

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO ÓPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE,
MEDIANTE EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

BACH. DAVID ANGEL LOZANO PAREDES

ASESOR:

ING. FELIPE VILLAVICENCIO GONZÁLEZ

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO ÓPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE,
MEDIANTE EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO POR:

Ing. Felipe Villavicencio González
Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO ÓPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE,
MEDIANTE EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO
EL DÍA 21 DE JULIO DE 2015**

Ing. Julio Rivasplata Díaz
Presidente

Ing. Felipe Villavicencio González
Integrante

Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Integrante

Dedicat6ria

A mis padres, hermanos y familiares
por su apoyo en mi formaci6n
profesional.

A mis profesores y compa1eros de
estudio, con quienes compart6 parte
de mi vida y formaci6n en las aulas
universitarias.

Agradecimiento

- Doy gracias a Dios por su infinito amor y bondad.
- A mi familia que siempre estuvo apoyándome en mi formación profesional.
- A mi Alma Mater y a sus docentes que con sus enseñanzas me brindaron una formación ética y profesional.
- Al Ing. Felipe Villavicencio González por su apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración durante el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Indice

Introducción	1
Capítulo 1: Aspectos Generales	3
1.1 Aspectos informativos	3
1.1.1 Título	3
1.1.2 Tipo de investigación	3
1.1.3 Ubicación	3
1.2 Plan de investigación	3
1.2.1 Planteamiento del problema	3
1.2.2 Objetivos	4
1.2.2.1 Objetivos generales	4
1.2.2.2 Objetivos específicos	4
1.2.3 Hipótesis	4
1.2.4 Variables	5
1.2.4.1 Variables independientes	5
1.2.4.2 Variables dependientes	5
1.2.5 Diseño experimental	5
1.2.6 Estrategia de trabajo	5
Capítulo 2: Marco Teórico	6
2.1 Definiciones	6
2.1.1 Pavimento	6
2.1.2 Estructura del pavimento	6
2.1.3 Subrasante	6
2.1.4 Subbase	7
2.1.5 Base	7
2.1.6 Base granular	7
2.1.7 Superficie de rodadura	8
2.1.8 Pavimentos flexibles	8

2.2 Métodos para el diseño de la estructura del pavimento flexible	9
2.2.1 Método del Instituto del Asfalto	9
2.2.1.1 Introducción	9
2.2.1.2 Análisis de tráfico	9
2.2.1.2.1 Estimación del volumen de tráfico	10
2.2.1.2.1.1 Período de análisis	10
2.2.1.2.1.2 Periodo de diseño	10
2.2.1.2.1.3 Clasificación y número de vehículos	10
2.2.1.2.1.4 Carril de diseño	11
2.2.1.2.1.5 Crecimiento del tráfico	11
2.2.1.2.2 Estimación del “EAL”	13
2.2.1.2.3 Determinación del “EAL de diseño”	16
2.2.1.2.4 Calles residenciales y zonas de parqueo	17
2.2.1.3 Evaluación de materiales	18
2.2.1.3.1 Subrasante	18
2.2.1.3.1.1 Muestreo y ensayos	19
2.2.1.3.1.2 Selección del módulo de resiliencia de diseño de la subrasante ...	20
2.2.1.3.2 Bases y subbases de agregados no tratados	22
2.2.1.3.2.1 Requerimientos de materiales para bases y subbases de agregados no tratados	22
2.2.1.4 Procedimiento de diseño estructural	23
2.2.1.4.1 Procedimiento de diseño	23
2.2.1.4.2 Factores ambientales	24
2.2.1.4.3 Determinación de espesores para pavimentos con concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados	25
2.2.2 Método AASHTO	39
2.2.2.1 Introducción	39
2.2.2.2 Variables de entrada	39
2.2.2.2.1 Variables de tiempo	39
2.2.2.2.2 Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad	40
2.2.2.2.3 Confiabilidad y desviación estándar total	41
2.2.2.2.4 Tránsito	43
2.2.2.2.4.1 Factores equivalentes de carga	43
2.2.2.2.4.2 Factor de camión	53

2.2.2.2.4.3 Factor de distribución por dirección (DD)	53
2.2.2.2.4.4 Factor de distribución por carril (LD)	53
2.2.2.2.4.5 Procedimiento de cálculo del número de ESALs	54
2.2.2.2.5 Propiedades de los materiales	56
2.2.2.2.5.1 Módulo resiliente del material de subrasante	56
2.2.2.2.5.2 Coeficientes estructurales de los materiales	57
2.2.2.2.5.2.1 Concreto asfáltico	57
2.2.2.2.5.2.2 Bases granulares no tratadas	59
2.2.2.2.5.2.3 Subbases granulares no tratadas	60
2.2.2.2.6 Coeficiente de drenaje (m_i)	61
2.2.2.3 Determinación de espesores	62
2.2.2.3.1 Determinación del número estructural (SN)	62
2.2.2.3.2 Espesores mínimos en función del número estructural	63
2.2.2.3.3 Estabilidad y factibilidad de construcción	65
2.2.2.3.4 Consideraciones de costo en la selección de espesores de capas .	66
2.3 Estudio de suelos	66
2.3.1 Trabajos de campo	66
2.3.2 Trabajos de laboratorio	67
2.3.2.1 Propiedades físicas	67
2.3.2.1.1 Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)	67
2.3.2.1.2 Límites de consistencia (ASTM D-4318)	67
2.3.2.1.3 Clasificación de suelos	68
2.3.2.1.4 Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)	69
2.3.2.2 Propiedades mecánicas	69
2.3.2.2.1 Próctor modificado (ASTM D-1557)	69
2.3.2.2.2 California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883)	70
2.3.3 Labores de gabinete	70
Capítulo 3: Materiales y Métodos	71
3.1 Método de investigación	71
3.2 Universo o población	71

3.3	Diseño y característica de la muestra	71
3.4	Estrategia del estudio	71
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
Capítulo 4: Resultados y Discusión		73
4.1	Resultados	73
4.1.1	Estudio de tráfico	73
4.1.2	Estudio de suelos	73
4.1.3	Método del Instituto del Asfalto	74
4.1.4	Método AASHTO	75
4.2	Discusión	78
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones		80
5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones	80
Referencias Bibliográficas		81
Anexos		82
Anexo 1	Estudio de tráfico	82
Anexo 2	Memoria de cálculos	83
Anexo 3	Panel fotográfico	107
Anexo 4	Certificados de ensayos de laboratorio	117
Anexo 5	Planos	135
	Plano de Ubicación de la H.U.P. Villa Victoria	
	Plano General de la H.U.P. Villa Victoria	
	Plano de Calicatas	
	Plano de Puntos de control de tráfico	

Resumen

Teniendo en cuenta la política de mejorar el status de vida de la población de Nuevo Chimbote mediante la ejecución de obras de pavimentación, es que surge la necesidad de contar con un DISEÑO ÓPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, lo cual se logrará mediante la aplicación para el diseño de los MÉTODOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO.

Después de evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, se determinó que el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.

Abstract

Taking into account the policy of improving the status of life of the population of Nuevo Chimbote through the implementation of paving works, is that it arises the need for an OPTIMAL DESIGN OF THE STRUCTURE OF THE FLEXIBLE PAVEMENT IN THE H.U.P. VILLA VICTORIA OF THE DISTRICT OF NUEVO CHIMBOTE, which will be achieved through the application for the design of the METHODS OF THE ASPHALT INSTITUTE AND AASHTO.

After evaluating the results obtained by the methods of the Asphalt Institute and AASHTO, it was determined that the optimal design of the structure of the flexible pavement for the H.U.P. Villa Victoria will have a total thickness of 11.5 inches constituted by a layer of asphaltic concrete of 2.0 inches, a layer of granular base of 5.5 inches and a layer of granular subbase of 4.0 inches.

Introducción

En el distrito de Nuevo Chimbote, el gobierno local tiene como una de sus políticas de trabajo el mejoramiento urbano de las diferentes asentamientos humanos, pueblos jóvenes y urbanizaciones que lo conforman, desarrollando programas de construcción de una infraestructura vial adecuada que permitirá mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

La falta de una infraestructura vial adecuada en la H.U.P Villa Victoria, hace necesario realizar el presente trabajo de investigación para determinar el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P Villa Victoria, el cual servirá como fuente de información para el proyecto de pavimentación de las vías de la H.U.P. Villa Victoria.

Los objetivos del trabajo de Investigación son los siguientes:

- Determinar la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método del Instituto del Asfalto.
- Determinar la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método AASHTO.
- Evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO y proponer el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria.

Para alcanzar los objetivos mencionados, se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información bibliográfica.
- Inspección de la zona de estudio.
- Selección de las vías más representativas para el estudio, teniendo en cuenta el tráfico vehicular y realización del estudio de tráfico.
- Recolección de muestras de materiales del terreno de fundación y realización de los ensayos de laboratorio.
- Determinación del diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible.

Después de evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, se concluyó que el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.

Capítulo 1

Aspectos Generales

Capítulo 1: Aspectos Generales

1.1 Aspectos informativos

1.1.1 Título

Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P. Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote, mediante el método del Instituto del Asfalto y AASHTO.

1.1.2 Tipo de investigación

- Cuasi Experimental.

1.1.3 Ubicación

- Localidad : H.U.P. Villa Victoria
- Distrito : Nuevo Chimbote
- Provincia : Santa
- Departamento : Ancash
- Región: : Ancash

1.2 Plan de investigación

1.2.1 Planteamiento del problema

En el distrito de Nuevo Chimbote, el gobierno local tiene como una de sus políticas de trabajo el mejoramiento urbano en las diferentes urbanizaciones, pueblos jóvenes y asentamientos humanos que lo conforman, desarrollando programas de construcción de infraestructura vial específicamente las pavimentaciones del tipo flexible, por lo que debe evaluarse en concordancia con los beneficios económicos y sociales, la parte técnica en lo referente a un estudio de la estructura de los pavimentos, para que estos sean durables y económicos.

La H.U.P Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote; actualmente no cuenta con una infraestructura vial adecuada, menos con un estudio que pueda recomendar el tipo de pavimento y el diseño estructural del mismo, por lo que es necesario contar con la información necesaria mediante un proyecto de Investigación.

1.2.2 Objetivos

1.2.2.1 Objetivos generales:

Determinar el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote.

1.2.2.2 Objetivos específicos:

- Determinar la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método del Instituto del Asfalto.
- Determinar la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método AASHTO.
- Evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO y proponer el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria.

1.2.3 Hipótesis

Si determinamos la estructura del pavimento flexible mediante los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO para la H.U.P. Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote, entonces se podrá proponer el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria.

1.2.4 Variables

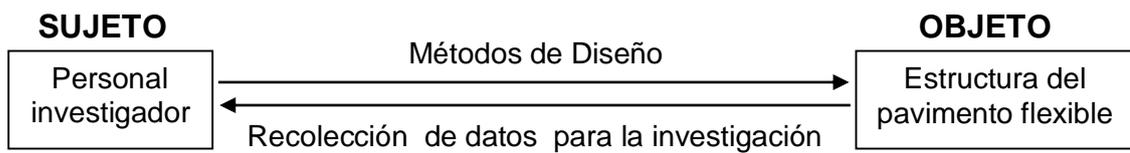
1.2.4.1 Variables independientes:

- Método del Instituto del Asfalto.
- Método AASHTO.

1.2.4.2 Variables dependientes:

- Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible.

1.2.5 Diseño experimental



1.2.6 Estrategia de trabajo

El presente trabajo de investigación se realizó de acuerdo a etapas y consideraciones establecidas en el proyecto; teniéndose en cuenta todas las normas vigentes, desde la inspección a la zona, recolección de muestras de materiales para los ensayos respectivos y recopilación de información para su posterior análisis y aplicación.

Capítulo

2

Marco Teórico

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Definiciones

A continuación definiremos algunos términos a ser utilizados:

2.1.1 Pavimento

Es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

2.1.2 Estructura del pavimento

El pavimento de manera general está compuesto por una serie de capas de la siguiente manera: subrasante, subbase, base y superficie de rodadura.

2.1.3 Subrasante

Es la capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño.

El grosor de pavimento está muy relacionado con la calidad de la subrasante, se busca que esta capa supere los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El diseño de un pavimento de forma básica es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

2.1.4 Subbase

Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la subrasante.

La subbase debe soportar las variaciones que pueden afectar al suelo, controla los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar el pavimento.

Esta capa se utiliza también como capa de drenaje y para el control de ascensión capilar de agua, cuidando la estructura de pavimento, por lo que ordinariamente se usan materiales granulares. La presencia de capilaridad en esta capa produce hinchamientos por acción del congelamiento del agua en temperaturas bajas, si no se dispone de una subrasante y subbase adecuada se producirán fallas en el pavimento.

Esta capa de material actúa como material de transición entre la subrasante y la capa de base.

2.1.5 Base

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la subbase y la capa de rodadura que tiene como funciones: la distribución y transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento como: la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa que sirve de soporte a la capa de rodadura.

Las bases especificadas son las siguientes: Base granular y Base estabilizada.

2.1.6 Base granular

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la subbase y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad

triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural.

Los materiales que forman esta capa deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento.

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso.

2.1.7 Superficie de rodadura

Es la capa que conforma la estructura del pavimento más externa, se coloca sobre la base.

La función principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores.

La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos.

La capa de rodadura aumenta la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo.

2.1.8 Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos está constituido por una capa de rodadura formada por material bituminoso o asfáltico, apoyado en la mayoría de los casos sobre dos capas de materiales no rígidos conocidos como base y subbase, sin ser obligatoria la presencia de una de estas capas, justificándose la presencia de las mismas por características de los materiales que constituyen el pavimento.

2.2 Métodos para el diseño de la estructura del pavimento flexible

2.2.1 Método del Instituto del Asfalto

2.2.1.1 Introducción

El método del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, editado en 1991 y publicado en 1993, presenta algunos cambios significativos, respecto a los métodos anteriores para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles. El método se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, que utiliza resultados de investigaciones por parte de ese organismo.

En el Manual para Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras del Instituto del Asfalto, se presentan los procedimientos para la determinación de los espesores de estructuras de pavimentos con superficies de concreto asfáltico, de asfalto emulsificado (con tratamiento superficial), bases de concreto asfáltico, bases con asfalto emulsificado y bases o subbases de agregados no tratados.

En el trabajo de investigación se presenta el procedimiento de diseño para la determinación de espesores para pavimentos con concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados.

2.2.1.2 Análisis de tráfico

Se consideran de primordial importancia al número y cargas por eje espectadas en un período de tiempo determinado.

Las investigaciones han demostrado que es posible representar el efecto de cualquier eje cargado con cualquier masa, sobre el comportamiento de un pavimento, por medio del número de aplicaciones de carga por eje simple, equivalentes a 18,000 lb (80 kN), EAL (Equivalent Axle Load). Por consiguiente,

se requiere conocer el número de vehículos, o el número y la masa de las cargas por eje, esperados en la vialidad.

2.2.1.2.1 Estimación del volumen de tráfico

La estimación de los volúmenes de tráfico inicial y futuro para el diseño estructural de pavimentos, requiere de un estudio y análisis exhaustivos.

2.2.1.2.1.1 Período de análisis

La “vida útil de un pavimento” o “Período de análisis”, es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que este alcanza las mínimas condiciones de transitabilidad y se puede extender de forma indefinida por medio de la colocación de sobrecarpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta debido a cambios significativos como: pendientes, alineamiento geométrico u otros factores.

2.2.1.2.1.2 Período de diseño

Un pavimento puede ser diseñado para soportar el efecto acumulativo del tráfico durante cualquier período de tiempo. El período seleccionado, en años, para el cual se diseña el pavimento se denomina Período de Diseño. Al término de este período puede esperarse que el pavimento requiera de trabajos rehabilitación, usualmente a través de un refuerzo asfáltico, para devolverle su adecuado nivel de servicio.

2.2.1.2.1.3 Clasificación y número de vehículos

El procedimiento de análisis del tráfico usado en el manual requiere un estimado del número de vehículos de los diferentes tipos, tales como automóviles, buses, camiones simples o camiones acoplados de diferentes tipos, que se prevean en la vía propuesta.

Se recomienda el uso de la información de tráfico local, sin embargo, el tráfico local está sujeto a variaciones y por lo tanto deben tomarse precauciones en la recolección y análisis de datos.

2.2.1.2.1.4 Carril de diseño

Para calles y carreteras de dos carriles, el carril de diseño puede ser cualquiera de los carriles de la vía, mientras que para calles y carreteras de carriles múltiples, generalmente el carril externo. Bajo ciertas condiciones es probable que haya un mayor tráfico de camiones en un sentido que en otro. En muchas localidades, los camiones circulan cargados en un sentido y vacíos en el otro.

A falta de información precisa puede usarse la Tabla 2-1 para determinar la proporción de camiones en el carril de diseño.

Tabla 2-1 Porcentaje del tráfico total de camiones en el carril de diseño

Número de carriles (dos direcciones)	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35 - 48)*
6 ó más	40 (25 - 48)*

* Rango probable

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

2.2.1.2.1.5 Crecimiento del tráfico

El pavimento debe diseñarse para servir adecuadamente la demanda de tráfico durante un período de años. El crecimiento del tráfico (positivo o negativo) debe anticiparse para determinar los requerimientos estructurales de la vía. Registros históricos de tráfico de vialidades similares a aquella bajo estudio así como de programas de desarrollo comunal o regional (población) pueden servir como base para la estimación del crecimiento del tráfico. Es aconsejable, en lo posible, determinar separadamente la tasa de crecimiento para vehículos pesados y livianos.

La tasa de crecimiento puede incluirse en el diseño empleándose los factores de crecimiento mostrados en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Factor de crecimiento *

Período de diseño, n (años)	Tasa de crecimiento anual, r (porcentaje)								
	Sin crecimiento	2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	36.46	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	47.58	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	60.46	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

* Factor = $[(1+r)^n - 1]/r$, donde r = tasa/100 no es igual a 0. Si el crecimiento anual es igual a 0, el Factor de crecimiento = Período de diseño.
 Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

2.2.1.2.2 Estimación del “EAL”

El análisis de tráfico permite determinar el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 18,000 lb (80 kN), EAL (Equivalent Axle Load), valor que es empleado en la determinación de los espesores del pavimento. La siguiente terminología es utilizada:

- **Número de Vehículos:** Es el número total de vehículos considerados.
- **Factor de Equivalencia de Carga:** Es el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 18,000 lb (80 kN) en una pasada de un eje dado. La Figura 2-1 presenta ejemplos de factores de equivalencia de carga para varios ejes de carga.

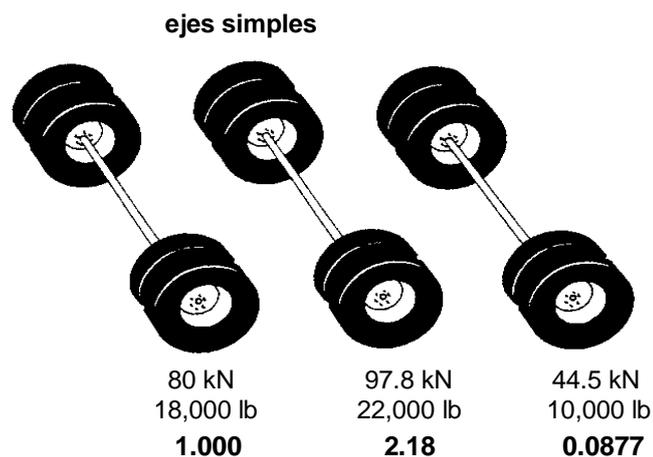


Figura 2-1 Factores de equivalencia de carga

Los factores de equivalencia de carga pueden obtenerse de la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Factores de equivalencia de carga

Carga por eje		Factores de equivalencia de carga			Carga por eje		Factores de equivalencia de carga		
kN	lb	Ejes simples	Ejes tándem	Ejes trídem	kN	lb	Ejes simples	Ejes tándem	Ejes trídem
4.45	1,000	0.00002			182.5	41,000	23.27	2.29	0.540
8.9	2,000	0.00018			187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
13.35	3,000	0.00072			191.3	43,000	28.22	2.76	0.658
17.8	4,000	0.00209			195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
22.25	5,000	0.00500			200.0	45,000	34.00	3.27	0.793
26.7	6,000	0.01043			204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
31.15	7,000	0.0196			209.0	47,000	40.74	3.85	0.948
35.6	8,000	0.0343			213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
40.0	9,000	0.0562			218.0	49,000	48.54	4.51	1.12
44.5	10,000	0.0877	0.00688	0.002	222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
48.9	11,000	0.1311	0.01008	0.002	226.8	51,000		5.23	1.32
53.4	12,000	0.189	0.0144	0.003	231.3	52,000		5.63	1.43
57.8	13,000	0.264	0.0199	0.005	235.7	53,000		6.04	1.54
62.3	14,000	0.360	0.0270	0.006	240.2	54,000		6.47	1.66
66.7	15,000	0.478	0.0360	0.008	244.6	55,000		6.93	1.78
71.2	16,000	0.623	0.0472	0.011	249.0	56,000		7.41	1.91
75.6	17,000	0.796	0.0608	0.014	253.5	57,000		7.92	2.05
80.0	18,000	1.000	0.0773	0.017	258.0	58,000		8.45	2.20
84.5	19,000	1.24	0.0971	0.022	262.5	59,000		9.01	2.35
89.0	20,000	1.51	0.1206	0.027	267.0	60,000		9.59	2.51
93.4	21,000	1.83	0.148	0.033	271.3	61,000		10.20	2.67
97.8	22,000	2.18	0.180	0.040	275.8	62,000		10.84	2.85
102.3	23,000	2.58	0.217	0.048	280.2	63,000		11.52	3.03
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057	284.5	64,000		12.22	3.22
111.2	25,000	3.53	0.308	0.067	289.0	65,000		12.96	3.41
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080	293.5	66,000		13.73	3.62
120.0	27,000	4.71	0.426	0.093	298.0	67,000		14.54	3.83
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109	302.5	68,000		15.38	4.05
129.0	29,000	6.14	0.572	0.126	307.0	69,000		16.26	4.28
133.5	30,000	6.97	0.658	0.145	311.5	70,000		17.19	4.52
138.0	31,000	7.88	0.753	0.167	316.0	71,000		18.15	4.77
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191	320.0	72,000		19.16	5.03
146.8	33,000	9.98	0.971	0.217	325.0	73,000		20.22	5.29
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246	329.0	74,000		21.32	5.57
155.7	35,000	12.50	1.23	0.278	333.5	75,000		22.47	5.86
160.0	36,000	13.93	1.38	0.313	338.0	76,000		23.66	6.15
164.5	37,000	15.50	1.53	0.352	342.5	77,000		24.91	6.46
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393	347.0	78,000		26.22	6.78
173.5	39,000	19.06	1.89	0.438	351.5	79,000		27.58	7.11
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487	356.0	80,000		28.99	7.45

Nota: kN convertidos a lb están dentro del 0.1% de lb mostradas.

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

- **Factor Camión:** Es el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 80 kN (18,000 lb) en una pasada de un vehículo dado.

El factor camión puede calcularse para vehículos individuales de cualquier tipo o para combinaciones de tipos de vehículos. Se recomienda que el factor camión se determine para cada tipo de vehículo (unidades de 2 ejes, unidades de 3 ejes, unidades tráiler de 5 ejes, etc.).

La Figura 2-2 ilustra el cálculo del factor camión para dos vehículos empleando los factores de equivalencia de carga de la Tabla 2-3.

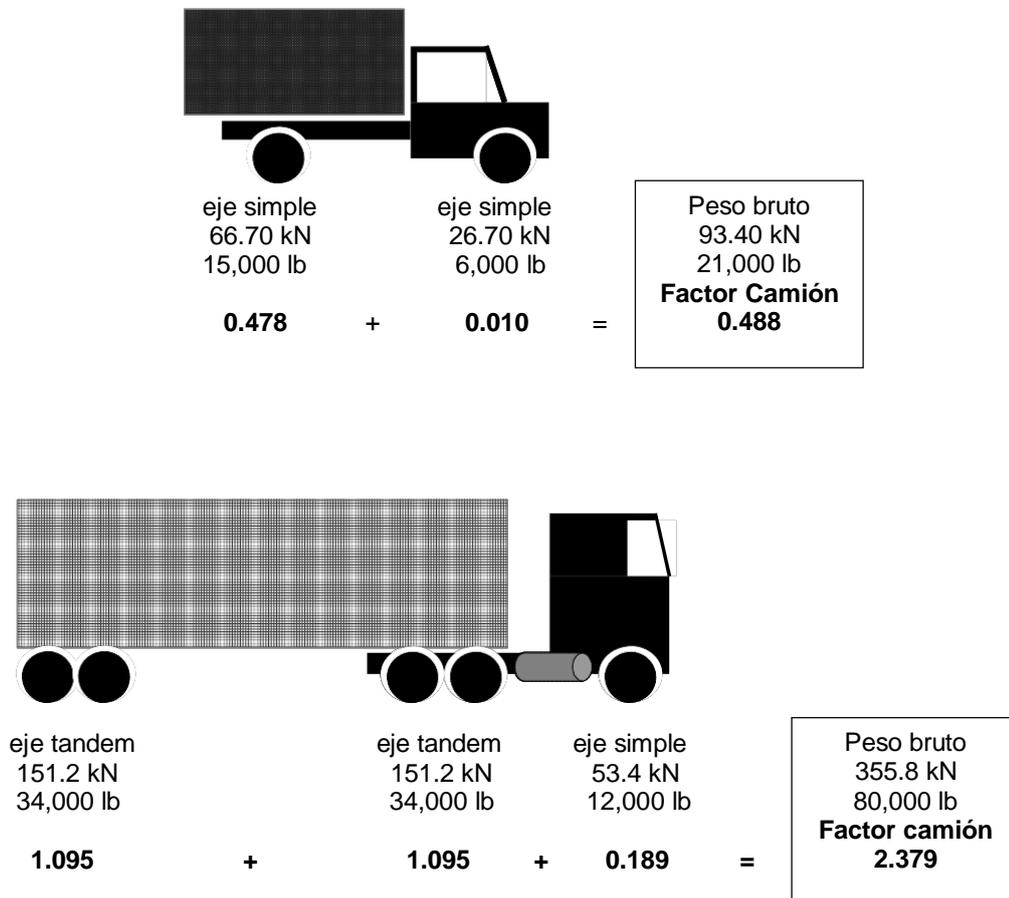


Figura 2-2 Ejemplos para cálculo de factor camión

2.2.1.2.3 Determinación del “EAL de diseño”

Los siguientes pasos delimitan el procedimiento para determinar el EAL de diseño:

1. Determine el número promedio de cada tipo de vehículo en el carril de diseño durante el primer año de servicio.
2. Determine, de los datos de carga por eje, un factor camión para cada tipo de vehículo identificado en el paso 1.
3. Seleccione, de la Tabla 2-2, para el período de diseño adoptado y la tasa de crecimiento anual, un factor de crecimiento para todos los vehículos o factores separados para cada tipo de vehículo, según sea apropiado.
4. Multiplique el número de vehículos de cada tipo por el factor camión y el factor de crecimiento respectivos determinados en los pasos 2 y 3.
5. Sume los valores obtenidos para determinar el EAL de diseño.

Para determinar el EAL de diseño, se hará uso de la planilla de la Tabla 2-4.

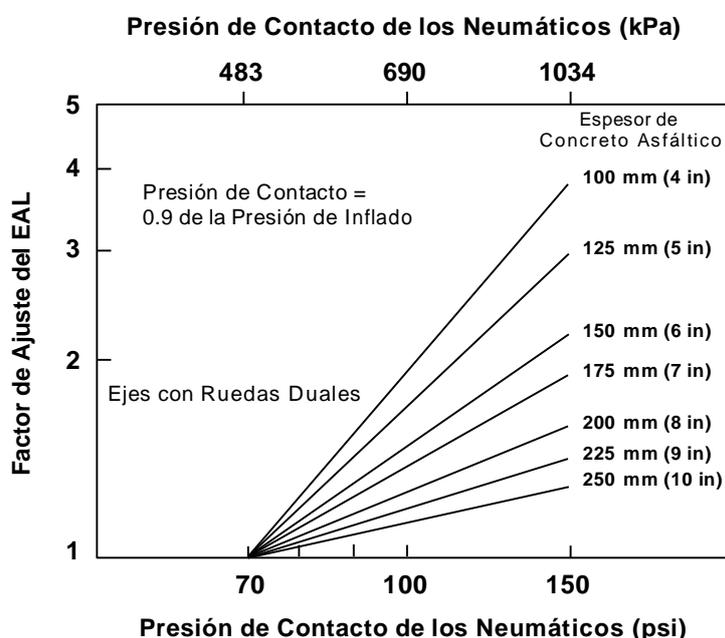
Tabla 2-4 Planilla para el análisis de tráfico

Lugar: _____ Período de diseño: _____ años

Tipo de Vehículo	Numero de vehiculos 1	Factor camión 2	Factor de crecimiento 3	EAL (1x2x3) 4
Unidades simples				
2 ejes, 4 llantas				
2 ejes, 6 llantas				
3 ó más ejes				
Todos los simples			Subtotal	
Semi-traylers / combinaciones				
4 ejes ó menos				
5 ejes				
6 ejes ó más				
Todas las combinaciones			Subtotal	
Todos los vehículos		EAL de diseño =	Total	

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

Otro factor que debería tenerse en consideración para la determinación del EAL de diseño es el efecto perjudicial de las altas presiones de contacto de los neumáticos. Si las medidas actuales de la presión de inflado de los neumáticos indican valores significativamente por encima del valor de la condición estándar de 70 psi, entonces los factores de ajuste de la Figura 2-3 deberían de emplearse para modificar el valor inicial del EAL de diseño debido a este incremento en el nivel de esfuerzos. Este ajuste es efectuado multiplicando el EAL de diseño inicial por el factor de ajuste EAL (de la línea apropiada de espesores de concreto asfáltico mostradas en la Figura 2-3) para cada vehículo individual. Normalmente la presión de contacto de los neumáticos es igual al 90% de la presión de inflado.



Fuente: Instituto del Asfalto Manual para Diseño de Espesores (MS-1) 1991

Figura 2-3 Factor de ajuste del EAL por las presiones de los neumáticos

2.2.1.2.4 Calles residenciales y zonas de parqueo

La mayor parte de estas vías cuentan con relativamente altos volúmenes (casi un 100%) de tráfico de automóviles y relativamente pocos camiones. Un diseño de pavimentos basado en los factores de equivalencia de carga para ejes ligeros dados en la Tabla 2-3, puede resultar en un pavimento que es muy débil para soportar tráfico pesado ocasional como omnibuses, concreteras, camiones

de mantenimiento, etc. Por consiguiente se recomienda tratar de hacer un estimativo realista del tráfico futuro de camiones en calles residenciales y estacionamientos. En caso contrario, deben usarse las recomendaciones de espesores mínimos dadas en el Procedimiento de diseño estructural.

2.2.1.3 Evaluación de materiales

2.2.1.3.1 Subrasante

La propiedad caracterizadora de la subrasante es el Módulo de Resiliencia (M_r).

Las cartas de diseño empleadas en éste método requieren un valor de Módulo de Resiliencia (M_r) de la subrasante, el cual puede determinarse a través de ensayos en laboratorio, dado que el equipo para determinar el Módulo de Resiliencia no es de uso común existen correlaciones con otros ensayos como el CBR (California Bearing Ratio).

El Módulo de Resiliencia puede estimarse a partir del valor de CBR de acuerdo a la siguiente relación:

$$M_r \text{ (MPa)} = 10.342 \times \text{CBR} \quad \text{ó} \quad M_r \text{ (psi)} = 1500 \times \text{CBR}$$

Las correlaciones presentadas son aplicables para suelos clasificados como CL, CH, ML, SC, SM y SP según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos o A-7, A-6, A-5, A-4 y A-2 según el Sistema de Clasificación AASHTO, o aquellos materiales con valores de M_r estimados por debajo de 207 MPa (30,000 psi). Estas correlaciones no son aplicables a materiales granulares, como subbase o base granular.

Las cartas de diseño del manual asumen las correlaciones indicadas en párrafos anteriores, señalando que debe de tenerse el cuidado debido de no plantear mayores espesores de pavimento en forma innecesaria por emplear otras correlaciones.

2.2.1.3.1.1 Muestreo y ensayos

Un plan de muestreo y ensayos debe ser preparado como un paso preliminar en el proceso de diseño.

Programe un número suficiente de ensayos que permita la selección estadística de los valores de resistencia de la subrasante. Se recomienda de 6 a 8 ensayos para cada tipo de suelo.

La Tabla 2-5 ofrece guías para la preparación de muestras y ensayos de suelos.

Tabla 2-5 Ensayos de suelos de la subrasante y tamaños de muestras

Nombre común del ensayo	Uso	Método de prueba		Tamaño aprox. de la muestra	Propósito del ensayo
		AASHTO	ASTM		
Límite Líquido	Clasificación	T 89	D4318	2.5 kg (5 lb)	Encuentra el contenido de agua en el límite entre estado líquido y plástico.
Límite Plástico	Clasificación	T 90	D4318	2.5 kg (5 lb)	Encuentra el contenido de agua en el límite entre estado plástico y el semisólido.
Índice de Plasticidad	Clasificación	T 90	D4318	2.5 kg (5 lb)	Encuentra el rango de contenido de agua en que el suelo está en un estado plástico.
Análisis Mecánico	Clasificación	T 88	D422	2.5 kg (5 lb)	Determina la distribución del tamaño de la partícula de un suelo.
Compactación	Relación de Humedad–Densidad	T180	D1557	11 kg (25 lb)	Determina la densidad máxima en un esfuerzo de compactación dado y el contenido de agua al que puede alcanzar.
CBR	Base para el diseño de espesor	T193	D1883	7 kg (15 lb)	Determina la capacidad de carga portante. Los resultados se usan para encontrar el módulo de resiliencia aproximado.
Valor-R	Base para el diseño de espesor	T190	D2844	9 kg (20 lb)	Determina la capacidad de carga portante. Los resultados se usan para encontrar el módulo de resiliencia aproximado.
Módulo de Resiliencia, M_r	Base para el diseño de espesor	Manual del Instituto del Asfalto MS-10		11 kg (25 lb)	Determina el módulo de resiliencia del suelo de la subrasante.

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

2.2.1.3.1.2 Selección del módulo de resiliencia de diseño de la subrasante

Los valores de ensayos individuales de los suelos de subrasante (de 6 a 8), son utilizados para determinar el Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante (M_r). Para cada grupo de valores, M_r debe ser seleccionado en función del tráfico; cuanto mayor es el tráfico menor es el valor de diseño de M_r . Esto se hace para asegurar un diseño más conservador en una vía con mayores volúmenes de tráfico.

El Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante (M_r) se define como el valor del Módulo de Resiliencia que es menor que el 60%, el 75% o el 87.5% del total de los valores analizados en la sección. Estos porcentajes se conocen como Valores Percentiles y están relacionados con el tráfico.

Tabla 2-6 Límites de diseño para subrasante

Nivel de tráfico (EAL)	Percentil de diseño (%)
10^4 ó menos	60
Entre 10^4 y 10^6	75
10^6 ó mas	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

El procedimiento gráfico para determinar el Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante (M_r), es como sigue:

1. Seleccione el Tráfico de Diseño EAL de acuerdo al procedimiento descrito en el ap. 2.2.1.2.
2. Ensaye de 6 a 8 muestras de subrasante de acuerdo al ap. 2.2.1.3.1.1. Convierta los CBR a valores de M_r según se indicó.
3. Disponga los valores de M_r en secuencia numérica descendente.
4. Para cada valor diferente de M_r , empezando con el menor valor de M_r , compute el número de valores que son iguales o mayores que aquél. Compute

luego el porcentaje de cada uno de los valores con respecto al total de valores analizados.

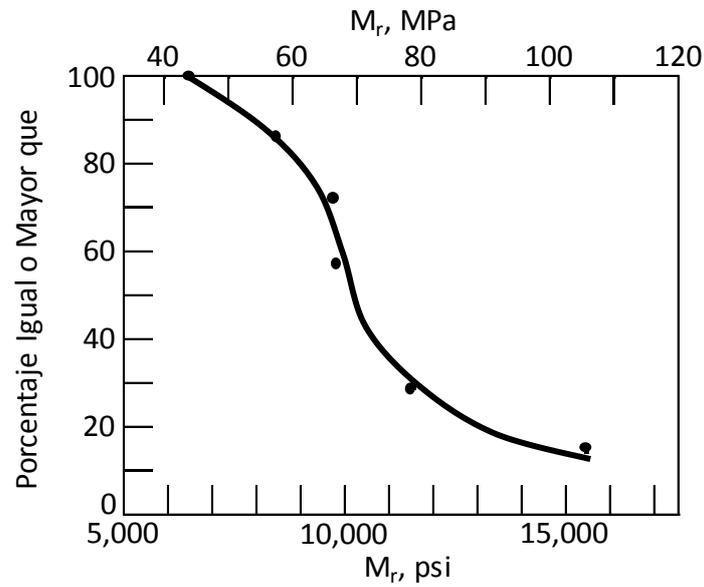
5. Plotee en un gráfico los resultados obtenidos: en el eje de abcisas los valores de M_r y en el eje de ordenadas los Valores de Porcentajes iguales o Mayores.
6. Trace una curva suave, que mejor se adapte a los puntos ploteados en la gráfica. (Nota: si los resultados están bien distribuidos esta curva debe tener la forma de una "S" donde el 50% percentil debería de estar cerca del valor promedio de los datos analizados).
7. Lea de la curva el valor de resistencia de la subrasante para el valor percentil apropiado. Este es el valor del Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante (M_r).

Ejemplo: Determine el Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante para las siguientes condiciones:

- Tráfico de diseño EAL = 10^4 , 10^5 y 10^6
- Los resultados de 7 ensayos produjeron los siguientes valores del módulo de resiliencia: 6,500; 8,500; 9,800; 9,900; 9,900; 11,600; 15,500 psi.
- Los valores percentiles de M_r se calculan como se indica a continuación:

M_r (psi)	Numero de valores mayores o iguales a M_{ri}	Porcentaje de valores mayores o iguales (%)
15,500	1	(1/7) 100 = 14
11,600	2	(2/7) 100 = 29
9,900		
9,900	4	(4/7) 100 = 57
9,800	5	(5/7) 100 = 71
8,500	6	(6/7) 100 = 86
6,500	7	(7/7) 100 = 100

- Dibújen los valores de M_r y % obtenidos, como se indicó anteriormente.



- Los valores del Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante, M_r para los tres niveles de tráfico dado, se obtienen de la curva y son:

EAL	Percentil (%)	M_r (psi)
10^4	60	10,000
10^5	75	9,300
10^6	87.5	8,250

2.2.1.3.2 Bases y subbases de agregados no tratados

2.2.1.3.2.1 Requerimientos de materiales para bases y subbases de agregados no tratados

En los casos en que el diseño incorpore bases y subbases de agregados no tratados, es recomendable emplear los requerimientos dados en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7 Requerimientos de calidad para base y subbase de agregados no tratados

Ensayo	Requerimientos	
	Subbase	Base
CBR, mínimo, o	20	80
Valor R, mínimo	55	78
Límite líquido, máximo	25	25
Índice de plasticidad, máximo, o	6	NP
Equivalente de arena, mínimo	25	35
Pasante tamiz No. 200, máximo	12	7

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

2.2.1.4 Procedimiento de diseño estructural

El manual proporciona las cartas de diseño (A-1 a A-36), para la determinación de los espesores de la estructura del pavimento.

Las cartas de diseño están basadas en tres tipos de condiciones ambientales típicas en la mayor parte de Norteamérica. Se usó la Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) para caracterizar estas condiciones ambientales.

Temperatura Media Anual del Aire	Efecto de la Helada
< 7 °C (45 °F)	Si
15.5 °C (60 °F)	Posible
> 24 °C (75 °F)	No

2.2.1.4.1 Procedimiento de diseño

Los pasos involucrados en el procedimiento de diseño son:

1. Seleccionar o determinar los datos de entrada.
 - a. Valor del tráfico, EAL.
 - b. Módulo de Resiliencia de diseño de la subrasante, M_r .
 - c. Tipos de bases.

2. Determinar las combinaciones del espesor de diseño usando la información de entrada.
3. Determinar el proceso de construcción por etapas, si es apropiado usarlo.
4. Realizar un análisis económico de las diferentes soluciones obtenidas.
5. Seleccionar el diseño final.

2.2.1.4.2 Factores ambientales

Tal como se explicó, las cartas de diseño están basadas en tres tipos de condiciones ambientales típicas.

Debido a que las mezclas asfálticas son susceptibles a la temperatura, es aconsejable utilizar diferentes grados de asfaltos de acuerdo a las condiciones de temperatura prevalecientes. La Tabla 2-8 recomienda grado de asfalto para diferentes condiciones de temperatura.

Tabla 2-8 Criterios de selección del grado de asfalto

Condiciones de temperatura	Grado de asfalto	
Frío, temperatura promedio anual $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$	AC-5 AR-2000 Pen 120/150	AC-10 AR-4000 Pen 85/100
Templado, temperatura promedio anual entre $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $24\text{ }^{\circ}\text{C}$	AC-10 AR-4000 Pen 85/100	AC-20 AR-8000 Pen 60/70
Cálido, temperatura promedio anual $\geq 24\text{ }^{\circ}\text{C}$	AC-20 AR-8000 Pen 60/70	AC-40 AR-16000 Pen 40/50

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

2.2.1.4.3 Determinación de espesores para pavimentos con concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados

Las cartas de diseño A-5, A-6, A-11, A-12, A-17 y A-18 para el sistema de unidades internacionales y las cartas A-23, A-24, A-29, A-30, A-35 y A-36 para el sistema de unidades americanas, fueron desarrolladas para diseñar pavimentos usando concreto asfáltico sobre bases de agregados no tratados. El manual incluye cartas de diseño para agregados no tratados de 150 mm, 300 mm, 6 pulg y 12 pulg.

Los espesores de concreto asfáltico requeridos sobre el espesor de base granular, se pueden leer directamente de las cartas. Los espesores mínimos recomendados de concreto asfáltico sobre bases de agregados no tratados, están relacionados con el tráfico.

Tabla 2-9 Espesor mínimo de concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados

Tráfico (EAL)	Condición de tráfico	Espesor mínimo de concreto asfáltico
10^4 ó menos	Zonas de parqueo y caminos rurales de bajo volumen	75 mm (3.0 pulg)
Entre 10^4 y 10^6	Tráfico mediano de vehículos pesados	100 mm (4.0 pulg)
10^6 ó mas	Tráfico alto de vehículos pesados	125 mm (5.0 pulg) o más

Fuente: Instituto del Asfalto, Manual para Diseño de Espesores (MS- 1) 1991

Ejemplo: Diseñar un pavimento usando una base de agregados no tratados para las siguientes condiciones:

- Módulo de Subrasante: $M_r = 34.5$ MPa
- Tráfico de diseño: $EAL = 10^5$
- Clima: $TMAA = 15.5$ °C (60 °F)

Preparar dos diseños: uno para una base de 150 mm y otro para una base de 300 mm.

Los diseños alternativos son:

1. 140 mm (5.5 pulg) de concreto asfáltico
150 mm (6.0 pulg) de base de agregados no tratados
290 mm (11.5 pulg) de espesor total
2. 100 mm (4.0 pulg) de concreto asfáltico
150 mm (6.0 pulg) de base de agregados no tratados
150 mm (6.0 pulg) de subbase de agregados no tratados
400 mm (16.0 pulg) de espesor total

A continuación se reproducen las cartas de diseño para diseñar pavimentos usando concreto asfáltico sobre bases de agregados no tratados.

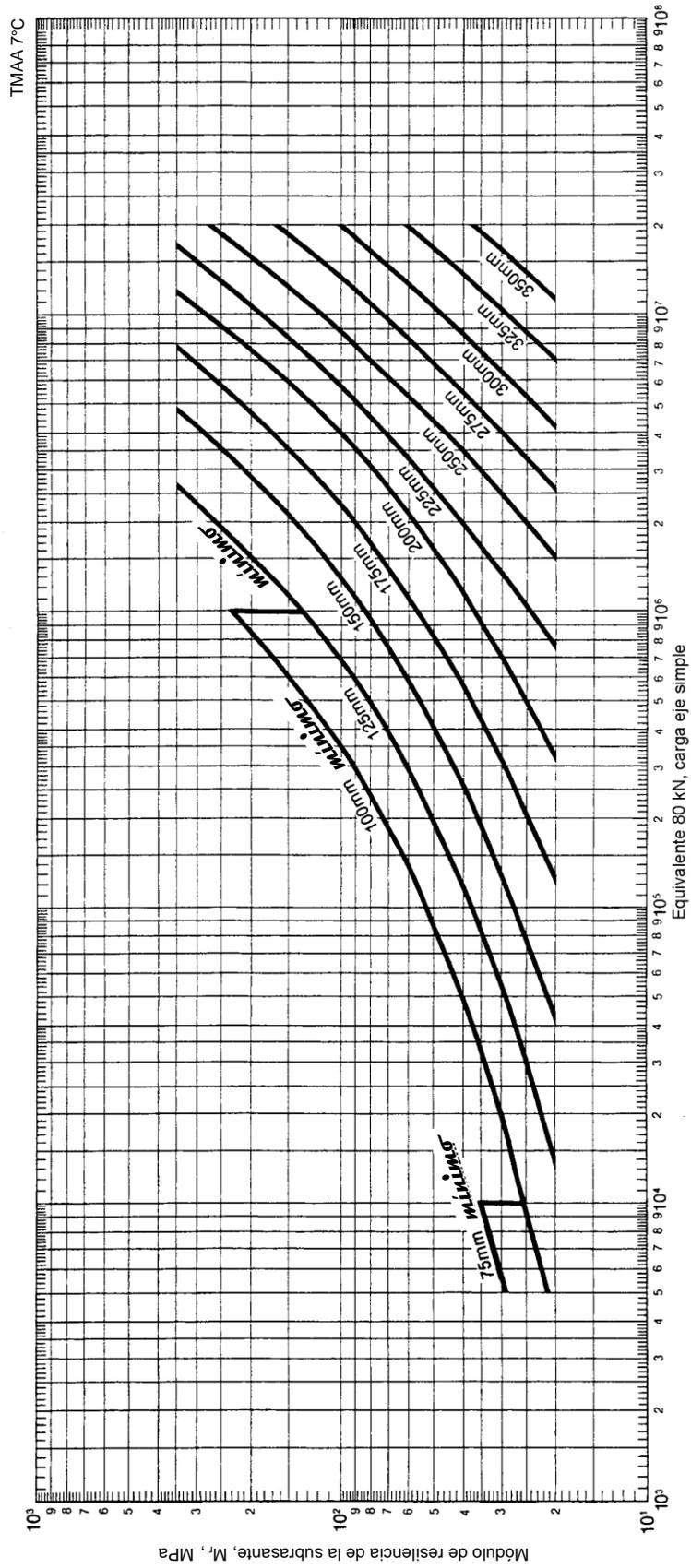


Figura 2-4 Carta de Diseño A-5 Base de Agregados no Tratados de 150 milímetros de Espesor

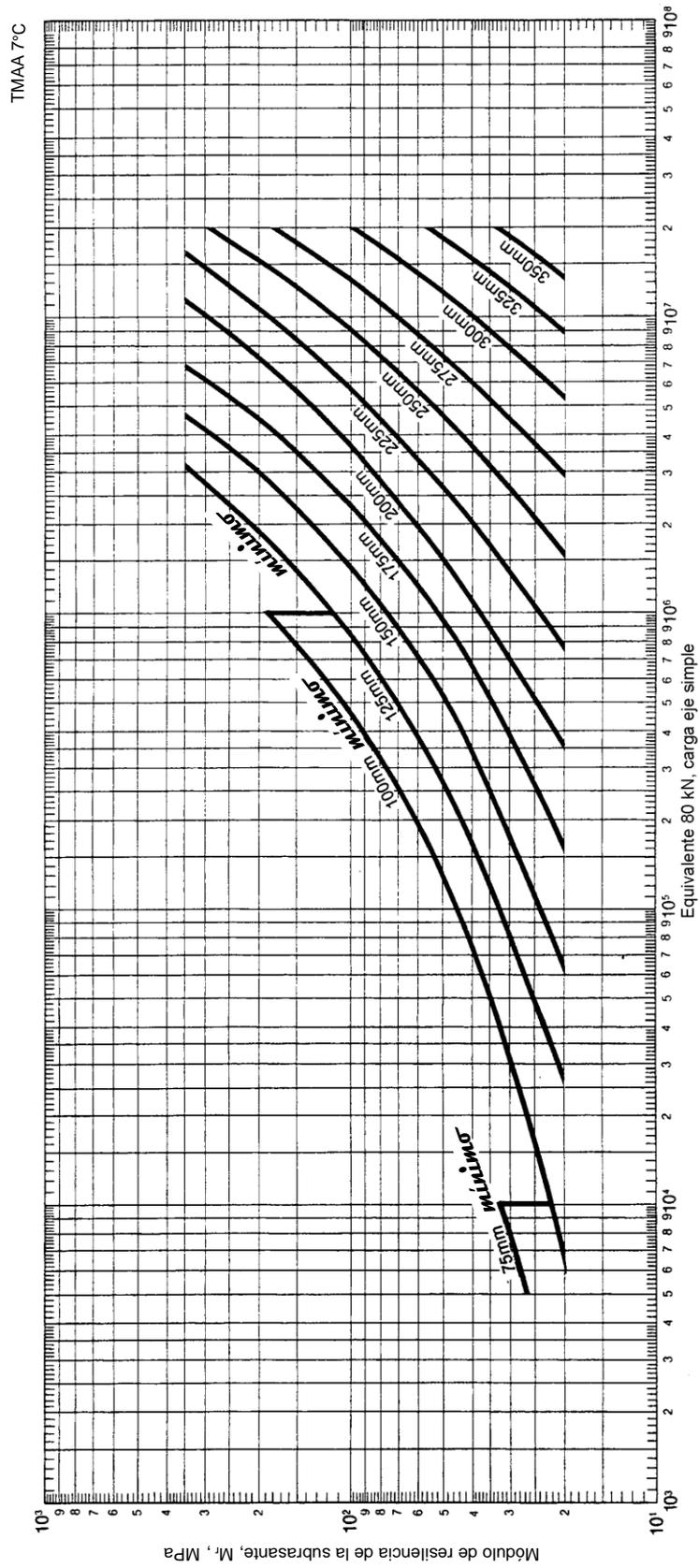


Figura 2-5 Carta de Diseño A-6 Base de Agregados no Tratados de 300 milímetros de Espesor

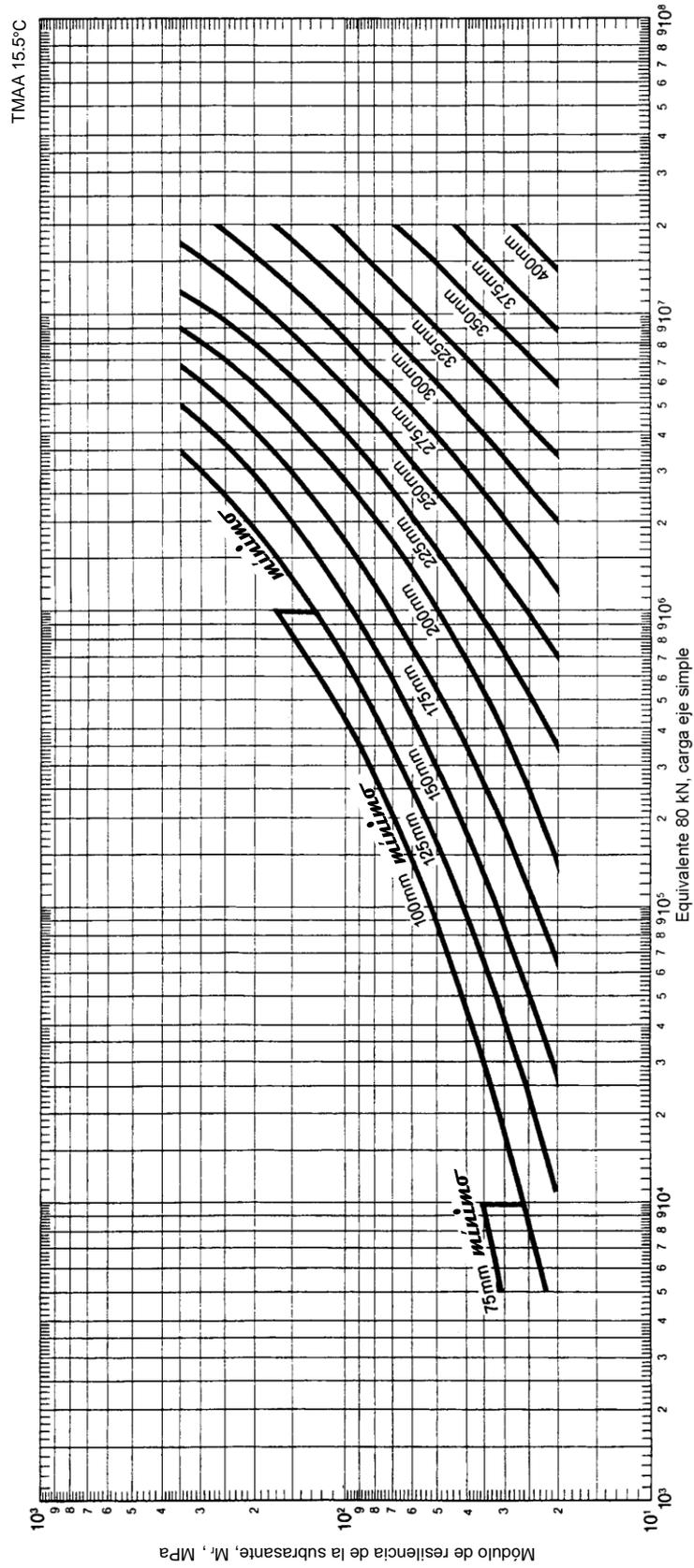


Figura 2-6 Carta de Diseño A-11 Base de Agregados no Tratados de 150 milímetros de Espesor

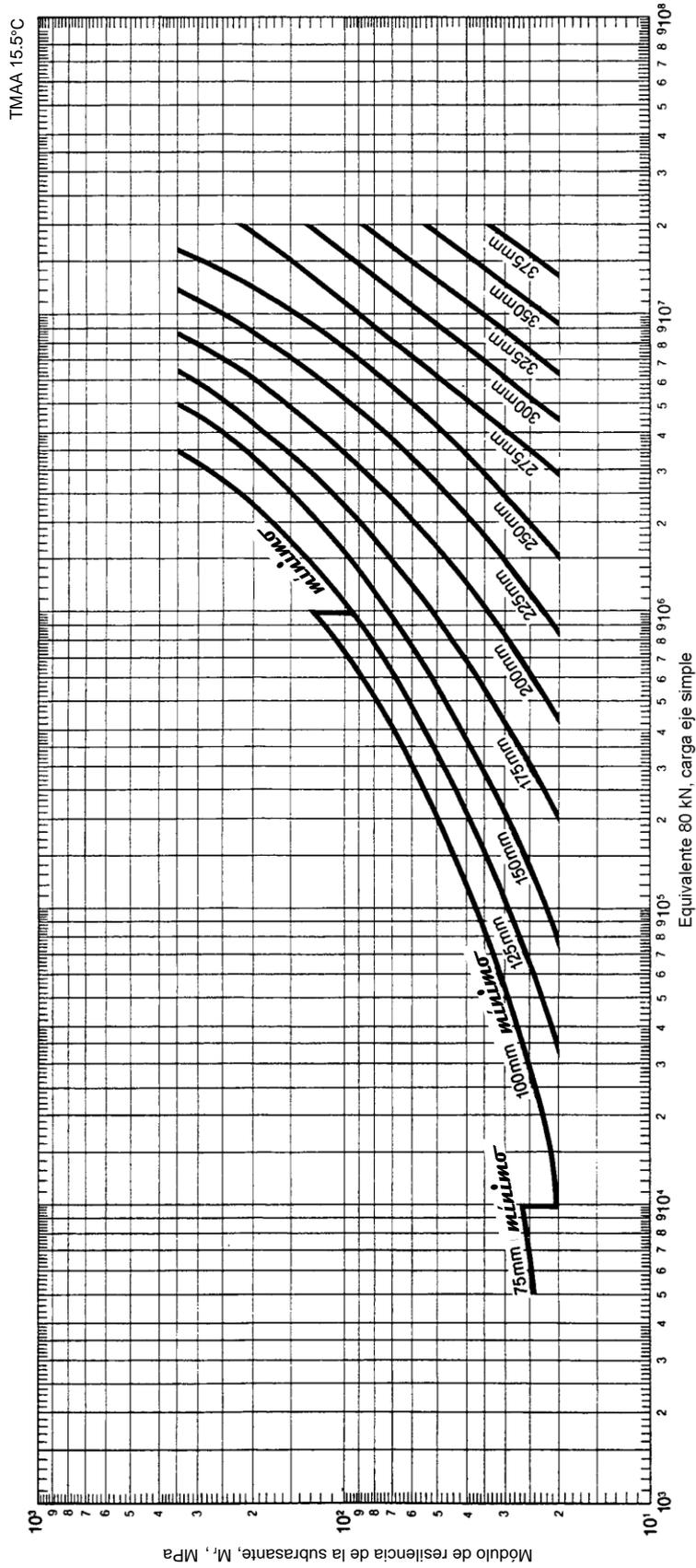


Figura 2-7 Carta de Diseño A-12 Base de Agregados no Tratados de 300 milímetros de Espesor

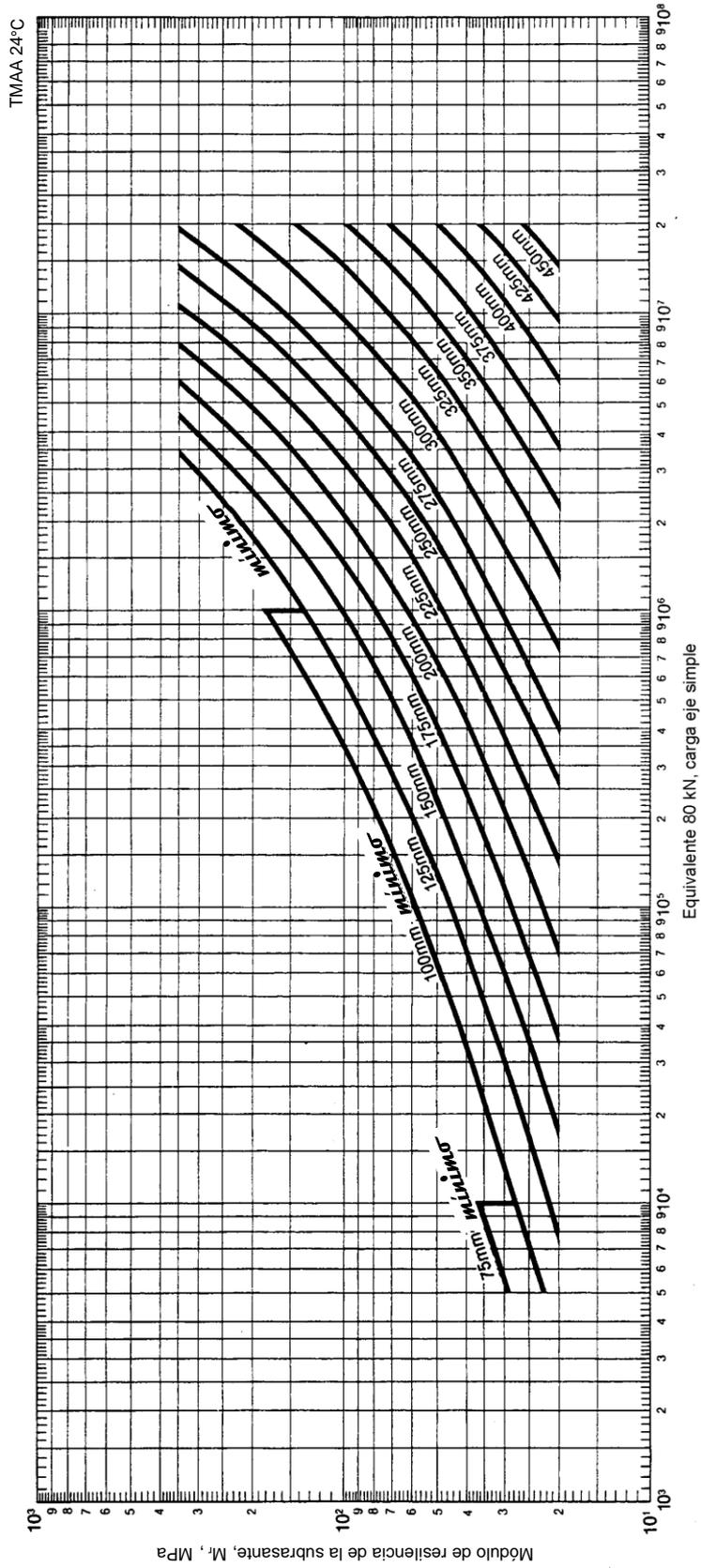


Figura 2-8 Carta de Diseño A-17 Base de Agregados no Tratados de 150 milímetros de Espesor

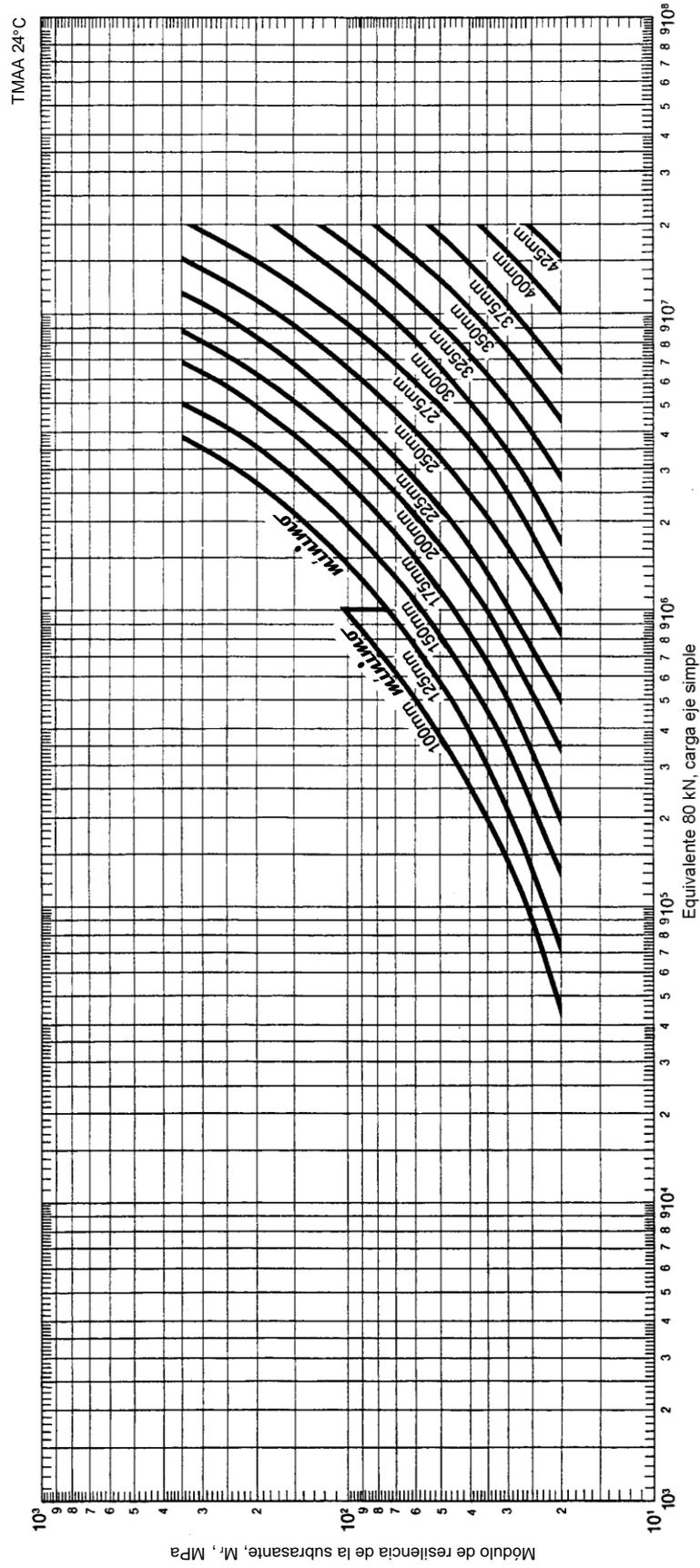


Figura 2-9 Carta de Diseño A-18 Base de Agregados no Tratados de 300 milímetros de Espesor

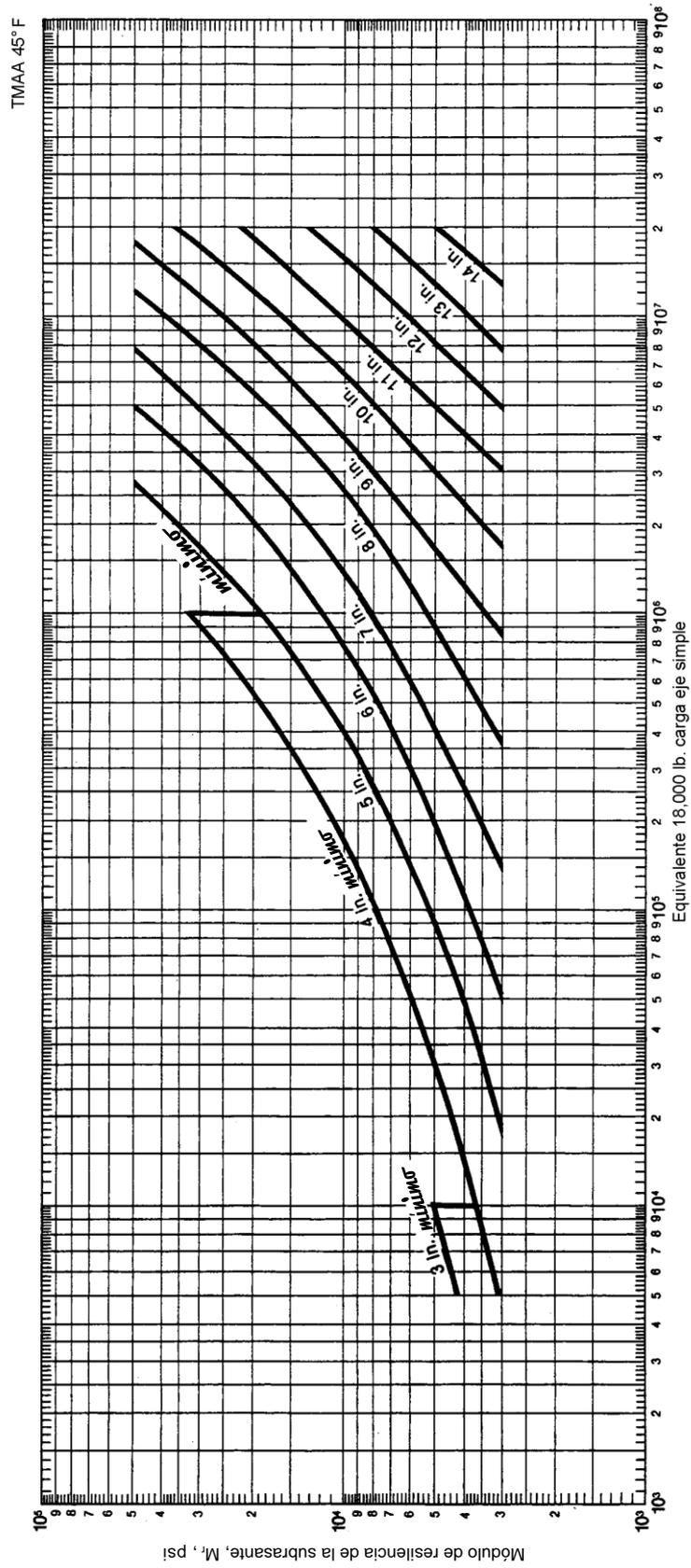


Figura 2-10 Carta de Diseño A-23 Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de Espesor

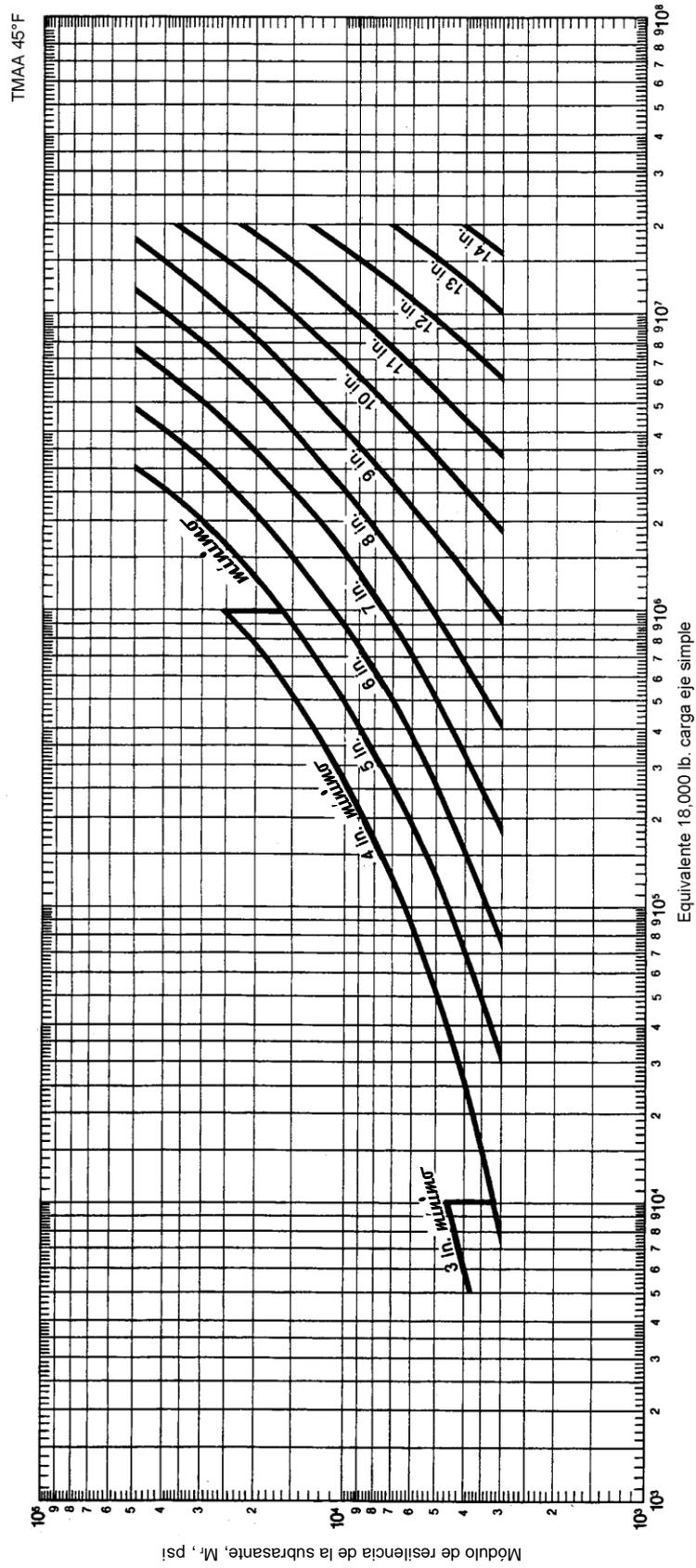


Figura 2-11 Carta de Diseño A-24 Base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de Espesor

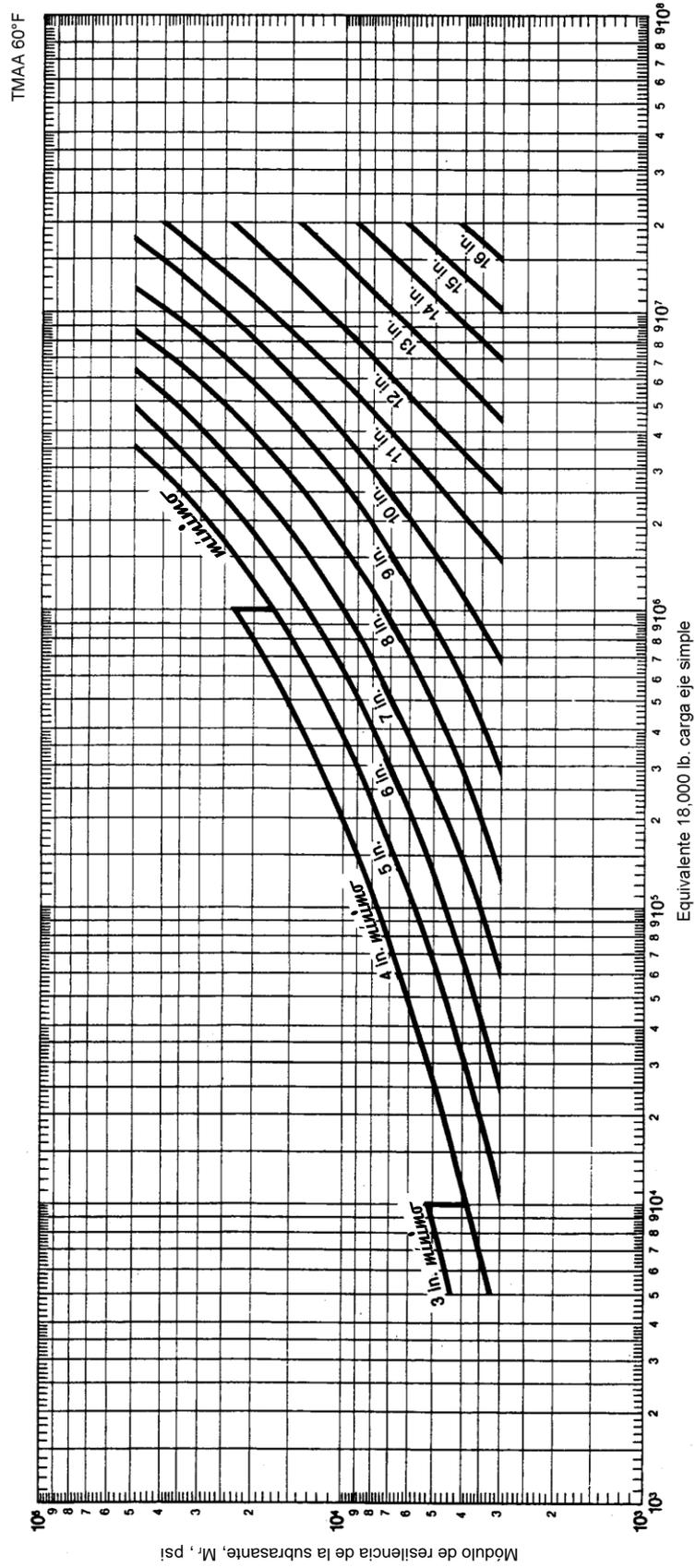


Figura 2-12 Carta de Diseño A-29 Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de Espesor

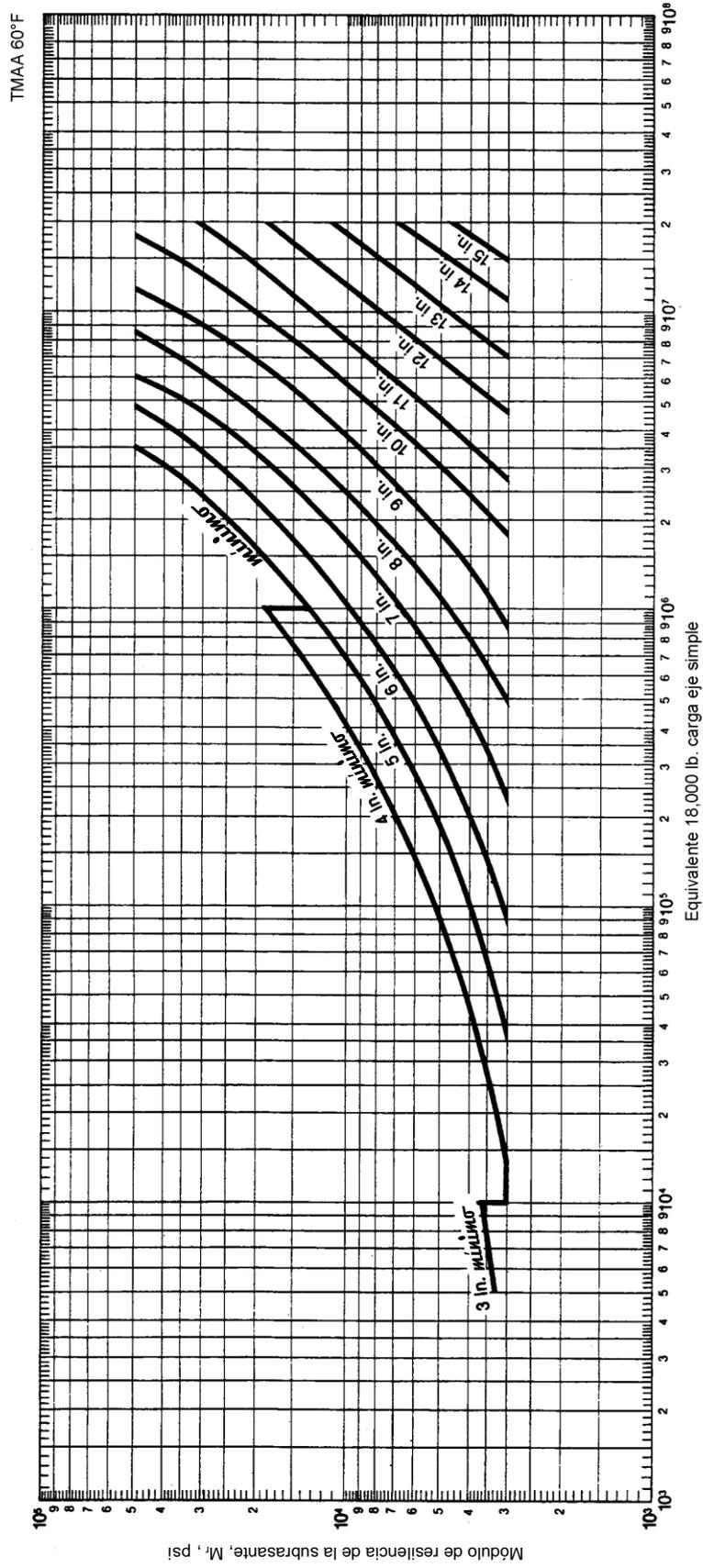


Figura 2-13 Carta de Diseño A-30 Base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de Espesor

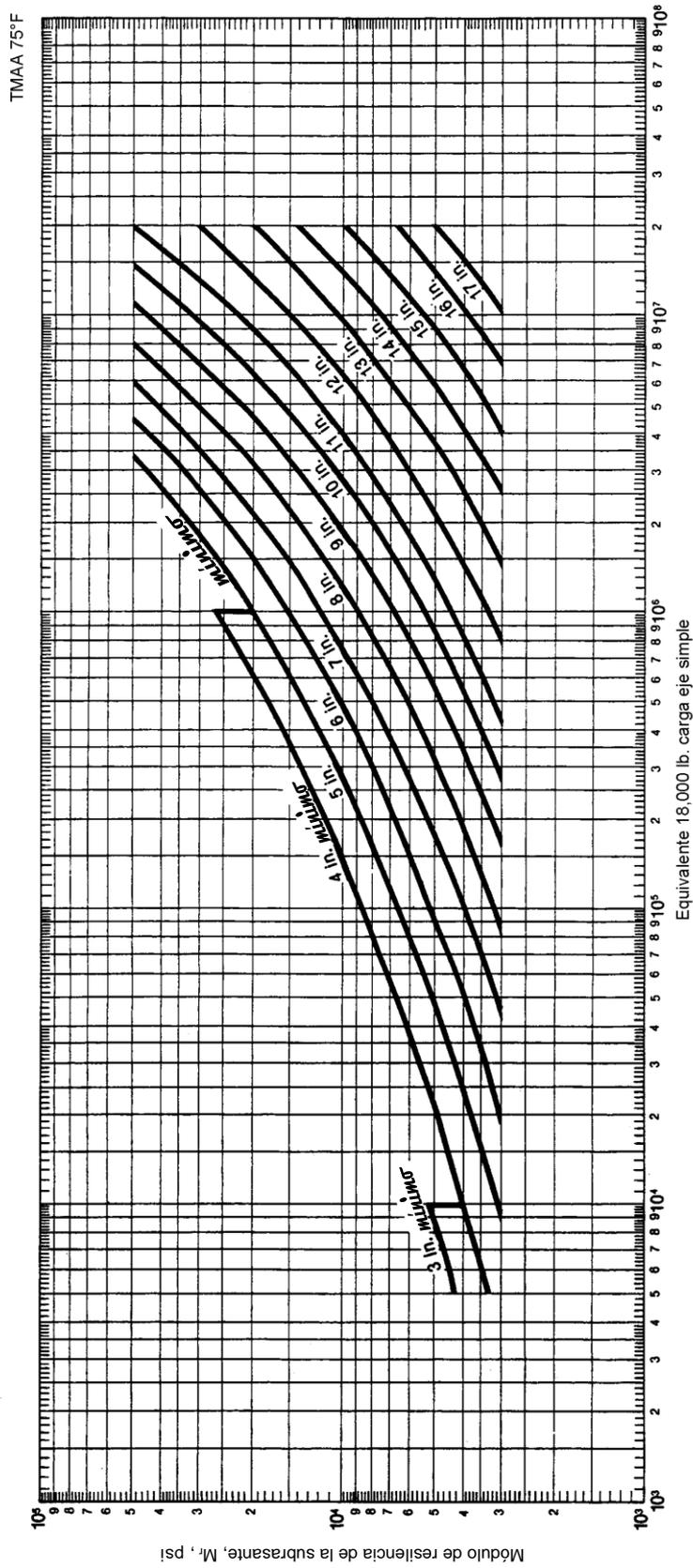


Figura 2-14 Carta de Diseño A-35 Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de Espesor

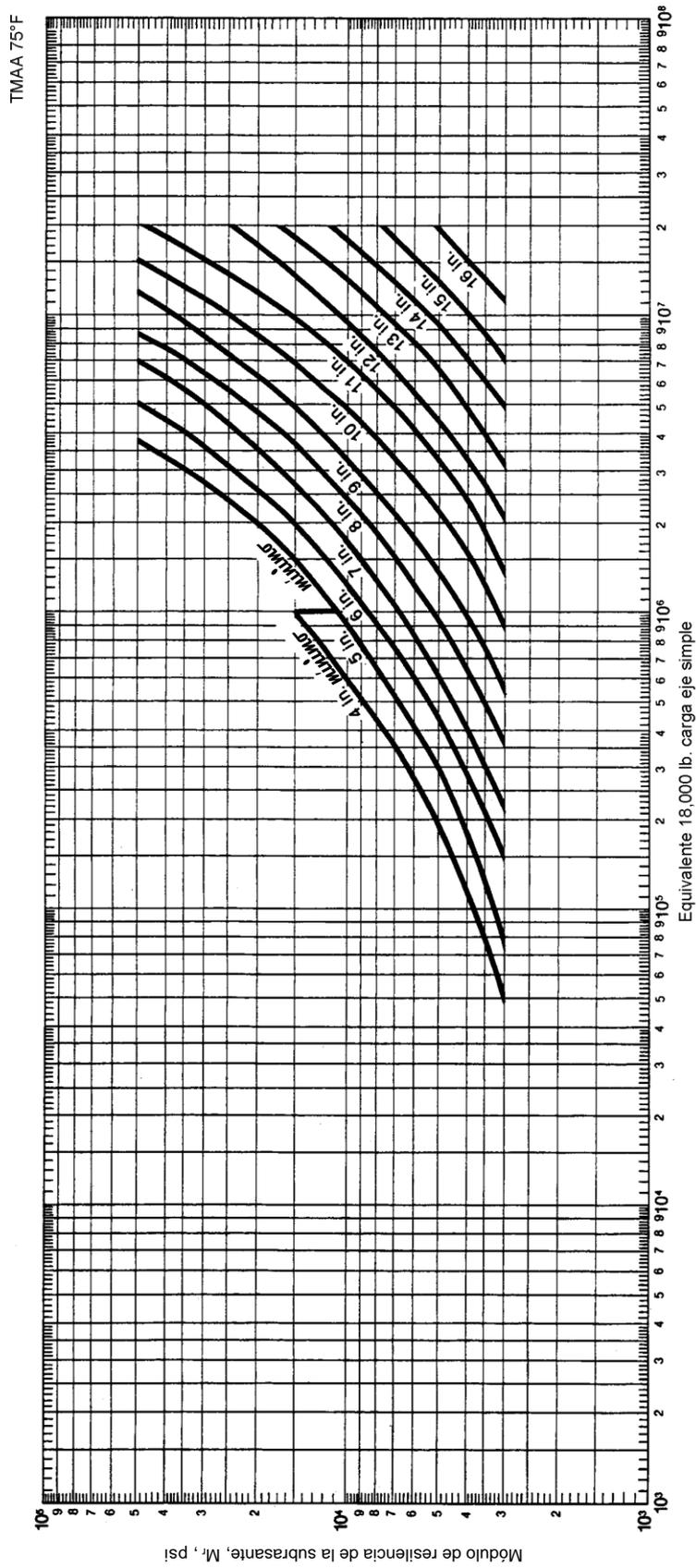


Figura 2-15 Carta de Diseño A-36 Base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de Espesor

2.2.2 Método AASHTO

2.2.2.1 Introducción

El primer antecedente en el diseño de pavimentos según el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte) se tiene con el AASHTO Road Test que fue un ensayo realizado sobre pavimentos de determinadas características bajo diferentes cargas en Ottawa, Illinois entre 1958 y 1960. De estos ensayos se obtuvo información para ser aplicada en la metodología de diseño de pavimentos. Así aparece la "AASHTO Interim Guide for Design of Rigid and Flexible Pavement" (1962) que contenía procedimientos de diseño basados en modelos empíricos deducidos de datos recolectados en el AASHTO Road Test.

Luego aparece la "AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures" en 1972 y luego de hacer observaciones a partir de 1983, aparece en 1986 la "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" con muchas modificaciones con respecto a la de 1972 y finalmente en 1993 fue hecha una versión revisada de esta guía, que no ofrece cambios en lo que a diseño de pavimentos flexibles se refiere.

En 2002 aparece la "AASHTO Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures" y en 2008 se publicó la versión preliminar de esta guía.

2.2.2.2 Variables de entrada

Se describen a continuación las variables a considerar en el método AASHTO.

2.2.2.2.1 Variables de tiempo

Hay dos variables a tener en cuenta: período de diseño y período de análisis.

Se denomina "**período de diseño**" al lapso que se requiere para que una estructura de pavimento nueva o rehabilitada se deteriore de su nivel inicial de serviciabilidad, hasta su nivel establecido de serviciabilidad final, momento en el cual exige de una acción de rehabilitación.

Se define como "**período de análisis**" al lapso que debe ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Normalmente coincide con el "período de diseño"; sin embargo limitaciones prácticas y realistas en el comportamiento de ciertos casos de diseño de pavimentos, pueden hacer necesario que se consideren varias etapas de construcción, o una rehabilitación programada, que permita el alcanzar el período de análisis deseado.

Tabla 2-10 Períodos de análisis y diseño

Tipos de carretera	Períodos (años)	
	análisis	diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50	15 - 20
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50	15 - 20
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25	5 - 12
Afirmada con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20	5 - 8

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

2.2.2.2.2 Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente PSI (present serviciability index) mediante el cual el pavimento es calificado de 0 a 5.

Tabla 2-11 Niveles de serviciabilidad

Indice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Calificación
0 - 1	Muy pobre
1 - 2	Pobre
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Los índices de serviciabilidad inicial (p_o) y final o terminal (p_t), deben ser establecidos para calcular la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

El índice de serviciabilidad inicial (p_o) es el valor que tendrá el pavimento inmediatamente después de la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles fue de 4.2.

El índice de serviciabilidad final o terminal (p_t) es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

$p_t = 2.5 - 3.0$, para autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico.

$p_t = 2.0 - 2.5$, para autopistas urbanas y troncales de tráfico normal.

$p_t = 1.8 - 2.0$, para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas.

2.2.2.2.3 Confiabilidad y desviación estándar total

Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso.

La selección del nivel apropiado de confiabilidad para el diseño de un pavimento está dictada por el uso esperado de ese pavimento. Un subdimensionado de un pavimento tiene consecuencias más graves para un pavimento en el cual se espera que lleve un gran volumen de tránsito (por ejemplo una autopista urbana) que un pavimento que experimentará un bajo volumen de tránsito. En ambos casos habrá problemas, el pavimento alcanzará los niveles mínimos de serviciabilidad antes de lo previsto y será necesario realizar trabajos de reparaciones.

Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento.

En la Tabla 2-12 se dan niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO.

Tabla 2-12 Niveles de confiabilidad

Tipos de carretera	Confiabilidad (%)	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

En la Tabla 2-13 se muestran valores de desviación normal estándar (Z_R) para niveles seleccionados de confiabilidad, R .

Tabla 2-13 Niveles de confiabilidad y valores de desviación normal estándar

Confiabilidad (%)	Z_R	Confiabilidad (%)	Z_R
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

En cuanto a la desviación estándar total (S_0), la Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores comprendidos entre 0.40 y 0.50.

2.2.2.2.4 Tránsito

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips (18,000 libras). Se los denominará de aquí en adelante ESAL, que es la sigla en inglés de “Carga de Eje Equivalente Simple” *“Equivalent Single Axle Load”*. La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga, denominados LEF por sus siglas en inglés (“Load Equivalent Factor”).

2.2.2.2.4.1 Factores equivalentes de carga

El factor equivalente de carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 kN en el mismo eje.

Para la determinación del valor de número de repeticiones de cargas acumuladas en el período de diseño (W_{18}), deben aplicarse los LEFs, que se presentan como tablas en el Apéndice D de la Guía de Diseño AASHTO 1993, cada tabla se identifica en función de la configuración de los ejes (simples, tándem y tridem), del valor de serviciabilidad final (p_t) seleccionando valores de 2.0, 2.5 y 3.0 respectivamente, y del valor de SN_{asumido} .

El procedimiento idealizado en la solución de la ecuación AASHTO es iterativo: debe asumirse un valor de SN , sin conocerse los espesores finales, para poder estimar las cargas de diseño, ya que los factores de equivalencia de cargas son, tal como se ha comentado, función, entre otras variables, de SN . Una vez estimadas las cargas, a partir de este SN_{asumido} , y concluido el diseño real del paquete estructural, se compara el SN_{obtenido} con el SN_{asumido} . Si la diferencia entre el SN_{asumido} y el SN_{obtenido} es mayor a 0.5, debe reiniciarse la estimación de las cargas de diseño partiendo de los factores de equivalencia de este SN_{obtenido} , repitiéndose el proceso hasta que la diferencia entre ambos SN sea

menor a 0.5.

En la mayoría de los casos se selecciona, como primera aproximación, un valor de $SN = 3.0$, para iniciar el procedimiento idealizado.

A continuación se reproducen las tablas del Apéndice D de la Guía de Diseño AASHTO 1993, donde se indican LEFs para distintos tipos de ejes y distintas serviciabilidades finales.

Tabla 2-14 Factores equivalentes de carga, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
17.8	4,000	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
26.7	6,000	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
35.6	8,000	0.030	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
44.5	10,000	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
53.4	12,000	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
62.3	14,000	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
71.2	16,000	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
80.0	18,000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
89.0	20,000	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
97.9	22,000	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
106.8	24,000	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
115.7	26,000	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
124.6	28,000	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
133.5	30,000	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
142.4	32,000	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
151.3	34,000	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
160.0	36,000	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
169.1	38,000	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
178.0	40,000	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
186.9	42,000	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
195.8	44,000	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
204.7	46,000	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
213.6	48,000	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
222.5	50,000	113	108	97	86	81	82

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-15 Factores equivalentes de carga, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					pulg (mm)	
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)	
8.9	2,000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
17.8	4,000	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	
26.7	6,000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
35.6	8,000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	
44.5	10,000	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	
53.4	12,000	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012	
62.3	14,000	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023	
71.2	16,000	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040	
80.0	18,000	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066	
89.0	20,000	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105	
97.9	22,000	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158	
106.8	24,000	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231	
115.7	26,000	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329	
124.6	28,000	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455	
133.5	30,000	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617	
142.4	32,000	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819	
151.3	34,000	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07	
160.0	36,000	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	
169.1	38,000	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74	
178.0	40,000	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18	
186.9	42,000	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.7	
195.8	44,000	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31	
204.7	46,000	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02	
213.6	48,000	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83	
222.5	50,000	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77	
231.4	52,000	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83	
240.3	54,000	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03	
249.2	56,000	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4	
258.1	58,000	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9	
267.0	60,000	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6	
275.9	62,000	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5	
284.7	64,000	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6	
293.6	66,000	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9	
302.5	68,000	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5	
311.4	70,000	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3	
320.3	72,000	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4	
329.2	74,000	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8	
338.1	76,000	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5	
347.0	78,000	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6	
355.9	80,000	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43	
364.8	82,000	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8	
373.7	84,000	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53	
382.6	86,000	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6	
391.5	88,000	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7	
400.4	90,000	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3	

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-16 Factores equivalentes de carga, ejes tridem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					pulg (mm)
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.8	4,000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
26.7	6,000	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
35.6	8,000	0.0009	0.001	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007
44.5	10,000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
53.4	12,000	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
62.3	14,000	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005
71.2	16,000	0.010	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009
80.0	18,000	0.016	0.019	0.019	0.017	0.015	0.015
89.0	20,000	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
97.9	22,000	0.034	0.042	0.042	0.038	0.035	0.034
106.8	24,000	0.049	0.058	0.060	0.055	0.051	0.048
115.7	26,000	0.068	0.080	0.083	0.077	0.071	0.068
124.6	28,000	0.093	0.107	0.113	0.105	0.098	0.094
133.5	30,000	0.125	0.140	0.149	0.140	0.131	0.126
142.4	32,000	0.164	0.182	0.194	0.184	0.173	0.167
151.3	34,000	0.213	0.233	0.248	0.238	0.225	0.217
160.0	36,000	0.273	0.294	0.313	0.303	0.288	0.279
169.1	38,000	0.346	0.368	0.390	0.381	0.364	0.353
178.0	40,000	0.434	0.456	0.481	0.473	0.454	0.443
186.9	42,000	0.538	0.560	0.587	0.580	0.561	0.548
195.8	44,000	0.662	0.682	0.710	0.705	0.686	0.673
204.7	46,000	0.807	0.825	0.852	0.849	0.831	0.818
213.6	48,000	0.976	0.992	1.015	1.014	0.999	0.987
222.5	50,000	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
231.4	52,000	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
240.3	54,000	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
249.2	56,000	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
258.1	58,000	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
267.0	60,000	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
275.9	62,000	3.10	3.05	2.98	2.95	2.99	3.04
284.7	64,000	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
293.6	66,000	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
302.5	68,000	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
311.4	70,000	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
320.3	72,000	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
329.2	74,000	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
338.1	76,000	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
347.0	78,000	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
355.9	80,000	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
364.8	82,000	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
373.7	84,000	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
382.6	86,000	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
391.5	88,000	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
400.4	90,000	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-17 Factores equivalentes de carga, ejes simples, $p_t = 2.5$

Carga por eje		SN					pulg (mm)
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
17.8	4,000	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
26.7	6,000	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
35.6	8,000	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
44.5	10,000	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
53.4	12,000	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
62.3	14,000	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
71.2	16,000	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
80.0	18,000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
89.0	20,000	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
97.9	22,000	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
106.8	24,000	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
115.7	26,000	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
124.6	28,000	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
133.5	30,000	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
142.4	32,000	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
151.3	34,000	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
160.0	36,000	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
169.1	38,000	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
178.0	40,000	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
186.9	42,000	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
195.8	44,000	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
204.7	46,000	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
213.6	48,000	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
222.5	50,000	112	102	79	60	53	55

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-18 Factores equivalentes de carga, ejes tándem, $p_t = 2.5$

Carga por eje		SN					pulg (mm)	
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)	
8.9	2,000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	
17.8	4,000	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	
26.7	6,000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	
35.6	8,000	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	
44.5	10,000	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006	
53.4	12,000	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013	
62.3	14,000	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024	
71.2	16,000	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043	
80.0	18,000	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070	
89.0	20,000	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110	
97.9	22,000	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166	
106.8	24,000	0.231	0.273	0.315	0.292	0.26	0.242	
115.7	26,000	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342	
124.6	28,000	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470	
133.5	30,000	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633	
142.4	32,000	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834	
151.3	34,000	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08	
160.0	36,000	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	
169.1	38,000	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73	
178.0	40,000	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14	
186.9	42,000	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61	
195.8	44,000	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16	
204.7	46,000	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79	
213.6	48,000	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49	
222.5	50,000	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28	
231.4	52,000	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17	
240.3	54,000	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15	
249.2	56,000	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2	
258.1	58,000	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4	
267.0	60,000	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7	
275.9	62,000	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1	
284.7	64,000	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7	
293.6	66,000	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4	
302.5	68,000	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2	
311.4	70,000	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2	
320.3	72,000	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3	
329.2	74,000	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6	
338.1	76,000	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1	
347.0	78,000	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8	
355.9	80,000	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7	
364.8	82,000	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8	
373.7	84,000	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1	
382.6	86,000	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7	
391.5	88,000	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6	
400.4	90,000	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7	

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-19 Factores equivalentes de carga, ejes tridem, $p_t = 2.5$

Carga por eje		SN					
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	pulg (mm)
							6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.8	4,000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
26.7	6,000	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
35.6	8,000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
44.5	10,000	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
53.4	12,000	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
62.3	14,000	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
71.2	16,000	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
80.0	18,000	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
89.0	20,000	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
97.9	22,000	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
106.8	24,000	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
115.7	26,000	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
124.6	28,000	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
133.5	30,000	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
142.4	32,000	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
151.3	34,000	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
160.0	36,000	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
169.1	38,000	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
178.0	40,000	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
186.9	42,000	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
195.8	44,000	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
204.7	46,000	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.838
213.6	48,000	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
222.5	50,000	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
231.4	52,000	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
240.3	54,000	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
249.2	56,000	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
258.1	58,000	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
267.0	60,000	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
275.9	62,000	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
284.7	64,000	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
293.6	66,000	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
302.5	68,000	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.3
311.4	70,000	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
320.3	72,000	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
329.2	74,000	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
338.1	76,000	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
347.0	78,000	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
355.9	80,000	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
364.8	82,000	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
373.7	84,000	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
382.6	86,000	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
391.5	88,000	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
400.4	90,000	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-20 Factores equivalentes de carga, ejes simples, $p_t = 3.0$

Carga por eje		SN					pulg (mm)
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0008	0.0009	0.0006	0.0003	0.0002	0.0002
17.8	4,000	0.004	0.008	0.006	0.004	0.002	0.002
26.7	6,000	0.014	0.030	0.028	0.018	0.012	0.010
35.6	8,000	0.035	0.070	0.080	0.055	0.040	0.034
44.5	10,000	0.082	0.132	0.168	0.132	0.101	0.086
53.4	12,000	0.173	0.231	0.296	0.260	0.212	0.187
62.3	14,000	0.332	0.388	0.468	0.447	0.391	0.358
71.2	16,000	0.594	0.633	0.695	0.693	0.651	0.622
80.0	18,000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
89.0	20,000	1.60	1.53	1.41	1.38	1.44	1.51
97.9	22,000	2.47	2.29	1.96	1.83	1.97	2.16
106.8	24,000	3.67	3.33	2.69	2.39	2.60	2.96
115.7	26,000	5.29	4.72	3.65	3.08	3.33	3.91
124.6	28,000	7.43	6.56	4.88	3.93	4.17	5.00
133.5	30,000	10.2	8.9	6.5	5.0	5.1	6.3
142.4	32,000	13.8	12.0	8.4	6.2	6.3	7.7
151.3	34,000	18.2	15.7	10.9	7.8	7.6	9.3
160.0	36,000	23.8	20.4	14.0	9.7	9.1	11.0
169.1	38,000	30.6	26.2	17.7	11.9	11.0	13.0
178.0	40,000	38.8	33.2	22.2	14.6	13.1	15.3
186.9	42,000	48.8	41.6	27.6	17.8	15.5	17.8
195.8	44,000	60.6	51.6	34.0	21.6	18.4	20.6
204.7	46,000	74.7	63.4	41.5	26.1	21.6	23.8
213.6	48,000	91.2	77.3	50.3	31.3	25.4	27.4
222.5	50,000	110	94	61	37	30	32

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-21 Factores equivalentes de carga, ejes tándem, $p_t = 3.0$

Carga por eje		SN					
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
17.8	4,000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
26.7	6,000	0.003	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
35.6	8,000	0.006	0.011	0.009	0.005	0.003	0.003
44.5	10,000	0.011	0.024	0.020	0.012	0.008	0.007
53.4	12,000	0.019	0.042	0.039	0.024	0.017	0.014
62.3	14,000	0.031	0.066	0.068	0.045	0.032	0.026
71.2	16,000	0.049	0.096	0.109	0.076	0.055	0.046
80.0	18,000	0.075	0.134	0.164	0.121	0.090	0.076
89.0	20,000	0.113	0.181	0.232	0.182	0.139	0.119
97.9	22,000	0.166	0.241	0.313	0.260	0.205	0.178
106.8	24,000	0.238	0.317	0.407	0.358	0.292	0.257
115.7	26,000	0.333	0.413	0.517	0.476	0.402	0.360
124.6	28,000	0.457	0.534	0.643	0.614	0.538	0.492
133.5	30,000	0.616	0.684	0.788	0.773	0.702	0.656
142.4	32,000	0.817	0.870	0.956	0.953	0.896	0.855
151.3	34,000	1.07	1.10	1.15	1.15	1.12	1.09
160.0	36,000	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
169.1	38,000	1.75	1.71	1.64	1.62	1.66	1.70
178.0	40,000	2.21	2.11	1.94	1.89	1.98	2.08
186.9	42,000	2.75	2.59	2.29	2.19	2.33	2.50
195.8	44,000	3.39	3.15	2.70	2.52	2.71	2.97
204.7	46,000	4.15	3.81	3.16	2.89	3.13	3.50
213.6	48,000	5.04	4.58	3.70	3.29	3.57	4.07
222.5	50,000	6.08	5.47	4.31	3.74	4.05	4.70
231.4	52,000	7.27	6.49	5.01	4.24	4.57	5.37
240.3	54,000	8.65	7.67	5.81	4.79	5.13	6.10
249.2	56,000	10.2	9.0	6.7	5.4	5.7	6.9
258.1	58,000	12.0	10.6	7.7	6.1	6.4	7.7
267.0	60,000	14.1	12.3	8.9	6.8	7.1	9.8
275.9	62,000	16.3	14.2	10.2	7.7	7.8	9.5
284.7	64,000	18.9	16.4	11.6	8.6	8.6	10.5
293.6	66,000	21.8	18.9	13.2	9.6	9.5	11.6
302.5	68,000	25.1	21.7	15.0	10.7	10.5	12.7
311.4	70,000	28.7	24.7	17.0	12.0	11.5	13.9
320.3	72,000	32.7	28.1	19.2	13.3	12.6	15.2
329.2	74,000	37.2	31.9	21.6	14.8	13.8	16.5
338.1	76,000	42.1	36.0	24.3	16.4	15.1	17.9
347.0	78,000	47.5	40.6	27.3	18.2	16.5	19.4
355.9	80,000	53.4	45.7	30.5	20.1	18.0	21.0
364.8	82,000	60.0	51.2	34.0	22.2	19.6	22.7
373.7	84,000	67.1	57.2	37.9	24.6	21.3	24.5
382.6	86,000	74.9	63.8	42.1	27.1	23.2	26.4
391.5	88,000	83.4	71.0	46.7	29.8	25.2	28.4
400.4	90,000	92.7	78.8	51.7	32.7	27.4	30.5

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Tabla 2-22 Factores equivalentes de carga, ejes tridem, $p_t = 3.0$

Carga por eje		SN					pulg (mm)
kN	lb	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
8.9	2,000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
17.8	4,000	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
26.7	6,000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
35.6	8,000	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001
44.5	10,000	0.005	0.008	0.005	0.003	0.002	0.002
53.4	12,000	0.007	0.014	0.010	0.006	0.004	0.003
62.3	14,000	0.011	0.023	0.018	0.011	0.007	0.006
71.2	16,000	0.016	0.035	0.030	0.018	0.013	0.010
80.0	18,000	0.022	0.05	0.047	0.029	0.020	0.017
89.0	20,000	0.031	0.069	0.069	0.044	0.031	0.026
97.9	22,000	0.043	0.090	0.097	0.065	0.046	0.039
106.8	24,000	0.059	0.116	0.132	0.092	0.066	0.056
115.7	26,000	0.079	0.145	0.174	0.126	0.092	0.078
124.6	28,000	0.104	0.179	0.223	0.168	0.126	0.107
133.5	30,000	0.136	0.218	0.279	0.219	0.167	0.143
142.4	32,000	0.176	0.265	0.342	0.279	0.218	0.188
151.3	34,000	0.226	0.319	0.413	0.350	0.279	0.243
160.0	36,000	0.286	0.382	0.491	0.432	0.352	0.310
169.1	38,000	0.359	0.456	0.577	0.524	0.437	0.389
178.0	40,000	0.447	0.543	0.671	0.626	0.536	0.483
186.9	42,000	0.550	0.643	0.775	0.740	0.649	0.593
195.8	44,000	0.673	0.760	0.889	0.865	0.777	0.720
204.7	46,000	0.817	0.894	1.014	1.001	0.920	0.865
213.6	48,000	0.984	1.048	1.152	1.148	1.080	1.030
222.5	50,000	1.18	1.23	1.30	1.31	1.26	1.22
231.4	52,000	1.40	1.43	1.47	1.48	1.45	1.43
240.3	54,000	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
249.2	56,000	1.95	1.92	1.86	1.85	1.88	1.91
258.1	58,000	2.28	2.21	2.09	2.06	2.13	2.20
267.0	60,000	2.66	2.54	2.34	2.28	2.39	2.50
275.9	62,000	3.08	2.92	2.61	2.52	2.66	2.84
284.7	64,000	3.56	3.33	2.92	2.77	2.96	3.19
293.6	66,000	4.09	3.79	3.25	3.04	3.27	3.58
302.5	68,000	4.68	4.31	3.62	3.33	3.60	4.00
311.4	70,000	5.34	4.88	4.02	3.64	3.94	4.44
320.3	72,000	6.08	5.51	4.46	3.97	4.31	4.91
329.2	74,000	6.89	6.21	4.94	4.32	4.69	5.40
338.1	76,000	7.78	6.98	5.47	4.70	5.09	5.93
347.0	78,000	8.76	7.83	6.04	5.11	5.51	6.48
355.9	80,000	9.84	8.75	6.67	5.54	5.96	7.06
364.8	82,000	11.0	9.8	7.4	6.0	6.4	7.7
373.7	84,000	12.3	10.9	8.1	6.5	6.9	8.3
382.6	86,000	13.7	12.1	8.9	7.0	7.4	9.0
391.5	88,000	15.3	13.4	9.8	7.6	8.0	9.6
400.4	90,000	16.9	14.8	10.7	8.2	8.5	10.4

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

2.2.2.2.4.2 Factor de camión

Es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para determinar el daño producido por el vehículo total. Así nace el concepto de Factor de Camión (FC) que se define como el número de ESALs por vehículo. Este factor de camión puede ser computado para cada clasificación general de vehículos o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración de tránsito dada. Es más exacto considerar factores de camión para cada clasificación general de vehículos.

2.2.2.2.4.3 Factor de distribución por dirección (DD)

En general DD es 0.50, es decir que del total del flujo vehicular censado, la mitad va por cada dirección, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, lo que debería deducirse del censo de tránsito.

2.2.2.2.4.4 Factor de distribución por carril (LD)

El carril de diseño es aquel que recibe el mayor número de ESALs. Para una carretera de dos carriles, cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza en ese carril, en este caso LD es 1.00. Para carreteras multicarril, el carril de diseño es el más externo, dado que los vehículos y, por lo tanto la mayor parte de los ESALs, usan ese carril, en este caso LD puede variar entre 1.00 y 0.50.

Tabla 2-23 Factor de distribución por carril

Número de carriles en cada dirección	LD
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

2.2.2.2.4.5 Procedimiento de cálculo del número de ESALs

Para determinar los ESALs, se hará uso de la planilla de la Tabla 2-24.

Tabla 2-24 Planilla para cálculo manual de ESALs

Ubicación: _____ Periodo de diseño: _____ años
 SN: _____

Tipo de Vehículo	Cantidad diaria (A)	Factor de crecimiento (B)	Transito de diseño (C)	Factor de camión (D)	Nº de ESALs (E)
Autos					
Pick ups					
Otros vehículos (2 ejes y 4 ruedas)					
Camiones (2 ejes y 6 ruedas)					
Camiones (3 ó más ejes)					
Total					
Semirremolques (3 ejes)					
Semirremolques (4 ejes)					
Semirremolques (5 ó más ejes)					
Total					
Camión c/acoplado (5 ejes)					
Camión c/acoplado (6 ó más ejes)					
Total					
Total vehículos				Nº total de ESALs	

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

- En la columna “A” se pondrá la cantidad diaria de cada tipo de vehículo especificado y del cual se tenga el conteo correspondiente.
- En la columna “B” se colocará el correspondiente factor de crecimiento para cada tipo de vehículo, el cual depende de la tasa de crecimiento asumida para cada tipo de vehículo y el período de diseño considerado, cada tipo de vehículo puede tener una tasa de crecimiento distinta, ya que no todos los tipos de vehículos tienen que crecer a la misma tasa, según la Tabla 2-25.

Tabla 2-25 Factor de crecimiento

Período de diseño, n (años)	Factor de crecimiento *	Tasa de crecimiento anual, g (%)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	36.46	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	47.58	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	60.46	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

* Factor = $[(1+g)^n - 1]/g$, donde g = tasa/100 no es igual a 0. Si el crecimiento anual es igual a 0, el Factor de crecimiento = Período de diseño.
 Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

- En la columna “**C**” se coloca el producto de las columnas “**A**” y “**B**” multiplicado por **365** (días del año).
- En la columna “**D**” se coloca el **factor de camión**, que depende de cada peso y configuración o tipo de camión (ejes simples, tándem o trídem) y los valores asumidos de índice de serviciabilidad final (p_t) y el número estructural (SN).
- La columna “**E**” es el producto de las columnas “**C**” y “**D**”, y la suma de esta columna “**E**” da el número total de ESALs.

Los datos de tránsito que se recopilan son los ESALs acumulados en ambos sentidos de tráfico, pero para fines de diseño se requiere el tráfico que afecta en el carril de diseño. La siguiente ecuación define los ESALs en el carril de diseño:

$$W_{18} = \text{ESALs} \times \text{DD} \times \text{LD}$$

Donde:

W_{18} : ESALs en el carril de diseño

ESALs: Número total de ESALs en ambos sentidos de tráfico.

DD: Factor de distribución por dirección

LD: Factor de distribución por carril

2.2.2.2.5 Propiedades de los materiales

La variable que se usa para el diseño de pavimentos flexibles es el módulo resiliente (M_R), tanto para la determinación del número estructural (SN) así como para, en función de los materiales que componen cada capa del paquete estructural, obtener los coeficientes estructurales o de capa.

2.2.2.2.5.1 Módulo resiliente del material de subrasante

El diseño de pavimentos flexibles es extremadamente sensible a esta variable y por tanto debe ser estudiada y definida con el mayor cuidado.

Dado que no siempre se tienen equipos para ejecutar un ensayo de módulo resiliente de los materiales, es conveniente relacionarlo con otras propiedades conocidas, tal como el CBR.

La Guía de diseño AASHTO 2002 recomienda la siguiente ecuación de correlación del módulo resiliente con el CBR, válida para todo tipo de materiales de subrasante:

$$M_R = 2,555 \times (\text{CBR})^{0.64}$$

El módulo resiliente (M_R) se mide en psi (lb/pulg²).

El valor del CBR, debe ser el promedio de los valores obtenidos mediante los ensayos de laboratorio realizados con las muestras de materiales de subrasante.

2.2.2.2.5.2 Coeficientes estructurales de los materiales

2.2.2.2.5.2.1 Concreto asfáltico

El gráfico de la Figura 2-16 se emplea para determinar el valor del coeficiente estructural para la capa de concreto asfáltico (a_1), a partir del módulo elástico (resiliente) del concreto asfáltico.

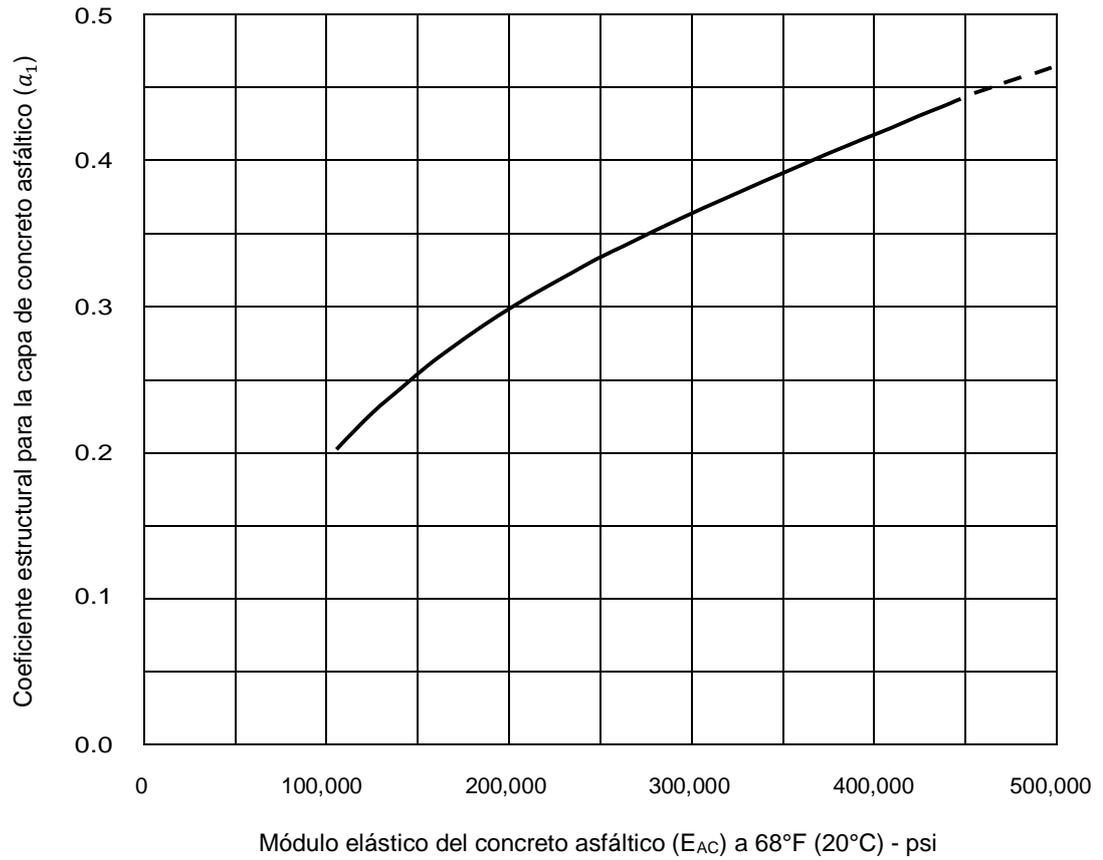
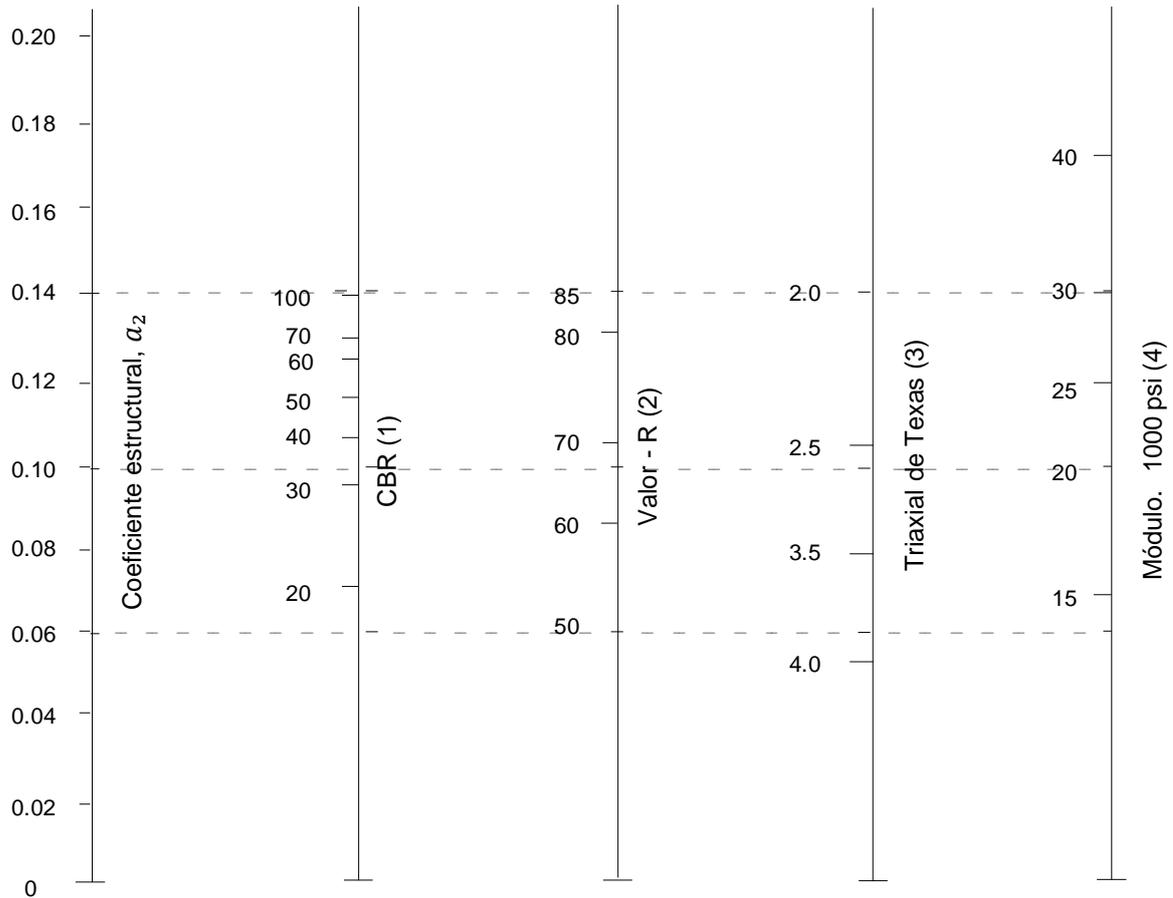


Figura 2-16 Gráfico para determinar el coeficiente estructural para la capa de concreto asfáltico (a_1) en función del módulo elástico

2.2.2.2.5.2 Bases granulares no tratadas

El gráfico de la Figura 2-17 se emplea para determinar el valor del coeficiente estructural de la capa de base granular (a_2), cuando se disponga del valor de CBR, Valor-R o Triaxial de Texas.

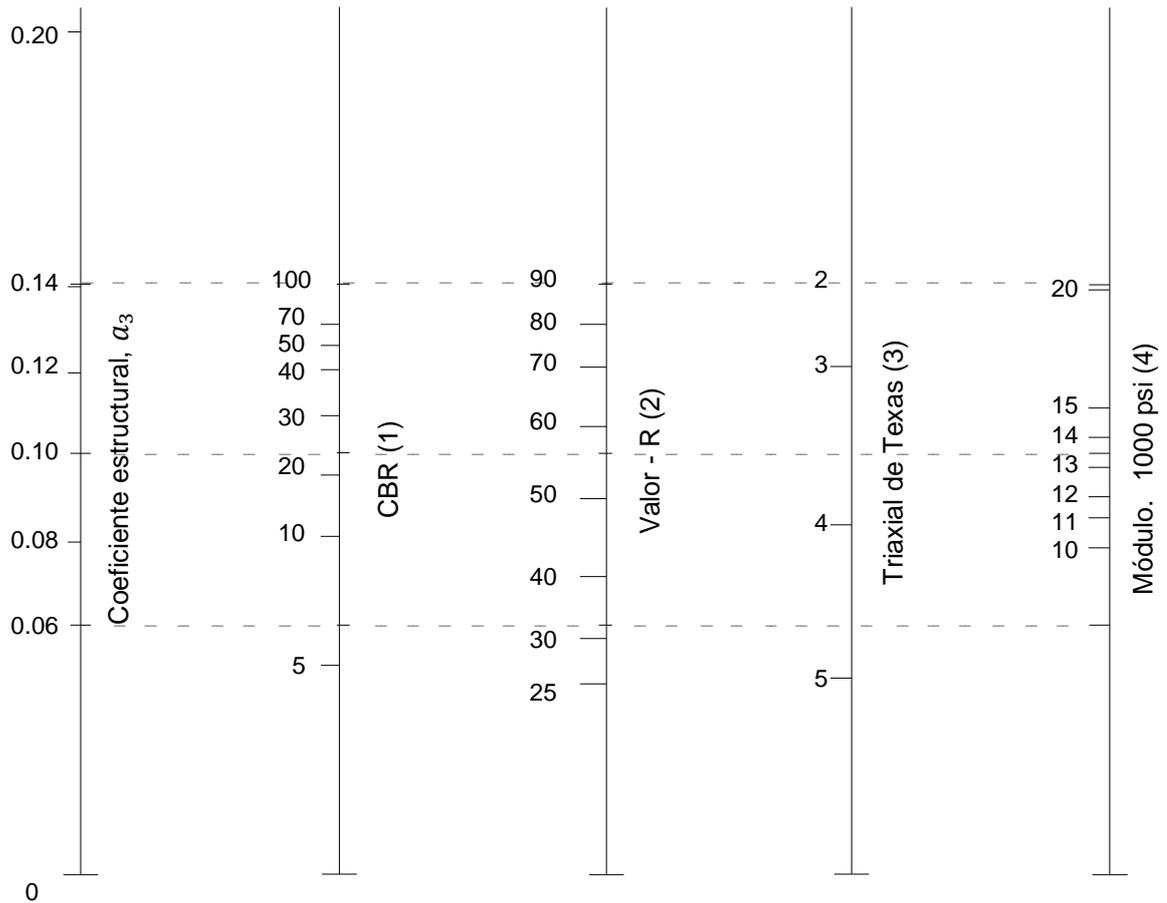


- (1) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en Illinois
- (2) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP.

Figura 2-17 Variación en el coeficiente estructural de la capa de base granular (a_2) con varios parámetros de resistencia de la base

2.2.2.2.5.2.3 Subbases granulares no tratadas

El gráfico de la Figura 2-18 se emplea para determinar el valor del coeficiente estructural de la capa de subbase granular (a_3), cuando se disponga del valor de CBR, Valor-R o Triaxial de Texas.



- (1) Escala derivada de correlación obtenida en Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas por el Asphalt Institute, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas en Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP.

Figura 2-18 Variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase granular (a_3) con varios parámetros de resistencia de la subbase

2.2.2.2.6 Coeficiente de drenaje (m_i)

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. La AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2-26 Capacidad del drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	(el agua no drena)

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

En la Tabla 2-27 se muestran los valores que recomienda la AASHTO para m_i , de acuerdo con la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 2-27 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y subbases granulares no tratadas

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 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
Malo	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

Para elegir alguno de los coeficientes presentes en la Tabla 2-27, se deben seguir los siguientes pasos:

- Se calcula el tiempo de drenaje de cada una de las capas.
- Se selecciona una calidad de drenaje en función del tiempo de drenaje calculado.
- Se calcula el tiempo en que la estructura del pavimento va a estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.
- Con la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo en que el pavimento va a estar expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, se elige el coeficiente de drenaje m_i .

2.2.2.3 Determinación de espesores

2.2.2.3.1 Determinación del número estructural (SN)

Para el método de diseño AASHTO 1993 la ecuación de diseño es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

donde:

W_{18} : Número de cargas de 18,000 lb previstas

Z_R : Desviación normal estándar

S_0 : Desviación estándar total

ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad

M_R : Módulo resiliente de la subrasante (en psi)

SN : Número estructural indicativo del espesor total requerido del pavimento:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

donde:

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales o de capa.

m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de capas (en pulgadas).

Una vez que los valores de W_{18} , Z_R , S_0 , ΔPSI y M_R , han sido introducidos en la ecuación de diseño, se resuelve la ecuación para obtener el valor de SN . El proceso se simplifica mediante un proceso iterativo, en vez de despejar el valor de SN . Para esto se sustituyen todos los valores mencionados, y se van dando valores al término SN , hasta lograr que con un determinado valor de SN se logre obtener un valor **igual** que el obtenido para $\log_{10}(W_{18})$.

2.2.2.3.2 Espesores mínimos en función del número estructural

El procedimiento para la determinación de los espesores se puede resumir en los siguientes pasos:

- Determine del número estructural requerido, SN , mediante la ecuación de diseño.
- Determine el número estructural requerido sobre la capa de base, SN_1 , con los mismos valores de entrada de diseño pero sustituyendo el valor del módulo resiliente de la subrasante, M_R , por el valor del módulo de la base, E_B . Es importante mencionar que la notación M_R es exclusiva para la subrasante.

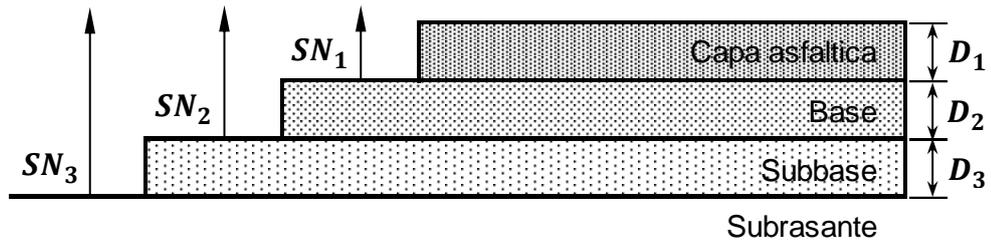
Divida el valor de SN_1 entre el coeficiente de capa a_1 establecido para la rodadura de concreto asfáltico y determine un espesor D_1 . Verifique que este espesor D_1 sea igual o mayor que el espesor mínimo correspondiente a la capa y el tránsito (Tabla 2-28). Si cumple esta condición redondee D_1 a la $\frac{1}{2}$ pulgada siguiente, de lo contrario asigne el espesor mínimo que corresponda a D_1 . Así, se obtiene un D_1^* el cual debe multiplicarse por el coeficiente a_1 para obtener un SN_1^* .

- Determine el número estructural requerido sobre la capa de subbase, SN_2 , con los mismos valores de entrada de diseño pero substituyendo el valor del módulo resiliente de la subrasante, M_R , por el valor del módulo de la subbase, E_{SB} .

Sustraiga SN_1^* de SN_2 y divida el resultado entre el producto de los coeficientes de capa y drenaje de la base ($a_2 \times m_2$). Así, se obtiene un espesor de base granular D_2 , el cual debe compararse con los espesores mínimos (Tabla 2-28). Si es superior al mínimo requerido se redondea a la $\frac{1}{2}$ pulgada siguiente, de lo contrario se asigna el valor mínimo a D_2 . Se obtiene entonces un D_2^* el cual debe multiplicarse por el producto de coeficientes ($a_2 \times m_2$) para obtener un SN_2^* .

- Finalmente, es necesario determinar el número estructural requerido sobre la capa de subrasante, SN_3 , para establecer el espesor de subbase necesario. Sin embargo, es evidente que el SN_3 y el SN calculado en principio son el mismo valor. Así, el espesor de subbase, D_3 , se calcula sustrayendo ($SN_1^* + SN_2^*$) de SN y dividiendo el resultado por el producto de los coeficientes de capa y drenaje de la subbase ($a_3 \times m_3$). El espesor D_3 obtenido se redondea a la $\frac{1}{2}$ pulgada siguiente obteniéndose un espesor D_3^* . Se multiplica el espesor D_3^* por el producto de coeficientes ($a_3 \times m_3$) y se obtiene un SN_3^* .
- La sumatoria de $SN_1^* + SN_2^* + SN_3^*$ debe ser igual o mayor que el SN requerido por las condiciones de diseño iniciales. Si esto se verifica se reportan los espesores obtenidos y el proceso de diseño concluye para las condiciones establecidas.

El método descrito se conoce también como “Diseño con Verificación por Capas”, puesto que para cada una de las capas se verifica que existe el suficiente espesor por encima de la misma para prevenir ahuellamientos y daños estructurales.



$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3}$$

Figura 2-19 Procedimiento para determinar espesores mínimos de capa

2.2.2.3.3 Estabilidad y factibilidad de construcción

Es normalmente impráctico y antieconómico el extender y compactar capas que tengan un espesor menor a determinados mínimos. El tránsito, por otra parte, puede dictaminar otros espesores mínimos recomendables para lograr que las mezclas tengan estabilidad y cohesión satisfactorias. La Tabla 2-28, que se presenta a continuación, sugiere algunos espesores mínimos para capas de concreto asfáltico y base granular en función del tránsito.

Tabla 2-28 Espesores mínimos

Tránsito (W_{18})	Concreto asfáltico (pulg)	Base granular (pulg)
Menos de 50,000	1.0 (*)	4.0
50,000 - 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0
Más de 7'000,000	4.0	6.0

(*) o tratamiento superficial.

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructuras de pavimentos 1993

2.2.2.3.4 Consideraciones de costo en la selección de espesores de capas

Una vez que se ha establecido el espesor mínimo, de acuerdo a los criterios que han sido descritos, debe analizarse en función de los costos unitarios de las diversas alternativas y/o combinaciones de espesores. Para que este análisis sea más práctico y sencillo, normalmente se lleva el costo de cada solución a la unidad de \$/m², escogiéndose aquella que, cumpliendo con todos los requisitos técnicos, sea la más económica.

2.3 Estudio de suelos

Los trabajos de mecánica de suelos se desarrollan con la finalidad de investigar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía.

Los trabajos se desarrollan en tres etapas, a continuación se procede a describir cada etapa:

2.3.1 Trabajos de campo

Con el objeto de determinar las características físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se llevan a cabo investigaciones mediante la ejecución de calicatas de 1.50 m de profundidad mínima, preferentemente al borde de la futura vía.

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad, luego serán colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.

2.3.2 Trabajos de laboratorio

Permiten evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos y mecánicos de las muestras de suelo provenientes de cada una de las calicatas.

2.3.2.1 Propiedades físicas

Los ensayos para definir las propiedades físicas, permiten determinar las propiedades índices de los suelos y además permiten su clasificación.

2.3.2.1.1 Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (de diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al uso que se quiera dar al agregado.

2.3.2.1.2 Límites de consistencia (ASTM D-4318)

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo

que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Líquido (LL), y el contenido de humedad en el que pasa del estado plástico al semi seco es el Limite Plástico (LP).

Además del límite líquido y del límite plástico, una característica a obtener es el índice de plasticidad (IP) que se define como la diferencia entre LL y LP.

2.3.2.1.3 Clasificación de suelos

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

El sistema de clasificación para Construcción de Carreteras AASHTO, es también usado de manera general. Los suelos pueden ser también clasificados en grandes grupos, pueden ser porosos, de grano grueso o grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo.

2.3.2.1.4 Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco.

2.3.2.2 Propiedades mecánicas

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las sollicitaciones de cargas.

2.3.2.2.1 Próctor modificado (ASTM D-1557)

El ensayo de Próctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación. Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación.

El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, el grado de llenar casi los vacíos el suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

2.3.2.2 California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883)

El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados.

El CBR que se usa para proyectar, es el valor que se obtiene para una profundidad de 0.1 pulgadas. Como el CBR de un agregado varía de acuerdo a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repetir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, para lo que se requiere un control minucioso. A menos que sea seguro que el suelo no acumulara humedad después de la construcción, los ensayos CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

2.3.3 Labores de gabinete

Con la información obtenida de los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se determina las características físicas y mecánicas de los suelos, con dichos resultados se calcula la capacidad de soporte de la subrasante.

Capítulo 3

Materiales y Métodos

Capítulo 3: Materiales y Métodos

3.1 Método de investigación

En el presente trabajo de investigación se usó del método descriptivo-cuasi experimental, así como del deductivo para poder realizar algunas conclusiones.

3.2 Universo o población

La población considerada para el trabajo de investigación son las vías de tráfico vehicular de la H.U.P. Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote.

3.3 Diseño y característica de la muestra

La muestra considerada son las vías de mayor tráfico vehicular de la H.U.P. Villa Victoria.

3.4 Estrategia del estudio

Se desarrollaron las siguientes actividades y procedimientos para que en forma cualitativa y cuantitativa proceder al diseño de la estructura de los pavimentos flexibles y poder determinar el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria.

- a. Recopilación de información bibliográfica.
- b. Inspección de la zona de estudio.
- c. Selección de las vías más representativas para el estudio, teniendo en cuenta el tráfico vehicular y realización del estudio de tráfico.
- d. Recolección de muestras de materiales del terreno de fundación y realización de los ensayos de laboratorio.
- e. Determinación del diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó la observación “in situ”, es decir visitas a la H.U.P. Villa Victoria, llevándose a cabo una recopilación, clasificación y ordenamiento de datos mediante formatos diseñados para la recopilación de la información de campo.

Se utilizó una cámara fotográfica, para tomar fotografías del estudio de tráfico y la recolección de muestras del terreno de fundación.

Capítulo

4

Resultados y Discusión

Capítulo 4: Resultados y Discusión

4.1 Resultados

4.1.1 Estudio de tráfico

De la Tabla A-1 Resumen de conteo y clasificación vehicular del P-01 (Anexo 1), se adoptaron los valores del IMD de los diferentes tipos de vehículos para el cálculo del EAL de diseño (método del Instituto del Asfalto) y del N° total de ESALs (método AASHTO).

4.1.2 Estudio de suelos

4.1.2.1 Subrasante

De la Tabla 4-1 Estudio del Terreno de Fundación, que muestra el resumen de los ensayos de laboratorio (Anexo 4), se obtuvo el valor del CBR de la subrasante que es 9.85 (valor crítico).

Tabla 4-1 Estudio del Terreno de Fundación

Descripción	Calicatas			
	C-01	C-02	C-03	C-04
Clasificación (SUCS)	SP	SP	SP	SP
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Limite Líquido	NP	NP	NP	NP
Limite Plástico	NP	NP	NP	NP
Índice Plástico	NP	NP	NP	NP
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.972	1.776	-	-
Óptimo Contenido de Humedad	9.00	9.10	-	-
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	25.16	15.14	-	-
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	16.68	9.85	-	-

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Método del Instituto del Asfalto

4.1.3.1 Periodo de diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 10 años.

4.1.3.2 Factores ambientales

De acuerdo a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, en la zona de estudio se registró una temperatura media anual del aire, mínima de 15.7°C y máxima de 28.2°C.

4.1.3.3 Procedimiento de diseño estructural

4.1.3.3.1 Seleccionar o determinar los datos de entrada

4.1.3.3.1.1 Valor del “EAL de diseño”

En la Tabla A-3 Análisis de tráfico, se muestra el EAL de diseño que es 176,867.04.

4.1.3.3.1.2 Módulo de resiliencia de diseño de la subrasante, M_r

De la Tabla 4-1 Estudio del terreno de fundación, se obtuvo el valor de CBR = 9.85.

Mediante la relación $M_r = 1,500 \times \text{CBR}$, se obtuvo el valor del módulo de resiliencia de la subrasante (M_r) que es 14,775 psi.

4.1.3.3.1.3 Tipos de bases

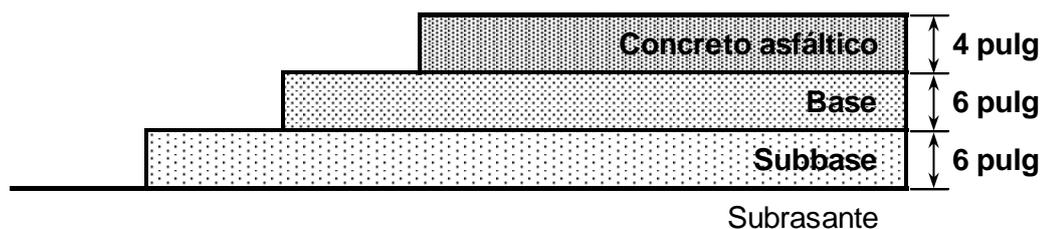
Para el diseño del pavimento se utilizó base de agregados no tratados.

4.1.3.3.2 Determinar las combinaciones del espesor de diseño usando la información de entrada

Se utilizaron las cartas de diseño A-29 y A-30, que tienen una Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) de 60°F (15.5°C) y las cartas de diseño A-35 y A-36, que tienen una Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) de 75°F (24°C).

Para otorgarle mayor resistencia y durabilidad, la estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 16 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 4 pulgadas, una capa de base de agregados no tratados de 6 pulgadas y una capa de subbase de agregados no tratados de 6 pulgadas.

En la siguiente figura, se muestra la estructura del pavimento flexible.



4.1.4 Método AASHTO

4.1.4.1 Variables de entrada

4.1.4.1.1 Variables de tiempo

De la Tabla 2-10 Periodos de análisis y diseño, se adoptó un periodo de diseño de 10 años.

4.1.4.1.2 Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad

Se adoptó el valor de 4.2 para la serviciabilidad inicial (p_o), según lo establecido en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles y el valor de

2.0 para la serviciabilidad final o terminal (p_t), por ser vías locales; lo que implica que la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) es 2.2.

4.1.4.1.3 Confiabilidad y desviación estándar total

De la Tabla 2-12 Niveles de confiabilidad, se adoptó una confiabilidad de 70%.

De la Tabla 2-13 Niveles de confiabilidad y valores de desviación normal estándar, se adoptó una desviación normal estándar (Z_R) de -0.524.

Se adoptó una desviación estándar total (S_0) de 0.45, pues la Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores comprendidos entre 0.40 y 0.50.

4.1.4.1.4 Tránsito

4.1.4.1.4.1 Cálculo del número de ESALs

En la Tabla A-5 Cálculo del número de ESALs, se muestra el número total de ESALs en ambos sentidos de tráfico (ESALs) que es 280,754.98.

Se adoptó un factor de distribución por dirección (DD) de 0.50 y de la Tabla 2-23 Factor de distribución por carril, se adoptó un factor de distribución por carril (LD) de 1.00.

Mediante la ecuación $W_{18} = \text{ESALs} \times \text{DD} \times \text{LD}$, se obtuvo el valor de los ESALs en el carril de diseño (W_{18}) que es 140,377.49.

4.1.4.1.5 Módulo resiliente del material de subrasante

De la Tabla 4-1 Estudio del terreno de fundación, se obtuvo el valor de CBR = 9.85.

Mediante la ecuación de correlación $M_R = 2,555 \times (\text{CBR})^{0.64}$, se obtuvo el valor del módulo resiliente (M_R) que es 11,045.62 psi.

4.1.4.1.6 Coeficientes estructurales de los materiales

4.1.4.1.6.1 Concreto asfáltico

Con el valor del módulo elástico del concreto asfáltico (E_{AC}) = 430,000 psi y haciendo uso del gráfico de la Figura 2-16 se encontró el coeficiente estructural del concreto asfáltico (a_1) igual a 0.434.

4.1.4.1.6.2 Bases granulares no tratadas

Con el valor del CBR de la base = 80 y haciendo uso del gráfico de la Figura 2-17 se encontró el coeficiente estructural de la base (a_2) igual a 0.133 y el módulo de la base (E_B) igual a 28,330 psi.

4.1.4.1.6.3 Subbases granulares no tratadas

Con el valor del CBR de la subbase = 40 y haciendo uso del gráfico de la Figura 2-18 se encontró el coeficiente estructural de la subbase (a_3) igual a 0.121 y el módulo de la subbase (E_{SB}) igual a 17,200 psi.

4.1.4.1.7 Coeficiente de drenaje

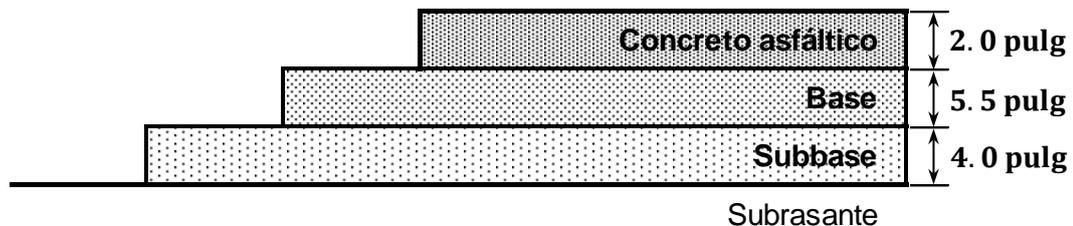
De la Tabla 2-27 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y subbases granulares no tratadas, se adoptó un coeficiente de drenaje de la base (m_2) de 1.0 y un coeficiente de drenaje de la subbase (m_3) de 1.0, considerando una calidad del drenaje regular y un porcentaje del 5% a 25% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

4.1.4.2 Determinación de espesores

4.1.4.2.1 Espesores mínimos en función del número estructural

Siguiendo el procedimiento para la determinación de los espesores, se determinó que la estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.

En la siguiente figura, se muestra la estructura del pavimento flexible.



4.2 Discusión

- El valor del CBR que se utilizó para determinar módulo de resiliencia (módulo resiliente) de la subrasante, se determinó tomando el valor crítico (el más bajo) de los dos valores de CBR obtenidos en los ensayos de laboratorio; no habiéndose utilizado el procedimiento recomendado por el método del Instituto del Asfalto ni por el método AASHTO.
- Los valores del IMD de los diferentes tipos de vehículos que transitan por la calle 4 de la H.U.P. Villa Victoria, se utilizaron para el cálculo del EAL de diseño y el N° total de ESALs, por ser esta la vía de mayor tráfico vehicular.
- Para el diseño de la estructura del pavimento por el método del Instituto del Asfalto, se determinó el espesor de la capa de concreto asfáltico, el cual coincidió con el espesor mínimo establecido por este método, se eligieron los

espesores de las capas de base y subbase para darle mayor resistencia y durabilidad a la estructura.

- Para el diseño de la estructura del pavimento por el método AASHTO, se consideró el espesor mínimo para la capa de concreto asfáltico, lo que significó un aumento del espesor de la capa de base; lo que se busca con esto, es que la inversión en la capa de concreto asfáltico sea la mínima y aunque la inversión en la capa de base aumenta, la estructura completa del pavimento resulta ser más económica que la inicialmente determinada por el método AASHTO.
- Al realizar la comparación de los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, se nota la diferencia en las dimensiones de las estructuras de los pavimentos. La capa de concreto asfáltico determinada por el método del Instituto del Asfalto tiene el doble de espesor que la determinada por el método AASHTO, además las capas de base y subbase determinadas por el método del Instituto del Asfalto tienen espesores mayores a las determinadas por el método AASHTO. Por lo antes mencionado la estructura del pavimento determinada por el método AASHTO resulta ser más económica que la determinada por el método del Instituto del Asfalto.
- Después de evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, se determinó que el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas, el cual se obtuvo aplicando el método AASHTO.

Capítulo

5

Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se determinó que la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método del Instituto del Asfalto tendrá un espesor total de 16 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 4 pulgadas, una capa de base de agregados no tratados de 6 pulgadas y una capa de subbase de agregados no tratados de 6 pulgadas.
- Se determinó que la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria, aplicando el método AASHTO tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.
- Luego de evaluar los resultados obtenidos por los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, el autor opina que el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible para la H.U.P. Villa Victoria tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.

5.2 Recomendaciones

- Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación y por ser uno de los métodos más generalizados de uso actual en el país y de reconocimiento internacional, se recomienda utilizar el método AASHTO para el diseño estructural de pavimentos flexibles.

Referencias Bibliográficas

Referencias Bibliográficas

- **Germán Vivar Romero.** Diseño y Construcción de Pavimentos. 2º edición. Capitulo de Ing. Civil - Consejo departamental de Lima. Lima - Perú. 1995.
- **Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional / Secretaria de Integración Económica Centroamericana.** Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala. 2002.
- **Luis Ricardo Vásquez Varela.** Curso de Actualización en Pavimentos. Manizales - Colombia. 2002.
- **Alfonso Montejo Fonseca.** Ingeniería de Pavimentos. 3º edición. Tomo I. Colombia. 2006.
- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares. Lima - Perú. 2006.
- **John Felix Alva Santos / Martín Wilfredo Beltrán Corzo.** Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en el A.H. Bellavista - Nuevo Chimbote, mediante el método del Instituto del Asfalto y AASHTO. Nuevo Chimbote - Perú. 2009.
- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" - Sección: Suelos y Pavimentos. Lima - Perú. 2014.

Anexos

Anexo 1

Estudio de tráfico

• **Conteo y clasificación vehicular**

Se establecieron dos puntos de control de tráfico para realizar el conteo y clasificación de los diferentes tipos de vehículos que transitan en ambos sentidos por las calles 4 y 7 (vías de mayor tráfico vehicular) de la H.U.P. Villa Victoria durante una semana en horario de 7 a.m. a 7 p.m.. El punto de control 1 (P-01) estuvo ubicado en la esquina de calle 4 y Avenida Agraria y el punto de control 2 (P-02) en la esquina de calle 7 y Avenida 1 (Anexo 5).

En las tablas A-1 y A-2 se muestran el resumen del conteo y clasificación vehicular realizados en los puntos de control P-01 y P-02 respectivamente.

Tabla A-1 Resumen de conteo y clasificación vehicular de P-01

Tipo de Vehículo	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Total	IMD
Automovil, Station wagon	750	725	709	717	731	796	781	5209	744.00
Camioneta (pick up, rural)	389	376	390	365	341	392	412	2665	381.00
Minibus (custer)	112	109	118	112	113	116	119	799	114.00
Camión (C2)	19	20	18	23	17	9	7	113	16.00
Total	1270	1230	1235	1217	1202	1313	1319	8786	1255.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-2 Resumen de conteo y clasificación vehicular de P-02

Tipo de Vehículo	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Total	IMD
Automovil, Station wagon	745	728	711	709	722	787	774	5176	739.00
Camioneta (pick up, rural)	394	381	383	367	330	385	409	2649	378.00
Minibus (custer)	106	110	108	113	112	109	116	774	111.00
Camión (C2)	17	16	19	18	14	11	6	101	14.00
Total	1262	1235	1221	1207	1178	1292	1305	8700	1242.00

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la estructura del pavimento flexible, aplicando los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO, se utilizara la información de la Tabla A-1, ya que la calle 4 es la vía de mayor tráfico vehicular.

Anexo 2

Memoria de cálculos

A.1 Método del Instituto del Asfalto

A.1.1 Periodo de diseño

Se adoptara un periodo de diseño de 10 años.

A.1.2 Factores ambientales

De acuerdo a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, entre los años de 1988 y 2012 en la zona de estudio se registró una temperatura media anual del aire, mínima de 15.7°C y máxima de 28.2°C.

A.1.3 Procedimiento de diseño estructural

A.1.3.1 Seleccionar o determinar los datos de entrada

A.1.3.1.1 Valor del “EAL de diseño”

En la Tabla A-3 se muestra el cálculo para determinar el EAL de diseño.

Tabla A-3 Análisis de tráfico

Lugar: H.U.P. Villa Victoria

Periodo de diseño: 10 años

Tipo de Vehículo	Número de vehículos 1	Factor camión 2	Factor de crecimiento 3	Factor de ajuste 4	EAL (1x2x3x4) 5
Automovil, station wagon	135,780.00	0.0008	11.46	1.00	1,244.83
Camionetas (pick up, rural)	69,532.50	0.0066	11.46	1.00	5,259.16
Minibus (custer)	20,805.00	0.0602	11.46	1.00	14,353.20
Camión (C2)	2,920.00	2.7390	13.18	1.48	156,009.85
Todos los vehículos	229,037.50			EAL de diseño	176,867.04

Fuente: Elaboración propia

- En la columna “1” se ha colocado el número promedio de cada tipo de vehículo en el carril de diseño durante el primer año de servicio, el cual se calcula multiplicando la cantidad diaria de cada tipo de vehículo (Anexo 1) por 0.50 (Tabla 2-1 Porcentaje del tráfico total de camiones en el carril de diseño) por 365 (días del año).

Tabla 2-1 Porcentaje del tráfico total de camiones en el carril de diseño

Número de carriles (dos direcciones)	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50

- En la columna “2” se ha colocado el **factor camión** para cada tipo de vehículo. En la Tabla A-4 se muestra el cálculo para obtener el factor camión para cada tipo de vehículo, los valores del Factor de equivalencia de carga se han obtenido utilizando la Tabla 2-3.

Tabla A-4 Cálculo del factor camión

Tipo de Vehículo	Carga total (t)	Tipo de eje	Carga por eje		Factor de equivalencia de carga	Factor camión
		Eje simple	t	lb		
Automovil, stación wagon	2.2	Delantero	1.1	2,425	0.0004	0.0008
		Posterior	1.1	2,425	0.0004	
Camionetas (pick up, rural)	4.0 *	Delantero	2.0	4,409	0.0033	0.0066
		Posterior	2.0	4,409	0.0033	
Minibus (custer)	7.0 *	Delantero	3.5	7,716	0.0301	0.0602
		Posterior	3.5	7,716	0.0301	
Camión (C2)	17.0 **	Delantero	7.0	15,432	0.5406	2.7390
		Posterior	10.0	22,046	2.1984	

* Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares.

** Manual de Carreteras “ Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” - Sección: Suelos y Pavimentos.

Fuente: Elaboración propia

- En la columna “3” se ha colocado el **factor de crecimiento** para cada tipo de vehículo. De la Tabla 2-2 Factor de crecimiento, se adoptara un factor de crecimiento de 11.46 para los vehículos de pasajeros considerando una tasa de crecimiento anual de 3% y 13.18 para los vehículos de carga considerando una tasa de crecimiento anual de 6%.

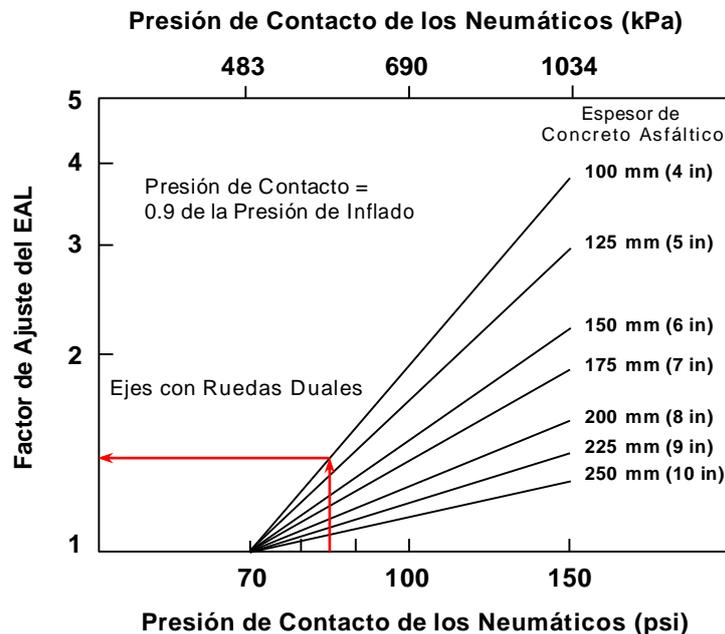
Tabla 2-2 Factor de crecimiento *

Período de diseño, n (años)	Tasa de crecimiento anual, r (porcentaje)								
	Sin crecimiento	2	3	4	5	6	7	8	10
10	10.0	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94

- En la columna “4” se ha colocado el factor de ajuste del EAL para cada tipo de vehículo.

Para los vehículos de pasajeros la presión de inflado de los neumáticos es menor a 70 psi al igual que la presión de contacto, considerando este valor en la Figura 2-3 se obtiene un factor de ajuste del EAL de 1.00.

Para los vehículos de carga la presión de inflado de los neumáticos es 95 psi y la presión de contacto de los neumáticos es igual al 90% de la presión de inflado ósea 85.5 psi, con este valor y considerando un espesor de concreto asfáltico igual a 100 mm en la Figura 2-3 se obtiene un factor de ajuste del EAL de 1.48.



Fuente: Instituto del Asfalto Manual para Diseño de Espesores (MS-1) 1991

Figura 2-3 Factor de ajuste del EAL por las presiones de los neumáticos

- La columna “5” es el producto de las columnas “1”, “2”, “3” y “4”, y la suma de esta columna “5” da el EAL de diseño.

A.1.3.1.2 Módulo de resiliencia de diseño de la subrasante, M_r

De la Tabla 4-1 Estudio del terreno de fundación, se obtiene el valor de CBR = 9.85.

Tabla 4-1 Estudio del Terreno de Fundación

Descripción	Calicatas			
	C-01	C-02	C-03	C-04
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	16.68	9.85	-	-

El módulo de resiliencia de la subrasante (M_r) se obtiene mediante la relación:

$$M_r = 1,500 \times \text{CBR}$$

Entonces:

$$M_r = 1,500 \times 9.85 = 14,775$$

El valor del módulo de resiliencia de la subrasante (M_r) es 14,775 psi.

A.1.3.1.3 Tipos de bases

Para el diseño del pavimento se utilizara base de agregados no tratados.

A.1.3.2 Determinar las combinaciones del espesor de diseño usando la información de entrada

Como el EAL de diseño es 1.8×10^5 , según la Tabla 2-9 el espesor mínimo de concreto asfáltico sobre base de agregado no tratado es 4 pulg.

Tabla 2-9 Espesor mínimo de concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados

Tráfico (EAL)	Condición de tráfico	Espesor mínimo de concreto asfáltico
Entre 10^4 y 10^6	Tráfico mediano de vehículos pesados	100 mm (4.0 pulg)

Según los factores ambientales se utilizarán las cartas de diseño que tienen una Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) de 60°F (15.5°C) y 75°F (24°C).

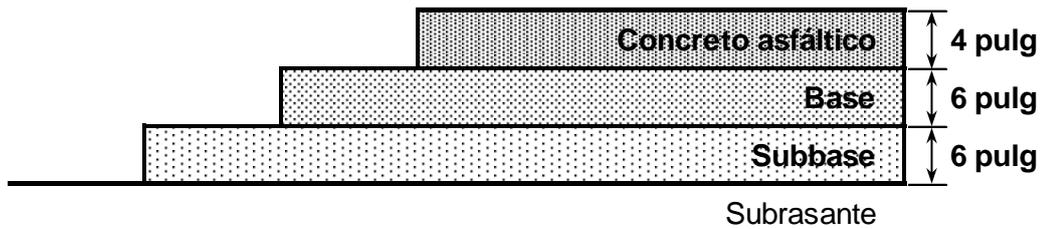
En la carta de diseño A-29 (Figura 2-12) que corresponde a una Temperatura Media Anual del Aire de 60°F y base de agregados no tratados de 6 pulgadas de espesor. Se parte del eje horizontal con Equivalente 18,000 lb, carga eje simple de $176,867.04 = 1.8 \times 10^5$ y del eje vertical con el Módulo de resiliencia de la subrasante, M_r , en psi de $14,775 = 1.5 \times 10^4$ las dos líneas se interceptan en 4 pulgadas. Por lo tanto, el espesor del concreto asfáltico es de 4 pulgadas con una base de 6 pulgadas de espesor.

En la carta de diseño A-30 (Figura 2-13) que corresponde a una Temperatura Media Anual del Aire de 60°F y base de agregados no tratados de 12 pulgadas de espesor, siguiendo el mismo procedimiento se llega a que el espesor del concreto asfáltico es de 4 pulgadas.

En la carta de diseño A-35 (Figura 2-14) que corresponde a una Temperatura Media Anual del Aire de 75°F y base de agregados no tratados de 6 pulgadas de espesor, siguiendo el mismo procedimiento se llega a que el espesor del concreto asfáltico es de 4 pulgadas.

En la carta de diseño A-36 (Figura 2-15) que corresponde a una Temperatura Media Anual del Aire de 75°F y base de agregados no tratados de 12 pulgadas de espesor, siguiendo el mismo procedimiento se llega a que el espesor del concreto asfáltico es de 4 pulgadas.

Por lo antes expuesto, para otorgarle mayor resistencia y durabilidad, la estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 16 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 4 pulgadas, una capa de base de agregados no tratados de 6 pulgadas y una capa de subbase de agregados no tratados de 6 pulgadas.



A continuación se muestran las cartas de diseño utilizadas:

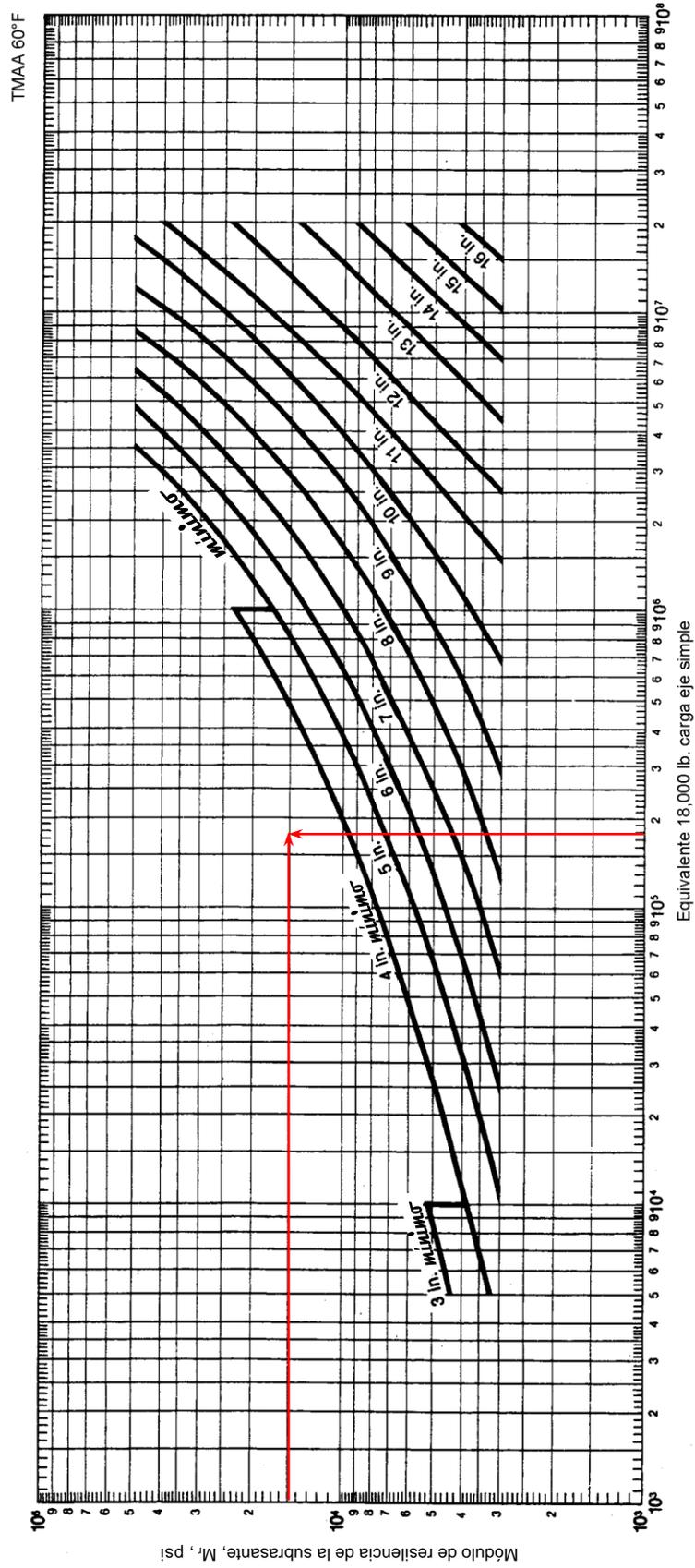


Figura 2-12 Carta de Diseño A-29 Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de Espesor

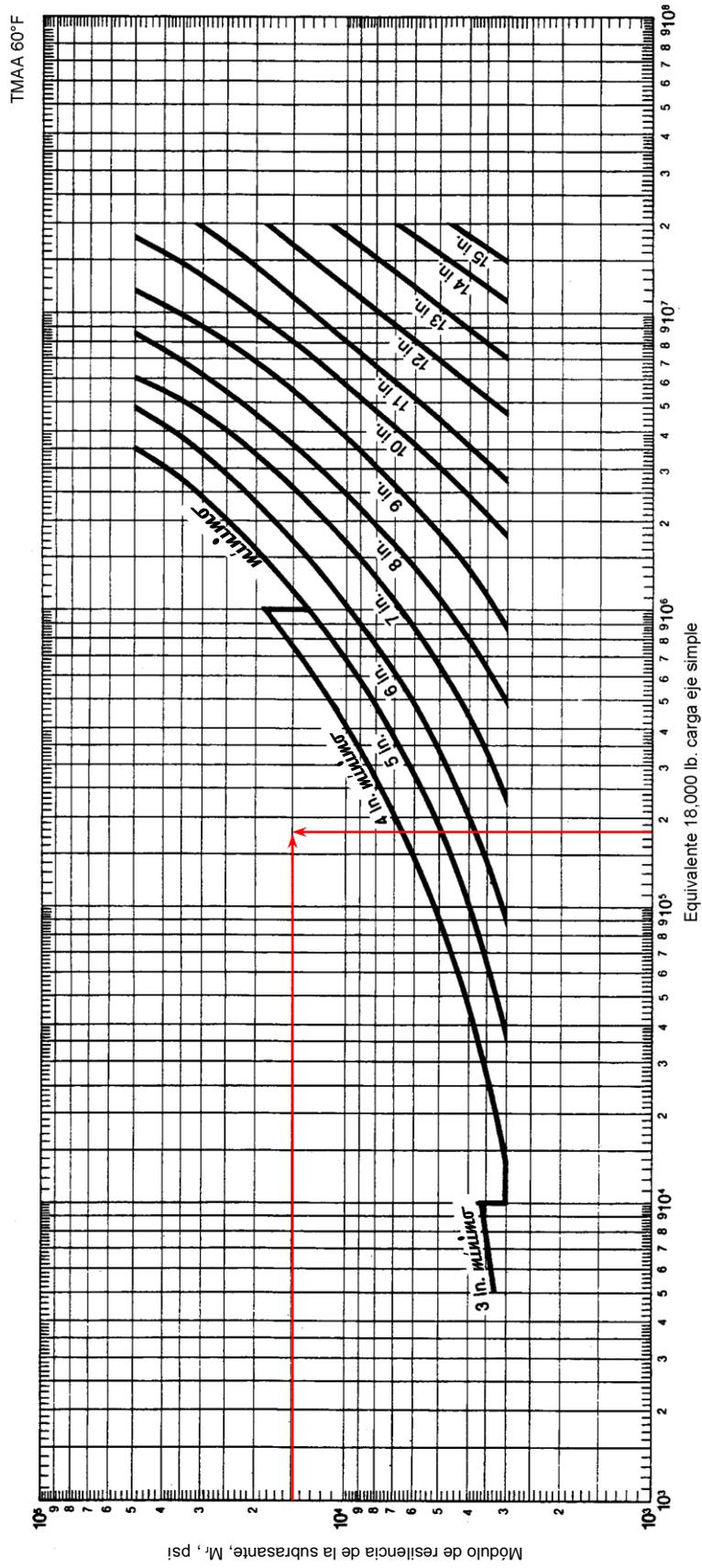


Figura 2-13 Carta de Diseño A-30 Base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de Espesor

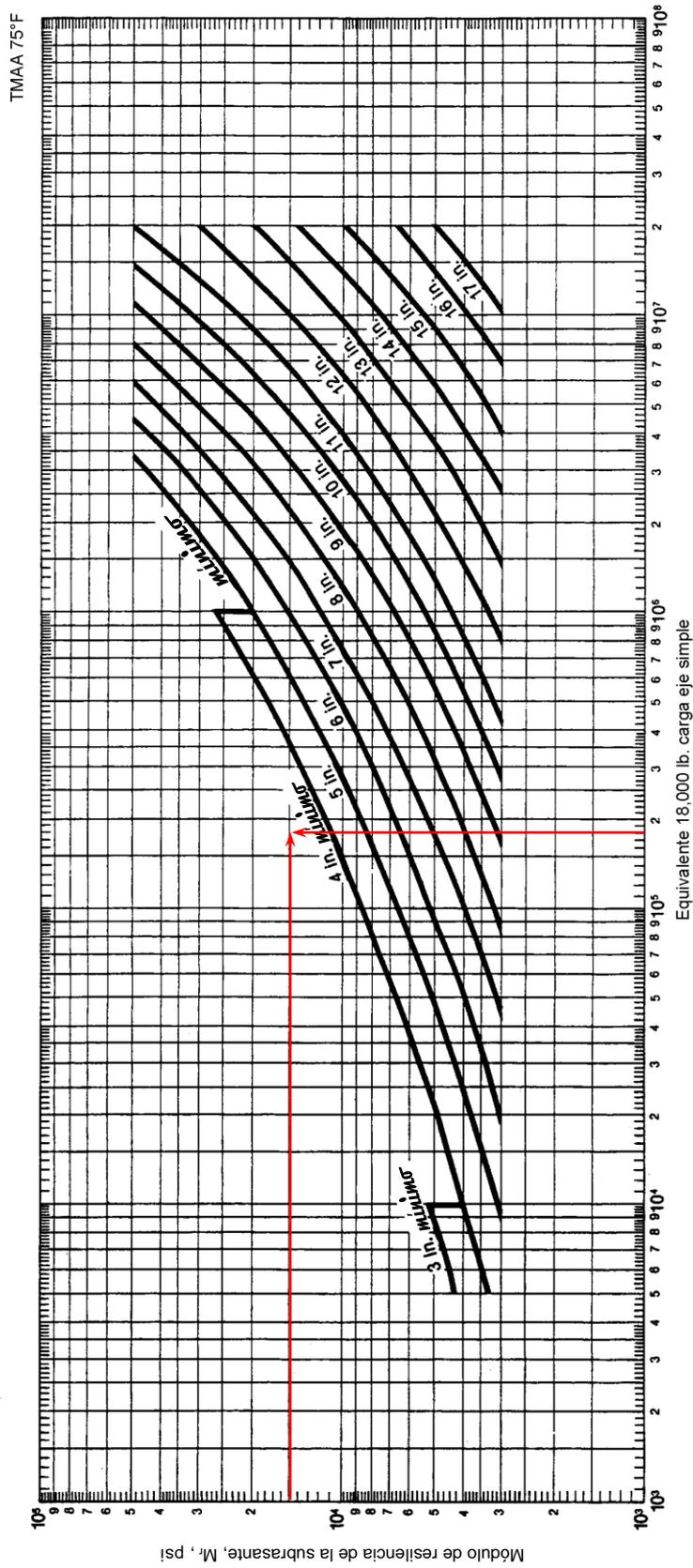


Figura 2-14 Carta de Diseño A-35 Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de Espesor

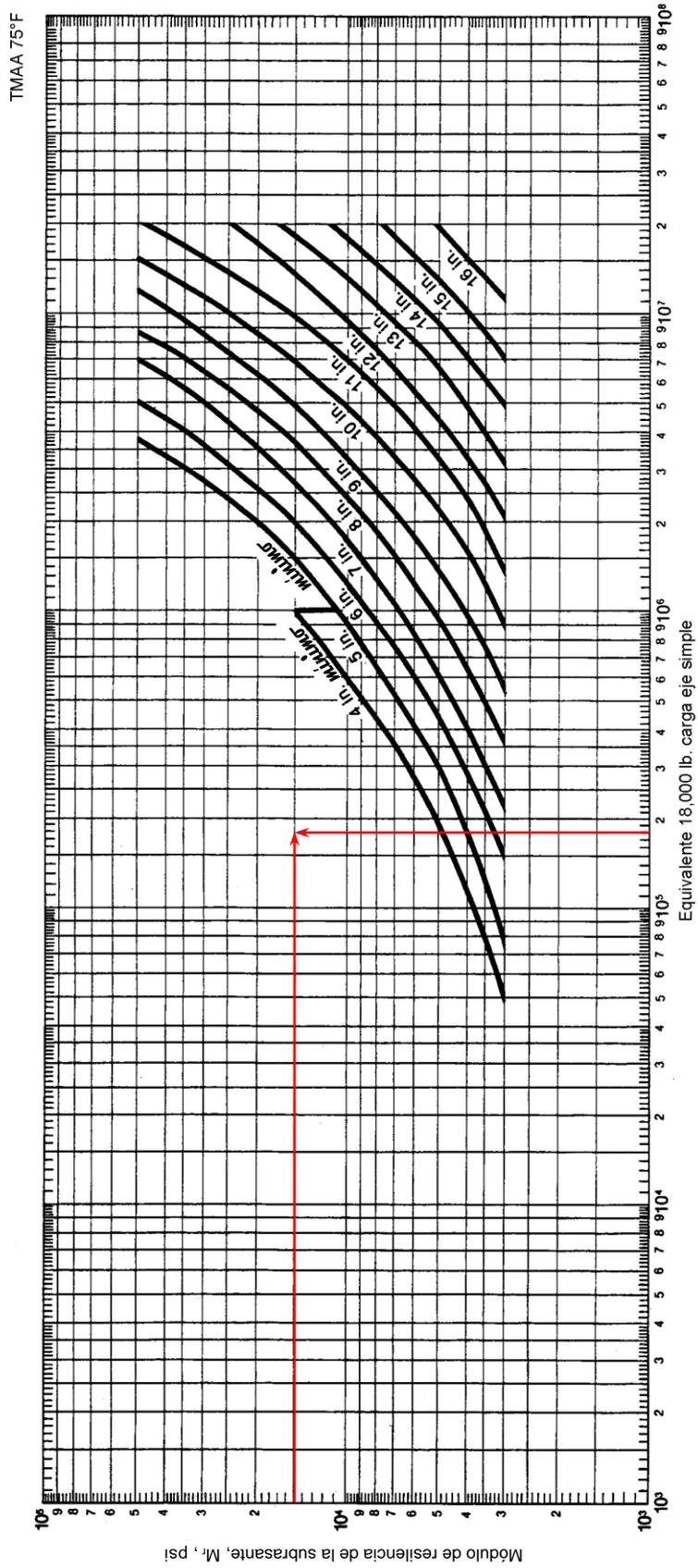


Figura 2-15 Carta de Diseño A-36 Base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de Espesor

A.2 Método AASHTO

A.2.1 Variables de entrada

Las variables a considerar en el método AASHTO son:

A.2.1.1 Variables de tiempo

De la Tabla 2-10 Periodos de análisis y diseño, se adoptara un periodo de diseño de 10 años.

Tabla 2-10 Periodos de análisis y diseño

Tipos de carretera	Períodos (años)	
	análisis	diseño
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25	5 - 12

A.2.1.2 Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad

Se adoptara el valor de 4.2 para la serviciabilidad inicial (p_o), según lo establecido en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles y el valor de 2.0 para la serviciabilidad final o terminal (p_t), por ser vías locales; lo que implica que la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) es:

$$\Delta PSI = p_o - p_t = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

A.2.1.3 Confiabilidad y desviación estándar total

De la Tabla 2-12 Niveles de confiabilidad, se adoptara una confiabilidad de 70%.

Tabla 2-12 Niveles de confiabilidad

Tipos de carretera	Confiabilidad (%)	
	Zona urbana	Zona rural
Locales	50 - 80	50 - 80

De la Tabla 2-13 Niveles de confiabilidad y valores de desviación normal estándar, se adoptara una desviación normal estándar (Z_R) de -0.524.

Tabla 2-13 Niveles de confiabilidad y valores de desviación normal estándar

Confiabilidad (%)	Z_R	Confiabilidad (%)	Z_R
70	-0.524	95	-1.645

Se adoptara una desviación estándar total (S_0) de 0.45, pues la Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores comprendidos entre 0.40 y 0.50.

A.2.1.4 Tránsito

A.2.1.4.1 Cálculo del número de ESALs

En la Tabla A-5 se muestra el cálculo para determinar el Número de ESALs.

Tabla A-5 Cálculo del número de ESALs

Ubicación: H.U.P. Villa Victoria

Periodo de diseño: 10 años

SN: 2.0

Tipo de Vehículo	Cantidad diaria (A)	Factor de crecimiento (B)	Transito de diseño (C)	Factor de camión (D)	Nº de ESALs (E)
Automovil, station wagon	744.00	11.46	3'041,472.00	0.0016	4,979.32
Camionetas (pick up, rural)	381.00	11.46	1'557,528.00	0.0096	15,299.38
Minibus (custer)	114.00	11.46	476,850.60	0.0634	30,232.33
Camión (C2)	16.00	13.18	76,971.20	2.9913	230,243.95
Total vehículos	1,255.00			Nº total de ESALs	280,754.98

Fuente: Elaboración propia

- En la columna “A” se ha colocado la **cantidad diaria** de cada tipo de vehículo del cual se tiene el conteo correspondiente (Anexo 1).

- En la columna “**B**” se ha colocado el **factor de crecimiento** para cada tipo de vehículo. De la Tabla 2-25 Factor de crecimiento, se adoptara un factor de crecimiento de 11.46 para los vehículos de pasajeros considerando una tasa de crecimiento anual de 3% y 13.18 para los vehículos de carga considerando una tasa de crecimiento anual de 6%.

Tabla 2-25 Factor de crecimiento

Período de diseño, n (años)	Factor de crecimiento *	Tasa de crecimiento anual, g (%)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
10	10.0	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94

- En la columna “**C**” se ha colocado el producto de las columnas “**A**” y “**B**” multiplicado por **365** (días del año).
- En la columna “**D**” se ha colocado el **factor de camión** para cada tipo de vehículo. En la Tabla A-6 se muestra el cálculo para obtener el factor camión para cada tipo de vehículo, los valores del Factor de equivalencia de carga se han obtenido utilizando la Tabla 2-14 Factores equivalentes de carga, ejes simples, $p_t = 2.0$, asumiendo el valor de $SN = 2.0$.

Tabla A-6 Cálculo del factor de camión

Tipo de Vehículo	Carga total (t)	Tipo de eje	Carga por eje		Factor de equivalencia de carga	Factor de camión
		Eje simple	t	lb		
Automovil, estación wagon	2.2	Delantero	1.1	2,425	0.0008	0.0016
		Posterior	1.1	2,425	0.0008	
Camionetas (pick up, rural)	4.0 *	Delantero	2.0	4,409	0.0048	0.0096
		Posterior	2.0	4,409	0.0048	
Minibus (custer)	7.0 *	Delantero	3.5	7,716	0.0317	0.0634
		Posterior	3.5	7,716	0.0317	
Camión (C2)	17.0 **	Delantero	7.0	15,432	0.5242	2.9913
		Posterior	10.0	22,046	2.4671	

* Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares.

** Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” - Sección: Suelos y Pavimentos.

Fuente: Elaboración propia

- La columna “E” es el producto de las columnas “C” y “D”, y la suma de esta columna “E” da el número total de ESALs.

La siguiente ecuación define los ESALs en el carril de diseño (W_{18}):

$$W_{18} = \text{ESALs} \times \text{DD} \times \text{LD}$$

El Número total de ESALs en ambos sentidos de tráfico (ESALs) es 280,754.98.

Se adopta un factor de distribución por dirección (DD) de 0.50, es decir que del total del flujo vehicular censado, la mitad va por cada dirección.

De la Tabla 2-23 Factor de distribución por carril, se adoptara un factor de distribución por carril (LD) de 1.00.

Tabla 2-23 Factor de distribución por carril

Número de carriles en cada dirección	LD
1	1.00

Entonces:

$$W_{18} = 280,754.98 \times 0.50 \times 1.00$$

$$W_{18} = 140,377.49$$

El valor de los ESALs en el carril de diseño (W_{18}) es 140,377.49.

A.2.1.5 Módulo resiliente del material de subrasante

De la Tabla 4-1 Estudio del terreno de fundación, se obtiene el valor de CBR = 9.85.

Tabla 4-1 Estudio del Terreno de Fundación

Descripción	Calicatas			
	C-01	C-02	C-03	C-04
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	16.68	9.85	-	-

La ecuación de correlación del módulo resiliente con el CBR, es:

$$M_R = 2,555 \times (\text{CBR})^{0.64}$$

Entonces:

$$M_R = 2,555 \times (9.85)^{0.64} = 11,045.62$$

El valor del módulo resiliente (M_R) es 11,045.62 psi.

A.2.1.6 Coeficientes estructurales de los materiales

A.2.1.6.1 Concreto asfáltico

El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, considera un valor del módulo elástico del concreto asfáltico (E_{AC}) = 430,000 psi.

Con el valor del módulo de elástico, se encuentra el coeficiente estructural del concreto asfáltico (a_1) haciendo uso del gráfico de la Figura 2-16; para el caso, saliendo con el valor de 430,000 psi, se traza una línea vertical hasta interceptar la línea de pivote y de allí una línea horizontal hacia la izquierda para encontrar el valor correspondiente de $a_1 = 0.434$.

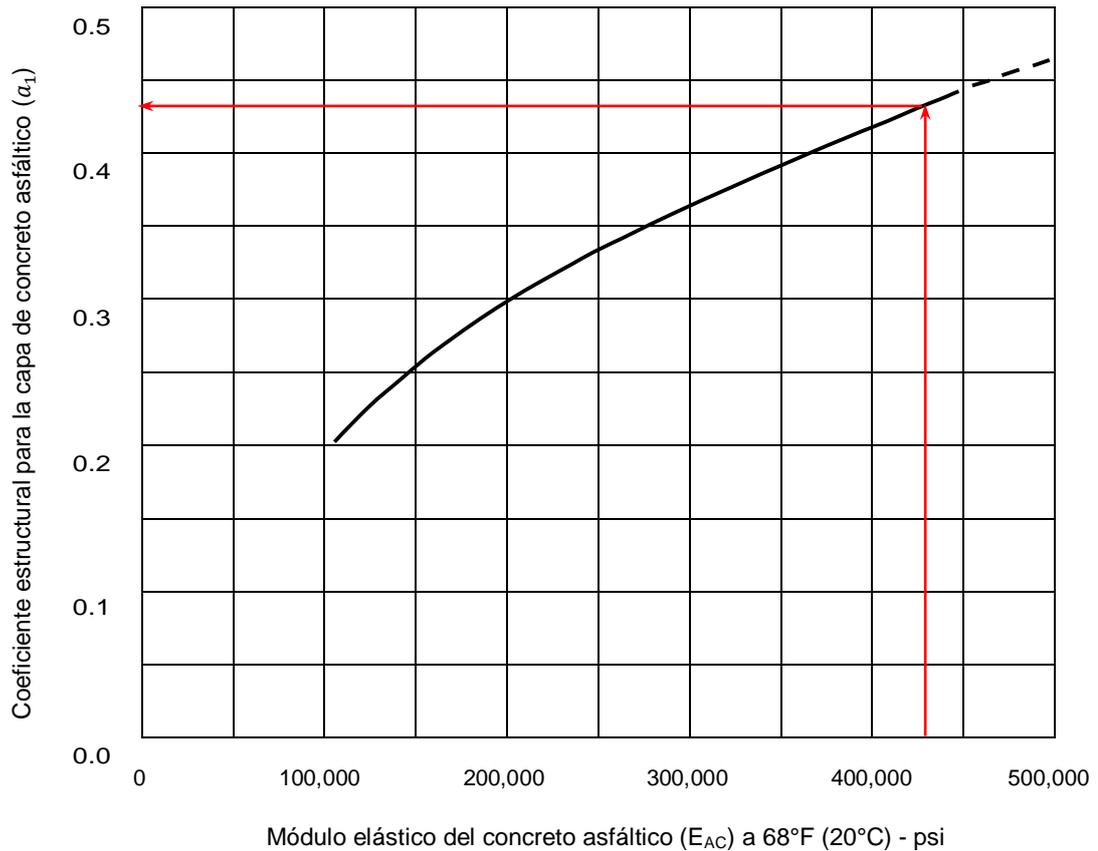
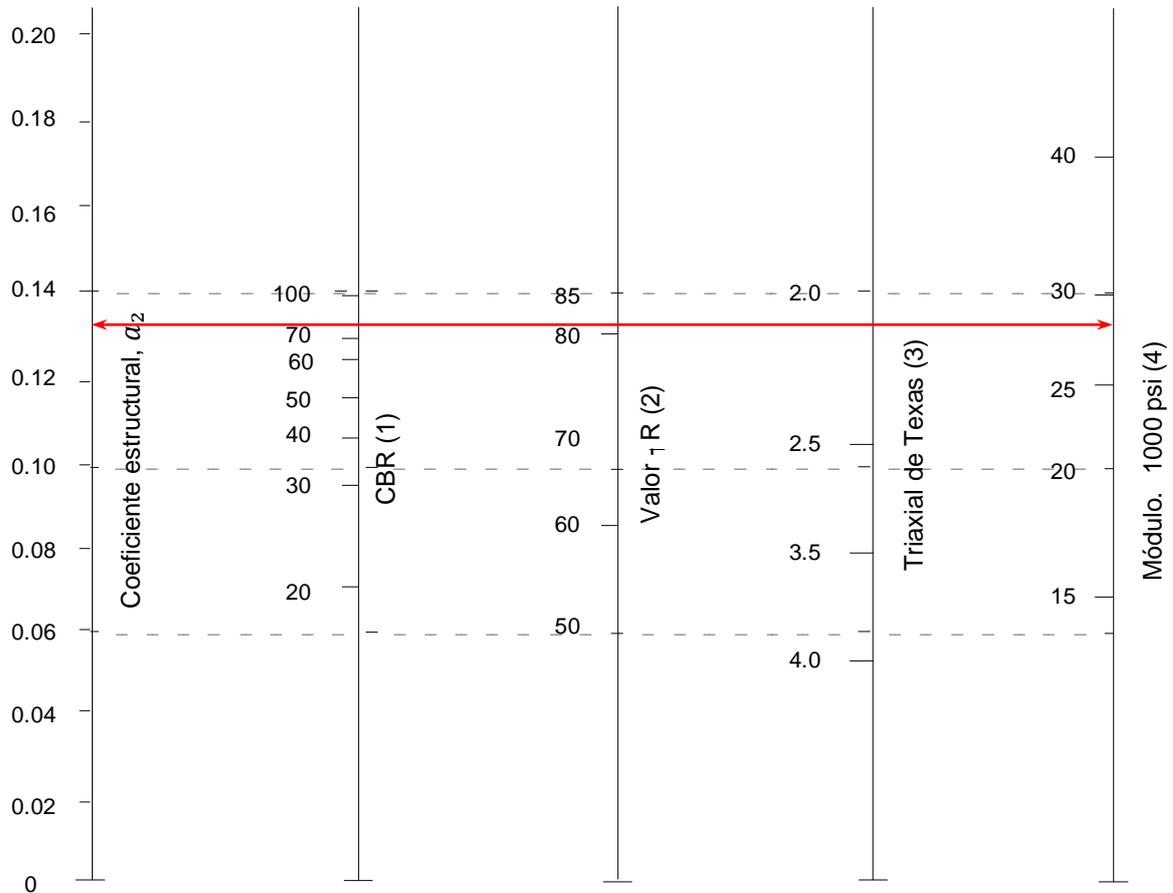


Figura 2-16 Gráfico para determinar el coeficiente estructural para la capa de concreto asfáltico (a_1) en función del módulo elástico

3.2.1.6.2 Bases granulares no tratadas

El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, considera para la capa de base granular un CBR Mínimo de 80% para el diseño del pavimento.

Con el valor del CBR de la base = 80, se encuentra el coeficiente estructural de la base (a_2) y el módulo de la base (E_B) haciendo uso del gráfico de la Figura 2-17; para el caso, saliendo con el valor de 80, se traza una línea horizontal hasta la línea vertical del extremo izquierdo para encontrar el valor correspondiente de $a_2 = 0.133$ y se traza una línea horizontal hasta la línea del extremo derecho para encontrar el valor correspondiente de $E_B = 28,330$ psi.



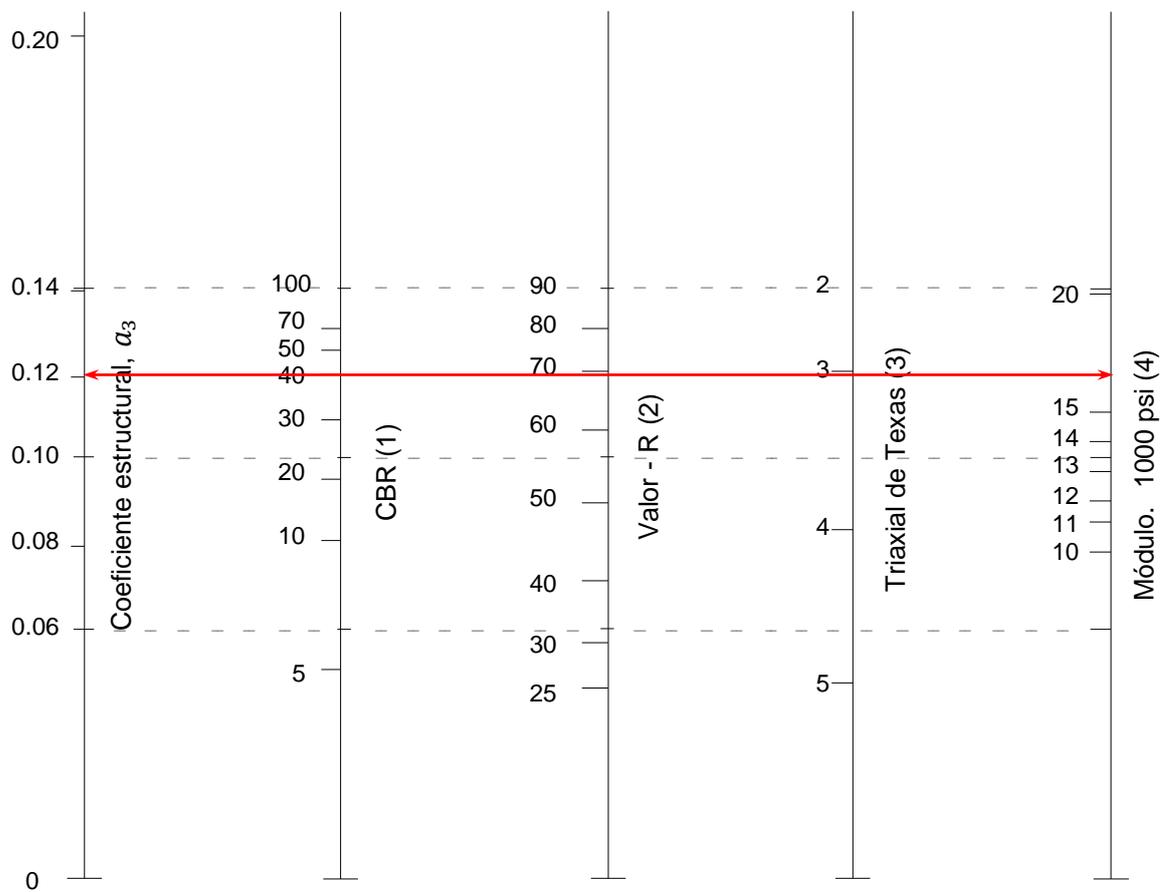
- (1) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en Illinois
- (2) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas en Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP.

Figura 2-17 Variación en el coeficiente estructural de la capa de base granular (a_2) con varios parámetros de resistencia de la base

3.2.1.6.3 Subbases granulares no tratadas

El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, considera para la capa de subbase granular un CBR Mínimo de 40% para el diseño del pavimento.

Con el valor del CBR de la subbase = 40, se encuentra el coeficiente estructural de la subbase (a_3) y el módulo de la subbase (E_{SB}) haciendo uso del gráfico de la Figura 2-18; para el caso, saliendo con el valor de 40, se traza una línea horizontal hasta la línea vertical del extremo izquierdo para encontrar el valor correspondiente de $a_3 = 0.121$ y se traza una línea horizontal hasta la línea vertical del extremo derecho para encontrar el valor correspondiente de $E_{SB} = 17,200$ psi.



- (1) Escala derivada de correlación obtenida en Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas por el Asphalt Institute, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas en Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP.

Figura 2-18 Variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase granular (a_3) con varios parámetros de resistencia de la subbase

A.2.1.7 Coeficiente de drenaje

De la Tabla 2-27 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y subbases granulares no tratadas, se adoptara un coeficiente de drenaje de la base (m_2) de 1.0 y un coeficiente de drenaje de la subbase (m_3) de 1.0, considerando una calidad del drenaje regular y un porcentaje del 5% a 25% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 2-27 Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y subbases granulares no tratadas

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 25%
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80

A.2.2 Determinación de espesores

A.2.2.1 Espesores mínimos en función del número estructural

Se procede a determinar los espesores de la estructura del pavimento, de la siguiente manera:

Se determina el número estructural requerido, SN , utilizando la Ecuación de diseño.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

reemplazados los valores de W_{18} , Z_R , S_0 , ΔPSI y M_R , así tenemos:

$$\log_{10}(140,377.49) = -0.524 \times 0.45 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 +$$

$$\frac{\log_{10}\left(\frac{2.2}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(11,045.62) - 8.07$$

mediante un proceso iterativo se obtiene el valor de $SN = 1.874$.

Se determina el número estructural requerido sobre la capa de base, SN_1 , con los mismos valores de entrada de diseño pero sustituyendo el valor del módulo resiliente de la subrasante (M_R), por el valor del módulo de la base, $E_B = 28,330$ psi. De esta forma se obtiene $SN_1 = 1.269$.

Después se calcula el espesor real de la capa de concreto asfáltico, D_1^* :

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.269}{0.434} = 2.924 \text{ pulg}$$

Como D_1 es mayor a 2.0 pulg (espesor mínimo, Tabla 2-28).

Tabla 2-28 Espesores mínimos

Tránsito (W_{18})	Concreto asfáltico (pulg)	Base granular (pulg)
50,000 - 150,000	2.0	4.0

Se adopta $D_1^* = 3.0$ pulg, entonces:

$$SN_1^* = D_1^* \times a_1 = 3.0 \times 0.434 = 1.302$$

Se determina el número estructural requerido sobre la capa de subbase, SN_2 , con los mismos valores de entrada de diseño pero substituyendo el valor del módulo resiliente de la subrasante (M_R), por el valor del módulo de la subbase, $E_{SB} = 17,200$ psi. De esta forma se obtiene $SN_2 = 1.570$.

Después se calcula el espesor real de la capa de base, D_2^* :

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} = \frac{1.570 - 1.302}{0.133 \times 1.0} = 2.015 \text{ pulg}$$

Como D_2 es menor a 4.0 pulg (espesor mínimo, Tabla 2-28).

Tabla 2-28 Espesores mínimos

Tránsito (W_{18})	Concreto asfáltico (pulg)	Base granular (pulg)
50,000 - 150,000	2.0	4.0

Se adopta $D_2^* = 4.0$ pulg, entonces:

$$SN_2^* = D_2^* \times a_2 \times m_2 = 4.0 \times 0.133 \times 1.0 = 0.532$$

El número estructural requerido sobre la subrasante, SN_3 , es igual al número estructural total establecido para el diseño, SN , así se determina el espesor real de la capa de subbase, D_3^* :

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3} = \frac{1.874 - (1.302 + 0.532)}{0.121 \times 1.0} = 0.331 \text{ pulg}$$

Se adopta $D_3^* = 4.0$ pulg, entonces:

$$SN_3^* = D_3^* \times a_3 \times m_3 = 4.0 \times 0.121 \times 1.0 = 0.484$$

El número estructural dispuesto es:

$$SN^* = SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* = 1.302 + 0.532 + 0.484 = 2.318 > 1.874 \Rightarrow \text{verifica}$$

Para optimizar el diseño, se propone reducir el espesor de la capa de concreto asfáltico a su dimensión mínima de 2.0 pulg (Tabla 2-28).

Tabla 2-28 Espesores mínimos

Tránsito (W_{18})	Concreto asfáltico (pulg)	Base granular (pulg)
50,000 - 150,000	2.0	4.0

Considerando $D_1^* = 2.0$ pulg, entonces:

$$SN_1^* = D_1^* \times a_1 = 2.0 \times 0.434 = 0.868$$

Después se calcula el espesor real de la capa de base, D_2^* :

$$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} = \frac{1.570 - 0.868}{0.133 \times 1.0} = 5.278 \text{ pulg}$$

Se adopta $D_2^* = 5.5$ pulg, entonces:

$$SN_2^* = D_2^* \times a_2 \times m_2 = 5.5 \times 0.133 \times 1.0 = 0.732$$

Después se calcula el espesor real de la capa de subbase, D_3^* :

$$D_3^* = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3} = \frac{1.874 - (0.868 + 0.732)}{0.121 \times 1.0} = 2.264 \text{ pulg}$$

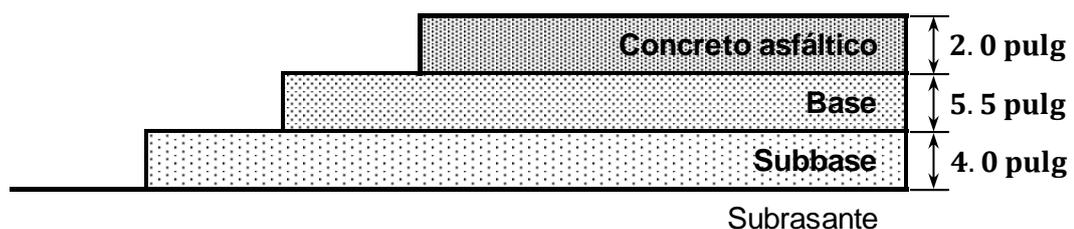
Se adopta $D_3^* = 4.0$ pulg, entonces:

$$SN_3^* = D_3^* \times a_3 \times m_3 = 4.0 \times 0.121 \times 1.0 = 0.484$$

El número estructural dispuesto finalmente es:

$$SN^* = SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* = 0.868 + 0.732 + 0.484 = 2.084 > 1.874 \Rightarrow \text{verifica}$$

Por lo tanto, la estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas, constituida por una capa de concreto asfáltico de 2.0 pulgadas, una capa de base granular de 5.5 pulgadas y una capa de subbase granular de 4.0 pulgadas.



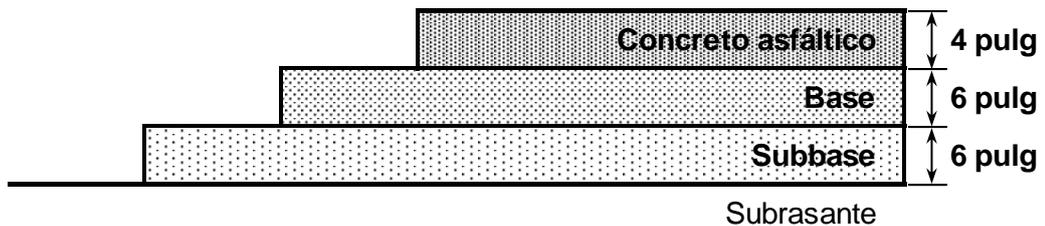
A.3 Resumen

A.3.1 Método del Instituto del Asfalto

En el siguiente cuadro, se muestran los parámetros considerados para el diseño de la estructura del pavimento flexible.

Periodo de diseño	10 años
Temperatura media anual del aire (TMAA)	75°F (24°C)
EAL de diseño	176,867.04
Módulo de resiliencia de la subrasante (M _r)	14,775 psi
Tipo de base	Agregado no tratado

La estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 16 pulgadas. En la siguiente figura, se muestra la estructura del pavimento flexible.

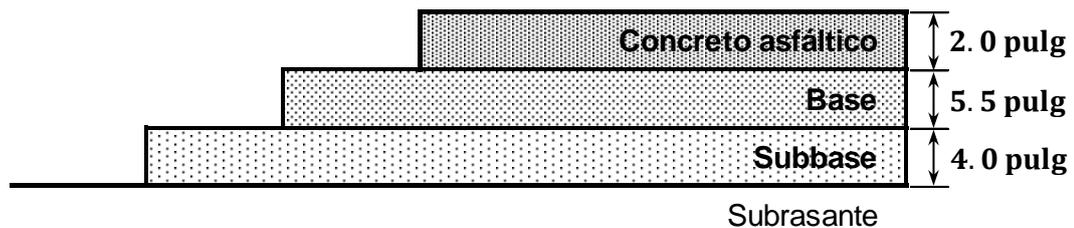


A.3.2 Método AASHTO

En el siguiente cuadro, se muestran los parámetros considerados para el diseño de la estructura del pavimento flexible.

Periodo de diseño	10 años
Número de cargas de 18,000 lb previstas (W_{18})	140,377.49
Confiabilidad (R)	70%
Desviación normal estándar (Z_R)	-0.524
Desviación estándar total (S_0)	0.45
Índice de serviciabilidad inicial (p_o)	4.2
Índice de serviciabilidad final (p_t)	2.0
Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	2.2
Módulo resiliente de la subrasante (M_R)	11,045.62 psi
Módulo elastico del concreto asfáltico (E_{AC})	430,000 psi
Coefficiente de capa del concreto asfáltico (a_1)	0.434
Módulo de la base granular (E_B)	28,330 psi
Coefficiente de capa de la base granular (a_2)	0.133
Coefficiente de drenaje de la base granular (m_2)	1.0
Módulo de la subbase granular (E_{SB})	17,200 psi
Coefficiente de capa de la subbase granular (a_3)	0.121
Coefficiente de drenaje de la subbase granular (m_3)	1.0

La estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 11.5 pulgadas. En la siguiente figura, se muestra la estructura del pavimento flexible.



Anexo 3

Panel fotográfico

- **Vías de la H.U.P Villa Victoria**

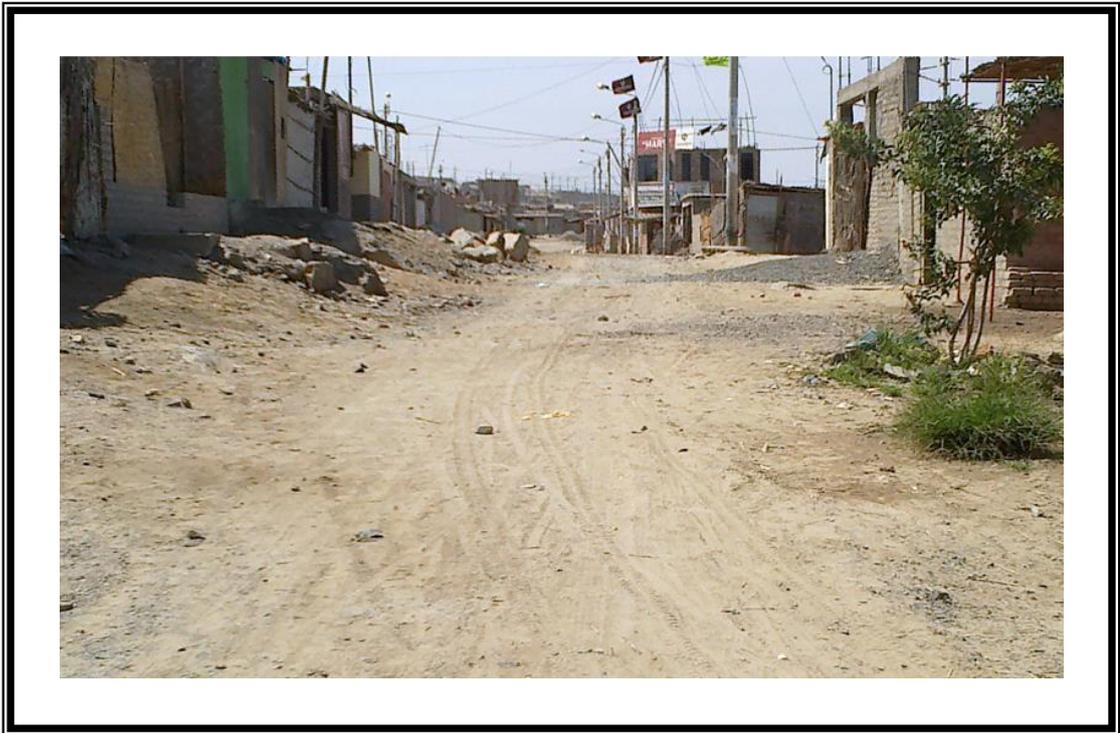
1. Calle A



2. Calle B



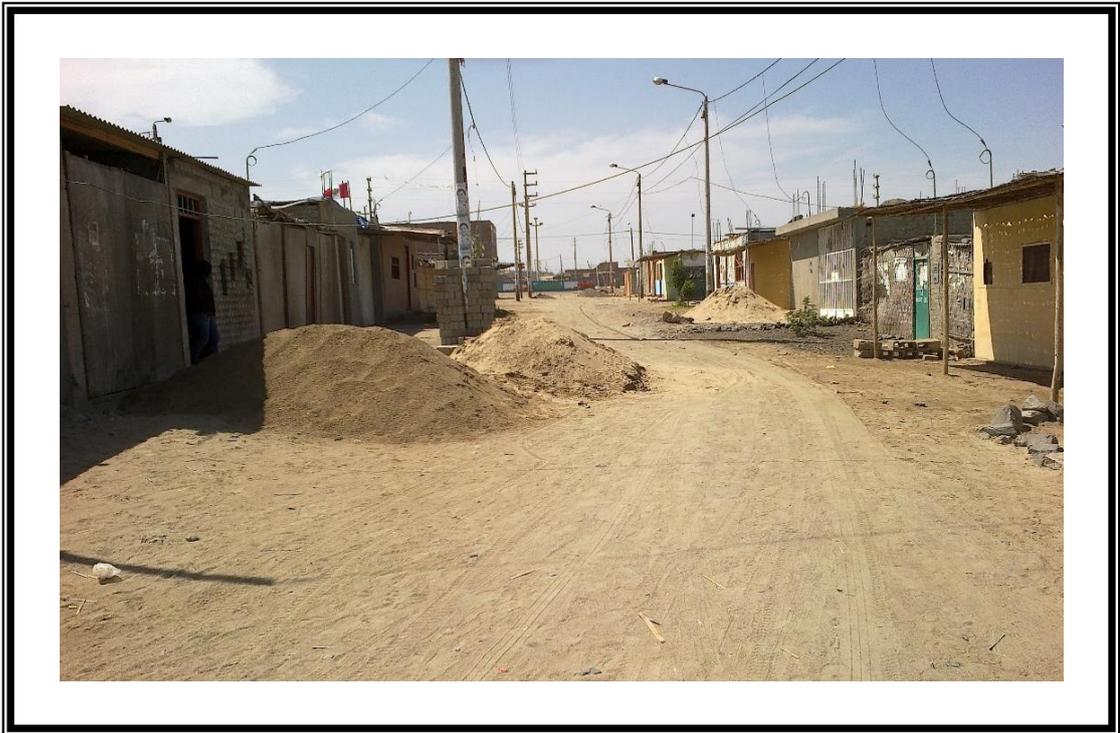
3. Calle C



4. Calle D



5. Calle E



6. Calle F



7. Calle G



8. Calle 4



9. Calle 7



10. Avenida 1



- **Calicatas**

11. Calicata 01: Esquina de Calle A y Calle D



12. Calicata 02: Pasaje 1



13. Calicata 03: Esquina de Calle 7 y Avenida 1



14. Calicata 04: Esquina de Avenida Agraria y Avenida 1



15. Calicata 01: Toma de muestra de terreno



16. Calicata 02: Toma de muestra de terreno



- **Puntos de control de tráfico**

17. Punto de control 1: Esquina de la Calle 4 y Avenida Agraria



18. Punto de control 2: Esquina de la Calle 7 y Avenida 1



19. Calle 7: Minibús (vehículo de pasajeros)



20. Calle 7: Camión (vehículo de carga)



Anexo 4

Certificados de ensayos de laboratorio



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".

SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE. PROVINCIA : SANTA.

DEPARTAMENTO: ANCASH.

CALICATA : C-01. MUESTRA : M-F.

ESPESOR DE ESTRATO : 1.32 m.

FECHA : MAYO DEL 2013. NAPA FREATICA : N.P.

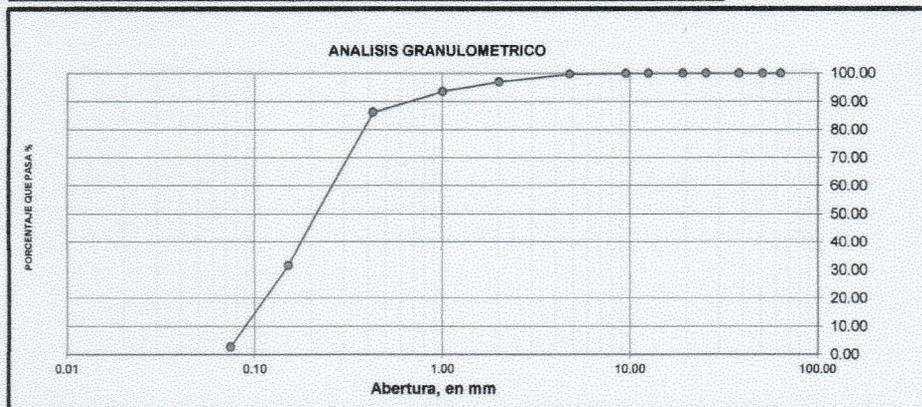
PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.52 m.

UBICACIÓN : Mz. "D" H.U.P. VILLA VICTORIA.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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	1.30	0.26	0.26	99.74
Nº 10	2.000	13.60	2.76	3.02	96.98
Nº 20	1.000	16.80	3.40	6.42	93.58
Nº 40	0.425	36.40	7.38	13.80	86.20
Nº 100	0.150	269.10	54.53	68.33	31.67
Nº 200	0.074	142.90	28.96	97.28	2.72
< Nº 200	—	13.40	2.72	100.00	0.00



Grava (%) = 0.26 Arena (%) = 97.02 Finos (%) = 2.72

$D_{10} = 0.09$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.89$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.09$$

$D_{30} = 0.16$

$D_{60} = 0.26$

$C_u =$ Coeficiente de Uniformidad.

$C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

POL. RAÍN AGUILAR OLGUÍN
ING. CIVIL - CIP. Nº 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

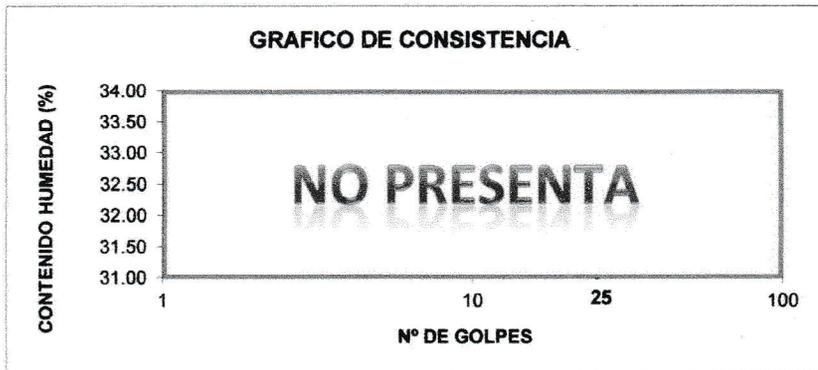
Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
		Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	Tara Nº 05	
1. No de Golpes							LL = N.P
2. Peso Tara, [gr]							
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]							LP = N.P
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]							
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)		IP = N.P
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)		
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100		



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		27.450	27.290	27.240	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		211.84	211.90	218.36	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		201.16	200.32	206.75	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	10.68	11.58	11.61	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	173.71	173.03	179.51	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	6.148	6.692	6.468	6.436

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.26%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	97.02%
Finos (Diam < No.200)	2.72%
Limite Liquido	N.P
Limite Plástico	N.P
Indice Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	6.44%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)


 POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. Nº 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".

SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE.

PROVINCIA : SANTA.

DEPARTAMENTO: ANCASH.

CALICATA : C-02.

MUESTRA : M-F.

ESPESOR DE ESTRATO : 1.40 m.

FECHA : MAYO DEL 2013.

MAPA FREATICA : N.P.

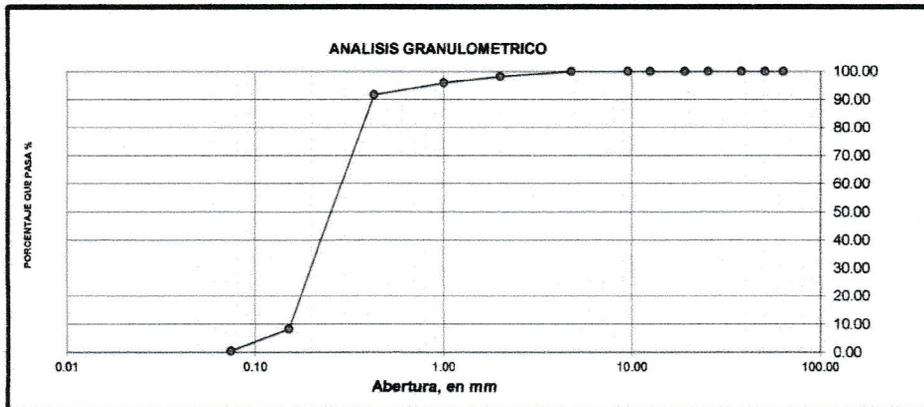
PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.60 m.

UBICACIÓN : Mz. "D" H.U.P. VILLA VICTORIA.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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 10	2.000	11.00	1.72	1.72	98.28
Nº 20	1.000	15.00	2.35	4.08	95.92
Nº 40	0.425	27.00	4.23	8.31	91.69
Nº 100	0.150	532.00	83.39	91.69	8.31
Nº 200	0.074	50.00	7.84	99.53	0.47
< Nº 200	---	3.00	0.47	100.00	0.00



Grava (%) = 0.00 Arena (%) = 99.53 Finos (%) = 0.47

$$D_{10} = 0.16$$

$$D_{30} = 0.20$$

$$D_{60} = 0.29$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1.81$$

Cu = Coeficiente de Uniformidad.

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.86$$

Cc = Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

POL RAMA BULLAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. Nº 21029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

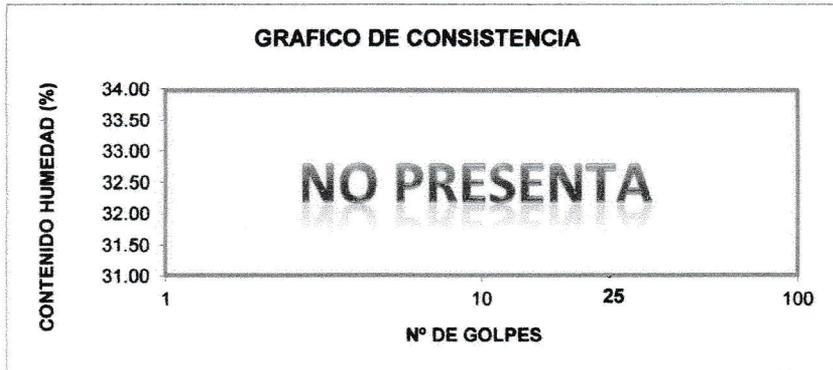
Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
	Formula	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						LL = N.P
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						LP = N.P
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)	IP = N.P
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100	



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		26.780	27.100	28.410	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		238.60	229.42	242.43	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		230.54	221.79	235.78	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	8.06	7.63	6.65	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	203.76	194.69	207.37	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	3.956	3.919	3.207	3.694

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.53%
Finos (Diam < No.200)	0.47%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	3.69%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. Nº 21029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS : * DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO*

SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE.

PROVINCIA : SANTA.

DEPARTAMENTO: ANCASH.

CALICATA : C-03.

MUESTRA : M-1.

ESPESOR DE ESTRATO : 0.30 m.

FECHA : MAYO DEL 2013.

NAPA FREATICA : N.P.

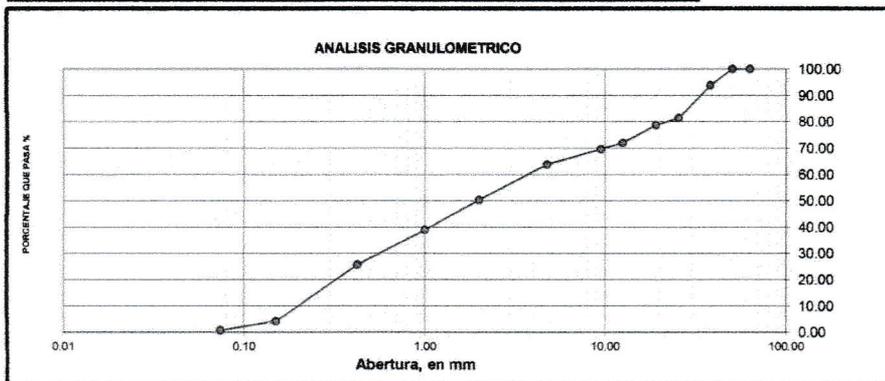
PROFUNDIDAD DE CALICATA : 0.60 m.

UBICACIÓN : Mz. "B" H.U.P. VILLA VICTORIA.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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	113.20	6.20	6.20	93.80
1"	25.400	225.60	12.35	18.55	81.45
3/4"	19.050	49.30	2.70	21.25	78.75
1/2"	12.500	122.90	6.73	27.98	72.02
3/8"	9.500	43.80	2.40	30.38	69.62
Nº 4	4.750	105.20	5.76	36.14	63.86
Nº 10	2.000	246.00	13.47	49.61	50.39
Nº 20	1.000	209.90	11.49	61.10	38.90
Nº 40	0.425	241.20	13.21	74.30	25.70
Nº 100	0.150	394.10	21.58	95.88	4.12
Nº 200	0.074	63.20	3.46	99.34	0.66
< Nº 200	—	12.00	0.66	100.00	0.00



Grava (%) = 36.14 Arena (%) = 63.21 Finos (%) = 0.66

$D_{10} = 0.20$
 $D_{30} = 0.55$
 $D_{60} = 3.80$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 19.00$$

$C_u =$ Coeficiente de Uniformidad.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.40$$

$C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

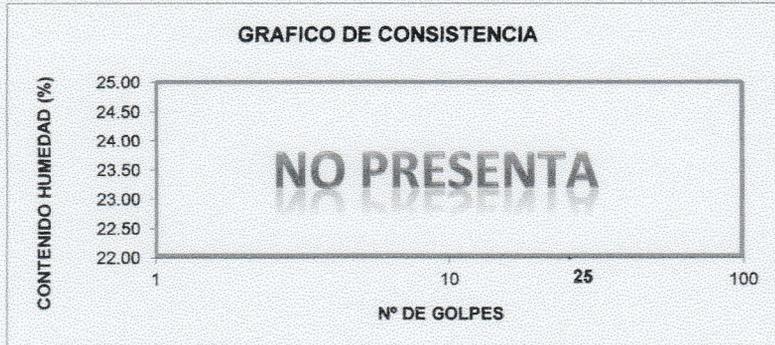
[Firma]
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. Nº 21029
CONSULTOR - REG. C4009



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
	Formula	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						LL = N.P.
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LP = N.P.
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)	IP = N.P.
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100	



Límite Líquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		26.620	28.090	29.540	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		268.37	287.02	282.36	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		264.75	284.36	278.36	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	3.62	2.66	4.00	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	238.13	256.27	248.82	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	1.520	1.038	1.608	1.389

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	36.14%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	63.21%
Finos (Diam < No.200)	0.66%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.39%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)


 POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



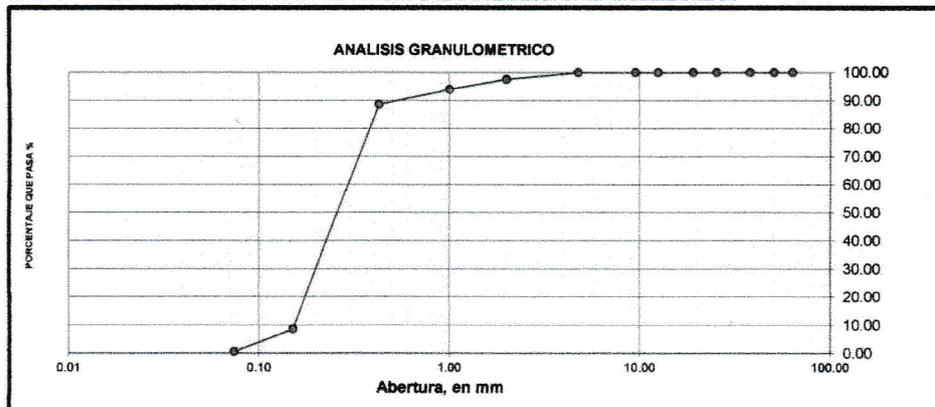
Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".			
SOLICITA :	BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.		
DISTRITO :	NUEVO CHIMBOTE.	PROVINCIA :	SANTA.
CALICATA :	C-03.	MUESTRA :	M-F.
FECHA :	MAYO DEL 2013.	NAPA FREATICA :	N.P.
UBICACIÓN :	Mz. "B" H.U.P. VILLA VICTORIA.		
		DEPARTAMENTO:	ANCASH.
		ESPESOR DE ESTRATO :	1.40 m.
		PROFUNDIDAD DE CALICATA :	2.00 m.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	498.000				
Peso Inicial Seco, [gr]	495.000				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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 10	2.000	12.00	2.41	2.41	97.59
Nº 20	1.000	18.00	3.61	6.02	93.98
Nº 40	0.425	27.00	5.42	11.45	88.55
Nº 100	0.150	398.00	79.92	91.37	8.63
Nº 200	0.074	40.00	8.03	99.40	0.60
< Nº 200	—	3.00	0.60	100.00	0.00



Grava (%) = 0.00 Arena (%) = 99.40 Finos (%) = 0.60

$D_{10} = 0.16$
 $D_{30} = 0.20$
 $D_{60} = 0.30$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1.88$$

$C_u =$ Coeficiente de Uniformidad.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.83$$

$C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. Nº 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

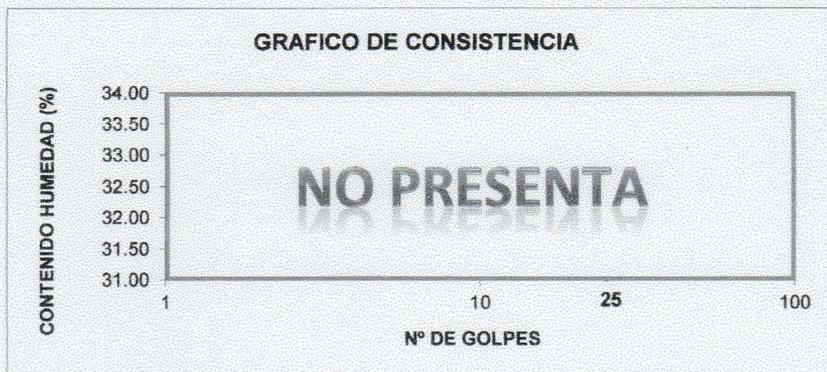
Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto y Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGGER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
	Formula	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						LL = N.P
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						LP = N.P
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100	IP = N.P



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		27.160	27.000	27.140	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		247.35	236.21	238.36	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		245.38	235.25	236.89	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.97	0.96	1.47	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	218.22	208.25	209.75	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	0.903	0.461	0.701	0.688

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.40%
Finos (Diam < No.200)	0.60%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.69%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



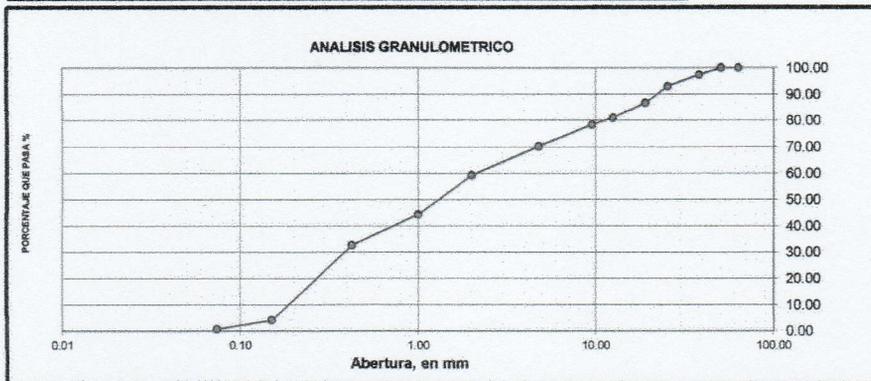
Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS	: " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".				
SOLICITA	: BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.				
DISTRITO	: NUEVO CHIMBOTE.	PROVINCIA	: SANTA	DEPARTAMENTO : ANCASH.	
CALICATA	: C-04.	MUESTRA	: M-1.	ESPESOR DE ESTRATO : 0.50 m.	
FECHA	: MAYO DEL 2013.	NAPA FREATICA	: N.P.	PROFUNDIDAD DE CALICATA : 0.80 m.	
UBICACIÓN	: Mz. "G" H.U.P. VILLA VICTORIA.				

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1675.300				
Peso Lavado Seco, [gr]	1662.500				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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	43.10	2.57	2.57	97.43
1"	25.400	72.60	4.33	6.91	93.09
3/4"	19.050	105.30	6.29	13.19	86.81
1/2"	12.500	95.30	5.69	18.88	81.12
3/8"	9.500	43.80	2.61	21.49	78.51
Nº 4	4.750	138.60	8.27	29.77	70.23
Nº 10	2.000	184.10	10.99	40.76	59.24
Nº 20	1.000	248.30	14.82	55.58	44.42
Nº 40	0.425	196.40	11.72	67.30	32.70
Nº 100	0.150	478.30	28.55	95.85	4.15
Nº 200	0.074	56.70	3.38	99.24	0.76
< Nº 200	---	12.80	0.76	100.00	0.00



Grava (%) = 29.77 Arena (%) = 69.47 Finos (%) = 0.76

$D_{10} = 0.18$
 $D_{30} = 0.39$
 $D_{60} = 2.10$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 11.67$$

$C_u =$ Coeficiente de Uniformidad.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.40$$

$C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

POL RAIN ABULAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. Nº 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

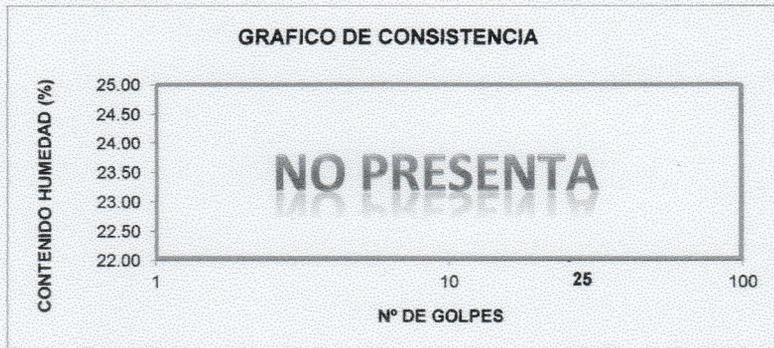
Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
		Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	Tara Nº 05	
1. No de Golpes							LL = N.P.
2. Peso Tara, [gr]							
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]							LP = N.P.
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]							
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)		IP = N.P.
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)		
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100		



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

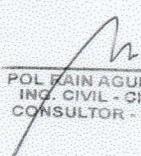
LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		28.750	27.480	26.120	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		275.41	242.60	278.36	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		271.15	238.52	275.23	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	4.26	4.08	3.13	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	242.40	211.04	249.11	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	1.757	1.933	1.256	1.649

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	29.77%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	69.47%
Finos (Diam < No.200)	0.76%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.66%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)


 POL FAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



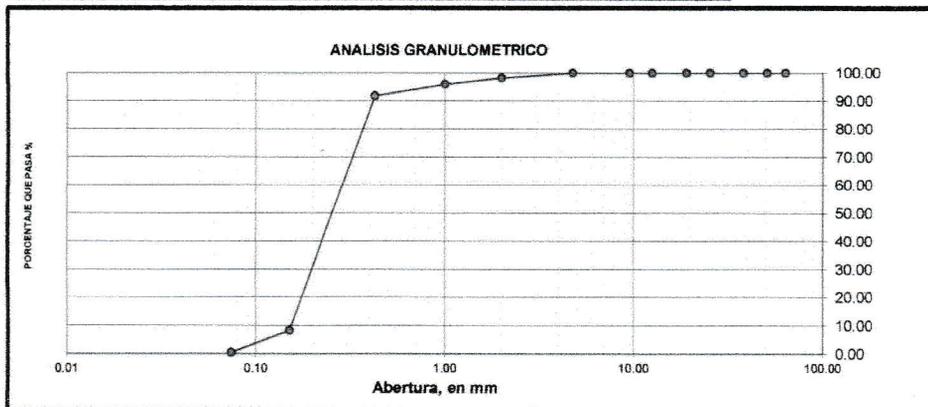
Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROY. DE TESIS	: " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".		
SOLICITA	: BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.		
DISTRITO	: NUEVO CHIMBOTE.	PROVINCIA	: SANTA.
CALICATA	: C-04.	MUESTRA	: M-F.
FECHA	: MAYO DEL 2013.	NAPA FREATICA	: N.P.
UBICACIÓN	: Mz. "G" H.U.P. VILLA VICTORIA.		
		DEPARTAMENTO	: ANCASH.
		ESPESOR DE ESTRATO	: 1.00 m.
		PROFUNDIDAD DE CALICATA	: 1.80 m.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	638.000				
Peso Inicial Seco, [gr]	635.000				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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 10	2.000	11.00	1.72	1.72	98.28
Nº 20	1.000	15.00	2.35	4.08	95.92
Nº 40	0.425	27.00	4.23	8.31	91.69
Nº 100	0.150	532.00	83.39	91.69	8.31
Nº 200	0.074	50.00	7.84	99.53	0.47
< Nº 200	—	3.00	0.47	100.00	0.00



Grava (%) = 0.00 Arena (%) = 99.53 Finos (%) = 0.47

$D_{10} = 0.16$
 $D_{30} = 0.20$
 $D_{60} = 0.29$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \boxed{1.81}$$

$C_u =$ Coeficiente de Uniformidad.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \boxed{0.86}$$

$C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

POL. RAÍN AGUILAR OLGUÍN
ING. CIVIL - CIP. Nº 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

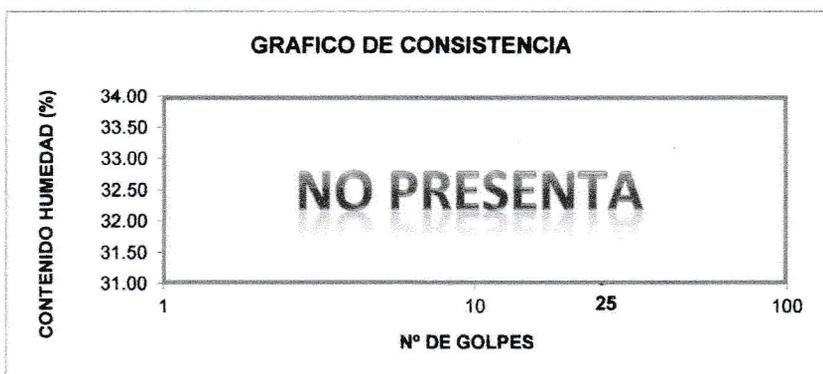
Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
	Formula	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Formula	
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						LL = N.P
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						LP = N.P
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)				(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)				(4)-(2)	IP = N.P
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100				(5)/(6)x100	



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

N: 0

Wn: 0.00

LL: 0.00 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		26.780	27.100	28.410	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		238.60	229.42	242.43	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		236.54	227.79	240.78	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	2.06	1.63	1.65	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	209.76	200.69	212.37	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	0.982	0.812	0.777	0.857

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.53%
Finos (Diam < No.200)	0.47%
Limite Líquido	N.P
Limite Plástico	N.P
Indice Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.86%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4008



INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
FECHA : MAYO DEL 2013.
CANTERA : CALICATA C-01.
MUESTRA : TERRENO NATURAL

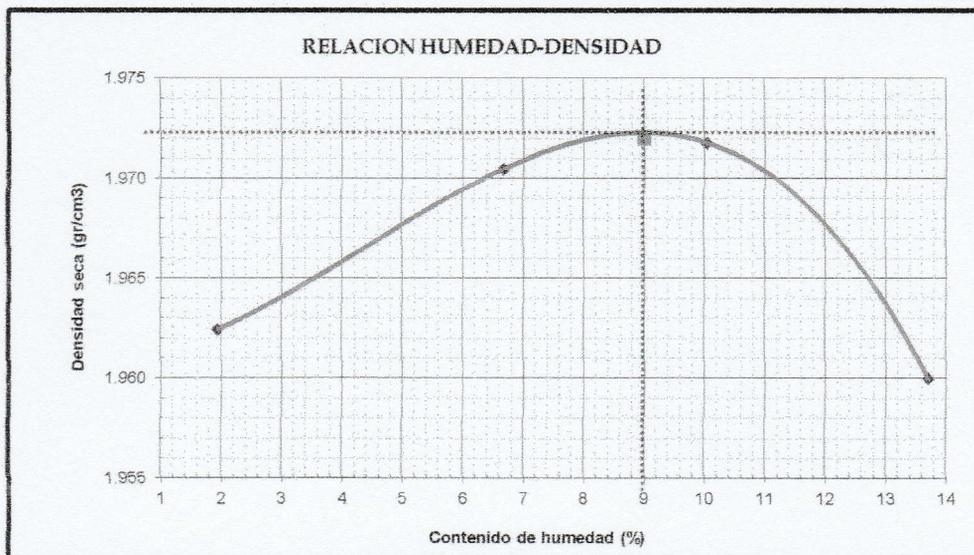
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

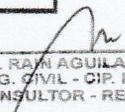
DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	10159.00	10378.00	10525.00	10652.00
Peso molde	gr	5836.00	5836.00	5836.00	5836.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4323.00	4542.00	4689.00	4816.00
Volumen del molde	cm ³	2161.00	2161.00	2161.00	2161.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.00	2.10	2.17	2.23

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	218.690	216.450	235.710	254.860
Peso del suelo seco + tara	gr	215.090	204.740	216.870	227.610
Peso de la Tara	gr	29.320	29.070	29.300	28.780
Peso de agua	gr	3.600	11.710	18.840	27.250
Peso del suelo seco	gr	185.770	175.670	187.570	198.830
Porcentaje de Humedad	%	1.94	6.67	10.04	13.71
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.962	1.970	1.972	1.960
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.972
Humedad óptima (%)					9.00




 POL RAYM AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4809



INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO"
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
FECHA : MAYO DEL 2013.
CANTERA : CALICATA C-01.
MUESTRA : TERRENO NATURAL

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)		N° 40 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %	96.98		86.20		2.72		Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL / IP	NP	NP	Clasificación		SUCS = SP		ASHTO = A-2-4 (0)	1.97	9.00

Molde N°	1		2		3			
Altura Molde	17.700		17.600		17.700			
Diametro Molde	15.235		15.275		15.245			
Altura disco Espaciador	6.055		6.055		6.055			
Diametro disco espaciador	14.985		14.935		14.935			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar		despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8663	8748	9391	9444	9315	9379		
Peso de molde (g)	4098	4098	4827	4827	4803	4803		
Peso del suelo humedo (g)	4565	4650	4564	4617	4512	4576		
Volumen del molde (cm³)	2123	2153	2116	2091	2128	2104		
Densidad humeda (g/cm³)	2.150	2.160	2.157	2.208	2.123	2.175		
Recipiente (N°)	1	2	3	4	5	6		
Peso del Recipiente + suelo humedo (g)	236.02	236.14	255.73	256.34	249.05	234.98		
Peso Recipiente + suelo seco	218.55	216.67	233.48	233.54	227.29	212.58		
Peso Recipiente	29.71	26.13	28.37	27.71	27.18	26.68		
Peso de agua (g)	17.47	19.47	22.24	22.80	21.76	22.40		
Peso de suelo seco (g)	188.84	190.54	205.12	205.83	200.11	185.90		
Contenido de humedad (%)	9.25	10.22	10.84	11.08	10.87	12.05		
Densidad seca (g/cm³)	1.968	1.959	1.946	1.987	1.915	1.941		

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DE LA CELDA DE CARGA

Penetración	Carga Estándar	Carga Kg/cm²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA Kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		23.2			13.92			7.9		
1.270	0.050		92.3			55.38			32.6		
1.905	0.075		188.5			101.1			80.4		
2.540	0.100	70.455	238.1	264.9	18.4	142.86	183.4	11.4	92.9	107.3	7.5
3.175	0.125		310.6			186.36			121.1		
3.810	0.150		381.7			229.02			148.9		
4.445	0.175		447.2			268.32			174.4		
5.080	0.200	105.68	501.3	514.7	23.8	300.78	314.7	14.6	195.5	204.9	9.5
5.715	0.225		581.8			337.08			219.1		
6.350	0.250		613.1			367.86			239.1		
6.985	0.275		671.2			402.72			261.8		
7.620	0.300		718.9			431.34			280.4		
8.890	0.350		767.2			460.32			299.2		
10.160	0.400		808.9			484.14			314.7		
12.700	0.500		842.3			505.4			328.5		

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

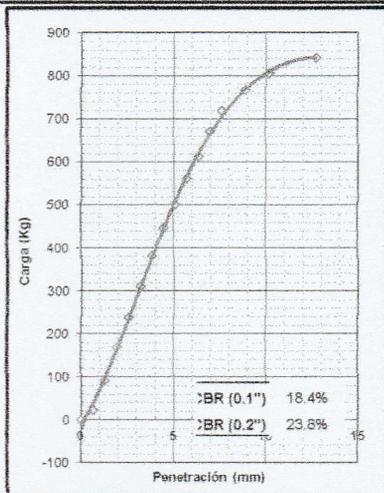
Ejecución de Obras: 14066



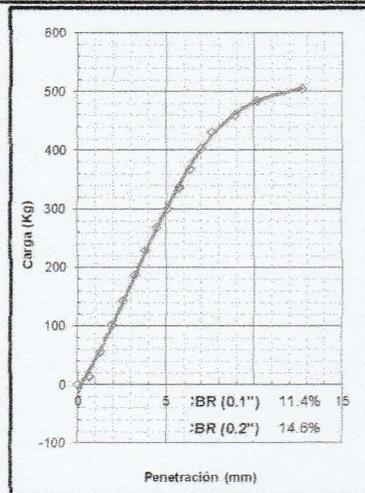
Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH.
SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
FECHA : MAYO DEL 2013.
CANTERA : CALICATA C-01.
MUESTRA : TERRENO NATURAL

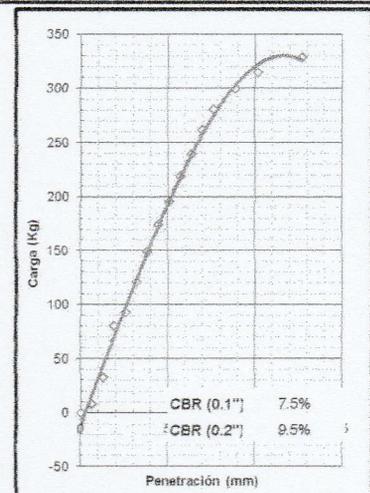
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



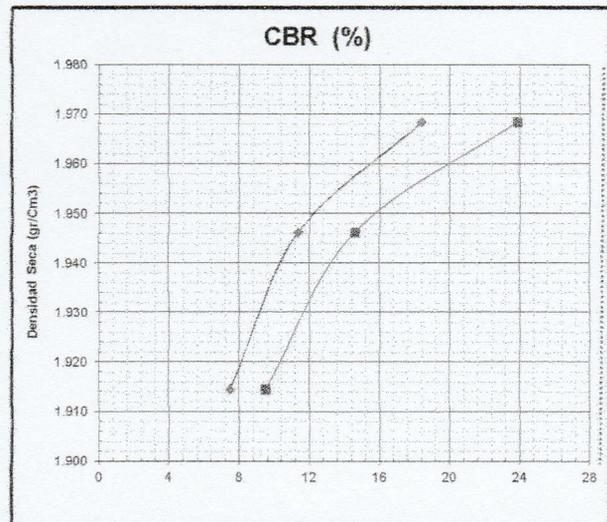
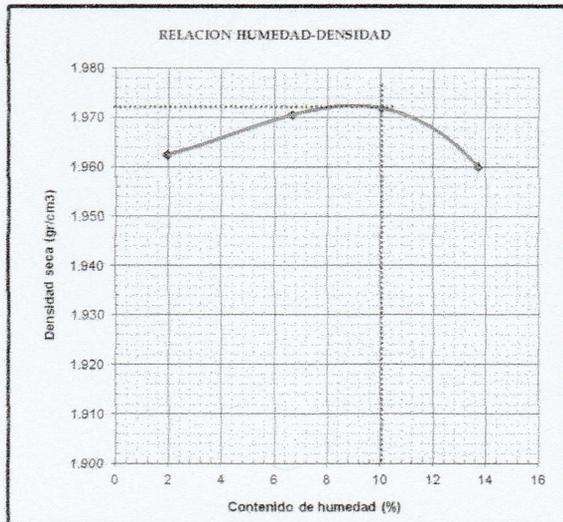
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SP
CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)
METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.972
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.00

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 18.85	0.2": 25.16
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 12.28	0.2": 16.66

POL RAIN EGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - C.P. N° 21029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : * DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH.
SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
FECHA : MAYO DEL 2013.
CALICATA : CALICATA C-02.
MUESTRA : TERRENO NATURAL

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

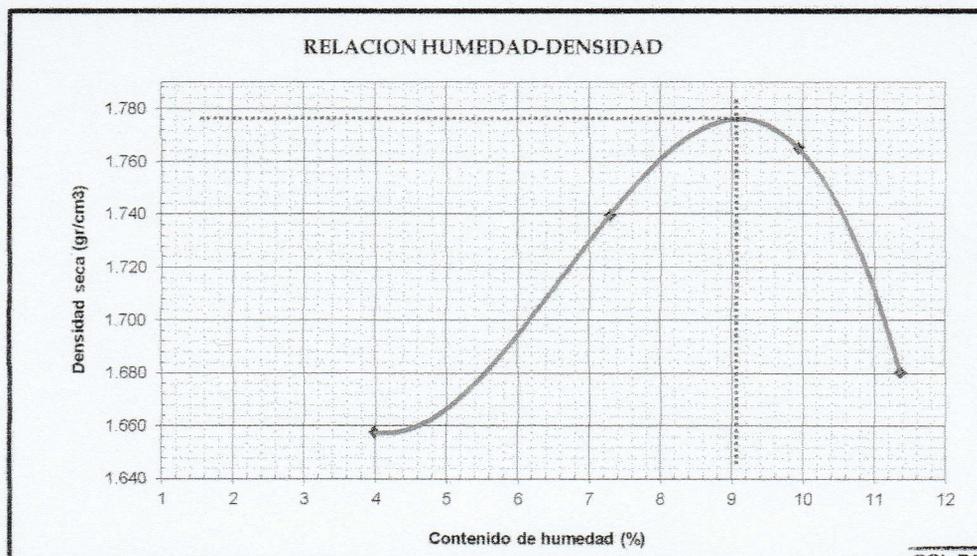
DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	9509.00	9969.00	10208.00	9985.00
Peso molde	gr	3950.00	3950.00	3950.00	3950.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	5559.00	6019.00	6258.00	6035.00
Volumen del molde	cm ³	3225.00	3225.00	3225.00	3225.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.72	1.87	1.94	1.87

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	205.590	250.850	181.170	231.240
Peso del suelo seco + tara	gr	198.730	235.650	167.140	210.470
Peso de la Tara	gr	26.500	27.000	25.890	27.680
Peso de agua	gr	6.860	15.200	14.030	20.770
Peso del suelo seco	gr	172.230	208.650	141.250	182.790
Porcentaje de Humedad	%	3.98	7.28	9.93	11.36
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.658	1.740	1.765	1.680
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.776
Humedad óptima (%)					9.10

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



POL BARRAGUEN OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4008

Urb. Unicrete J3- 65 - Nvo Chimbote – Tel (43) 318654 – Cel #015888 – Nextel 426*7746 – 422*5059 -inducons@hotmail.com



INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : " DISEÑO ÓPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHITO".
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH.
SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
FECHA : MAYO DEL 2013.
CALICATA : CALICATA C-02.
MUESTRA : TERRENO NATURAL

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)		N° 40 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %	98.28		91.99		0.47		Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL / IP	NP	NP	Clasificación		SUCS =	SP	ASSTHO = A-2-4 (0)	1.78	9.10

Molde N°	1		2		3			
Altura Molde	17.7		17.6		17.70			
Diametro Molde	15.255		15.275		15.2			
Altura disco Espaciador	6.055		6.065		6.055			
Diametro disco espaciador	14.97		15.03		14.94			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar		despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)	9117	9142	8892	9049	8734	8777		
Peso de molde (g)	4881	4881	4792	4792	4896	4896		
Peso del suelo humedo (g)	4236	4261	4100	4257	3838	3881		
Volumen del molde (cm³)	2128	2128	2132	2132	2113	2113		
Densidad humeda (g/cm³)	1.890	2.002	1.923	1.987	1.816	1.837		
Recipiente (N°)	12	AG	M1	BN	M4	HT		
Peso del Recipiente + suelo humedo (g)	201.92	253.10	208.10	244.42	229.42	231.25		
Peso Recipiente + suelo seco	184.00	224.92	190.02	218.79	208.60	206.80		
Peso Recipiente	26.49	27.58	27.77	25.59	25.66	25.97		
Peso de agua (g)	17.92	28.18	18.08	25.63	20.82	24.35		
Peso de suelo seco (g)	157.51	197.34	182.25	193.20	182.94	180.83		
Contenido de humedad (%)	11.38	14.28	11.14	13.27	11.38	13.46		
Densidad seca (g/cm³)	1.787	1.752	1.730	1.763	1.631	1.619		

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DE LA CELDA DE CARGA

Penetración		Carga Estándar Kg/cm²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA Kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		160.2			115.7			59.3		
1.270	0.050		199.6			153.2			80.3		
1.905	0.075		245.1			185.0			96.3		
2.540	0.100	70.455	279.1	250.5	12.6	222.4	207.3	10.4	121.2	122.1	6.1
3.175	0.125		305.1			266.1			143.7		
3.810	0.150		355.8			299.5			183.3		
4.445	0.175		358.2			322.9			190.0		
5.080	0.200	105.68	425.1	474.6	15.9	342.3	366.2	12.3	213.3	213.5	7.1
5.715	0.225		504.7			383.9			230.8		
6.350	0.250		581.5			405.2			252.4		
6.985	0.275		658.8			463.0			274.4		
7.620	0.300		733.6			508.2			280.0		
8.890	0.350		794.2			645.2			316.3		
10.160	0.400		860.9			711.1			336.5		
12.700	0.500		860.4			776.9			363.7		

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

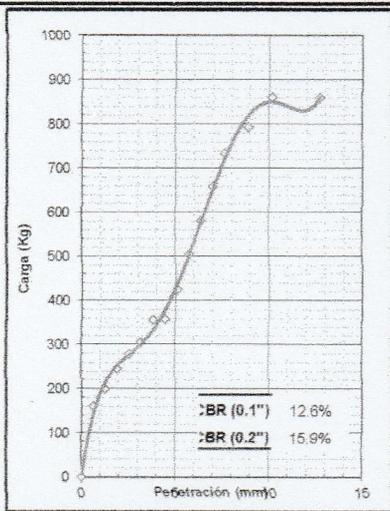
Ejecución de Obras: 14066



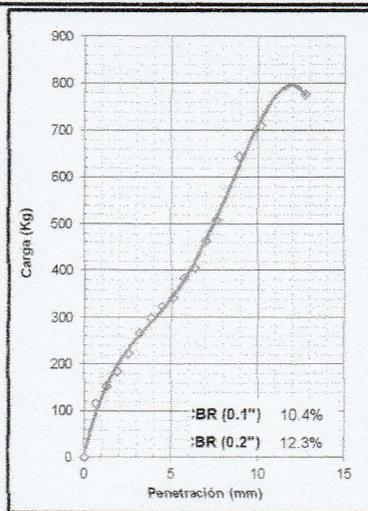
Consultoría y Ejecución de Obras – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : " DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO".
 UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 SOLICITA : BACHILLER DAVID ANGEL LOZANO PAREDES.
 FECHA : MAYO DEL 2013.
 CALICATA : CALICATA C-02.
 MUESTRA : TERRENO NATURAL.

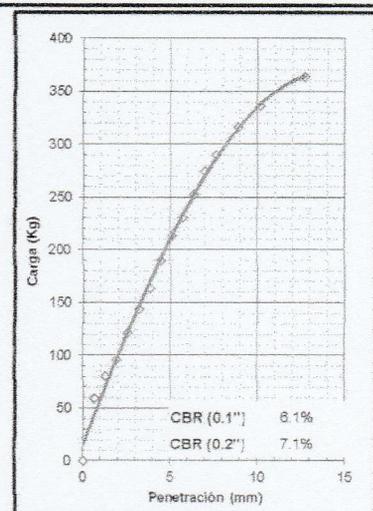
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



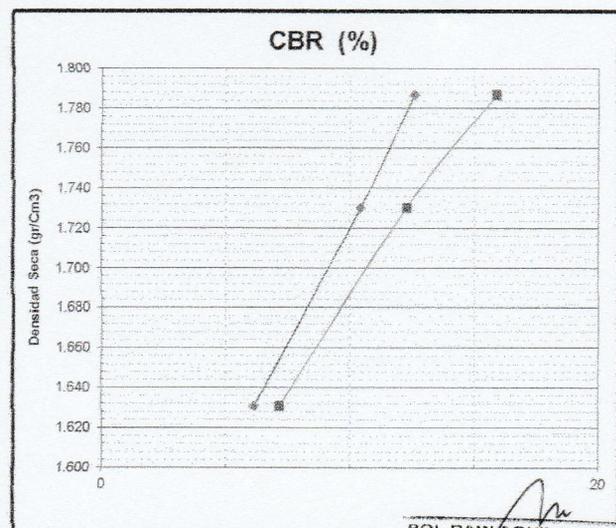
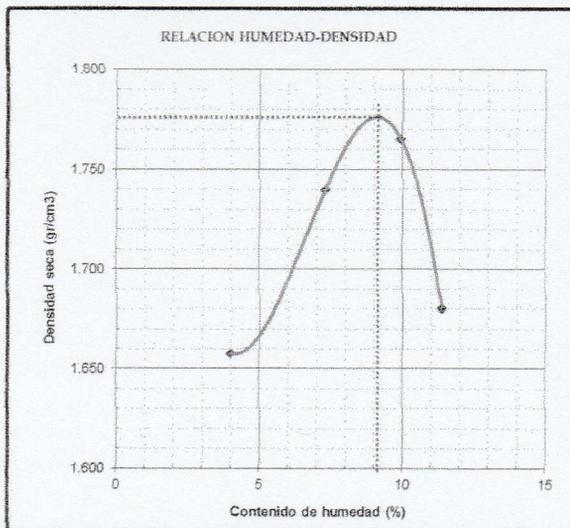
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



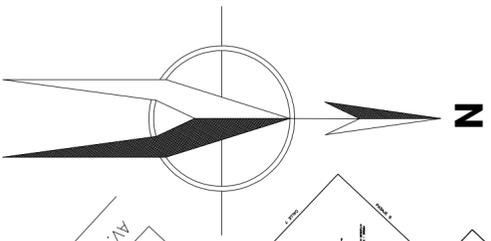
CLASIFICACION (SUCS) = SP
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.776
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.10

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	12.18	0.2"	15.14
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	8.64	0.2"	9.85

POL BAINAGUILAS OLIVERA
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4909

Anexo 5

Planos

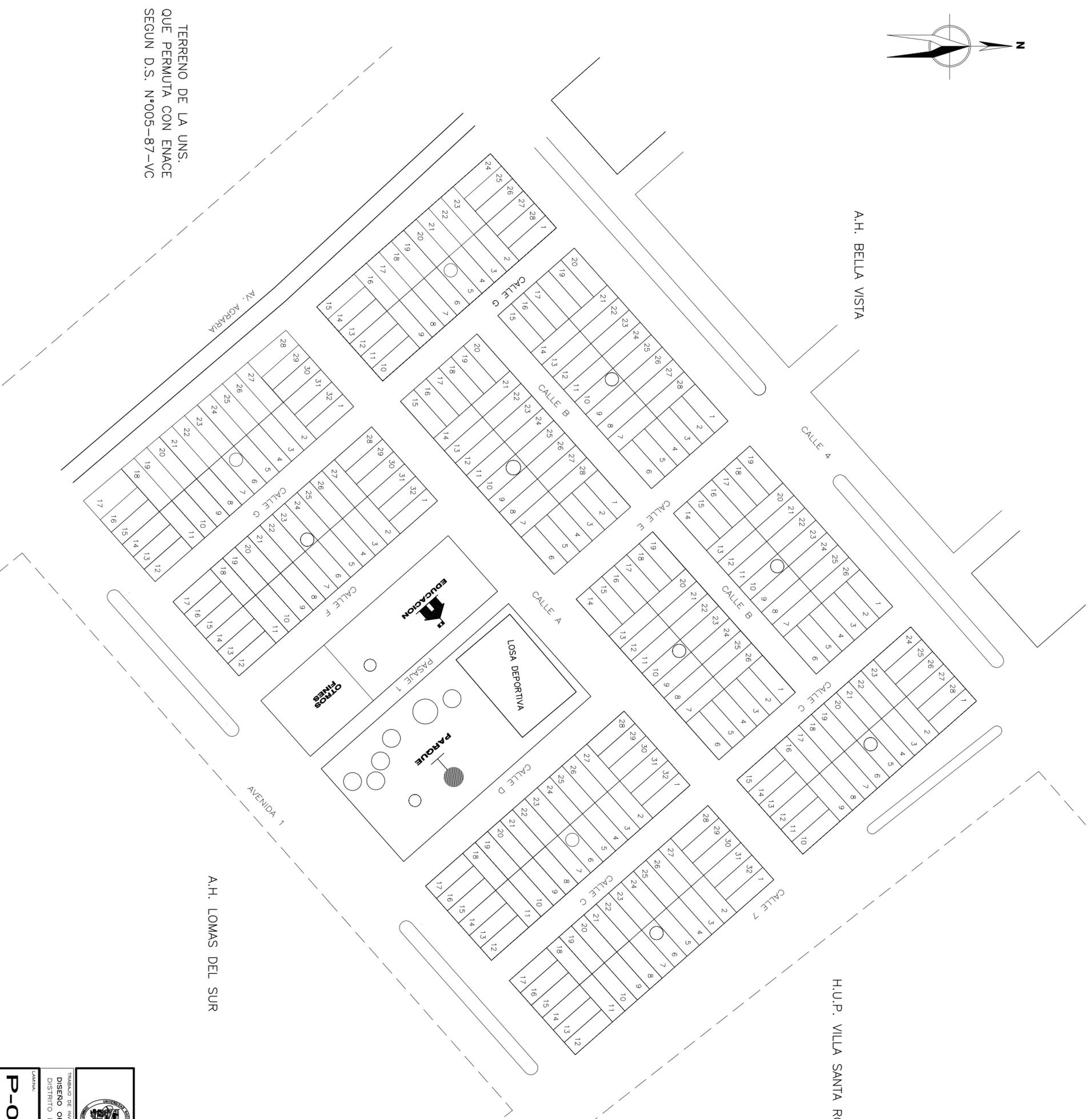
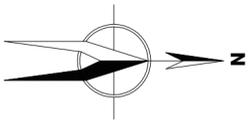


TERRENO DE LA UNS.
 QUE PERMUTA CON ENACE
 SEGUN D.S. N°005-87-VC

H.U.P. VILLA VICTORIA

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACION:		DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y ASHTO	
LÁMINA:		UBICACION DE LA H.U.P VILLA VICTORIA	
ESCALA:		1:5000	
FECHA:		MAYO 2013	
DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LUGAR:
ANCASH	SANTA	NUEVO CHIMBOTE	H.U.P. VILLA VICTORIA
ASesor:		DIBUJO:	
ING. FELIPE VILAVENCIO GONZALEZ		D.A.L.P	
BACH. DAVID ANGEL LOZANO PAREDES			



TERRENO DE LA UNS.
QUE PERMUTA CON ENACE
SEGUN D.S. N°005-87-VC



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACION
DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y ASHTO

TITULO:
GENERAL DE LA H.U.P VILLA VICTORIA

TESIS:
BACH. DAVID ANGEL LOZANO PAREDES

ASESOR:
ING. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ

DEPARTAMENTO:
ANCASH

PROVINCIA:
SANTA

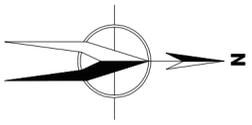
DISTRITO:
NUEVO CHIMBOTE

LUGAR:
H.U.P. VILLA VICTORIA

P-01

ESCALA:
1:1000

FECHA:
MAYO 2013



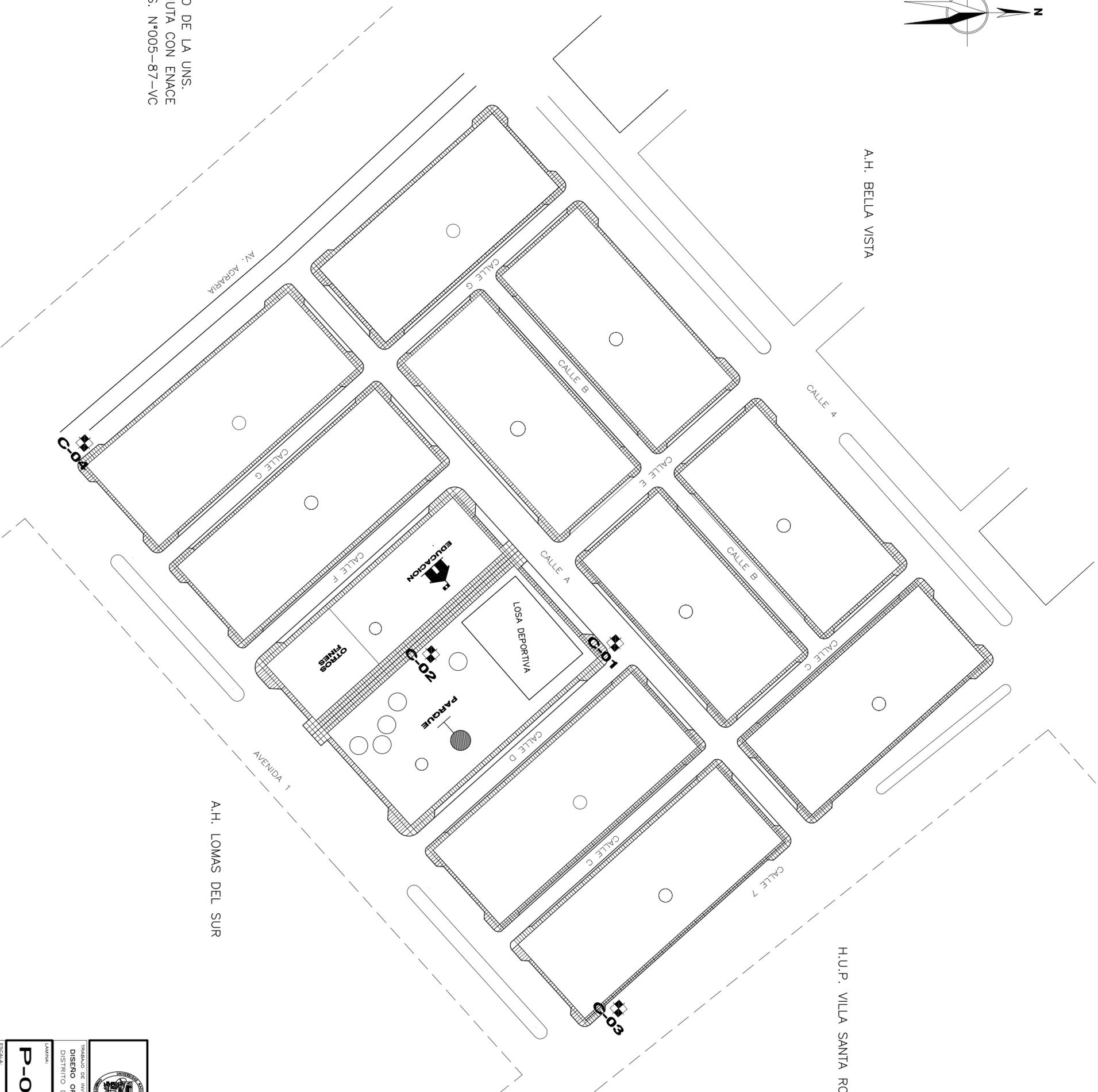
A.H. BELLA VISTA

H.U.P. VILLA SANTA ROSA DEL SUR

A.H. LOMAS DEL SUR

AV. AGRARIA

AVENIDA 1



LEYENDA	
	Calicata 01
	Calicata 02
	Calicata 03
	Calicata 04

TERRENO DE LA UNS.
QUE PERMUTA CON ENACE
SEGUN D.S. N°005-87-VC



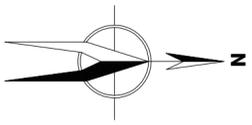
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TITULO DE INVESTIGACION
DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y ASHTO

PLANEO
CALICATAS

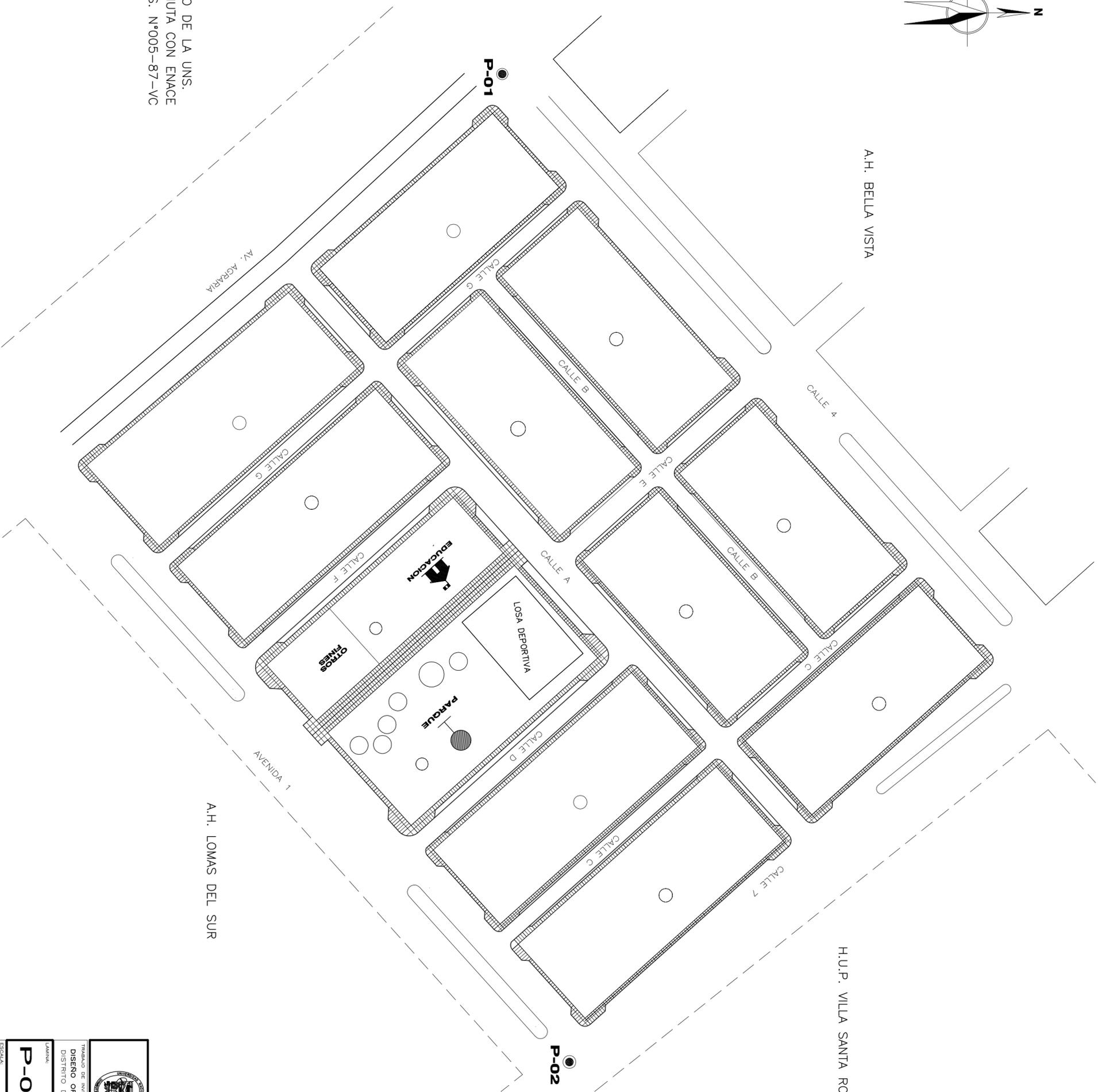
USUARIO
P-02

ESCALA	1:1000	ASESOR	BACH. DAVID ANGEL LOZANO PAREDES	DIBUJADO	D.A.L.P
FECHA:	MAYO 2013	DEPARTAMENTO:	ING. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ	LUGAR:	H.U.P. VILLA VICTORIA
		PROVINCIA:	SANTA		
		DISTRITO:	NUEVO CHIMBOTE		



A.H. BELLA VISTA

H.U.P. VILLA SANTA ROSA DEL SUR



TERRENO DE LA UNS.
QUE PERMUTA CON ENACE
SEGUN D.S. N°005-87-VC

LEYENDA

- P-01 Punto de Control 1
- P-02 Punto de Control 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TITULO DE INVESTIGACION:
DISEÑO OPTIMO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA H.U.P. VILLA VICTORIA DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, MEDIANTE EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y ASHTO

PLANO:
PUNTOS DE CONTROL DE TRAFICO

ESCALA:
1:1000

FECHA: MAYO 2013	ASesor: ING. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ	DIBUJO: D.A.L.P
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: SANTA	LUGAR: H.U.P. VILLA VICTORIA
	DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE	