	2.845E+01	0.000E+00	6.812E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.406E-03	-4.779E-03	0.000E+00	2.181E-03	0.000E+00
3	6.00000	2.796E+01	3.830E+01	0.000E+00	6.332E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.624E-03	-4.967E-03	0.000E+00	2.027E-03	0.000E+00
3	6.00100	-1.056E+01	-6.781E+00	0.000E+00	6.331E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-6.623E-03	-4.967E-03	0.000E+00	5.557E-03	0.000E+00
3	14.00000	-3.882E+00	-1.309E+00	0.000E+00	1.773E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.516E-03	-2.387E-03	0.000E+00	1.556E-03	0.000E+00
3	14.00100	-3.881E+00	-1.308E+00	0.000E+00	1.772E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.516E-03	-2.387E-03	0.000E+00	1.556E-03	0.000E+00
3	20.00000	-1.846E+00	-5.886E-02	0.000E+00	4.102E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.445E-03	-1.661E-03	0.000E+00	3.600E-04	0.000E+00

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ – VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

4	0.00000	1.707E+02	3.906E+02	0.000E+00	-1.306E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.886E-03	-9.841E-04	0.000E+00	-4.638E-11	0.000E+00
4	4.00000	3.221E+00	3.659E+01	0.000E+00	1.443E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.451E-03	-1.091E-04	0.000E+00	4.619E-03	0.000E+00
4	4.00100	3.221E+00	3.659E+01	0.000E+00	1.443E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.451E-03	-1.093E-04	0.000E+00	4.619E-03	0.000E+00
4	6.00000	2.668E+00	3.655E+01	0.000E+00	1.140E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.553E-03	-1.301E-04	0.000E+00	3.650E-03	0.000E+00
4	6.00100	-7.340E+00	5.016E+00	0.000E+00	1.140E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-5.553E-03	-1.305E-04	0.000E+00	1.001E-02	0.000E+00
4	14.00000	-2.908E+00	1.784E+00	0.000E+00	3.032E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.225E-03	-1.166E-03	0.000E+00	2.661E-03	0.000E+00
4	14.00100	-2.907E+00	1.783E+00	0.000E+00	3.031E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.224E-03	-1.166E-03	0.000E+00	2.661E-03	0.000E+00
4	20.00000	-1.480E+00	1.245E+00	0.000E+00	1.111E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.366E-03	-1.170E-03	0.000E+00	9.747E-04	0.000E+00
5	0.00000	6.754E+01	3.223E+02	0.000E+00	1.839E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.175E-03	3.477E-04	0.000E+00	6.529E-11	0.000E+00
5	4.00000	-5.943E-01	3.335E+01	0.000E+00	4.799E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.394E-03	1.039E-03	0.000E+00	1.536E-03	0.000E+00
5	4.00100	-5.957E-01	3.335E+01	0.000E+00	4.799E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.394E-03	1.039E-03	0.000E+00	1.536E-03	0.000E+00
5	6.00000	-3.835E+00	3.173E+01	0.000E+00	4.609E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.434E-03	1.259E-03	0.000E+00	1.475E-03	0.000E+00
5	6.00100	-4.386E+00	8.586E+00	0.000E+00	4.608E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.434E-03	1.259E-03	0.000E+00	4.045E-03	0.000E+00
5	14.00000	-2.204E+00	3.520E+00	0.000E+00	1.833E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.989E-03	-4.766E-04	0.000E+00	1.609E-03	0.000E+00
5	14.00100	-2.204E+00	3.520E+00	0.000E+00	1.833E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.989E-03	-4.767E-04	0.000E+00	1.609E-03	0.000E+00
5	20.00000	-1.216E+00	2.069E+00	0.000E+00	7.581E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.293E-03	-8.509E-04	0.000E+00	6.653E-04	0.000E+00

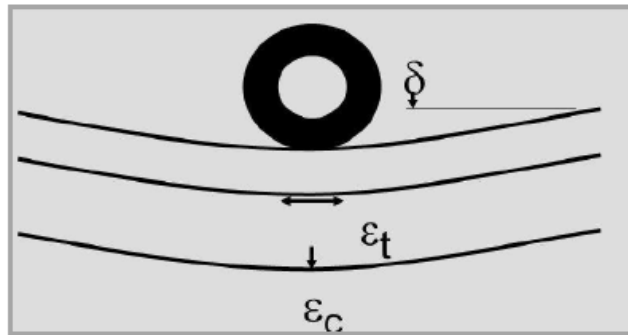
Por lo tanto, mediante la evaluación Estructural del Pavimento existente en la Carretera Puente Virú – Virú, Mediante el Método Mecanístico Programa KENPAVE. Alcanzando una Estructura Definitiva de Pavimento.



TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

- Espesor de Carpeta Asfáltica = 5 cm.
- Espesor de Base Granular = 10 cm.
- Espesor de Sub Base = 20 cm.

Por lo tanto, los valores más representativos son:



- Deformación por Tensión  $\epsilon_t$  (Agrietamiento por fatiga)

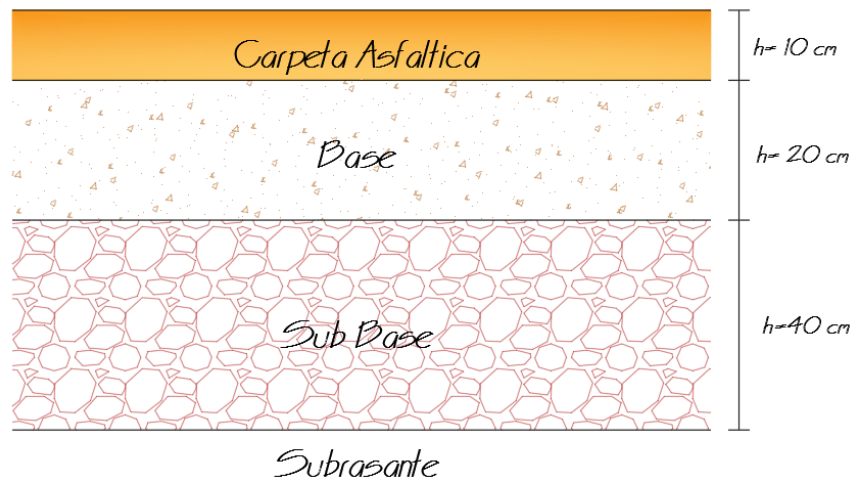
$$\epsilon_t = -6.663 E^{-3}$$

- Deformación por Compresión  $\epsilon_c$  (Ahuellamiento)

$$\epsilon_c = 8.991 E^{-3}$$

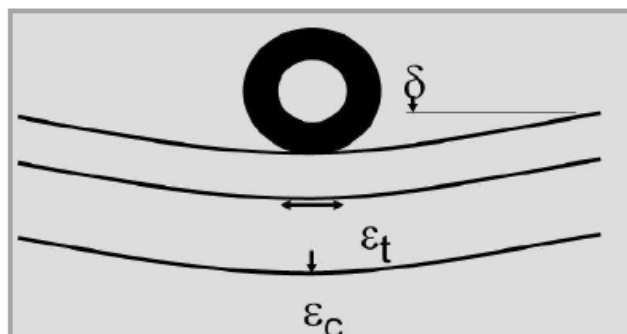
## RESULTADOS DE APLICACIÓN KENPAVE DISEÑO DE CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU, DISEÑO PROPUESTO.

Por lo tanto, mediante la evaluación Estructural del Pavimento existente en la Carretera Puente Virú – Virú, Mediante el Método Mecanístico Programa KENPAVE. Alcanzando una Estructura Definitiva de Pavimento.



- Espesor de Carpeta Asfáltica = 10 cm.
- Espesor de Base Granular = 20 cm.
- Espesor de Sub Base = 40 cm.

Por lo tanto, los valores más representativos son:



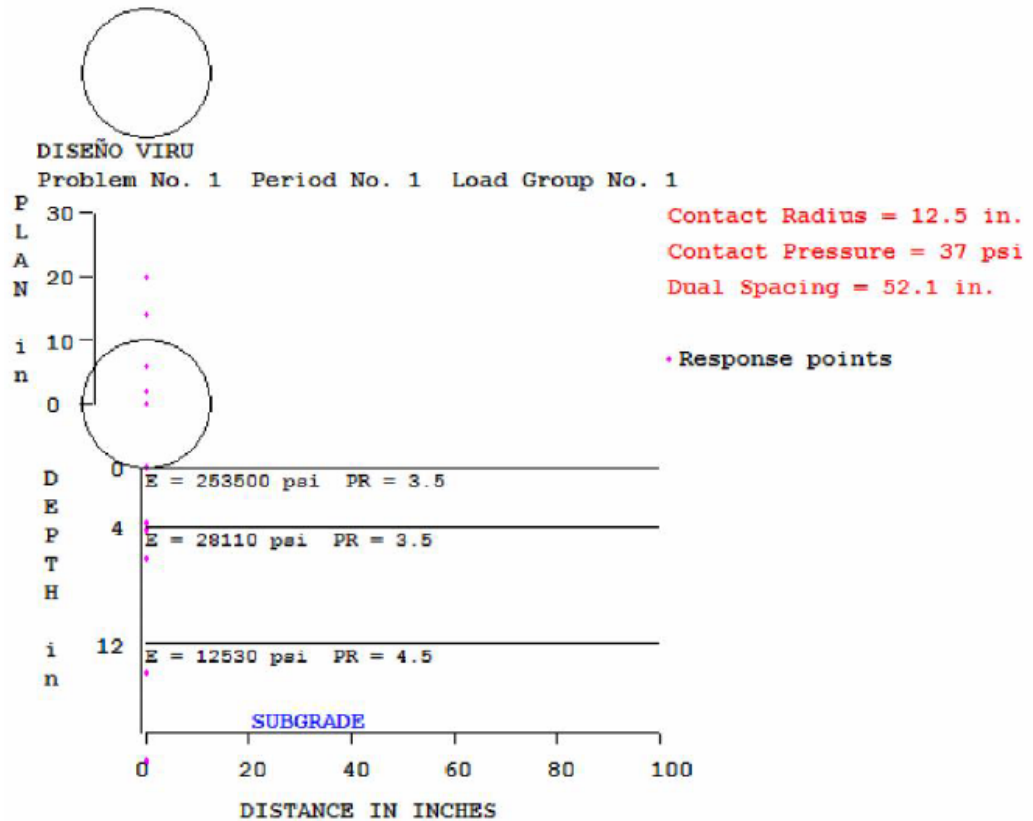
- Deformación por Tensión  $\epsilon_t$  (Agrietamiento por fatiga)

TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"

$$\epsilon_t = -4.086 E^{-3}$$

- Deformación por Comprensión  $\epsilon_c$  (Ahuellamiento)

$$\epsilon_c = 5.288 E^{-3}$$



- **Datos LGRAPH KENPAVE – ESFUERZOS Y DEFORMACIONES**

INPUT FILE NAME -C:\Kenpave\DISEÑO PROPUESTO.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -DISEÑO VIRU

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 3

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 8

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)-----= 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 8

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 3.5 3.5 4.5

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 4 4.001 6 6.001 14 14.001 20

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 2.535E+05 2 2.811E+04 3 1.253E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 12.5

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 37

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 5

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 0

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 52.1

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 2.000

3 0.000 6.000 4 0.000 14.000 5 0.000 20.000

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

### **Esfuerzos y Deformaciones en Pavimento de Diseño Propuesto**



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	et (Agrietamiento o por fatiga)
1	0.00000	-0.00160	37.000	245.336	36.167	209.356	
	(STRAIN)	-3.061E-03	-6.135E-03	-2.422E-03	-6.135E-03	-3.061E-03	
1	4.00000	0.02872	32.126	354.651	32.123	317.742	
	(STRAIN)	-4.086E-03	-9.156E-03	-3.431E-03	-9.156E-03	-4.086E-03	
1	4.00100	0.02872	32.118	32.143	-4.751	-0.684	
	(STRAIN)	-4.086E-03	1.816E-03	1.820E-03	-4.086E-03	-3.435E-03	
1	6.00000	0.02649	27.454	27.493	0.195	4.303	
	(STRAIN)	-3.952E-03	4.119E-04	4.181E-04	-3.952E-03	-3.294E-03	
1	6.00100	0.02649	27.452	27.490	0.197	4.305	
	(STRAIN)	-3.952E-03	4.112E-04	4.173E-04	-3.952E-03	-3.294E-03	
1	14.00000	0.02569	13.252	13.304	-6.630	-5.204	
	(STRAIN)	-3.437E-03	5.288E-03	5.311E-03	-3.437E-03	-2.812E-03	
1	14.00100	0.02568	13.251	13.303	-6.629	-5.204	
	(STRAIN)	-3.437E-03	5.287E-03	5.310E-03	-3.437E-03	-2.812E-03	
1	20.00000	0.00216	7.724	7.802	3.692	-2.604	
	(STRAIN)	-2.161E-03	2.849E-03	2.883E-03	-2.161E-03	-1.683E-03	
2	0.00000	-0.00167	37.000	246.869	37.038	210.408	
	(STRAIN)	-3.090E-03	-6.167E-03	-2.442E-03	-6.167E-03	-3.090E-03	
2	4.00000	0.02866	31.940	355.219	31.933	315.201	
	(STRAIN)	-4.102E-03	-9.130E-03	-3.391E-03	-9.130E-03	-4.102E-03	
2	4.00100	0.02866	31.937	32.007	-4.804	-0.438	
	(STRAIN)	-4.102E-03	1.780E-03	1.791E-03	-4.102E-03	-3.403E-03	
2	6.00000	0.02648	27.294	27.357	0.069	4.519	
	(STRAIN)	-3.966E-03	3.918E-04	4.020E-04	-3.966E-03	-3.254E-03	
2	6.00100	0.02648	27.292	27.355	0.071	4.521	
	(STRAIN)	-3.966E-03	3.911E-04	4.013E-04	-3.966E-03	-3.254E-03	
2	14.00000	0.02581	13.127	13.131	-6.633	-5.005	
	(STRAIN)	-3.447E-03	5.225E-03	5.226E-03	-3.447E-03	-2.732E-03	
2	14.00100	0.02581	13.126	13.129	-6.632	-5.004	
	(STRAIN)	-3.447E-03	5.224E-03	5.226E-03	-3.447E-03	-2.732E-03	
2	20.00000	0.00253	7.686	7.696	-3.708	-2.467	
	(STRAIN)	-2.173E-03	2.827E-03	2.831E-03	-2.173E-03	-1.629E-03	
3	0.00000	-0.00442	37.000	258.164	40.788	197.081	
	(STRAIN)	-3.350E-03	-6.124E-03	-2.266E-03	-6.124E-03	-3.350E-03	
3	4.00000	0.02516	31.032	351.375	30.925	301.696	
	(STRAIN)	-4.088E-03	-8.892E-03	-3.206E-03	-8.894E-03	-4.088E-03	
3	4.00100	0.02516	31.035	32.115	-5.172	-0.761	
	(STRAIN)	-4.088E-03	1.708E-03	1.881E-03	-4.088E-03	-3.382E-03	
3	6.00000	0.02305	26.146	27.601	-0.826	3.789	
	(STRAIN)	-3.938E-03	3.800E-04	6.129E-04	-3.938E-03	-3.199E-03	
3	6.00100	0.02305	26.144	27.599	-0.823	3.792	
	(STRAIN)	-3.938E-03	3.793E-04	6.122E-04	-3.938E-03	-3.199E-03	
3	14.00000	0.02295	11.974	12.349	-6.413	-4.372	
	(STRAIN)	-3.376E-03	4.693E-03	4.858E-03	-3.376E-03	-2.480E-03	
3	14.00100	0.02294	11.973	12.348	-6.412	-4.371	
	(STRAIN)	-3.376E-03	4.693E-03	4.857E-03	-3.376E-03	-2.480E-03	
3	20.00000	0.00185	7.204	7.256	-3.638	-2.056	
	(STRAIN)	-2.158E-03	2.601E-03	2.623E-03	-2.158E-03	-1.463E-03	
4	0.00000	-0.01706	0.000	211.989	12.148	88.399	
	(STRAIN)	-2.746E-03	-4.099E-03	-5.519E-04	-4.099E-03	-2.746E-03	
4	4.00000	-0.00121	4.021	260.661	-7.881	2.315	
	(STRAIN)	-3.662E-03	-3.450E-03	1.105E-03	-3.662E-03	-3.481E-03	
4	4.00100	-0.00121	4.034	37.007	-9.277	-5.878	
	(STRAIN)	-3.662E-03	-2.075E-03	3.203E-03	-4.206E-03	-3.662E-03	
4	6.00000	0.00232	8.215	27.511	-2.769	-1.060	
	(STRAIN)	-3.392E-03	-1.634E-03	1.455E-03	-3.392E-03	-3.118E-03	
4	6.00100	0.00232	8.215	27.508	-2.768	-1.057	
	(STRAIN)	-3.392E-03	-1.634E-03	1.455E-03	-3.392E-03	-3.118E-03	
4	14.00000	0.00897	6.959	8.847	-5.234	-1.864	
	(STRAIN)	-2.925E-03	2.425E-03	3.254E-03	-2.925E-03	-1.446E-03	
4	14.00100	0.00896	6.958	8.846	-5.233	-1.864	
	(STRAIN)	-2.925E-03	2.425E-03	3.254E-03	-2.925E-03	-1.446E-03	
4	20.00000	-0.00332	5.253	5.643	-3.224	-0.758	
	(STRAIN)	-2.011E-03	1.709E-03	1.880E-03	-2.011E-03	-9.290E-04	

εc  
(Ahuellamiento)

σz.  
Esfuerzo en lb/pulg<sup>2</sup>



**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

5	0.00000	-0.03349	0.000	135.445	-0.609	45.657
	(STRAIN)	-1.681E-03	-2.503E-03	-8.767E-05	-2.503E-03	-1.681E-03
5	4.00000	-0.01392	1.325	196.096	-1.373	1.227
	(STRAIN)	-2.730E-03	-2.682E-03	7.755E-04	-2.730E-03	-2.683E-03
5	4.00100	-0.01391	1.324	21.048	-1.801	0.361
	(STRAIN)	-2.730E-03	-2.229E-03	9.280E-04	-2.730E-03	-2.384E-03
5	6.00000	-0.00959	2.145	20.185	-1.817	1.205
	(STRAIN)	-2.728E-03	-2.093E-03	7.943E-04	-2.728E-03	-2.244E-03
5	6.00100	-0.00959	2.146	20.184	-1.817	1.205
	(STRAIN)	-2.728E-03	-2.093E-03	7.943E-04	-2.728E-03	-2.244E-03
5	14.00000	-0.00046	4.062	5.620	-4.318	0.568
	(STRAIN)	-2.566E-03	1.111E-03	1.795E-03	-2.566E-03	-4.222E-04
5	14.00100	-0.00046	4.062	5.620	-4.318	0.568
	(STRAIN)	-2.566E-03	1.111E-03	1.795E-03	-2.566E-03	-4.222E-04
5	20.00000	-0.00735	3.983	4.263	-2.905	0.364
	(STRAIN)	-1.893E-03	1.130E-03	1.253E-03	-1.893E-03	-4.585E-04
<b>POINT</b>	<b>VERTICAL</b>	<b>NORMAL X</b>	<b>NORMAL Y</b>	<b>SHEAR XY</b>	<b>SHEAR YZ</b>	<b>SHEAR XZ</b>
<b>NO.</b>	<b>COORDINATE</b>	<b>STRESS</b>	<b>STRESS</b>	<b>STRESS</b>	<b>STRESS</b>	<b>STRESS</b>
		<b>(STRAIN)</b>	<b>(STRAIN)</b>	<b>(STRAIN)</b>	<b>(STRAIN)</b>	<b>(STRAIN)</b>
1	0.00000	2.094E+02	2.453E+02	0.000E+00	-1.058E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.061E-03	-2.422E-03	0.000E+00	-3.757E-11	0.000E+00
1	4.00000	3.177E+02	3.546E+02	0.000E+00	-9.055E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.086E-03	-3.431E-03	0.000E+00	-3.214E-05	0.000E+00
1	4.00100	-4.751E+00	-6.590E-01	0.000E+00	-9.055E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.086E-03	-3.431E-03	0.000E+00	-2.899E-04	0.000E+00
1	6.00000	1.948E-01	4.341E+00	0.000E+00	-9.409E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.952E-03	-3.288E-03	0.000E+00	-3.012E-04	0.000E+00
1	6.00100	1.974E-01	4.343E+00	0.000E+00	-9.409E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.952E-03	-3.288E-03	0.000E+00	-3.013E-04	0.000E+00
1	14.00000	-6.630E+00	-5.152E+00	0.000E+00	-9.797E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.437E-03	-2.789E-03	0.000E+00	-8.598E-04	0.000E+00
1	14.00100	-6.629E+00	-5.152E+00	0.000E+00	-9.797E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.437E-03	-2.789E-03	0.000E+00	-8.598E-04	0.000E+00
1	20.00000	-3.692E+00	-2.526E+00	0.000E+00	-8.981E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.161E-03	-1.649E-03	0.000E+00	-7.882E-04	0.000E+00
2	0.00000	2.104E+02	2.469E+02	0.000E+00	-1.884E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.090E-03	-2.442E-03	0.000E+00	-6.687E-11	0.000E+00
2	4.00000	3.152E+02	3.552E+02	0.000E+00	1.506E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.102E-03	-3.391E-03	0.000E+00	5.345E-05	0.000E+00
2	4.00100	-4.804E+00	-3.676E-01	0.000E+00	1.505E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.102E-03	-3.391E-03	0.000E+00	4.820E-04	0.000E+00
2	6.00000	6.890E-02	4.582E+00	0.000E+00	1.204E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.966E-03	-3.244E-03	0.000E+00	3.856E-04	0.000E+00
2	6.00100	7.137E-02	4.585E+00	0.000E+00	1.204E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.966E-03	-3.244E-03	0.000E+00	3.856E-04	0.000E+00
2	14.00000	-6.633E+00	-5.001E+00	0.000E+00	2.444E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.447E-03	-2.731E-03	0.000E+00	2.145E-04	0.000E+00
2	14.00100	-6.632E+00	-5.001E+00	0.000E+00	2.443E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.447E-03	-2.731E-03	0.000E+00	2.144E-04	0.000E+00
2	20.00000	-3.708E+00	-2.457E+00	0.000E+00	-3.240E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.173E-03	-1.624E-03	0.000E+00	-2.843E-04	0.000E+00
3	0.00000	1.971E+02	2.582E+02	0.000E+00	-1.125E-06	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.350E-03	-2.266E-03	0.000E+00	-3.994E-11	0.000E+00
3	4.00000	3.017E+02	3.513E+02	0.000E+00	5.862E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.088E-03	-3.208E-03	0.000E+00	2.081E-04	0.000E+00
3	4.00100	-5.172E+00	3.188E-01	0.000E+00	5.860E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-4.088E-03	-3.209E-03	0.000E+00	1.876E-03	0.000E+00
3	6.00000	-8.257E-01	5.244E+00	0.000E+00	5.703E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.938E-03	-2.966E-03	0.000E+00	1.826E-03	0.000E+00
3	6.00100	-8.235E-01	5.247E+00	0.000E+00	5.703E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.938E-03	-2.966E-03	0.000E+00	1.826E-03	0.000E+00
3	14.00000	-6.413E+00	-3.998E+00	0.000E+00	2.474E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.376E-03	-2.316E-03	0.000E+00	2.171E-03	0.000E+00
3	14.00100	-6.412E+00	-3.997E+00	0.000E+00	2.473E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.376E-03	-2.316E-03	0.000E+00	2.171E-03	0.000E+00
3	20.00000	-3.638E+00	-2.004E+00	0.000E+00	6.919E-01	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.158E-03	-1.440E-03	0.000E+00	6.073E-04	0.000E+00





**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

4	0.00000	8.840E+01	2.120E+02	0.000E+00	-7.900E-07	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.746E-03	-5.519E-04	0.000E+00	-2.805E-11	0.000E+00
4	4.00000	-7.881E+00	2.590E+02	0.000E+00	2.092E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.662E-03	1.075E-03	0.000E+00	7.428E-04	0.000E+00
4	4.00100	-5.878E+00	2.370E+01	0.000E+00	2.095E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.662E-03	1.072E-03	0.000E+00	6.707E-03	0.000E+00
4	6.00000	-2.769E+00	1.824E+01	0.000E+00	1.338E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.392E-03	-2.931E-05	0.000E+00	4.283E-03	0.000E+00
4	6.00100	-2.768E+00	1.823E+01	0.000E+00	1.338E+01	0.000E+00
	(STRAIN)	-3.392E-03	-2.960E-05	0.000E+00	4.282E-03	0.000E+00
4	14.00000	-5.234E+00	2.462E-02	0.000E+00	4.082E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.925E-03	-6.174E-04	0.000E+00	3.583E-03	0.000E+00
4	14.00100	-5.233E+00	2.448E-02	0.000E+00	4.081E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.925E-03	-6.175E-04	0.000E+00	3.582E-03	0.000E+00
4	20.00000	-3.224E+00	-3.681E-01	0.000E+00	1.530E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.011E-03	-7.581E-04	0.000E+00	1.343E-03	0.000E+00
5	0.00000	4.566E+01	1.354E+02	0.000E+00	-6.134E-07	0.000E+00
	(STRAIN)	-1.681E-03	-8.767E-05	0.000E+00	-2.177E-11	0.000E+00
5	4.00000	-1.373E+00	1.960E+02	0.000E+00	4.361E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.730E-03	7.738E-04	0.000E+00	1.548E-04	0.000E+00
5	4.00100	-1.801E+00	2.008E+01	0.000E+00	4.359E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.730E-03	7.738E-04	0.000E+00	1.396E-03	0.000E+00
5	6.00000	-1.817E+00	1.924E+01	0.000E+00	4.119E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.728E-03	6.437E-04	0.000E+00	1.319E-03	0.000E+00
5	6.00100	-1.817E+00	1.924E+01	0.000E+00	4.119E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.728E-03	6.437E-04	0.000E+00	1.319E-03	0.000E+00
5	14.00000	-4.318E+00	2.126E+00	0.000E+00	2.334E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.566E-03	2.617E-04	0.000E+00	2.048E-03	0.000E+00
5	14.00100	-4.318E+00	2.126E+00	0.000E+00	2.333E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-2.566E-03	2.615E-04	0.000E+00	2.048E-03	0.000E+00
5	20.00000	-2.905E+00	6.430E-01	0.000E+00	1.006E+00	0.000E+00
	(STRAIN)	-1.893E-03	-3.359E-04	0.000E+00	8.828E-04	0.000E+00



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

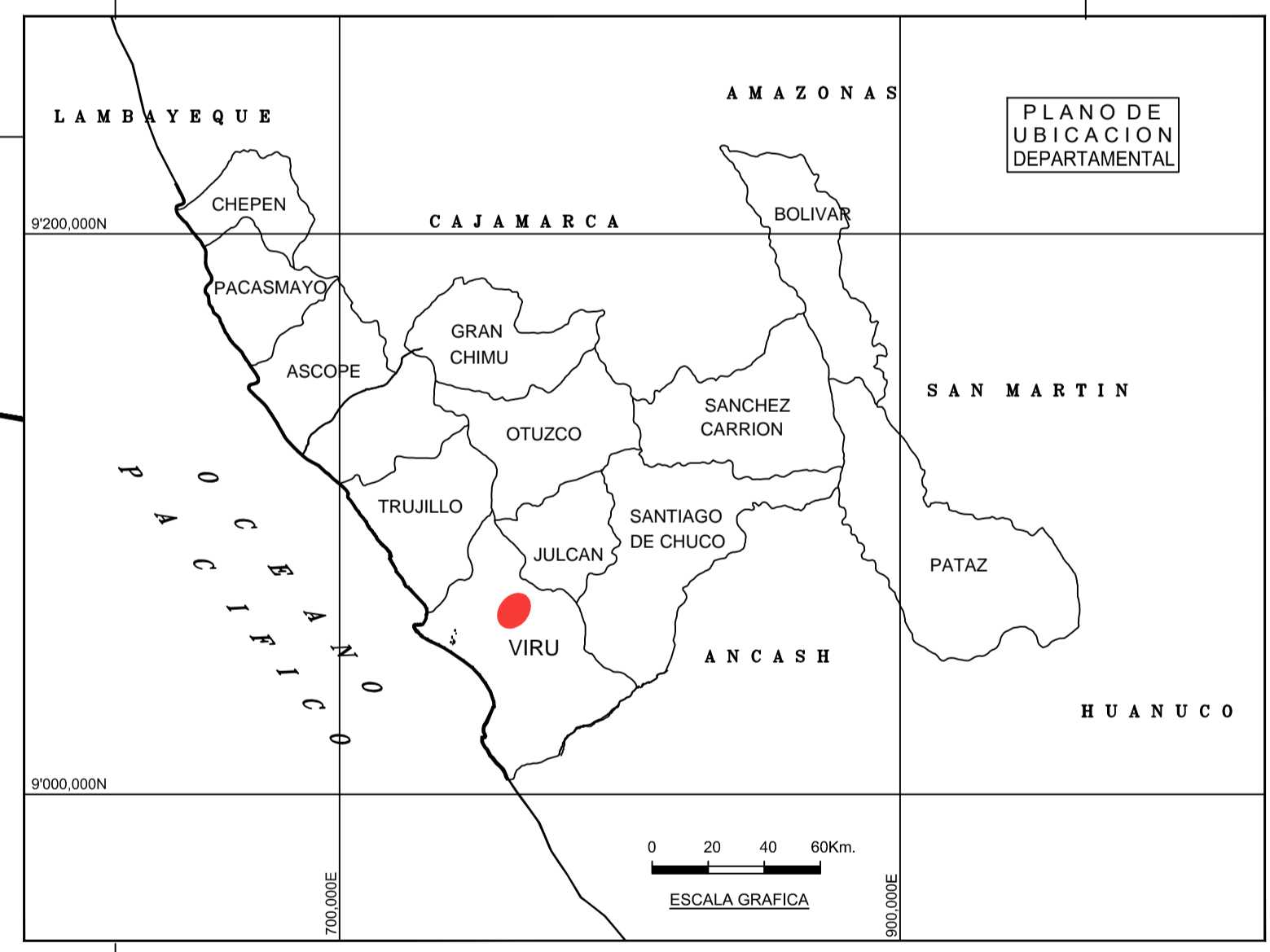
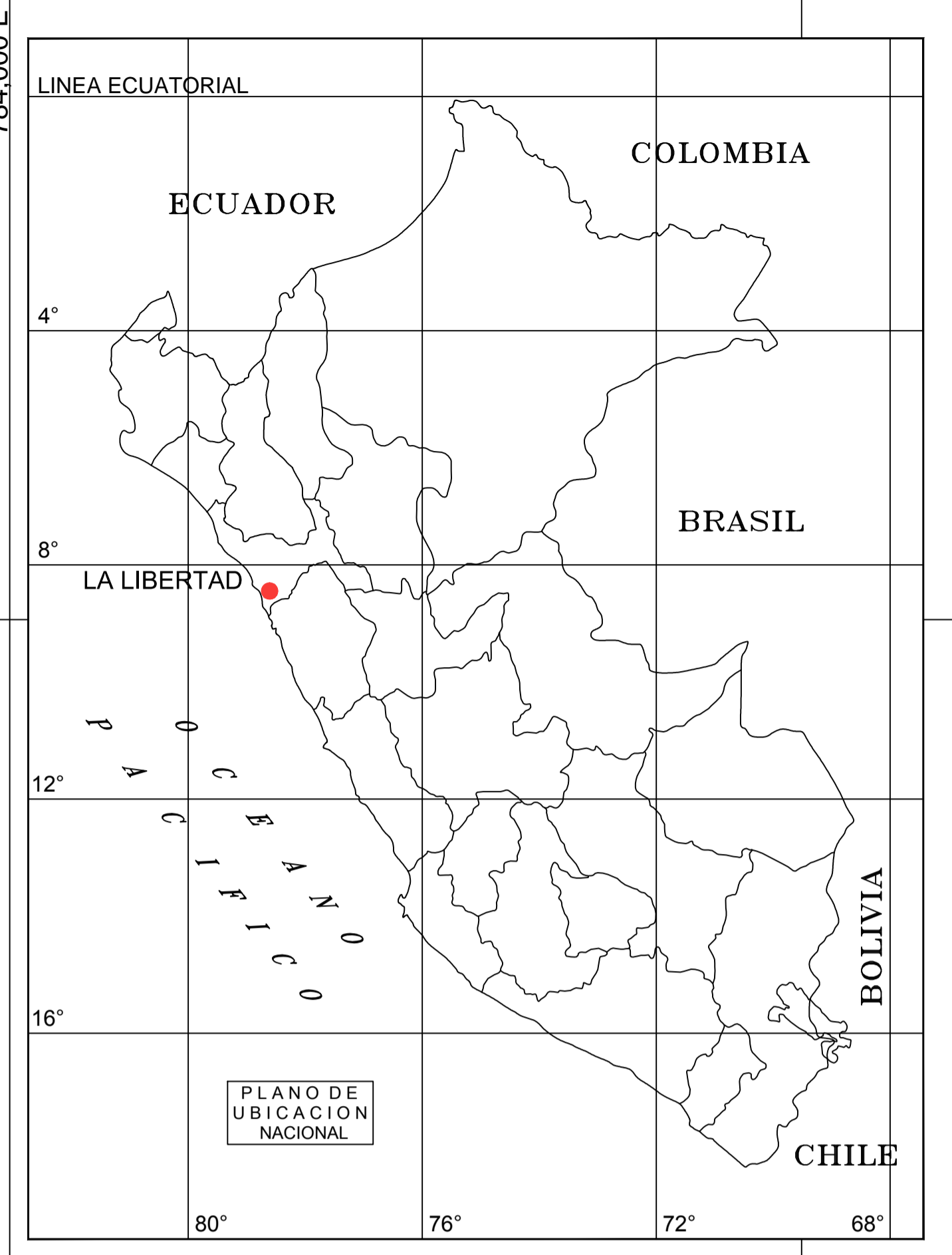
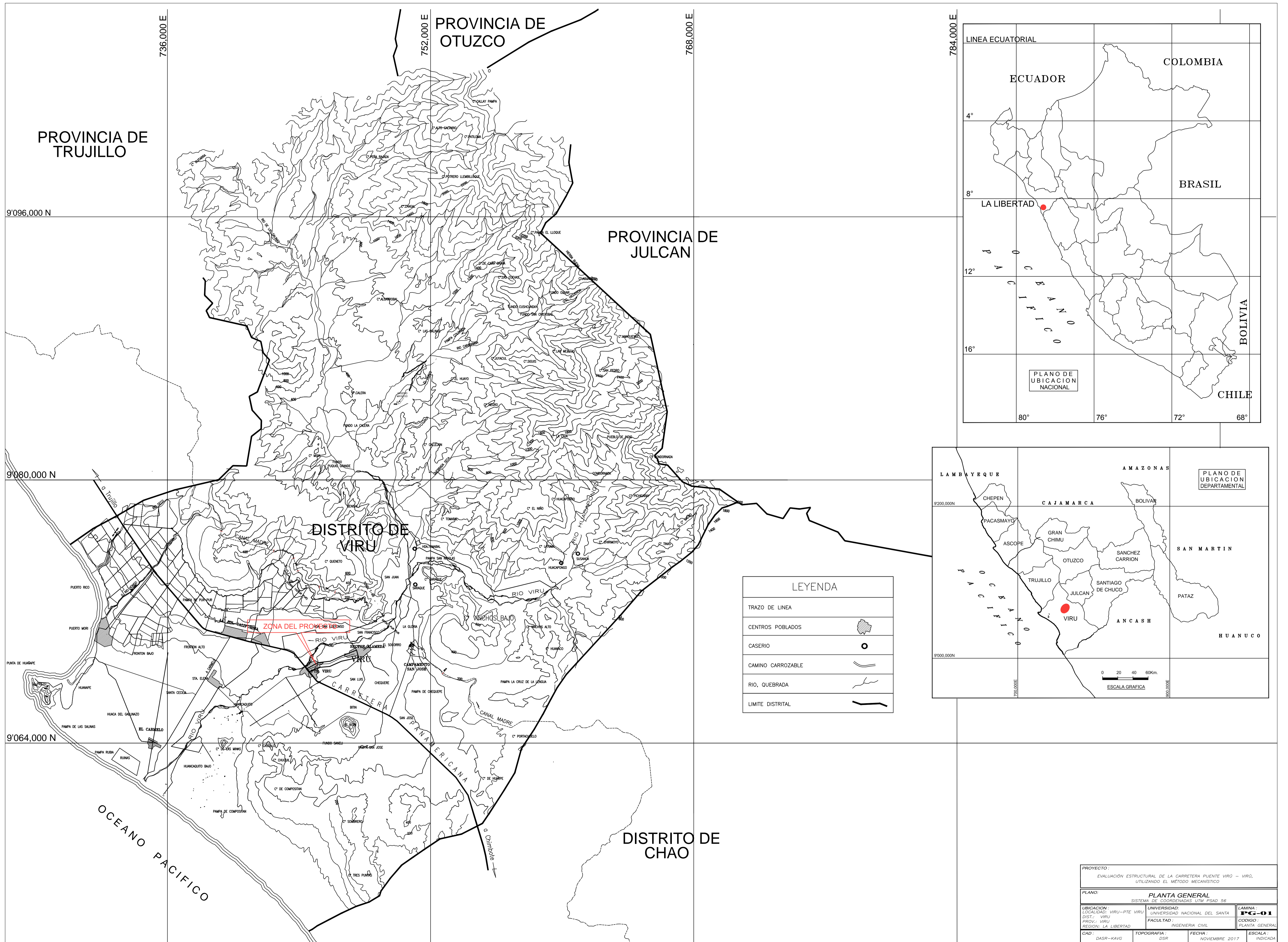
E.A.P INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRÚ –  
VIRÚ, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO"**

---

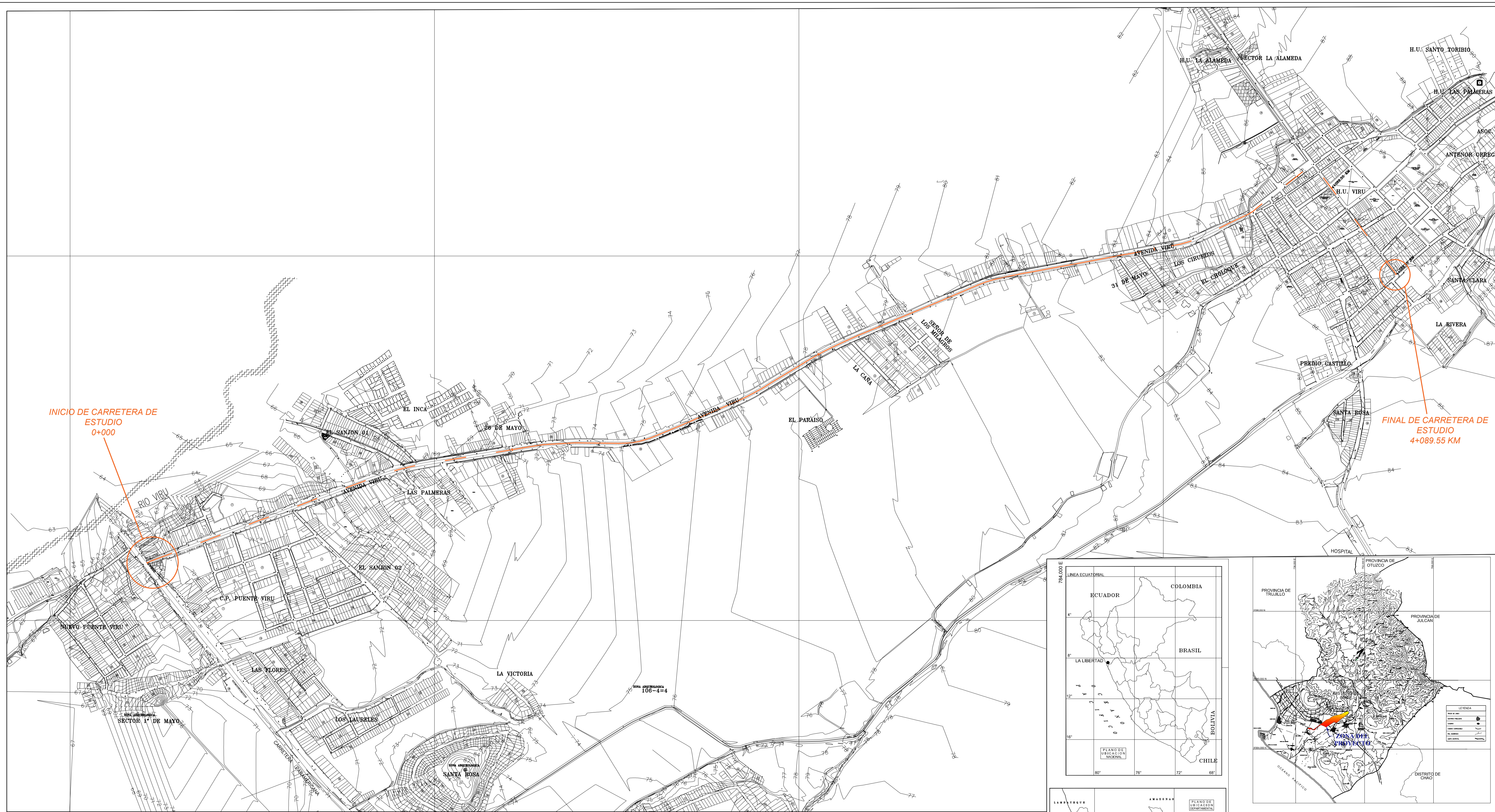
# **ANEXO VI – Planos de**

# **Zona de Estudio.**



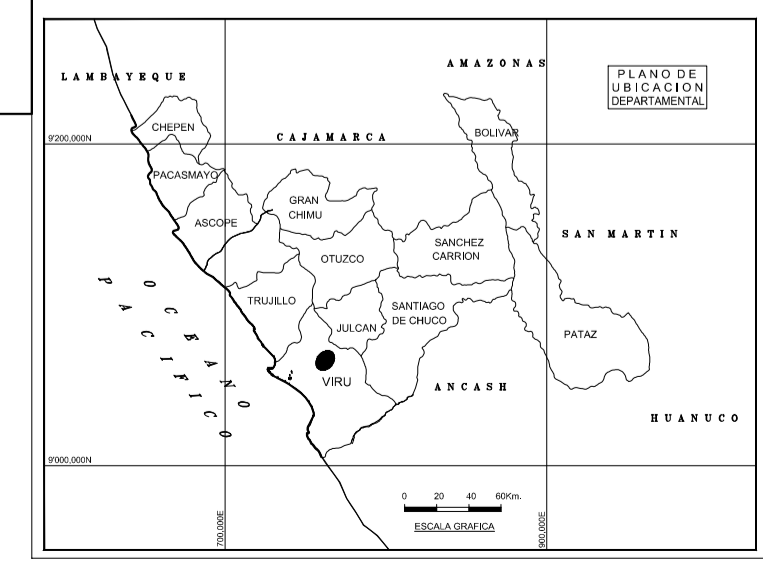
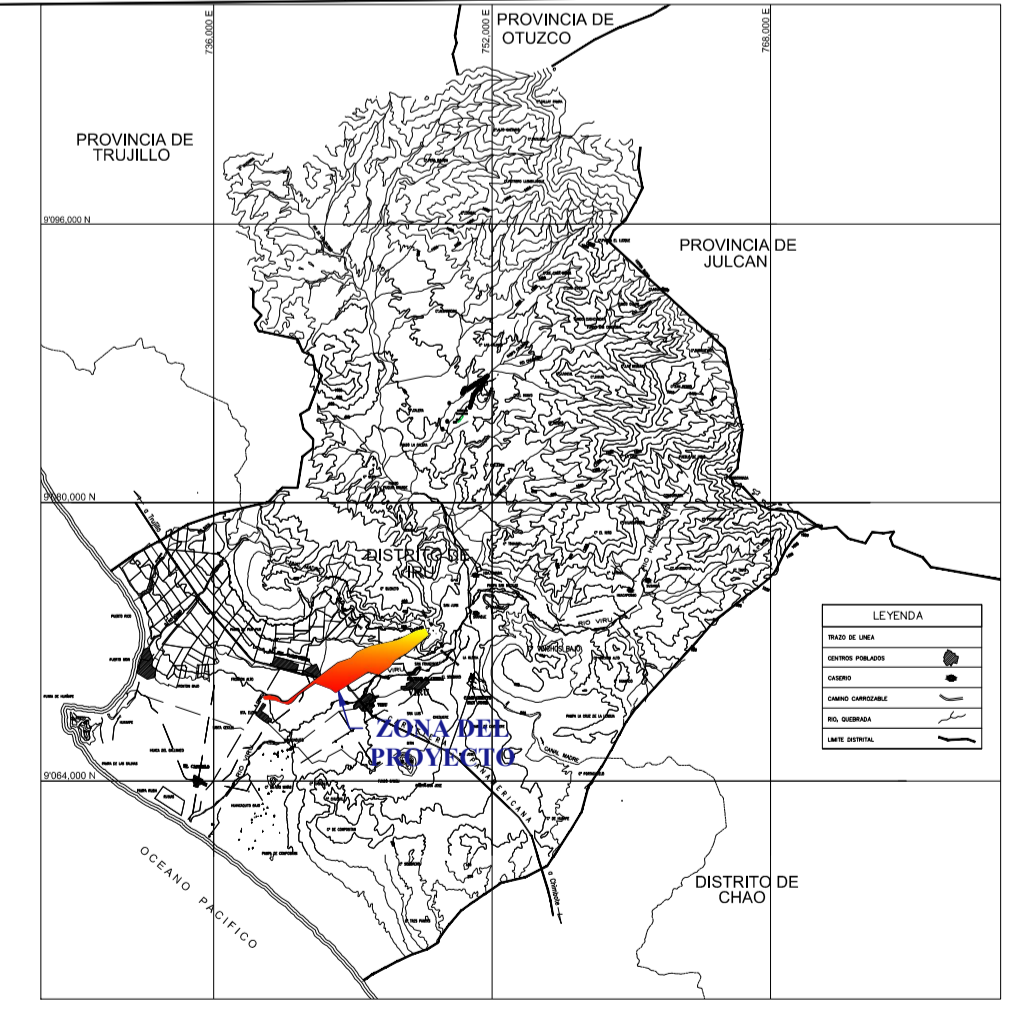
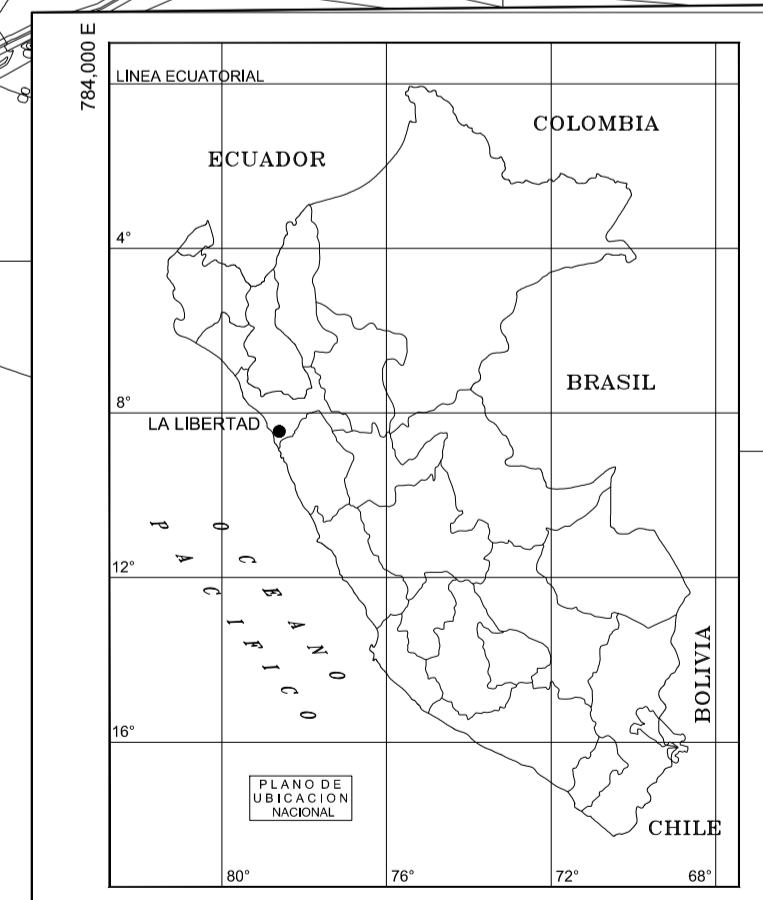
LEYENDA	
TRAZO DE LINEA	
CENTROS POBLADOS	
CASERIO	
CAMINO CARROZABLE	
RIO, QUEBRADA	
LIMITE DISTRITAL	

<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU - VIRU, UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO			
<b>PLANO:</b> SISTEMA DE COORDENADAS UTM PSAD 56		<b>PLANTA GENERAL</b>	
UBICACIÓN: LOCALIDAD: VIRU-PTE VIRU DIST.: VIRU PRÓV.: VIRU REGIÓN: LA LIBERTAD	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	FACULTAD: INGENIERIA CIVIL	LÁMINA: <b>PG-01</b> CODIGO: PLANTA GENERAL
CAD: DASR-KAVG	TOPOGRAFIA: DSR	FECHA: NOVIEMBRE 2017	ESCALA: INDICADA



INICIO DE CARRETERA DE ESTUDIO  
0+000

FINAL DE CARRETERA DE ESTUDIO  
4+089.55 KM



TESIS:  
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA PUENTE VIRU – VIRU  
UTILIZANDO EL MÉTODO MECANÍSTICO

PLANO:  
UBICACION DEL PROYECTO DE TESIS PROGRESIVA 0+000-4+089.55

UBICACION: LOCALIDAD: VIRU-PTE VIRU	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	LAMINA: 1-1
DIST.: VIRU	FACULTAD: INGENIERIA CIVIL	CODIGO: AMBITO PROYECTO
PROV.: VIRU		
REGION: LA LIBERTAD		
CAD: DASR-KAVG	TOPOGRAFIA: DALEX	FECHA: NOVIEMBRE 2017
		ESCALA: 1/12,000