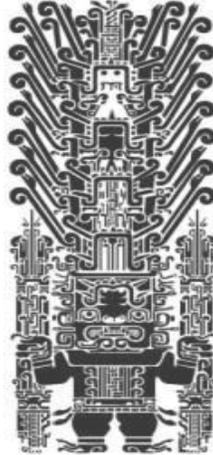


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA AV. MORALES
DUÁREZ, DE LA VÍA EXPRESA LÍNEA AMARILLA EN LA CIUDAD
DE LIMA”.**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
CHÁVEZ_OBREGÓN_ROCÍO_SUSANA_TÍTULO_2018**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL.

LIMA-PERÚ

2018

HOJA DE RESPETO

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios, quien es mi guía y mi fortaleza, a mis padres Susana y Zenobio por su apoyo incondicional, a mis hermanos por orientarme siempre es este camino de la ing. Civil, familiares y amigos por su apoyo y palabras motivadoras para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A los catedráticos de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villareal a quienes tuve la dicha de conocer a lo largo de mi formación académica en la que me inculcaron los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de esta tesis. Gracias.

RESUMEN

La presente tesis titulada “DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA AV. MORALES DUÁREZ, DE LA VÍA EXPRESA LÍNEA AMARILLA EN LA CIUDAD DE LIMA”, tiene por finalidad diseñar la estructura del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla.

Para ello la presente estudia la metodología AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos flexibles y analiza las propiedades mecánicas del asfalto. A su vez estudia los parámetros necesarios para el diseño de pavimentos flexibles, como los valores de soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W18), el índice de servicio inicial y de servicio final, el nivel de confiabilidad, etc.

Un correcto diseño del pavimento flexible permitirá garantizar el desempeño eficiente de la Av. Morales Duárez. La necesidad de realizar este estudio se justifica en que la Línea Amarilla será una obra de gran importancia tanto para los viajes locales de los municipios de Lima y Callao, como para viajes que son atraídos para Lima desde las carreteras Panamericana Norte, Panamericana Sur y Carretera Central.

Palabras Clave: Diseño de Pavimento Flexible, Metodología Aashto 1993.

ABSTRACT

The present thesis entitled "FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR AV. MORALES DUÁREZ, FROM THE EXPRESS YELLOW LINE IN THE CITY OF LIMA, aims to design the flexible pavement structure for Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Yellow Line.

For this, the present study AASHTO 1993 methodology for the design of flexible pavements and analyzes the mechanical properties of the asphalt. In turn, it studies the parameters necessary for the design of flexible pavements, such as the support values of the subgrade (CBR) and the traffic (W18), the index of initial service and final service, the level of reliability, etc.

A correct design of the flexible pavement will guarantee the efficient performance of Av. Morales Duárez. The need to carry out this study is justified in that the Yellow Line will be a work of great importance both for the local trips of the municipalities of Lima and Callao, as well as for trips that are attracted to Lima from the Panamericana Norte, Panamericana Sur and Carretera roads. Central.

Keywords: Flexible Pavement Design, Aashto Methodology 1993.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis plantea una solución al tema de pavimentos de la avenida Morales Duárez de manera que se integre de forma global con el proyecto previsto en la zona del Puente Bella Unión que permitirá el cruce del río Rímac hacia San Martín de Porres.

En la presente tesis se expone el cálculo y los criterios adoptados para la definición de la estructura de pavimento flexible en la Avenida Morales Duárez, de la Vía Expresa Línea Amarilla en la ciudad de Lima.

El diseño de pavimentos está basado en el método de la American Association of State Highways and Transportation Officials – AASHTO, en su versión del año 1993.

Además de los valores soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W18) también haremos uso de los siguientes parámetros, los cuáles recomienda la AASHTO 1993:

- Índice de servicio inicial, que expresa la condición de servicio del pavimento después de su construcción y depende de la calidad de la construcción.
- Índice de servicio final, que indica el nivel de servicio más bajo que se puede admitir, hasta ser necesaria la intervención en el pavimento.
- Nivel de confiabilidad. El manual de la AASHTO 1993 establece los niveles de confiabilidad del proyecto de acuerdo con la importancia de la vía que va a ser construida.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	10
1.2 Formulación del problema	15
1.3 Justificación e importancia	15
1.4 Objetivos	15
1.5 Hipótesis	16

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de Pavimentos Flexibles	17
2.2 Características del Pavimento Flexible	17
2.3 Capas de la estructura de pavimento flexible	18

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1 Ubicación	20
3.2 Descripción actual de la zona en estudio	20

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Estudios geotécnicos y definición de soporte de la subrasante	21
4.2 Tráfico	23
4.3 Dimensionamiento de la estructura de pavimento	27
4.4 Especificaciones de la ejecución	38
4.5 Pavimentos Existentes	46

CONCLUSIONES	61
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	63
------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	65
---------------------	-----------

ANEXOS

• Anexo 01: Planos	67
• Anexo 02: Estudio geotécnico	71
• Anexo 03: Diseño geométrico	90
• Anexo 04: Ensayos-Calicatas	101
• Anexo 05: Panel fotográfico	112

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- a) BALTAZAR, VARGAS, GUTIÉRREZ. (2014). Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR facultad de ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería civil.

El problema en el SALVADOR, fue desarrollar de la capacidad vial en constante cambio, tanto en lo relativo a nuevas vías abiertas como a reconstrucciones y reparaciones, pudiéndose observar en la escena cotidiana. En general, la investigación en el área es poca, dándose lugar a un traslado constante de técnicas, metodologías y reglamentos ya existentes, desarrollados en países con avances más significativos en el área de carreteras, esto debido igualmente a una mayor inversión en la investigación científica de disciplinas con aplicación de técnicas en dichas naciones. Dado que existen en el medio, otros enfoques de diseño de pavimentos, con bases mecanicistas-empíricas distintas, es de enorme conveniencia, de primera mano conocer dichas metodologías, en especial, debido a que en el SALVADOR no se está familiarizado con diversas opciones de diseño, con el objeto de comparar resultados en cuánto a las características de diseño que arrojaran cada una de ellas, analizando su desempeño, funcionalidad y las ventajas económicas de usar un método sobre otro.

La presente investigación es de tipo cualitativo porque permite describir las características del fenómeno estudiado por las diferentes metodologías. El proyecto investigativo es un trabajo proyectado hacia comparar las variables de cada una de las alternativas y el método de diseño de pavimentos flexibles en estudio, así como sus fortalezas y debilidades, para diversos requerimientos en la estructura del pavimento flexible. El presente estudio, busca también generar un primer acercamiento a las alternativas IMT-PAVE y CR-ME, ya que en nuestro país se usa desde hace muchos años para el diseño de pavimentos flexible el AASHTO 93, por lo cual es necesario abordar y desarrollar nuevas alternativas más en concordancia con las necesidades actuales de los pavimentos flexibles, sin embargo, no se espera introducir las alternativas al medio, pues se trata de un objetivo demasiado ambicioso y que demandaría una inversión de tiempo y recursos que exceden la capacidad de la presente investigación. También hacerse del conocimiento de los métodos y las alternativas de diseño en pavimentos flexibles en las que ya se utiliza la metodología mecanicista-empírica, ya que en estas se realiza una mejor caracterización de los materiales (uso de los módulos elásticos), consideraciones reales del tránsito (pesos de los vehículos) y la utilización del factor climático (temperaturas ambientales); para que los diseños que se realizan sean acordes a condiciones de la zona.

- b) BATISTA. (2014) realizó el: Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG). Universidad Central "MARTA ABREU" de las VILLAS facultad de construcciones departamento de ingeniería civil. CUBA.

EL problema planteado fue ¿Cuál será La tendencia internacional que se orienta al desarrollo de métodos empírico-mecanicista de diseño de pavimento? Sobre esta base se analiza la posibilidad de chequear las estructuras de pavimento diseñadas, actualmente en CUBA.

¿La presente investigación es de tipo descriptivo correlacional porque busca la relación con los diferentes métodos empíricos? El proyecto investigado “Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG)” es un trabajo proyectado hacia los resultados de esta etapa, se logra establecer un procedimiento de comprobación de algunos de los criterios de la mencionada guía haciendo especial énfasis en las modificaciones que deben ser incluidas en el software para comenzar su adaptación a las condiciones de nuestro país. El objetivo es establecer una metodología para la introducción paulatina de la guía de diseño MEPDG 2004 como herramienta de chequeo de diseño de estructuras de pavimento flexible. 6 Objetivos específicos de la investigación: Analizar el estado actual del conocimiento sobre el tema del diseño de estructuras de pavimento flexible para determinar cuáles son las tendencias investigativas contemporáneas y definir la línea de trabajo a seguir. Definir criterios de chequeo para estructuras prediseñadas por la norma cubana que tomen en consideración las principales ventajas de los métodos de diseño de la guía AASHTO 2004. (Modelar mediante el software MEPDG V 1.0) estructuras de pavimento flexible previamente diseñadas por la norma cubana, para chequear el comportamiento ante la acción de las cargas de tráfico real durante su vida útil. Establecer una propuesta de valores admisibles para las patologías (roderas y piel de cocodrilo). Proponer una metodología para el uso del software MEPDG v1.0 como herramienta de chequeo para estructuras de pavimentos flexibles diseñadas a partir de los criterios de la norma cubana vigente. Los desarrollos empíricos tienen su origen en bases de datos reales conformadas a partir de pavimentos existentes, en este se correlaciona el comportamiento de los pavimentos in-situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación).

A las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (subrasante), la calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo. Todos estos factores son controlados y medidos durante las fases de estudio para correlacionarlos con los mecanismos de degradación y crear así el método de diseño.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- a) RENGIFO (2014). Realizó la investigación titulada: Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de HUACHO a PATIVILCA (Km 188 A 189).

El problema fue: En el PERÚ las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Dentro de estas se encuentran los caminos, carreteras, etc. Las carreteras permiten optimizar los tiempos de recorrido de los vehículos debido al 7 diseño de su capa de rodadura. El tipo de investigación es explicativo, el diseño de investigación que se utilizó fue el pre-experimental. La población y muestra estuvo constituida por el tramo de HUACHO a PATIVILCA (Km 188 a 189) teniendo como objetivo realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera panamericana norte. Se diseñará dicho pavimento considerando el pavimento flexible y se diseñó mediante la metodología de la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) y la del INSTITUTO DEL ASFALTO (IA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción. Como conclusión: Para el pavimento flexible, la fórmula de número estructural permite obtener diversas opciones para la conformación de la estructura. Así con el método de AASHTO se presenta ocho diversas opciones, las cuales se analizarán económicamente.

- b) SARMIENTO y ARIAS (2015). Realizó la tesis titulada: Análisis y diseño vial de la avenida MARTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA.

El principal problema que presenta la vía son los daños existentes en la capa de rodadura que se podrán visualizar, los cuales son ocasionados por el aumento del flujo de vehículos livianos como autos y camionetas, y por la generación de un nuevo flujo de tránsito de vehículos pesados. El estudio es de tipo de investigación experimental, la población y muestra total estuvo conformada por la avenida MÁRTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA. Las metodologías usadas fueron AASTHO 93. Los resultados fueron: Al finalizar se llegó a la siguiente conclusión en cuanto a el método AASTHO 93, se puede decir que este último es una herramienta más completa para el análisis y diseño de pavimentos ya que, en primer lugar, dejando atrás al método ESAL, se puede analizar los daños de diversos vehículos de manera individual como la deformación permanente y el agrietamiento por fatiga. Asimismo, el AASTHO 2008 exige datos de entrada o inputs del clima, materiales, tráfico específicamente de la zona en donde se va a llevar a cabo la 8 construcción de la vía. Para obtener todo esto, primero se necesita implementar modelos de deterioro de pavimentos para poder predecir fallas como fatiga, deformación, ahuellamientos, deformación térmica, etc. También desarrollar base de datos climáticos detallados para diferentes regiones, desarrollar base de datos de espectro de carga para diferentes vías, mediciones de coeficientes de expansión térmica, desarrollar base de datos de módulos resilientes.

- c) MINAYA & ORDOÑEZ (2004). Realizó la investigación titulada: El modelo de predicción del comportamiento mecánico. El problema fue: En el PERÚ como predecir la vida útil de las vías urbana en LIMA.

El tipo de investigación es explicativo, el diseño de investigación que se utilizó fue experimental y su verificación se realizaron sobre una muestra original de 1430 puntos y 149 mezclas y su posterior ajuste y validación se realizó con 1320 puntos y 56 mezclas adicionales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Realizando un correcto diseño en base a la metodología AASHTO 93 se podrán construir pavimentos flexibles de óptimo desempeño para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Un correcto diseño del pavimento flexible permitirá garantizar el desempeño eficiente de la Av. Morales Duárez. La necesidad de realizar este estudio se justifica en que la Línea Amarilla será una obra de gran importancia tanto para los viajes locales de los municipios de Lima y Callao, como para viajes que son atraídos para Lima desde las carreteras Panamericana Norte, Panamericana Sur y Carretera Central.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estructura del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la metodología AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos flexibles.
- Analizar las propiedades mecánicas del asfalto.
- Estudiar los parámetros necesarios para el diseño de pavimentos flexibles, como los valores de soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W18), el índice de servicio inicial y de servicio final, el nivel de confiabilidad, etc.
- Plantear los posibles factores que puedan generar daños en el pavimento, durante su tiempo de vida.
- Analizar la seguridad y durabilidad del pavimento diseñado.

1.5. HIPÓTESIS

Realizando un correcto diseño en base a la metodología AASHTO 93 se podrán construir pavimentos flexibles de óptimo desempeño para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE

Es aquel que se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante.

Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas.

2.2. CARÁCTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Las características requeridas en el pavimento flexible son:

- **Resistencia estructural:** el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto. La causa de falla en este tipo de pavimentos con mayor aceptación es los esfuerzos cortantes. Sin embargo, también se producen esfuerzos adicionales por la aceleración y frenado de los vehículos, así como esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura al deformarse esta verticalmente debido a la carga que soporta. Asimismo, el pavimento se encuentra sometido a cargas actuantes repetitivas.

Éstas afectan a largo plazo la resistencia de las capas de relativa rigidez, que en los pavimentos flexibles serían sobre todo las carpetas y bases estabilizadas, donde podrían ocurrir fenómenos de fatiga. Además, la repetición de cargas puede causar la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.

- **Deformabilidad:** el nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).
- **Durabilidad:** una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no sólo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de la vía al interrumpir el tránsito.
- **Costo:** se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo, influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura.
- **Requerimientos de la conservación:** las condiciones de drenaje y subdrenaje juegan un rol decisivo en el ciclo de vida del pavimento.
- **Comodidad:** una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios.

2.3. CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Las capas que generalmente componen la estructura de un pavimento flexible son las siguientes:

- Carpeta asfáltica: es la capa superficial de la estructura. Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas.
- Base: sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado.
- Sub-base: principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico. Además, puede servir como una capa de transición ya que actúa como un filtro que separa a la base de la subrasante impidiendo que los finos penetren en la primera y la dañen estructuralmente. Esta capa ayuda a controlar los cambios volumétricos que podrían tomar lugar en la subrasante debido a cambios en su contenido de agua o a cambios de temperatura. De esta manera, las deformaciones serían absorbidas por la sub-base evitando que se reflejen en la carpeta asfáltica. En cuanto a resistencia cumple la misma función que las capas superiores de transmitir los esfuerzos a la subrasante. Por último, a través de esta capa se puede drenar el agua e impedir la ascensión capilar.

Además, en la fase de construcción se pueden utilizar ciertos tratamientos como: la capa de sellado que se coloca encima de la carpeta asfáltica para impermeabilizar la superficie, el riego de liga y la capa de imprimación que sirven para asegurar la adherencia entre asfalto antiguo y nuevo en el primer caso, y entre el material granular y la mezcla asfáltica que se colocará encima en el segundo.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN

El área del proyecto se ubica en la intersección de la Av. Morales Duárez con la Av. Universitaria, distrito de Cercado de Lima.



Fuente: Google Earth.

3.2. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ZONA EN ESTUDIO

En la actualidad, esa intersección se realiza a nivel, controlada por semáforos.

El proyecto de Vía Parque Rímac preveía en esta intersección un paso superior de cuatro vanos y una longitud de 108 m.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DEFINICIÓN DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

Para el tramo de Av. Morales Duárez fueron realizados ensayos específicos en el tramo entre los Viaductos 1 e 2, los cuales, dieron resultados de CBR de diseño para la subrasante de 28,0%.

En el método de AASHTO 1993, el módulo de resiliencia reemplaza al CBR como variables para caracterizar la subrasante, subbase y base.

El módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento.

Sin embargo, la guía ASSHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el MR. Para nuestro caso, se empleará la relación CBR-MR recomendada por la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico - Mecánico (MEPDG), publicada por AASHTO en julio del 2008 y acogida por el MTC en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

$MR(\text{psi})=2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MEPDG Guía AASHTO 2008
	Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC

Fuente: AASHTO.

Vía	CBR	MR(psi)
Av. Morales Duarez - Tramo ubicado entre el Viaducto 1 al Viaducto 2 (km 2 + 380 al km 3 + 680) - Vía Expressa	28%	21 556
Av. Morales Duarez - Tramo ubicado entre el Viaducto 1 al Viaducto 2 (km 2 + 380 al km 3 + 680) - Vía de Servicio	30%	22 529

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante resaltar que todos los rellenos de material inadecuado existentes en las zonas cercanas al Rio Rímac, debe ser restituidos por material competente y características de CBR min > 28% para la Vía Expressa y CBR min > 30% para la Vía de Servicio, destacando que la compactación de este material deberá ser realizada con 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo próctor. Este material también deberá cumplir con lo estipulado en las especificaciones técnicas.

La ubicación de estos materiales se indica en los planos de pavimentación, donde se han incluido los perfiles de las calicatas realizadas sobre la rasante proyectada, también se indican en planta la ubicación de las calicatas. Algunas calicatas no se han podido realizar por existir construcciones en la zona del proyecto o por problemas sociales, estas calicatas se ejecutarán más adelante cuando sea posible y se complementará la información de los perfiles.

4.2. TRÁFICO

Del estudio de tráfico, se obtiene un número equivalente de operaciones de eje simple tipo de 18000lb para el segmento en cuestión. El año horizonte de proyecto considerado es de 10 años, como año de apertura al tráfico 2011. La tasa de crecimiento considerada fue del 3% a.a.

Los volúmenes de tráfico aquí mencionados corresponden al estudio efectuado en la Intersección de la Vía Expresa con la Av. Universitaria.

4.2.1. VÍA EXPRESA

Para el cálculo del volumen de tráfico de la vía expresa, se partió de los datos del flujo de la vía expresa a su paso sobre la Av. Universitaria, siendo que los datos suministrados se refieren a la hora punta de la mañana proyectada para el año 2011.

La composición del tráfico comercial aplicada fue la siguiente:

Categoría de camiones	Porcentaje
C2	62%
C3	10%
2S2	2%
2S3	7%
3S3	19%
Total	100%

Fuente: Municipalidad Metropolitana De Lima.

LIMA - via expressa

categoría	VDMA	peso por conjunto de eje			FEC			nº cj. ejes	nº cj. ejes x VDMA
		CE1	CE2	CE3	CE1	CE2	CE3		
2C	2.487	6	10	-	0,327	2,394		2	4.974
3C	616	6	17	-	0,327	1,642		2	1.232
2S2	269	6	10	17	0,327	2,394	1,642	3	807
2S3	473	6	10	25,5	0,327	2,394	1,560	3	1.419
3S3	1.192	6	17	25,5	0,327	1,642	1,560	3	3.576
ônibus 2C	1.260	4	7,5	-	0,057	0,691	-	2	2.520
	6.297								14.528

categoría	nº de conjunto de eje			nº de conjunto de eje x FEC		
	CE1	CE2	CE3	CE1	CE2	CE3
2C	2.487	2.487		814	5.955	
3C	616	616		202	1.012	
2S2	269	269	269	88	644	442
2S3	473	473	473	155	1.133	738
3S3	1.192	1.192	1.192	390	1.958	1.859
ônibus 2C	1.260	1.260		72	871	
	6.297	6.297	1.934	1.720	11.572	3.039
		14.528			16.331	

Fuente: Municipalidad Metropolitana De Lima.

Fvp	1,12
EE	2,31
FV	2,5934663
Vti	26348638
W_{18}	6,83E+07

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

Fvp: Factor Vehículo Pesado;

Fv: Factor Vehículo;

EE:Eje Equivalente.

4.2.2. VÍAS DE SERVICIO

Para las vías de servicio, fue considerado el volumen de tráfico 70% del volumen de la vía expresa.

categoría	VDMA	peso por conjunto de eje			FEC			nº cj. ejes	nº cj. ejes x VDMA
		CE1	CE2	CE3	CE1	CE2	CE3		
2C	1.741	6	10	-	0,327	2,394		2	3.482
3C	431	6	17	-	0,327	1,642		2	862
2S2	188	6	10	17	0,327	2,394	1,642	3	565
2S3	331	6	10	25,5	0,327	2,394	1,560	3	993
3S3	834	6	17	25,5	0,327	1,642	1,560	3	2.503
ônibus 2C	0	4	7,5	-	0,057	0,691	-	2	0
	3.526								8.406

categoría	nº de conjunto de eje			nº de conjunto de eje x FEC		
	CE1	CE2	CE3	CE1	CE2	CE3
2C	1.741	1.741		570	4.168	
3C	431	431		141	708	
2S2	188	188	188	62	451	309
2S3	331	331	331	108	793	516
3S3	834	834	834	273	1.370	1.302
ônibus 2C	0	0		0	0	
	3.526	3.526	1.354	1.154	7.491	2.127
	8.406			10.772		

Fuente: Elaboración Propia.

Fvp	1,28
EE	2,38
FV	3,0551649
Vti	14753480
W_{18}	4,51E+07

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

Fvp: Factor Vehículo Pesado;

Fv: Factor Vehículo;

EE: Eje Equivalente.

4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.3.1. OTROS PARÁMETROS ADOPTADOS

Además de los valores soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W_{18}) el método de la AASHTO 1993, también recomienda los siguientes parámetros:

- Índice de servicio inicial, que expresa la condición de servicio del pavimento después de su construcción y depende de la calidad de la construcción. En este diseño se adopta $PSli = 4,5$

- Índice de servicio final:

El cual indica el nivel de servicio más bajo que se puede admitir, hasta ser necesaria la intervención en el pavimento.

Se adopta $PSIt = 2,0$

- Nivel de confiabilidad.

El manual de la AASHTO 1993 establece los niveles de confiabilidad del proyecto de acuerdo con la importancia de la vía que va a ser construida.

Resumiendo, las tablas 2.2 y 4.1 de la guía, se obtiene:

TABLA 2.2 - AASHTO 93		
CLASSIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD	
	VIAS URBANAS	VIAS RURALES
FREEWAYS	85 - 99,9	80 - 99,9
VIAS ARTERIAIS	80 - 99	75 - 95
VIAS COLETORAS	80 - 95	75 - 95
VIAS LOCAIS	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO.

TABLA 4.1 - AASHTO 93	
CONFIABILIDAD (%)	COEFICIENTE ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99,9	-3.090
99,99	-3.750

Fuente: AASHTO.

- Coeficiente de Drenaje

Este coeficiente es considerado en la formulación del número estructural del pavimento. Abajo se resume la tabla 2.4 del manual de la AASHTO 1993.

TABLA 2.4				
CALIDAD DEL DRENAJE DEL PAVIMENTO	PERCENTAJE DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACIÓN			
	< 1%	1 A 5%	5 A 25%	> 25%
EXCELLENTE	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENA	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY POBRE	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Elaboración Propia.

Vía Expressa

Para el pavimento de la Vía Expressa en la Av. Morales Duárez, en el tramo ubicado entre el Viaducto 1 al Viaducto 2 (km 2 + 380 al km 3 + 680) serán adoptadas las siguientes capas estructurales:

- Revestimiento de pavimento asfáltico en caliente, de acuerdo con las especificaciones EG 2000 (MTC/DGC), capítulo 4, constituido por dos capas, siendo la primera de 5,0cm (franja MAC 2) y la segunda (capa de rodadura, franja granulométrica MAC 1) con 7,5 cm de espesor, para un total de 12,5cm de espesor.

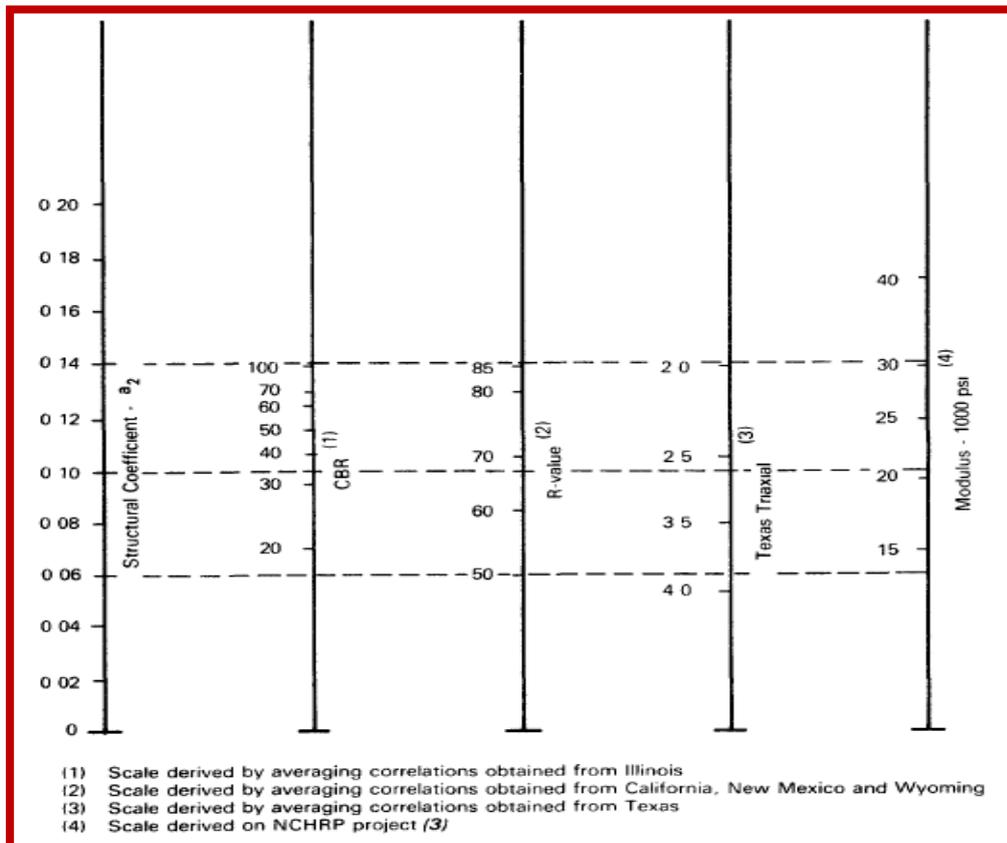
- Base y Subbase granular de grava, de acuerdo con las especificaciones EG 2000 (MTC/DGC), capítulo 3, sección 305, con un espesor de 20 cm en cada capa, con graduación “B”.
- Subrasante con CBR $\geq 28\%$.

Considerando la estructura descrita arriba y los coeficientes estructurales recomendados por el manual AASHTO 1993, se obtiene el siguiente número estructural (SN):

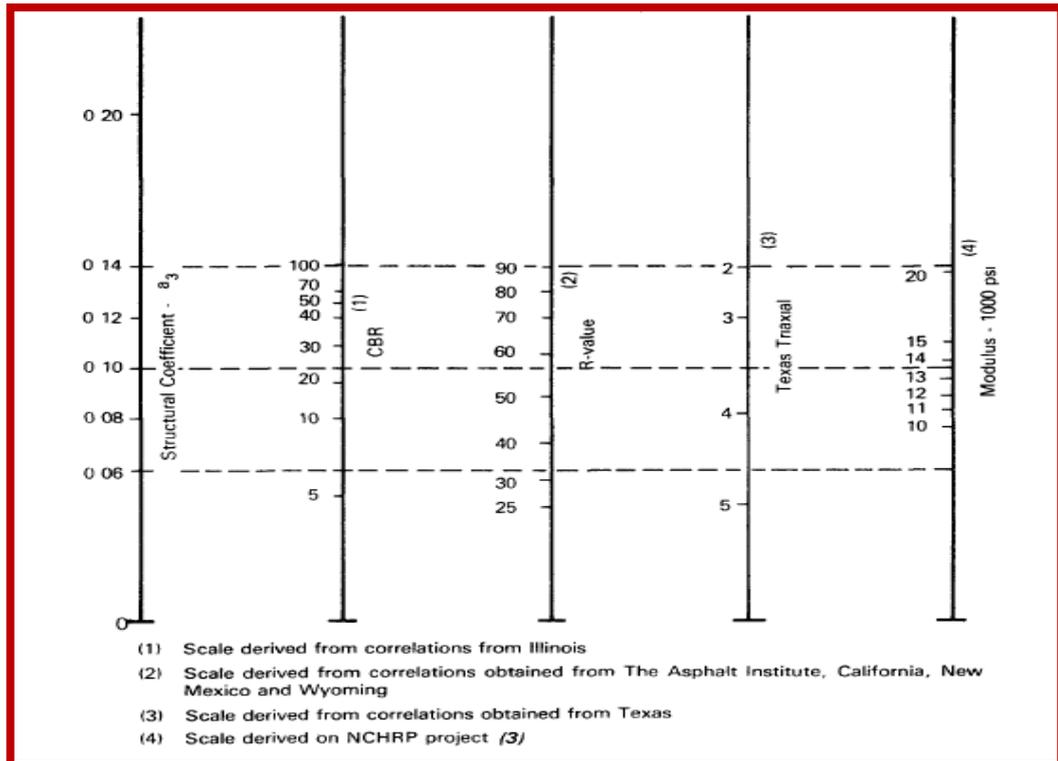
$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Siendo:

a_1 , a_2 , a_3 : Coeficientes estructurales de revestimiento asfáltico, de la base y de la subbase, se muestra en las figuras siguientes, y que fueron los empleados en la Versión del Método de Diseño AASTHO-1993.



Fuente: AASHTO.



Fuente: AASHTO.

D_1, D_2, D_3 : Espesor de las capas en pulgadas;

m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje, de acuerdo a la tabla 2.4 de la Aashto.

El cuadro mostrado a continuación expone los cálculos para la obtención del número estructural (SN):

NÚMERO ESTRUTURAL (SN)					
CAPA	D_i (cm)	D_i (pol)	a_i	m_i	SN_i
PAVIMENTO ASFALTICO EM CALIENTE	12,5	4,9	0,44		2,17
BASE GRANULAR DE GRAVA - CBR \geq 100%	20	7,9	0,14	1	1,10
SUB-BASE GRANULAR DE GRAVA - CBR \geq 80%	20	7,9	0,13	1	1,02
				SN =	4,29

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores del CBR de las capas a emplear serán:

- Base granular de grava - CBR ≥ 100%
- Sub-base granular de grava - CBR ≥ 80%

Indicar que todas las capas deberán atender un grado de compactación del 100% del Próctor Modificado.

Haciendo uso de la ecuación del Manual de la AASHTO 1993 mostrada a continuación, obtiene un número equivalente de operaciones de eje simple tipo:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R - 8,07$$

Siendo los valores implicados:

Parámetro	Descripción	Valor
SN	Número estructural	4,29
Zr	Nivel de confiabilidad (95%)	-1,645
S _o	Desvío estándar de la previsión de tráfico	0,4
MR	Módulo de elasticidad (psi)	21.556
ΔPSI	Pérdida de utilidad (Pi - Pt)	2,5

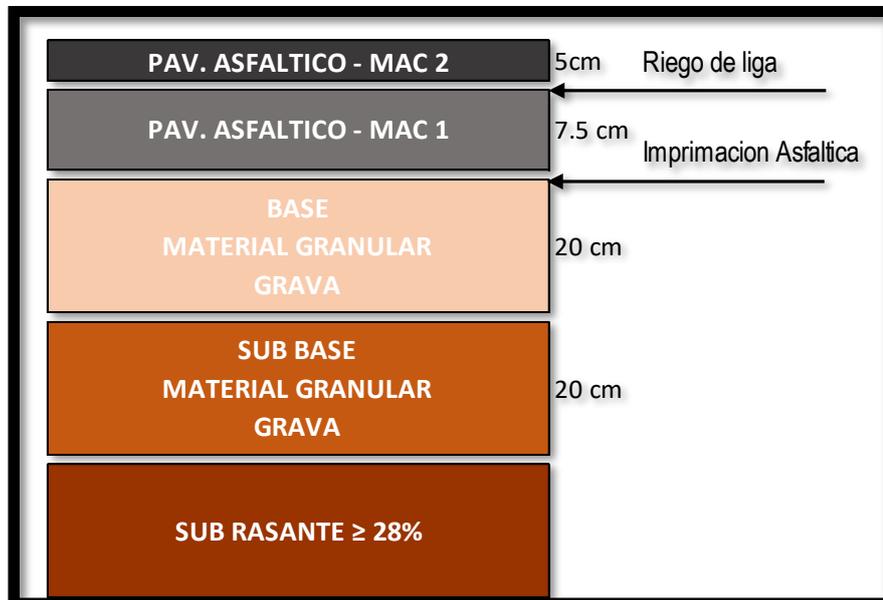
Fuente: Elaboración Propia.

Se obtiene un número equivalente de operaciones de eje simple tipo de:

$$W_{18} = 6,95 \cdot 10^7$$

Como este número está por encima del número W18 requerido por los estudios de tráfico, se concluye que la estructura propuesta puede ser adoptada en el proyecto de la vía expresa, en el tramo indicado de la Avenida Morales Duárez.

Estructura del pavimento - vía expresa



Fuente: Elaboración Propia.

Vía de Servicio

Para el pavimento en cuestión serán adoptadas las siguientes camadas estructurales:

- Revestimiento de pavimento asfáltico en caliente, de acuerdo con las especificaciones EG 2000 (MTC/DGC), capítulo 4, constituido por dos camadas, siendo las primeras de 5,0 cm (franja MAC 2) y la segunda (capa de rodadura, franja granulométrica MAC 2) con 7,5 cm de espesor, para un total de 12,5 cm de espesor.
- Base y Subbase granular de grava, de acuerdo con las especificaciones EG 2000 (MTC/DGC), capítulo 3, sección 305, con un espesor de 15 cm en cada capa, con graduación "B".
- Subrasante con CBR \geq 30%.

Considerando la estructura descrita arriba y los coeficientes estructurales recomendados por el manual AASHTO 1993, se obtiene el siguiente número estructural (SN):

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Siendo:

a_1 , a_2 , a_3 : Coeficientes estructurales de revestimiento asfáltico, de la base y de la subbase, que fueron los empleados en la Versión del Método de Diseño AASTHO-1993.

D_1 , D_2 , D_3 Espesor de las capas en pulgadas.

m_2, m_3 Coeficientes de drenaje, de acuerdo a la tabla 2.4 de la Aashto.

El cuadro mostrado a continuación expone los cálculos para la obtención del número estructural (SN):

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)					
CAPA	D_i (cm)	D_i (pol)	a_i	m_i	SN_i
PAVIMENTO ASFALTICO EM CALIENTE	12,5	5,0	0,44		2,20
BASE GRANULAR DE GRAVA - CBR \geq 100%	15	6,0	0,14	1	0,84
SUB-BASE GRANULAR DE GRAVA - CBR \geq 80%	15	6,0	0,13	1	0,78
				SN =	3,82

Fuente: Propia.

Haciendo uso de la ecuación del Manual de la AASHTO 1993 mostrada a continuación, obtiene un número equivalente de operaciones de eje simple tipo:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R - 8,07$$

Siendo los valores implicados:

Parámetro	Descripción	Valor
SN	Número estructural	3,82
Zr	Nivel de confiabilidad (90%)	-1,282
S ₀	Desvío estándar de la previsión de tráfico	0,4
MR	Módulo de elasticidad (psi)	22.529
ΔPSI	Pérdida de utilidad (Pi - Pt)	2,5

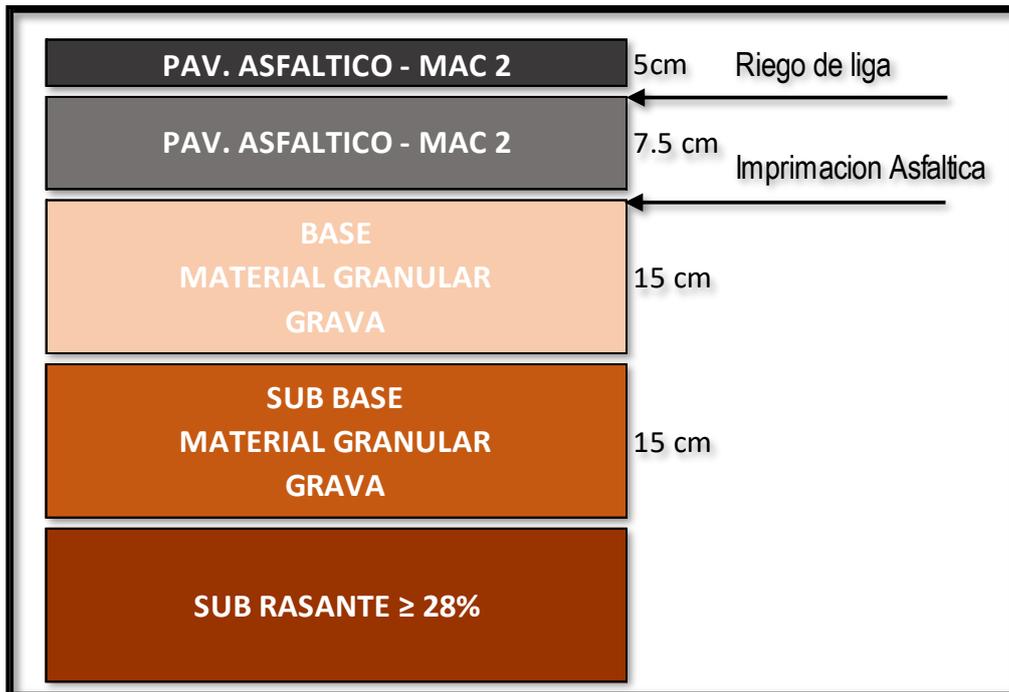
Fuente: Propia.

Se obtiene un número equivalente de operaciones de eje simple tipo de:

$$W_{18} = 4,59 \cdot 10^7$$

Como este número está por encima del número W18 requerido por los estudios de tráfico, se concluye que la estructura propuesta puede ser adoptada en el proyecto de la vía de servicio.

Estructura del Pavimento - Vía de Servicio



Fuente: Elaboración Propia.

4.4. ESPECIFICACIONES DE LA EJECUCIÓN

4.4.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Para la ejecución de las obras correspondientes, referentes a este dimensionamiento, deberán ser aplicadas las “ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONTRUCCION DE CARRETERAS (EG 2000 – MTD / DGC)” específicamente los capítulos de las secciones abajo.

- Capítulo 3 (Subbases y Bases); Secciones 303, 305 y 306.
- Capítulo 4 (Pavimento Asfáltico); Secciones 401, 402 y 410.

- **DEFLEXIONES DE CAMPO PARA EJECUCIÓN DE LAS CAMADAS**

A continuación, se presentan las deflexiones máximas recomendadas para control de campo (ejecución de las camadas) para garantizar los parámetros adoptados en el dimensionamiento de la estructura.

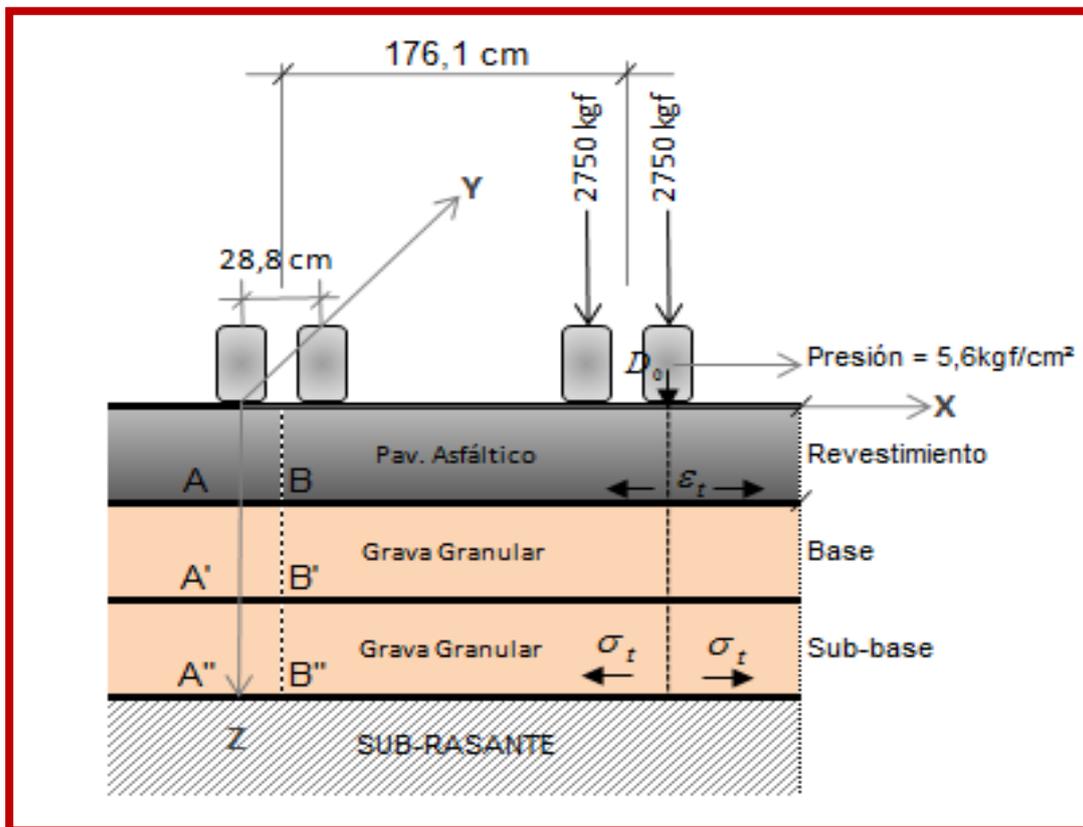
El control deflectométrico durante la ejecución de las capas de pavimento es de fundamental importancia para garantizar la calidad de la obra y consecuentemente para la garantía de un buen desempeño de la estructura a lo largo del plazo de la concesión.

Para el cálculo de las deflexiones admisibles, fue usado el programa computacional ELSYM-5 (Elastic Layered System) da Universidad de Berkeley / EEUU.

El programa ELSYM-5 se basa en fundamentos de la teoría de la elasticidad, utilizando métodos indirectos para la solución de las ecuaciones de equilibrio y de compatibilidad entre tensiones y deformaciones, aplicando conceptos de diferencias finitas o elementos finitos.

El procedimiento de cálculo adoptado por el programa ELSYM-5 idealiza el pavimento como un sistema elástico tridimensional de capas superpuestas, semi-infinito en el plano horizontal. Los materiales se asumen isotrópicos y homogéneos, con comportamiento elástico lineal.

La modelación con el software ELSYM-5 se representa en la siguiente figura.



Fuente: Propia.

Los parámetros adoptados como entra al programa son los siguientes:

Via Expressa

CAPAS DE PAVIMENTO	MÓDULO DE RESILENCIA (MR)	COEF. DE POSSION (U)
Pavimento asfáltico	500.000 PSI	0,30
Sub-base granular	112.500 PSI	0,35
Base granular	112.500 PSI	0,35
Subrasante Via Expressa	21. 556 PSI	0,40

Fuente: Propia.

Vía de Servicio

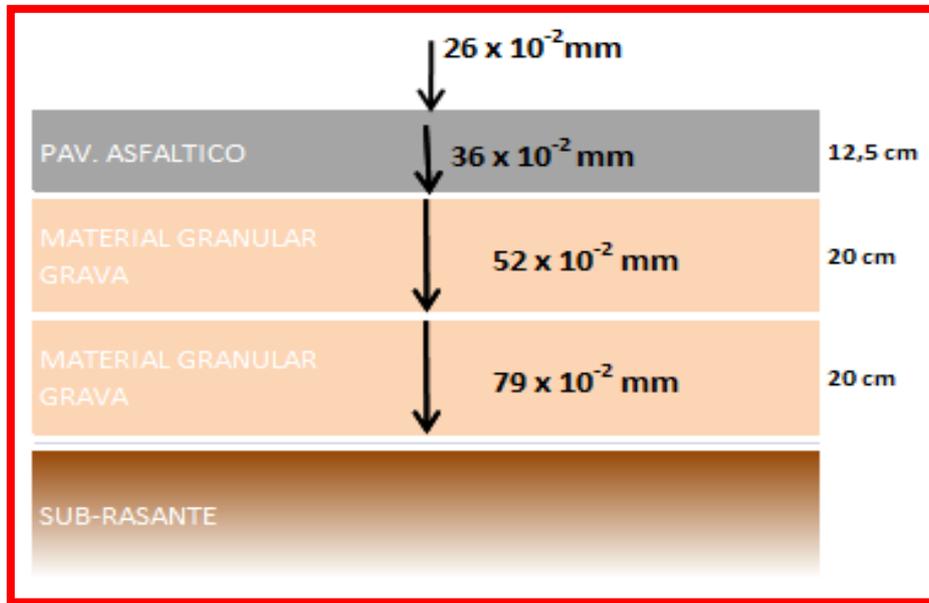
CAPAS DE PAVIMENTO	MÓDULO DE RESILENCIA (MR)	COEF. DE POSSION (U)
Pavimento asfáltico	500.000 PSI	0,30
Sub-base granular	112.500 PSI	0,35
Base granular	112.500 PSI	0,35
Subrasante Via de Servicio	22. 529 PSI	0,40

Fuente: Propia.

La carga como el eje sencillo estándar de 24.000 lbs es aplicada en cada capa de pavimento, desde la subrasante hasta el revestimiento, para conocer las deflexiones admisibles que serán usadas durante las obras para el control de calidad de la estructura.

Las deflexiones admisibles que serán usadas durante las obras para el control de calidad de la estructura de la Av. Morales Duárez en el tramo ubicado entre el Viaducto 1 al Viaducto 2 (km 2 + 380 al km 3 + 680) se presenta a continuación.

Vía Expresa - Deflexiones Admisibles



Fuente: Propia.

Av. Morales Duárez - Vía Expresa

```

ELASTIC SYSTEM -

LAYER      ELASTIC      POISSONS
MODULUS    RATIO        THICKNESS
1          35000.      .300         12.500 IN
2          7750.       .350         20.000 IN
3          7750.       .350         20.000 IN
4          1480.       .400         SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD.....      2750.00 LBS
LOAD STRESS.....      5.60 PSI
LOAD RADIUS.....      12.50 IN

DISPLACEMENTS
UX      .0000E+00
UY      .0000E+00
UZ      .2617E-01
    
```

Fuente: Propia.

BASE DE GRAVA

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
2	7750.	.350	20.000 IN
3	7750.	.350	20.000 IN
4	1480.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.3542E-01

SUB-BASE DE GRAVA

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
3	7750.	.350	20.000 IN
4	1480.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.5116E-01

SUB - RASANTE

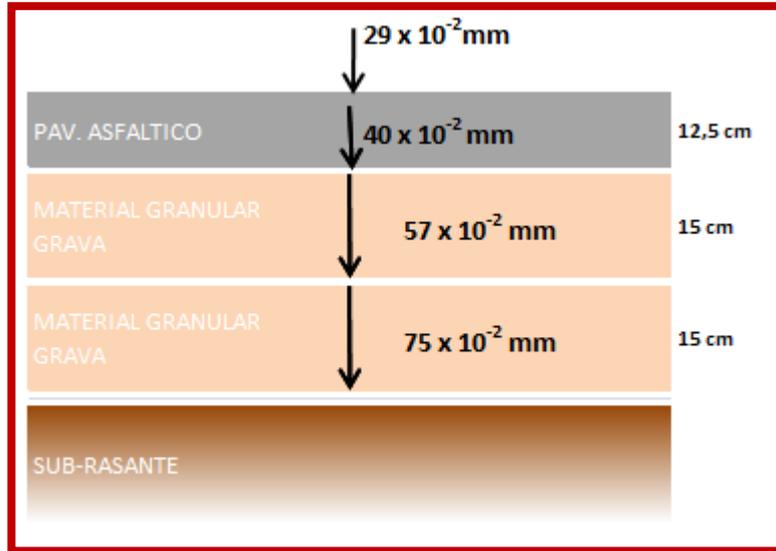
LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
4	1480.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.7871E-01

Fuente: Propia.

Vía de Servicio- Deflexiones Admisibles



Fuente: Propia.

Av. Morales Duárez - Vía de Servicio

```

ELASTIC SYSTEM -

LAYER      ELASTIC      POISSONS
MODULUS    RATIO        THICKNESS

1          35000.      .300         12.500 IN
2           7750.      .350         15.000 IN
3           7750.      .350         15.000 IN
4           1553.      .400         SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2750.00 LBS
LOAD STRESS.... 5.60 PSI
LOAD RADIUS.... 12.50 IN

DISPLACEMENTS
UX          .0000E+00
UY          .0000E+00
UZ          .2812E-01
    
```

Fuente: Propia.

BASE DE GRAVA

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
2	7750.	.350	15.000 IN
3	7750.	.350	15.000 IN
4	1553.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.4002E-01

SUB-BASE DE GRAVA

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
3	7750.	.350	15.000 IN
4	1553.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.5656E-01

SUB - RASANTE

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
4	1553.	.400	SEMI-INFINITE

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00
UY	.0000E+00
UZ	.7501E-01

Fuente: Propia.

4.5. PAVIMENTOS EXISTENTES

4.5.1. Análisis de la Estructura Existente

Con relación a los pavimentos existentes en la Av. Morales Duárez, estos presentan en general un buen estado de conservación, con un pequeño grado de fisuración.

Las huellas del recorrido de las ruedas, también son de pequeña proporción.

Las siguientes fotos muestran la situación observada:



Av. Morales Duárez entre Av. Universitaria e Av. Nicolás Dueñas. Fuente: Propia.



Av. Morales Duárez entre Av. Elmer Faucett y Av. Universitaria. Fuente: Propia.



Av. Morales Duárez cerca de la Av. Universitaria. Fuente: Propia.



Av. Morales Duárez entre Av. Universitaria y Av. Nicolás Dueñas



Av. Morales Duárez cerca del “montón”. Fuente: Propia.



Intersección Av. Morales Duárez con Av. Nicolás Dueñas. Fuente: Propia.



Intersección Av. Morales Duárez con Av. Universitaria. Fuente: Propia.



Intersección Av. Morales Duárez con Av. Universitaria. Fuente: Propia.

Para llegar a una solución de restauración del pavimento existente fueron hechas calicatas y realizados ensayos deflectométricos a través de lecturas con la Viga Benkelman donde se obtuvo los siguientes resultados:

Calicatas

CALICATA	LOCALIZAÇÃO	INICIO	FIM	ESPESS.	CLASSIFICAÇÃO TACTO VISUAL
C-01	AV. MORALES DUAREZ KM 3 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	300	0,06	0,50	0,44	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,50	1,30	0,80	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-02	AV. MORALES DUAREZ KM 3 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	200	0,06	0,40	0,34	GRAVA LIMOSA
	LADO IZQUIERDO	0,40	1,30	0,90	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-03	AV. MORALES DUAREZ KM 3 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	100	0,06	0,60	0,54	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,60	1,40	0,80	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA

Fuente: Propia.

CALICATA	LOCALIZACIÓN	INICIO	FIM	ESPESS.	CLASSIFICAÇÃO TACTO VISUAL
C-04	AV. MORALES DUAREZ KM 3 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	000	0,06	0,40	0,34	GRAVA LIMOSA
	LADO IZQUIERDO	0,40	1,30	0,90	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-05	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	900	0,06	0,60	0,54	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,60	1,40	0,80	RELLENO NO CONTROLADO
C-06	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	800	0,06	0,40	0,34	GRAVA LIMOSA
	LADO IZQUIERDO	0,40	1,30	0,90	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-07	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	700	0,06	0,76	0,70	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,76	1,40	0,64	RELLENO NO CONTROLADO
C-08	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	600	0,06	0,40	0,34	GRAVA LIMOSA
	LADO IZQUIERDO	0,40	1,30	0,90	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-09	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	500	0,06	0,50	0,44	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,50	1,50	1,00	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-10	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	200	0,06	0,46	0,40	GRAVA LIMOSA
	LADO IZQUIERDO	0,46	1,30	0,84	GRAVA LIMOSA CON BOLONERÍA
C-11	AV. MORALES DUAREZ KM 2 +	0,00	0,06	0,06	CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE
	100	0,06	0,56	0,50	GRAVA LIMOSA
	LADO DERECHO	0,56	1,30	0,74	RELLENO NO CONTROLADO CON BOLONERIA

Fuente: Propia.

Lecturas corregidas Viga Benkelman - Carril Izquierdo

Nº	FECHA	UBICACIÓN			LECTURAS CORREGIDAS(0.01 mm)				
		PROG.	CARRIL	LADO	L1 25 cm.	L2 5 cm.	L3 75 cm.	L4 100 cm.	L5 Máx.
1	02/06/2015	0+060	IZQUIERDO	IZQUIERDO	44,1	29,4	19,6	9,8	63,7
2	02/06/2015	0+110	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	39,2
3	02/06/2015	0+160	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	29,4
4	02/06/2015	0+210	IZQUIERDO	IZQUIERDO	29,4	24,5	14,7	9,8	39,2
5	02/06/2015	0+260	IZQUIERDO	IZQUIERDO	39,2	19,6	14,7	9,8	44,1
6	02/06/2015	0+300	IZQUIERDO	IZQUIERDO	34,3	24,5	14,7	9,8	44,1
7	02/06/2015	0+350	IZQUIERDO	IZQUIERDO	29,4	14,7	9,8	4,9	39,2
8	02/06/2015	0+400	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	19,6	14,7	9,8	34,3
9	02/06/2015	0+450	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	29,4
10	02/06/2015	0+500	IZQUIERDO	IZQUIERDO	29,4	19,6	14,7	9,8	34,3
11	02/06/2015	0+550	IZQUIERDO	IZQUIERDO	34,3	24,5	14,7	9,8	39,2
12	02/06/2015	0+600	IZQUIERDO	IZQUIERDO	34,3	24,5	14,7	9,8	39,2
13	02/06/2015	0+650	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	34,3
14	02/06/2015	0+700	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	19,6	14,7	9,8	29,4
15	02/06/2015	0+750	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	29,4
16	02/06/2015	0+800	IZQUIERDO	IZQUIERDO	29,4	19,6	14,7	9,8	39,2
17	02/06/2015	0+850	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	19,6	14,7	9,8	29,4
18	02/06/2015	0+900	IZQUIERDO	IZQUIERDO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5
19	02/06/2015	0+950	IZQUIERDO	IZQUIERDO	29,4	14,7	9,8	4,9	39,2
20	02/06/2015	1+000	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	29,4
21	02/06/2015	1+050	IZQUIERDO	IZQUIERDO	49,0	29,4	24,5	14,7	58,8
22	02/06/2015	1+100	IZQUIERDO	IZQUIERDO	34,3	29,4	24,5	9,8	39,2
23	02/06/2015	1+150	IZQUIERDO	IZQUIERDO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5
24	02/06/2015	1+200	IZQUIERDO	IZQUIERDO	24,5	14,7	9,8	4,9	34,3
25	02/06/2015	1+250	IZQUIERDO	IZQUIERDO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5

Fuente: Propia.

Lecturas corregidas Viga Benkelman - Carril Derecho

Nº	FECHA	UBICACIÓN			LECTURAS CORREGIDAS (0.01 mm)				
		PROG.	CARRIL	LADO	L1 25 cm.	L2 50 cm.	L3 75 cm.	L4 100 cm.	L5 Máx.
1	02/06/2015	0+050	DERECHO	DERECHO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5
2	02/06/2015	0+100	DERECHO	DERECHO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5
3	02/06/2015	0+150	DERECHO	DERECHO	24,5	19,6	14,7	9,8	29,4
4	02/06/2015	0+200	DERECHO	DERECHO	24,5	14,7	9,8	4,9	29,4
5	02/06/2015	0+250	DERECHO	DERECHO	29,4	14,7	9,8	4,9	39,2
6	02/06/2015	0+300	DERECHO	DERECHO	24,5	14,7	9,8	4,9	34,3
7	02/06/2015	0+350	DERECHO	DERECHO	19,6	14,7	9,8	4,9	24,5
8	02/06/2015	0+400	DERECHO	DERECHO	29,4	19,6	14,7	9,8	39,2
9	02/06/2015	0+450	DERECHO	DERECHO	39,2	19,6	14,7	9,8	49,0
10	02/06/2015	0+500	DERECHO	DERECHO	29,4	19,6	14,7	9,8	34,3
11	02/06/2015	0+550	DERECHO	DERECHO	29,4	19,6	14,7	9,8	39,2
12	02/06/2015	0+600	DERECHO	DERECHO	24,5	19,6	14,7	4,9	29,4
13	02/06/2015	0+650	DERECHO	DERECHO	44,1	34,3	24,5	14,7	49,0
14	02/06/2015	0+700	DERECHO	DERECHO	24,5	19,6	14,7	4,9	34,3
15	02/06/2015	0+750	DERECHO	DERECHO	29,4	24,5	19,6	9,8	34,3
16	02/06/2015	0+800	DERECHO	DERECHO	34,3	24,5	14,7	9,8	39,2
17	02/06/2015	0+850	DERECHO	DERECHO	29,4	24,5	19,6	9,8	34,3
18	02/06/2015	0+900	DERECHO	DERECHO	29,4	19,6	14,7	9,8	39,2
19	02/06/2015	0+950	DERECHO	DERECHO	24,5	19,6	14,7	9,8	29,4
20	02/06/2015	0+980	DERECHO	DERECHO	29,4	19,6	14,7	9,8	39,2

Fuente: Propia.

Para realizar una división en segmentos homogéneos fueron calculadas Deflexiones en el medio de la rueda doble (D_0) de cada segmento a través de la siguiente fórmula:

$$D_0 = L_{MAX}$$

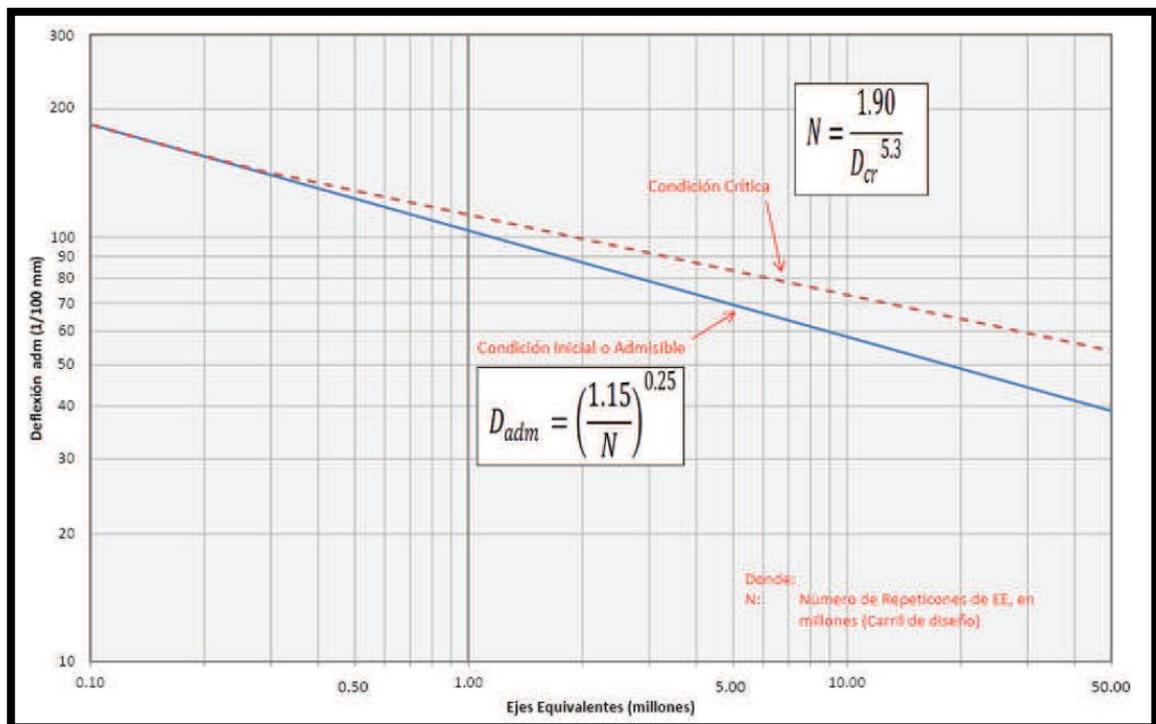
(expresada en 0,01 mm)

El radio de curvatura en el punto de ensayo se calcula con la expresión:

$$RC = \frac{6250}{2 \times (D_0 - D_{25})}$$

expresado en mm

Para realizar el cálculo de las deflexiones admisibles fue utilizada una relación propuesta para el paquete estructural del pavimento, por CONREVIAl (Estudio de Rehabilitación de Carreteras del País. MTC-Perú), presentada en el siguiente ábaco.



Fuente: MTC.

La deflexión característica se calcula con la expresión:

$$D_c = D + \bar{D} (1,645 \times ds)$$

Dónde:

\bar{D} = Deflexión promedio;

ds = Desviación estándar de las deflexiones.

Los resultados obtenidos con las ecuaciones presentadas anteriormente se adjuntan en las siguientes tablas:

Resultados - Carril Izquierdo

Nº	UBICACIÓN		DEFLEXION D ₀	DEFLEXION D ₂₅	DEFLEXION ADMISIBLE	RAIO DE CURVATURA (RC)	DEFLEXION CARACT.D _c
	PROG.	LADO					
1	0+060	IZQUIERDO	0,064	0,04	0,017	159,4	0,05
2	0+110	IZQUIERDO	0,039	0,03	0,017	212,6	0,05
3	0+160	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,017	637,8	0,05
4	0+210	IZQUIERDO	0,039	0,02	0,017	318,9	0,05
5	0+260	IZQUIERDO	0,044	0,01	0,017	637,8	0,05
6	0+300	IZQUIERDO	0,044	0,02	0,017	318,9	0,05
7	0+350	IZQUIERDO	0,039	0,02	0,017	318,9	0,05
8	0+400	IZQUIERDO	0,034	0,02	0,017	318,9	0,05
9	0+450	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,017	637,8	0,05
10	0+500	IZQUIERDO	0,034	0,01	0,017	637,8	0,05
11	0+550	IZQUIERDO	0,039	0,01	0,017	637,8	0,05
12	0+600	IZQUIERDO	0,039	0,01	0,017	637,8	0,05
13	0+650	IZQUIERDO	0,034	0,02	0,017	318,9	0,05
14	0+700	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,017	637,8	0,05
15	0+750	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,017	637,8	0,05
16	0+800	IZQUIERDO	0,039	0,02	0,017	318,9	0,05
17	0+850	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,017	637,8	0,05
18	0+900	IZQUIERDO	0,025	0,01	0,017	637,8	0,05
19	0+950	IZQUIERDO	0,039	0,02	0,019	318,9	0,06
20	1+000	IZQUIERDO	0,029	0,01	0,019	637,8	0,06
21	1+050	IZQUIERDO	0,059	0,02	0,019	318,9	0,06
22	1+100	IZQUIERDO	0,039	0,01	0,019	637,8	0,06
23	1+150	IZQUIERDO	0,025	0,01	0,019	637,8	0,06
24	1+200	IZQUIERDO	0,034	0,02	0,019	318,9	0,06
25	1+250	IZQUIERDO	0,025	0,01	0,019	637,8	0,06

Fuente: Propia.

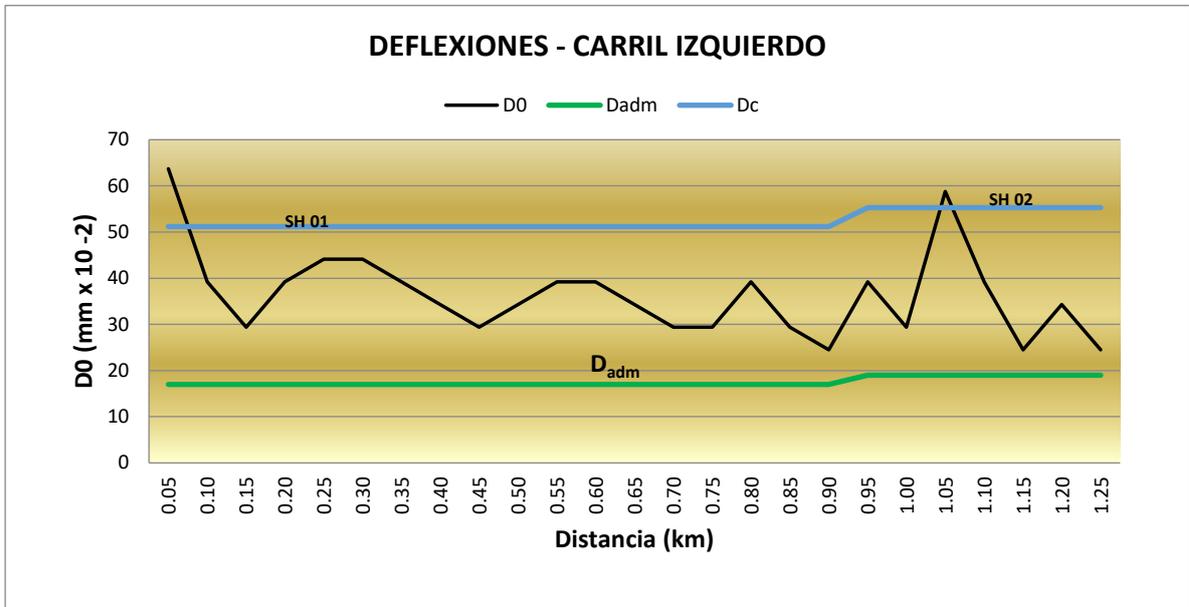
Resultados - Carril Derecho

Nº	UBICACIÓN		DEFLEXION D0	DEFLEXION D25	DEFLEXION ADMISIBLE	RAIO DE CURVATURA (RC)	DEFLEXION CARACT.DC
	PROG.	LADO					
1	0+050	DERECHO	0,025	9,8	0,012	637,8	0,04
2	0+100	DERECHO	0,025	9,8	0,012	637,8	0,04
3	0+150	DERECHO	0,029	9,8	0,012	637,8	0,04
4	0+200	DERECHO	0,029	9,8	0,012	637,8	0,04
5	0+250	DERECHO	0,039	19,6	0,012	318,9	0,04
6	0+300	DERECHO	0,034	19,6	0,012	318,9	0,04
7	0+350	DERECHO	0,025	9,8	0,012	637,8	0,04
8	0+400	DERECHO	0,039	19,6	0,017	318,9	0,05
9	0+450	DERECHO	0,049	19,6	0,017	318,9	0,05
10	0+500	DERECHO	0,034	9,8	0,017	637,8	0,05
11	0+550	DERECHO	0,039	19,6	0,017	318,9	0,05
12	0+600	DERECHO	0,029	9,8	0,017	637,8	0,05
13	0+650	DERECHO	0,049	9,8	0,017	637,8	0,05
14	0+700	DERECHO	0,034	19,6	0,017	318,9	0,05
15	0+750	DERECHO	0,034	9,8	0,013	637,8	0,04
16	0+800	DERECHO	0,039	9,8	0,013	637,8	0,04
17	0+850	DERECHO	0,034	9,8	0,013	637,8	0,04
18	0+900	DERECHO	0,039	19,6	0,013	318,9	0,04
19	0+950	DERECHO	0,029	9,8	0,013	637,8	0,04
20	0+980	DERECHO	0,039	19,6	0,013	318,9	0,04

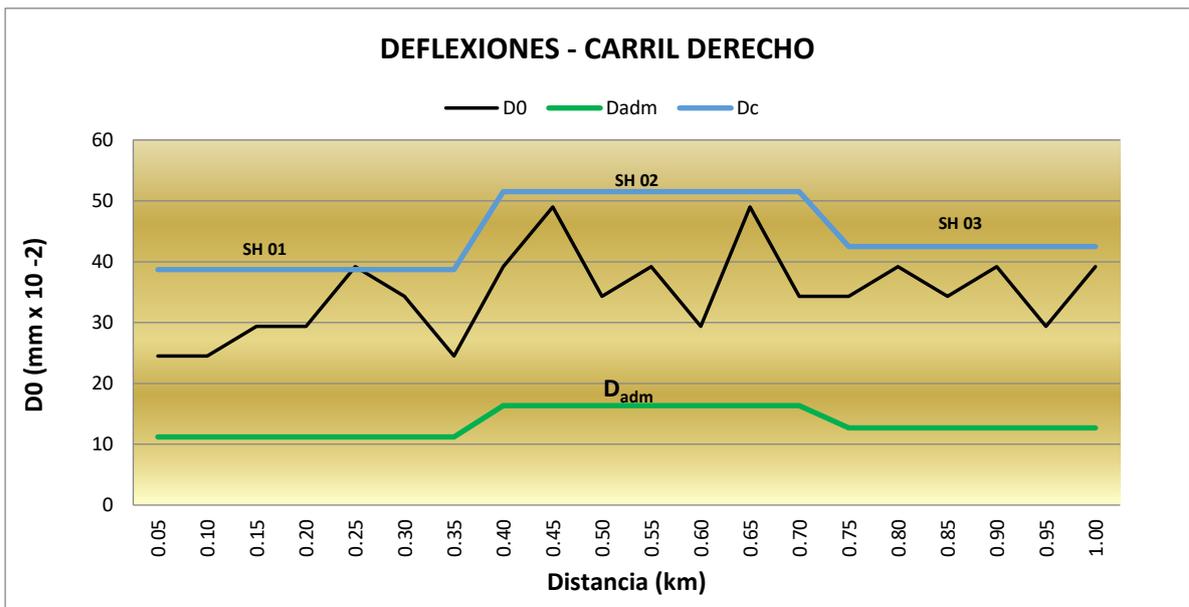
Fuente: Propia.

Como los resultados obtenidos fueron realizados en divisiones de segmentos homogéneos, en los puntos donde el pavimento presentó

comportamiento estructural semejante, la división de los segmentos homogéneos (SH) es presentada gráficamente como sigue.



Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

Fue necesario generar un gráfico para cada carril, pues el pavimento a ser reaprovechado poseerá valores de " W_{18} " distintos.

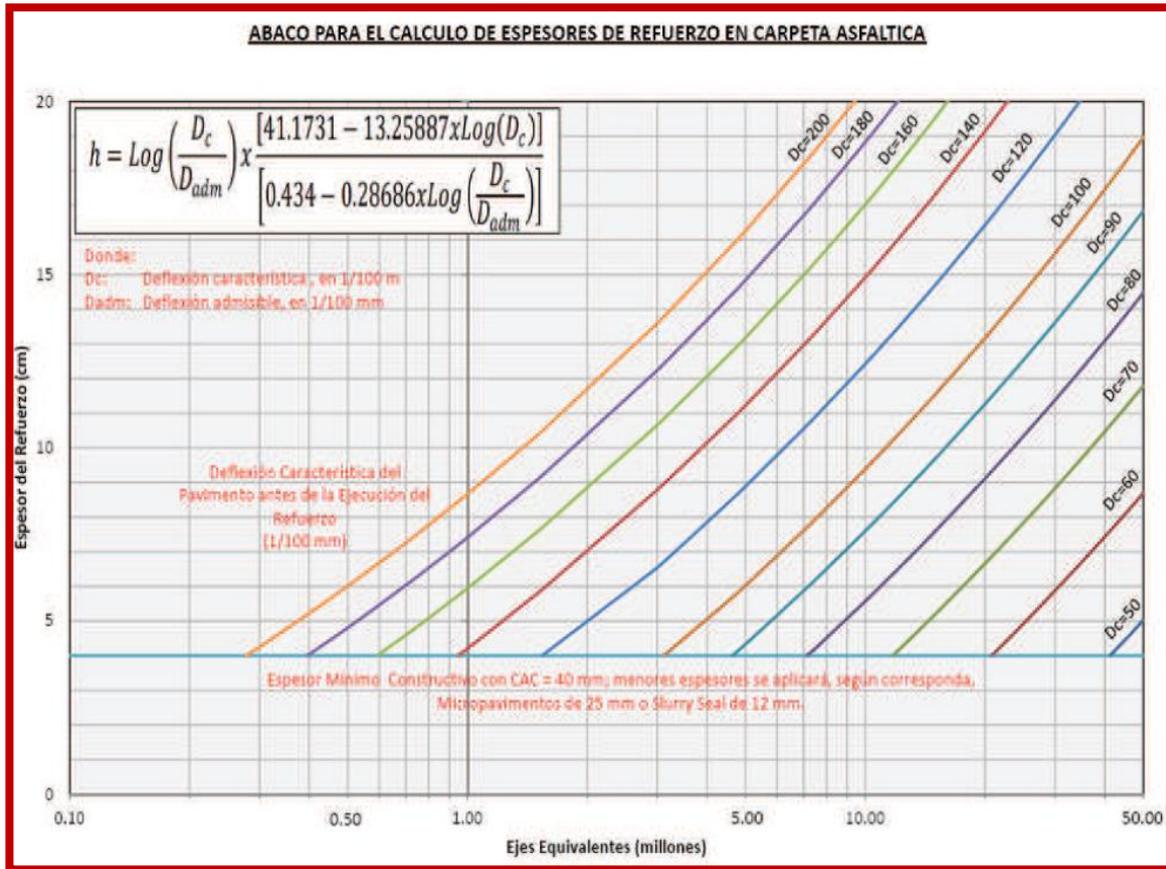
El Carril Izquierdo será proyectado para una Vía Expresa con un $W_{18}=6,83 \times 10^7$. Y el Carril Derecho será proyectado para la Vía de Servicio que posee $W_{18}=4,51 \times 10^7$.

A través del análisis de los gráficos presentados es posible concluir que:

- Las deflexiones características son mayores que las deflexiones admisibles.
- La estructura existente está infradiseñada para el tránsito previsto.
- Es necesario colocar un refuerzo sobre la capa asfáltica existente.

Dimensionamiento del Refuerzo del Pavimento

Para el dimensionamiento del refuerzo necesario en los pavimentos existentes será utilizado el ábaco propuesto para el paquete estructural del pavimento, por CONREVIAl (Estudio de Rehabilitación de Carreteras del País. MTC-Perú), presentado en la siguiente figura.



Fuente: Propia.

La espesura del refuerzo calculada para cada segmento homogéneo es la siguiente:

SEGMENTO	PARAMETROS (0,01 mm)					h (cm)	SOLUCIONES
	D	ds	Rc	Dc	Dadm		
CARRIL IZQUIERDO							
SH 01	36,75	8,77	481,27	51,18	17,18	9	4 cm Fresado+ 4 cm Recapeo + 5 cm refuerzo em carpeta asfáltica
SH 02	35,70	11,91	501,09	55,29	19,03	9	4 cm Fresado+ 4 cm Recapeo + 5 cm refuerzo em carpeta asfáltica
CARRIL DERECHO							
SH 01	29,40	5,66	546,65	38,71	11,87	11	4 cm Fresado+ 4 cm Recapeo + 7 cm refuerzo em carpeta asfáltica
SH 02	39,20	7,48	455,54	51,51	17,33	9	4 cm Fresado+ 4 cm Recapeo + 7 cm refuerzo em carpeta asfáltica
SH 03	35,93	4,00	531,46	42,51	13,44	10	4 cm Fresado+ 4 cm Recapeo + 7 cm refuerzo em carpeta asfáltica

Fuente: Propia.

Con la finalidad de evitar escalones en la pista se adoptó una solución única de espesura de refuerzo para cada carril. Para los dos carriles será adoptado un fresado de 4 cm con recapeo de esta espesura. Y la espesura de refuerzo adoptado para el Carril Izquierdo será de 5 cm, y del Carril Derecho será de 7 cm.

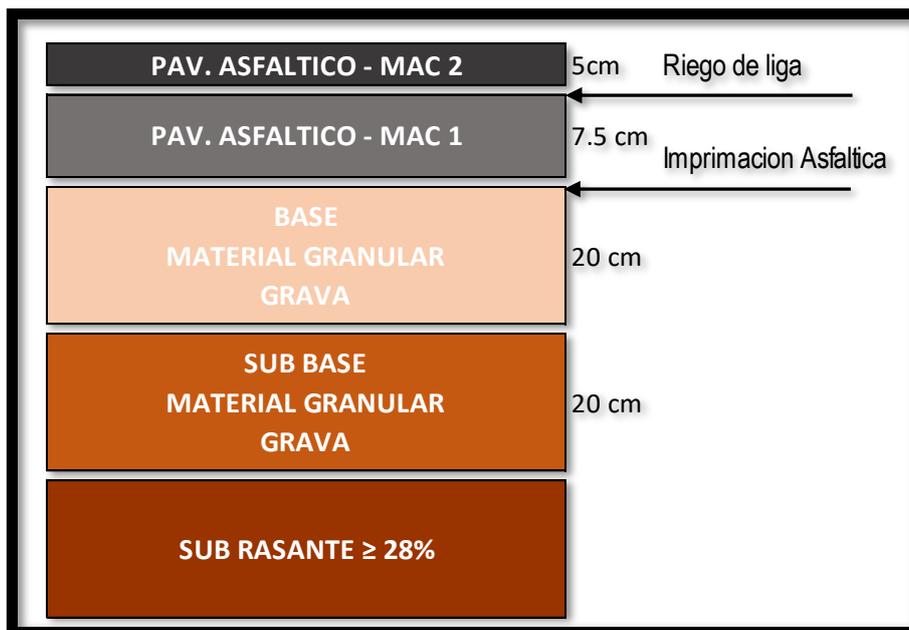
A pesar de que el valor de W_{18} es mayor en el Carril Izquierdo, el valor del refuerzo en concreto asfáltico será menor debido a la condición estructural presentada en los ensayos deflectométricos, pues el Carril Izquierdo se encuentra en un estado de conservación superior al Carril Derecho.

La condición estructural del pavimento y las soluciones que fueron adoptadas pueden ser identificadas a través de la comparación entre las deflexiones características D_c y las deflexiones admisibles D_{adm} . Como en este caso tenemos la siguiente situación: $D_c > D_{adm}$ y $R_c > 100$ se recomienda la utilización de un refuerzo y definida a través de la relación entre D_c y D_{adm} , por tanto, cuanto mayor es el valor de D_c , menor será el valor del refuerzo.

La solución optada en las zonas de aprovechamiento de pavimentos existentes es de fresado, recapeo, refuerzo, y encaje de pavimento existente con el nuevo, de acuerdo al detalle presentado en el plano n° OA007-13-PV3-001.

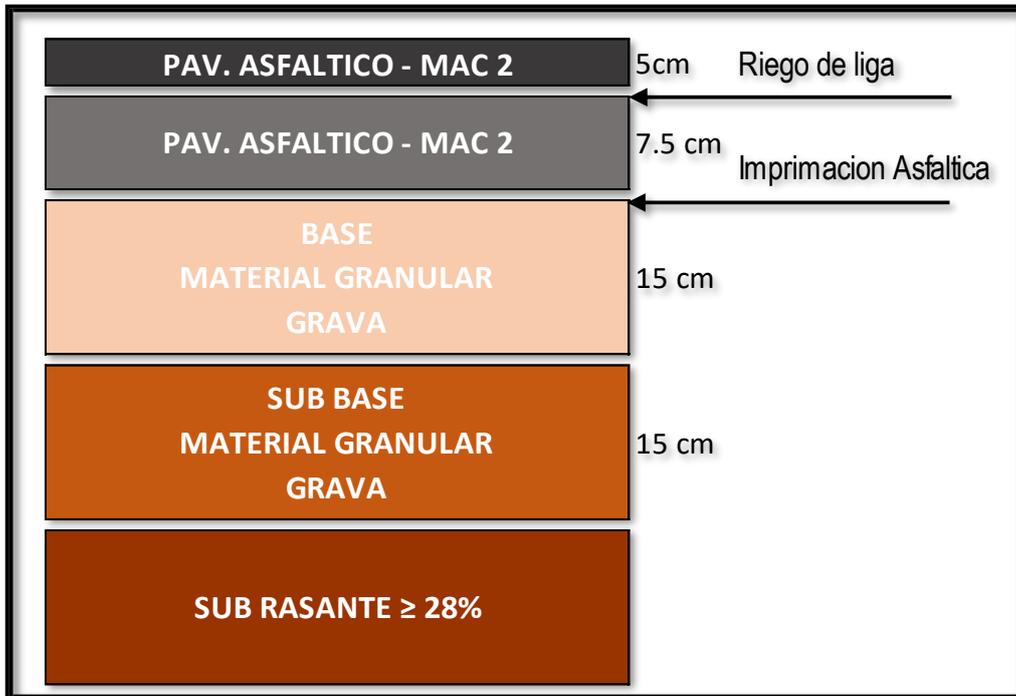
CONCLUSIONES

- Para el tramo de Av. Morales Duárez fueron realizados ensayos específicos en el tramo entre los Viaductos 1 e 2, los cuales, dieron resultados de CBR de diseño para la subrasante de 28,0%.
- La guía ASSHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el MR. Para nuestro caso, se empleó la relación CBR-MR recomendada por la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico - Mecanístico (MEPDG), publicada por AASHTO en julio del 2008 y acogida por el MTC en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- Para la vía expresa se tiene del estudio de tráfico: $W18 = 6,95 \cdot 10^7$ y para la vías de servicio tenemos: $W18 = 4,59 \cdot 10^7$
- Para la vía expresa la estructura el pavimento estará conformado por:



Fuente: Elaboración Propia.

- Para las vías de servicio la estructura el pavimento estará conformado por:



Fuente: Elaboración Propia.

RECOMENDACIONES

- El control deflectométrico durante la ejecución de las capas de pavimento es de fundamental importancia para garantizar la calidad de la obra y consecuentemente para la garantía de un buen desempeño de la estructura a lo largo del plazo de la concesión.

- Además de los valores soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W18) también se debe dar gran importancia a los siguientes parámetros, los cuáles recomienda la AASHTO 1993:
 - Índice de servicio inicial, que expresa la condición de servicio del pavimento después de su construcción y depende de la calidad de la construcción.

 - Índice de servicio final, que indica el nivel de servicio más bajo que se puede admitir, hasta ser necesaria la intervención en el pavimento.

 - Nivel de confiabilidad. El manual de la AASHTO 1993 establece los niveles de confiabilidad del proyecto de acuerdo con la importancia de la vía que va a ser construida.

- Es importante resaltar que todos los rellenos de material inadecuado existentes en las zonas cercanas al Río Rímac, debe ser restituidos por material competente y características de CBR min > 28% para la Vía

Expresa y CBR min > 30% para la Vía de Servicio, destacando que la compactación de este material deberá ser realizada con 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo próctor.

- El material indicado también deberá cumplir con lo estipulado en las especificaciones técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

American Association Of State Highway And Transportation Officials – AASHTO (1993). *Guide for design of pavement structures*. Estados Unidos: American Association Of State Highway And Transportation Officials.

Asphalt Institute (1981) *Thickness Design: Asphalt Pavements For Highways and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1)*. Estados Unidos: College Park, MD.

Huang, Y. (2004). *Pavement analysis and design*. Traducción propia. Segunda edición. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.

Ministerio de transportes y comunicaciones (2000). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000*. Segunda edición (En línea). Consulta: 25 de abril del 2018 <http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/eg2000/index.htm>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual de diseño geométrico para carreteras DG-2001*. Perú: MTC.

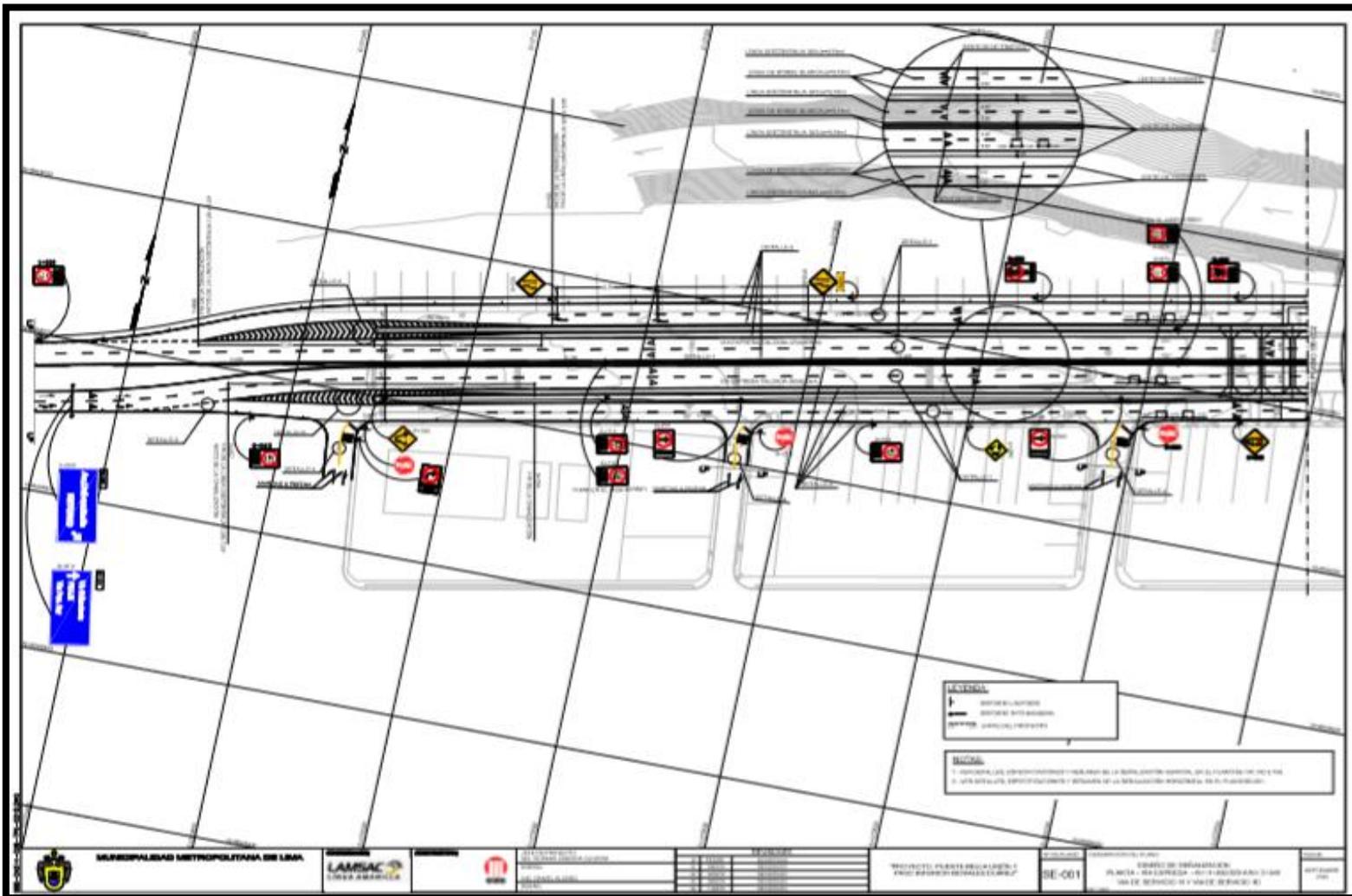
Montejo, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño*. Tercera edición. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Olcese, M. (2009). *Pavimentos – Apuntes del Curso*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

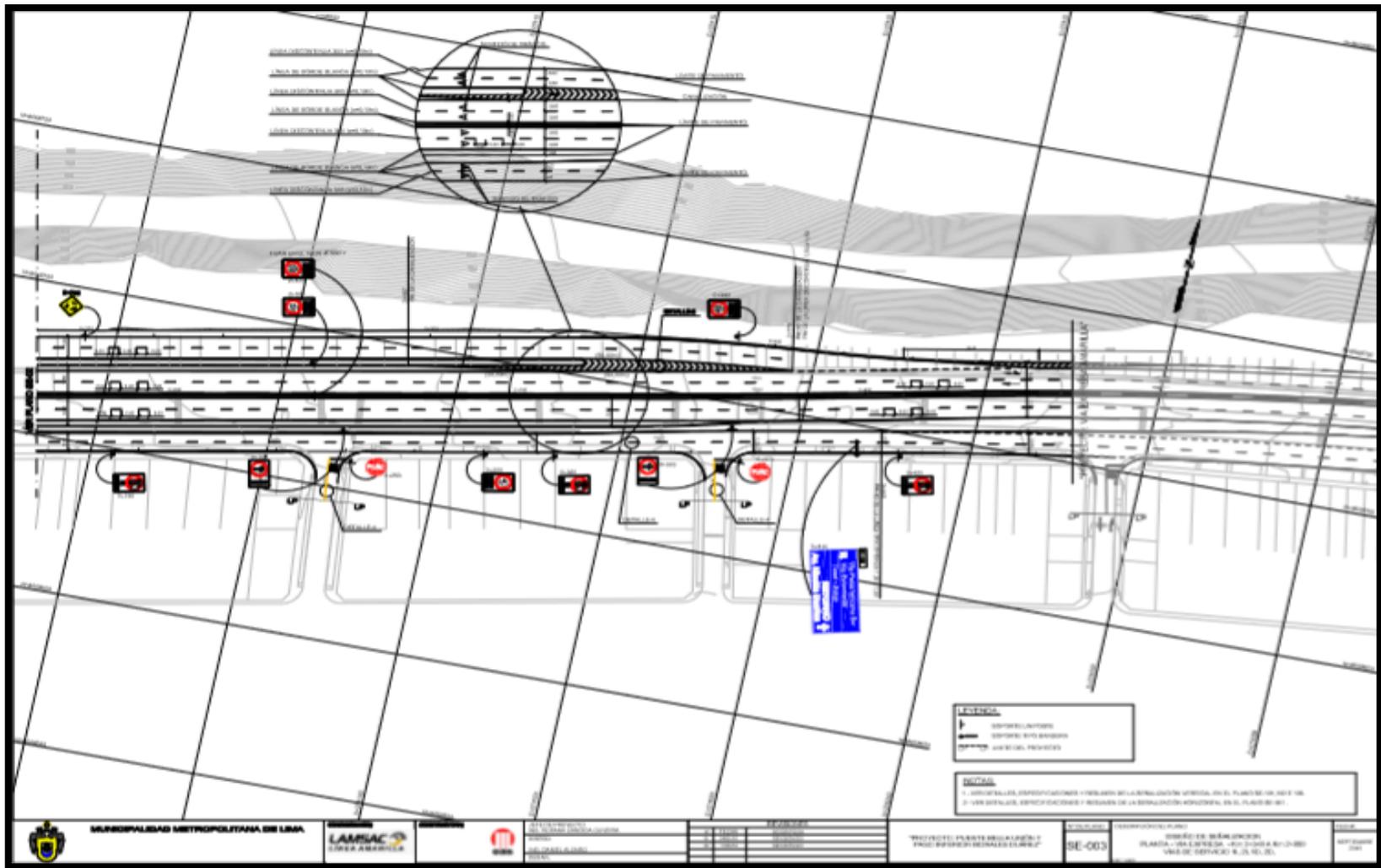
ANEXOS

ANEXO 01

PLANOS



Plano N° 01 de Diseño de Señalización. Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



Plano N° 03 de Diseño de Señalización. Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

ANEXO 02

ESTUDIO GEOTÉCNICO

	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

ESTUDIO GEOTÉCNICO: EXPLORACIONES GEOTECNICAS Y PARÁMETROS GEOTECNICOS PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la investigación geotécnica y geofísica para el proyecto de Paso a Desnivel Morales Duarez ubicado en el cercado de Lima provincia de Lima.

La investigación geotécnica en el área de estudio consistió en realizar las exploraciones geotécnicas usando métodos directos e indirectos, en toda el área del Proyecto.

De las exploraciones geotécnicas por métodos directos se realizó tres (02) calicatas profundas, una de 20 m y la otra de 14.50m (esta última limitada por presencia del agua), del mismo modo en el proyecto se tiene 4 perforaciones diamantinas de 25m realizadas para el Viaducto 1 por la Empresa ESONDY; las cuales sirvieron para determinar la estratigrafía del terreno, las excavaciones directas en base a las calicatas fueron realizadas para ejecutar los ensayos de campo a diferentes profundidades tales como: densidad de campo (método del balón), granulometría global y la extracción de muestras para los diferentes ensayos de laboratorio de acuerdo a las normas vigentes. Asimismo se realizó los ensayos de placa de carga en la calicata C1' a 6m y a 9m de profundidad y en la calicata C2 realizada en la zona del estribo izquierdo del Puente Bella Unión a 6m de profundidad. Finalmente para tener un perfil completo de la zona se realizó ensayos indirectos mediante refracción sísmica y MASW.

Los sondeos geotécnicos permitieron elaborar el perfil estratigráfico, así como los ensayos de geofísica permitieron elaborar el perfil sísmico de los sectores evaluados en el presente estudio. El conjunto de estas investigaciones y complementadas con las investigaciones anteriormente realizadas para el viaducto 1, sirvieron para determinar los diferentes estratos en especial del relleno no controlado depositado en la zona.

1.1 OBJETIVOS

- Determinar la capacidad de soporte del suelo de cimentación del Proyecto de Paso a Desnivel.
- Determinar los parámetros de resistencia cortante de cada uno de los estratos existentes en la zona evaluada hasta la profundidad de acción del bulbo de presiones de las estructuras proyectadas.
- Obtener el perfil estratigráfico del suelo en la zona de estudio tanto por métodos directos e indirectos

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HERBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.I.P.-57039
--------------------	--	--



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

REV. A

Fecha Revisión
11/12/2015

HSA

- Determinar las densidades a diferentes profundidades y también cuando se tenga cambios en los tipos de materiales encontrados en las calicatas.
- Determinar la granulometría global a diferentes profundidades cuando los estratos presenten materiales mayores a 3".
- Obtener muestras para ensayos de corte directo a gran escala.
- Obtener el perfil de ondas compresionales P (V_p), con el fin de conocer las variaciones tanto en profundidad como en la horizontal de la velocidad de onda P.
- Obtener la variación de las velocidades de ondas de corte S (V_s) a través de los diversos materiales.
- Evaluar el potencial de la agresividad química.

2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada entre las avenidas Morales Duarez y Universitaria, en el Cercado de Lima, departamento de Lima según se indica en la Figura 2.1.

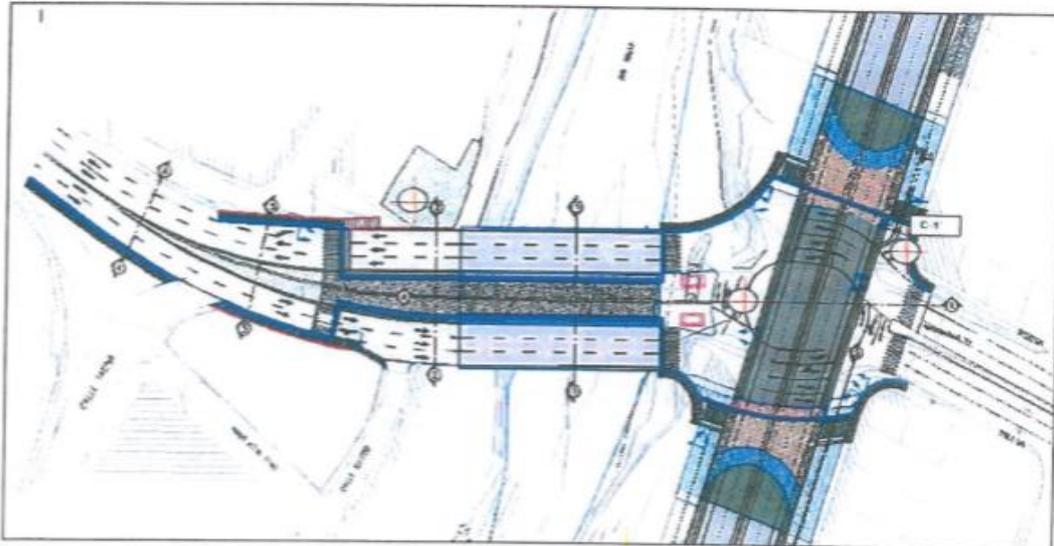


Figura 2.1 – Ubicación del área de estudio.

INFORME GEOTÉCNICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygiraldo@hsa.net.pe
Tel: 7190500

Firma del profesional responsable

ROBERT SOTELO AEDG
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 52036

	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

3. EVALUACIÓN GEOLÓGICA

La zona de estudio se enmarca en el antiguo cono de deyección del valle del río Rímac, cuyos materiales que lo conforman son estratos pertenecientes al cono en mención que pertenecen al Cuaternario holocénico (Qh-al).

Superficialmente entre 3m y 6m de profundidad se tiene presencia de un relleno no controlado, suelto, heterogéneo.

Debajo de este horizonte hasta los 20.00 m de profundidad se tiene material que predomina en la zona evaluada, compuesta por grava bien gradada (GW) y grava pobremente (GP) envueltas en una matriz arena limosa y cantos rodados cuyos tamaños varían entre 4" - 24"; así mismo, se evidencian intercalaciones de lentes de arenas limosas. Las gravas y cantos en su conjunto presentan formas redondeadas a sub redondeadas, y son de naturaleza ignea de texturas finas a gruesas, de resistencia dura.

En conclusión y en base a los ensayos directos (calicatas, perforación diamantina) e indirectos (geofísica) y los ensayos de laboratorio respectivo concluimos que los estratos donde se enmarca el proyecto sujeto a estudio presentan condiciones aceptables para los trabajos de cimentación requeridos.

4. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

4.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS

En la actividad de excavación de calicatas se realizaron los registros de los diferentes materiales encontrados de acuerdo a la norma ASTM D 2488 (Práctica Estándar para la descripción e identificación de Suelos - Procedimiento Visual Manual). En estos registros se describe el tipo de material encontrado en toda la profundidad de acuerdo: al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), a su compacidad o consistencia, a la plasticidad del material fino, a la forma del material granular, a su humedad natural y color, al porcentaje estimado de cantos rodados, al porcentaje estimado de bolos o bolones, al porcentaje estimado de bloques y su tamaño máximo, a la presencia o no de material orgánico u óxidos, a la evidencia de material cementante, a la estabilidad de las paredes de la calicata, al grado de dificultad al excavar, etcétera.

A modo resumen algunos datos técnicos de esta exploración son mostrados en la tabla siguiente

Cuadro 4.1 – Resumen de ubicación y profundidad alcanzada de Calicatas

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe vgiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  ROBERT SOTELO OJEDA INGENIERO CIVIL Reg. C.O.P. 5733
--------------------	--	---



N°	Sondaje	Prof. (m)	Coordenadas UTM (WGS84)		Nivel Freático
			ESTE	NORTE	
1	C-01'	20.0	273828.1	8668611.7	N.P.
2	C-01	20.0	273777.0	8668735.8	N.P.
3	C-02	14.5	273797.1	8668645.8	14.50

Los registros de calicatas se encuentran en pleno proceso de elaboración.

4.2 ENSAYO DE GRANULOMETRIA GLOBAL

La Norma ASTM D2488 (Práctica Estándar para la descripción e identificación de Suelos- Procedimiento Visual Manual) considera una apreciación global de la fracción gruesa mayor a 3". Esta práctica recomendada describe un procedimiento para la identificación y la descripción de suelos con propósitos ingenieriles, basado en el examen visual y pruebas manuales simples. Así como también determinar el tamaño máximo del material presente en el suelo extraído de las calicatas.

La norma ASTM D422 considera el análisis granulométrico por tamizado en laboratorio de los materiales del suelo de tamaño menor o igual a 3"; en consecuencia, se determina el valor cuantitativo del volumen de material menor de 3".

En el ensayo de granulometría global en campo se cuantifica los pesos para diferentes rangos de tamaños de material y a partir del material que es retenido en el tamiz de 3", los diferentes rangos de tamaños considerados son los siguientes:

De 3" a 4"

De 4" a 5"

De 5" a 6"

De 6" a 8"

De 8" a 10"

De 10" a 12"

De 12" a 15"

De 15" a 20"

Mayor a 20"

Con estos resultados de campo y los resultados del análisis granulométrico por tamizado de laboratorio para el material menor a 3" se obtiene la curva para la granulometría global, en la siguiente



figura se muestran tanto la curva para la granulometría global como la curva para la granulometría por tamizado de materiales menores a 3" en laboratorio.



Figura 4.1 – Granulometría global y granulometría por tamizado menor a 3"

Berry & Reid (1993) indican la posibilidad de expresar la gradación numéricamente mediante el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cz), que se definen, respectivamente, de la siguiente manera:

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

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

Donde D₁₀, D₃₀ y D₆₀ son los tamaños de partícula para los cuales el 10, 30 y 60% del material, respectivamente, es más fino que esos tamaños. De acuerdo con el sistema de clasificación SUCS, los suelos se clasifican como bien gradados si Cu > 4 ó 6 > 1 < Cz < 3.

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo de granulometría global en campo es descrito a continuación.

- a) Obtenida la muestra representativa para el ensayo, esta es pesada tal como se aprecia en la siguiente imagen.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable EBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.O.P. 2706
--------------------	--	---



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

REV. A

Fecha Revisión
11/12/2015

HSA



Figura 4.2 – Pesado de muestra para ensayo de granulometría global.

- b) A continuación se tamiza la muestra por la malla de 3" y se procede a separar por rangos de tamaños el material retenido en la malla 3" mediante uso de winchas o mallas individuales.
- c) Finalmente, se procede a pesar los diferentes grupos por rango de tamaños y una muestra representativa del material menor a 3" es enviado a laboratorio.



Figura 4.3 – Tamizado de la muestra por la malla de 3" en el ensayo de granulometría global y separación en grupos por rangos de tamaño de muestras mayores a 3".

En el cuadro siguiente se muestran un resumen de los resultados del ensayo de granulometría global.

Cuadro 4.2 – Resultados de ensayo de granulometría global.

<p>INFORME GEOTÉCNICO</p>	<p>hsotelo@hsa.net.pe ygirardo@hsa.net.pe Tel: 7190500</p>	<p>Firma del profesional responsable <i>[Firma]</i> ROBERTO SOTELLO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.I.P. 57055</p>
---------------------------	---	--

 SOTELO & ASOCIADOS <small>INGENIERÍA Y CIENCIA DE PROYECTOS</small>	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

Sondeo	Ensayo de granulometría	Prof.(m)	Tamaño Máximo (")	Dimensión máxima (")	Mayor a 3" (%)	Menor a 3" (%)	% finos (Pasante N° 200)
C-1'	GG-01	6.00	9 ½	6 ½ x 9 ½ x 11	-	-	-
	GG-02	9.0	8	5 ½ x 8 x 10	-	-	-
	GG-03	15.0	9	8 ½ x 9 x 15	-	-	-
	GG-04	19.3	9 ½	8 x 9 ½ x 12	-	-	-
C-1	GG-05	5.0	10	5 ½ x 10 x 11	-	-	-
	GG-06	10.0	8	5 x 8 x 9 ½	-	-	-
	GG-07	15.0	6 ½	5 ½ x 6 ½ x 8 ½	-	-	-
	GG-08	20.0	11	8 x 11 x 17	-	-	-
C-2	GG-09	6.0	7	4 ½ x 7 x 10	-	-	-
	GG-10	10.0	6 ½	3 ½ x 6 ½ x 7	-	-	-
	GG-11	14.5	9 ½	4 ½ x 9 ½ x 10	-	-	-

Los registros de granulometría global se encuentran en pleno proceso de evaluación y análisis.

4.3 PERFORACIONES DIAMANTINAS

La empresa ESONDI, como parte del proceso de elaboración del expediente técnico para el Viaducto 1, realizó cuatro perforaciones diamantinas con recuperación de muestras hasta la profundidad de 25 en tres de ellas y una de 30.0m donde se registra presencia de lentes de arena en algunos sectores.

Cuadro 4.3 – Ubicación y profundidad de perforaciones diamantinas realizadas en la zona del proyecto

N°	Sondaje	Prof. (m)	Coordenadas UTM (WGS84)		Nivel Freático
			ESTE	NORTE	
1	E-1 V1	25.0	273756.0	8668614.0	N.P.
2	E-2 V1	30.0	273863.0	8668635.8	N.P.
3	P-1 V1	25.0	273782.0	8668620.0	N.P.
4	P-3 V1	25.0	273840.0	8668631.0	N.P.

Los registros de logeo, se encuentran en pleno proceso de adecuación.

4.4 ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO – ASTM D2167

La densidad natural de un suelo corresponde al cociente de su masa y el volumen total que la contiene. Para calcular el volumen que ocupa el material en el terreno se utiliza el Método del balón.

El ensayo permite obtener la densidad de terreno (ρ_{nat}), obteniendo la masa del suelo húmedo (W_h) de una pequeña excavación hecha en el terreno. Obtenido el volumen de dicho agujero (V_e), la densidad del suelo estará dada por la siguiente expresión:

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygirardo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HÉBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.I.P. 67335
--------------------	--	--

	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

$$\rho_{nat} = \left(\frac{W_h}{V_e} \right) (gr/cm^3)$$

Si se determina luego el contenido de humedad natural (w) del material extraído, la densidad seca será (ρ_{seca}):

$$\rho_{seca} = \rho_{nat} \left(\frac{1}{1 + w} \right) (gr/cm^3)$$

Para determinar la densidad del terreno de la zona de estudio, se realizaron nueve (09) ensayos de densidad de campo en calicatas.

En el siguiente cuadro se muestran un resumen de los resultados del ensayo de densidad de campo.

Cuadro 4.4 – Ensayos de densidad de campo.

Calicata	Sondeo	Prof. (m)	Densidad Húmeda (g/cm3)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm3)	Descripción
C-1'	DC-01	6.0	2.51	-	-	Grava
	DC-02	9.0	2.44	-	-	Grava
	DC-03	15.0	2.55	-	-	Grava
	DC-04	19.3	2.21	-	-	Grava
C-1	DC-05	5.0	2.49	-	-	Grava
	DC-06	10.0	2.30	-	-	Grava
	DC-07	15.0	2.01	-	-	Grava
	DC-08	20.0	2.11	-	-	Grava
C-2	DC-09	6.0	2.27	-	-	Grava
	DC-10	10.0	2.39	-	-	Grava
	DC-11	14.5	2.21	-	-	Grava

Los ensayos de densidad de campo, se encuentran en pleno proceso de análisis.

4.5 ENSAYO DE CARGA CON PLACA – ASTM D1194

El ensayo de Placa de Carga lateral, según la Norma "ASTM D1194 Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings"; es un ensayo in situ permite determinar las características de resistencia-deformación de un terreno. Consisten en colocar una placa sobre el suelo natural, aplicar una serie de cargas y medir las deformaciones. El resultado del ensayo se representa en un diagrama tensión desplazamiento.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygirald@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HEBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL
--------------------	--	---

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

 SOTELO & ASOCIADOS <small>INGENIERÍA Y GESTIÓN DE PROYECTOS</small>	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

La precisión con la cual se pueden estimar los desplazamientos utilizando la teoría de la elasticidad depende de la precisión del módulo de elasticidad determinado por el ensayo in situ de Placa de Carga.

- A partir de este ensayo se pueden obtener numerosos datos entre los que se destacan:
- Obtención de la capacidad de carga del suelo para un determinado asentamiento.
- Determinación del módulo de reacción o coeficiente de Balasto (K).
- Determinación de las características de la curva carga-desplazamiento.
- Obtención del coeficiente de elasticidad (E) del suelo.

4.5.1 Equipo para el ensayo de placa de carga

Las características del equipo empleado para realizar el Ensayo de Placa de Carga son las siguientes:

- Gata hidráulica de 30 Ton.
- Placa Metálica circular de 24" de diámetro y 1" de espesor.
- Medidor de Desplazamiento Lineal TR-0050, serie N° 130010/A - LVDT1.
- Medidor de Desplazamiento Lineal TR-0050, serie N° 123157/A - LVDT2.
- Medidor de Desplazamiento Lineal TR-0050, serie N° 130064/A - LVDT3.
- Colector de datos.
- Placa contra carga de concreto de 1.00 m x 1.00 m x 0.40 m.
- Nivel de Burbuja.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HERBERT SOTELO AEGC INGENIERO CIVIL <small>Reg. 614-0100</small>
--------------------	--	---

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

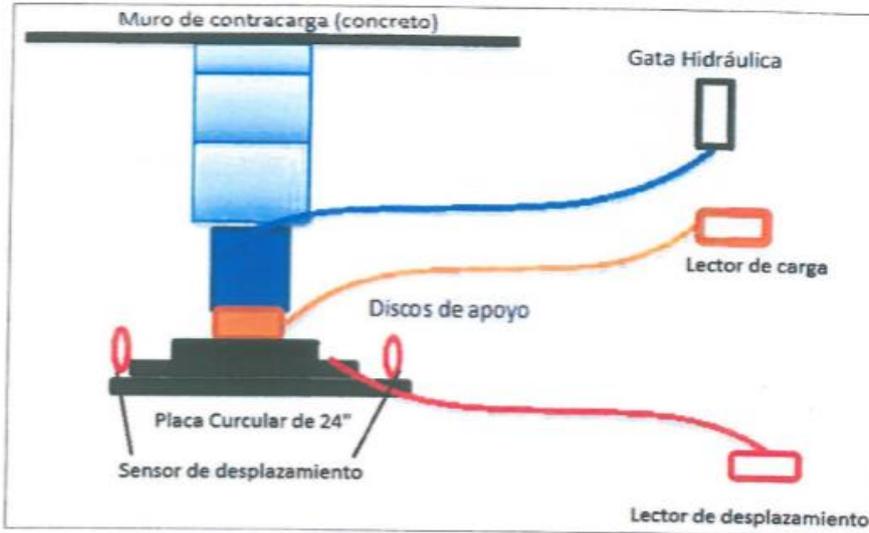


Figura 4.4 – Esquema del ensayo de Placa de Carga.

4.5.2 Preparación del punto de ensayo de Placa de Carga

Se eliminó todo el material suelto en las paredes de la excavación y con el objeto de lograr un apoyo uniforme de la placa con la pared lateral en donde se aplicará la carga.

Colocación de placa asegurando la horizontalidad con el nivel de burbuja, sensores de desplazamiento y otros. La placa de ensayo fue centrada cuidadosamente frente al muro de contra carga.

Alineado sobre la placa de carga se colocaron placas menores y discos de acoplamiento concéntricos distribuidos en forma piramidal. Sobre la última placa dispuesta, se centra la celda de carga y posteriormente se ubica la gata hidráulica para aplicar la fuerza de reacción con la contra placa.

Los sensores (03) utilizados para medir la desplazamiento del suelo bajo la acción de la carga, fueron apoyados sobre la placa de ensayo, dispuestos uno frente al otro. Los sensores fueron asegurados a una estructura cuyos soportes estarán aislados del sistema de carga - contracarga del ensayo.

	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA



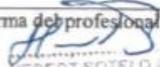
Figura 4.5 – Equipo posicionado a la profundidad de 9.0m en la calicata C-03 listo para el ensayo.

4.5.3 Ejecución del ensayo de Placa de Carga

Se aplicó una carga no mayor a 0.50 Kg/cm² en todo el sistema para corregir alineación y verificar el contacto uniforme en la placa. Luego de la verificación y conformidad del sistema, se aplicaron cargas progresivas de 2.0, 4.0, 6.0 y 8.0 Kg/cm² que permitieron obtener lecturas de desplazamiento para graficar la curva carga – desplazamiento. Luego de obtener tres o más lecturas iguales y consecutivas se procedió con el siguiente incremento de carga. Se registró la carga y las lecturas finales para cada incremento de carga, continuando con este procedimiento hasta culminar con la carga máxima (8.0 Kg/cm²). Se registró los desplazamientos totales y luego se descargó el sistema para el desmontaje de los equipos.

En todas las fases de carga el menor tiempo de permanencia de cada carga, antes de proceder al siguiente incremento o fase, fue de 30 minutos, siempre y cuando el incremento de desplazamiento de deformación ocurriera con una velocidad menor de 0.025 mm/minuto y fuera menor que el 10% de la lectura de desplazamiento acumulado del incremento hasta el momento.

En cada lectura de tiempo y fuerza aplicada sobre la placa de carga, las deformaciones en tres puntos del plato de carga (plato de 24" de diámetro) fueron registradas en los extensómetros, los cuales promediadas representan el desplazamiento medio del plato.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygirardo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HERBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C. 118923
--------------------	--	---

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

 SOTELO & ASOCIADOS <small>INGENIERIA Y EXPERIENCIA EN PROYECTOS</small>	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA



Figura 4.6 – Proceso de ensayo de Placa de Carga. Lectura de desplazamientos.

4.5.4 Procesamiento e interpretación de resultados del ensayo de Placa de Carga

La interpretación teórica se basa en el análisis del problema de la deformación unidimensional de un medio semi-infinito y se basa en asumiendo las siguientes hipótesis:

- Espacio semi infinito de material homogéneo isotrópico/ortotrópico.
- Condiciones de deformación perpendiculares al plano de apoyo de la placa circular, con deformaciones plana y homogéneo en la superficie a contacto con las placas.
- Deformación de tipo cuasi-estáticas (lento incremento de carga para hacer insignificante los efectos de las fuerzas inerciales).
- Comportamiento del material de acuerdo con las leyes elasto-plástico lineal.

Coefficiente de Balasto (K) para placa circular

El valor del coeficiente de balasto K_d se deduce del ensayo como la tangente de la curva Esfuerzo - Desplazamiento considerado durante el proceso de carga. Siendo habitual que dicha placa sea cuadrada de lado $d=30\text{cm}$ o circular de diámetro $d=30\text{cm}$. En estas condiciones K_d se corresponde con el coeficiente entre la presión de contacto (P) y el desplazamiento/asentamiento (S).

$$K_{60} = \frac{\Delta P}{\Delta S} = \text{tg } \alpha, (\text{kg/cm}^3)$$

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygirardo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HEBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.I.P. 67000
--------------------	--	--

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERIA Y GERENCIA DE PROYECTOS

PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

REV. A

Fecha Revisión
11/12/2015

HSA

El tamaño y la forma de la placa (a paridad de carga aplicada) influye en las deformaciones que se alcanzan durante el ensayo, por esta razón es necesario tomar en cuenta estas diferencias para poder sacar un valor correcto del coeficiente de Balasto en el que no se utilice la placa standard (d=30cm).

De acuerdo con la hipótesis general del método, para pequeñas superficies y placa circular, siguiendo la sugerencia planteada por Caquot-1956, la hipótesis de que el coeficiente de Balasto es inversamente proporcional al diámetro de la placa empleada:

$$dK_d = d^1 K^1$$

Donde d y d¹ son los diámetros de la placa de ensayo y K_d y K¹ son los módulos de balasto correspondientes. Se admite igualmente que el valor corresponde a una placa cuadrada equivalente al de una placa circular de igual área.

La hipótesis admite implícitamente que, para el rango de dimensiones de las placas de carga (de 30 a 75cm) el asentamiento producido es proporcional al tamaño de las mismas. Por lo tanto la expresión anterior se admite para todo tipo de terrenos y para un rango pequeño de valores de carga.

Con la hipótesis ideal de suelos homogéneos, se ha calculado el valor de K₆₀ y considerando pequeñas dimensiones de incrementos de carga, se ha corregido el valor según la hipótesis de que el coeficiente de Balasto es inversamente proporcional al diámetro de la placa empleada. En este caso se utilizó una placa de 60cm de diámetro (para tomar en cuenta la heterogeneidad del material) podemos calcular lo siguiente:

$$K_{30} = \left(\frac{60}{30}\right) K_{60} = 2K_{60}$$

Determinar el Módulo de Deformación E₀.

El módulo de deformación "E₀" se deduce a partir de la inclinación de la secante entre los puntos 0,3 σ máx. y 0,7 σ máx.

$$E_0 = \frac{\pi * a}{2} . K_{30}$$

Dónde:

a: es el radio de la placa circular equivalente K₃₀

Determinar el Módulo de Elasticidad E.

A partir de E₀ determinar el módulo de elasticidad E, de la siguiente formulación:

INFORME GEOTÉCNICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygiraldo@hsa.net.pe
Tel: 7190500

Firma del profesional responsable

HERBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP: 12345



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERIA Y GERENCIA DE PROYECTOS

PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

REV. A

Fecha Revisión
11/12/2015

HSA

$$E = (1 - \nu^2) * E_0$$

Dónde:

E_0 : Módulo de Deformación.

ν : Coeficiente de Poisson.

4.5.5 Resultados del ensayo de Placa de Carga

En el siguiente Cuadro se listan el resultado de los ensayos In situ de campo con sus respectivos resultados:

Cuadro 4.5 –Resultados de ensayos de Placa de Carga Horizontal C – 1' (6m)

Carga (kg/cm ²)	Desplaz. (mm)	Desplaz. Acumulado (mm)	Valores de K60 (Kg/cm ³) Circular	Valores de K30 (Kg/cm ³) Circular	Coef. de Poisson "ν" (Kg/cm ²)	Módulo de Deformación "E ₀ " (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad "E" (Kg/cm ²)
2.00	0.44	0.44					
4.00	0.91	1.35	21.98	44.7	0.3	1052.26	957.56
6.00	0.53	1.88	37.50	76.2	0.3	1795.42	1633.83
8.00	0.69	2.57	29.13	59.2	0.3	1394.50	1269.00
Valores Promedio			29.53	60.01		1414.06	1286.80

Resultados de ensayos de Placa de Carga Horizontal C – 1' (9m)

Carga (kg/cm ²)	Desplaz. (mm)	Desplaz. Acumulado (mm)	Valores de K60 (Kg/cm ³) Circular	Valores de K30 (Kg/cm ³) Circular	Coef. de Poisson "ν" (Kg/cm ²)	Módulo de Deformación "E ₀ " (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad "E" (Kg/cm ²)
2.00	5.10	5.10					
4.00	2.38	7.48	8.40	17.1	0.3	402.34	366.12
6.00	0.84	8.32	23.90	48.6	0.3	1144.49	1041.49
8.00	1.33	9.65	15.04	30.6	0.3	719.97	655.17
Valores Promedio			15.78	32.07		755.60	687.59

Resultados de ensayos de Placa de Carga Horizontal C – 2 (6m)

Carga (kg/cm ²)	Desplaz. (mm)	Desplaz. Acumulado (mm)	Valores de K60 (Kg/cm ³) Circular	Valores de K30 (Kg/cm ³) Circular	Coef. de Poisson "ν" (Kg/cm ²)	Módulo de Deformación "E ₀ " (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad "E" (Kg/cm ²)
2.40	0.05	0.05					
3.43	1.83	1.88	5.63	11.4	0.3	269.48	245.22
5.14	2.79	4.67	6.13	12.5	0.3	293.45	267.03
6.85	1.47	6.14	11.66	23.7	0.3	558.21	507.97
Valores Promedio			7.81	15.86		373.71	340.08

INFORME GEOTÉCNICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygirardo@hsa.net.pe
Tel: 7190500

Firma del profesional responsable

[Firma]
HERBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 52338

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

 SOTELO & ASOCIADOS <small>INGENIERIA Y GERENCIA DE PROYECTOS</small>	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

En el anexo A.04: "Ensayo de Placa de Carga" se encuentran el registro y coeficientes obtenidos del ensayo.

4.6 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

El ensayo de refracción sísmica es un método indirecto, con el cual se determinan perfiles sísmicos en función de las velocidades de onda compresionales tipo "P", este ensayo persigue los siguientes objetivos:

- Determinar los perfiles sísmicos del suelo en función de sus velocidades de compresión (V_p).
- Determinar las características dinámicas de los estratos en función de las velocidades compresionales de las ondas P.
- Determinar los parámetros de deformación dinámica de los suelos.

4.6.1 Método de ensayo

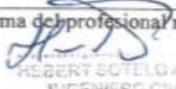
El ensayo de refracción sísmica consistió en la medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales tipo P generadas por un golpe de impacto producidas por una comba de 25 lb; los impactos fueron localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo. La energía fue detectada y registrada de tal manera que puede determinarse el tiempo de arribo en cada punto.

El inicio de la grabación fue dado a partir de un dispositivo o SWITCH que nos da el tiempo cero para evaluar el tiempo de recorrido.

Estos datos, tiempo y distancia, usados para cada caso especial y, además una variación del punto aplicación de la energía, nos permite evaluar las velocidades de propagación de ondas P, a través de los diferentes suelos cuya estructura, geometría, continuidad son investigadas. Se utilizó el método de "Delete Time" que permite calcular la profundidad de los límites estratigráficos debajo de cada geófono con la ayuda de disparos en dirección normal y reversa. Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas P. De los espesores y las velocidades de propagación de ondas P obtenidas, las características geotécnicas pueden ser correlacionadas a la compacidad y densidad.



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2}$$

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe vgiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  HERBERT SOTELQVEDO INGENIERO CIVIL <small>Reg. C.O.P. 62634</small>
--------------------	--	--

	PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ		
	REV. A	Fecha Revisión 11/12/2015	HSA

Figura 4.7 – Ley de Snell

Para este estudio se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica Geode con 24 canales de registro, cables con espaciamiento de 2.5 m y 1.0 m, geófonos magnéticos y una computadora para almacenar los registros.

Para la aplicación de la energía necesaria para iniciar el ensayo se han considerado 5 puntos de impacto distintos.

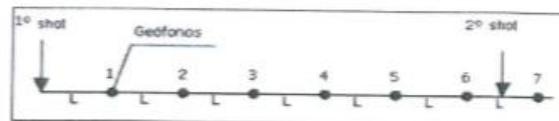


Figura 4.8 – Se muestra la distribución de los shots o golpe, el primero se ejecuta antes del 1er geófono y a una distancia igual a la separación entre geófonos, el segundo shot se realiza en el medio de 6to y 7mo geófono.

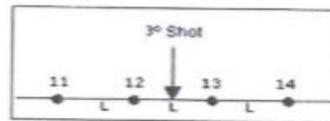


Figura 4.9 – El tercer shot se realiza entre 12vo y 13vo geófono.

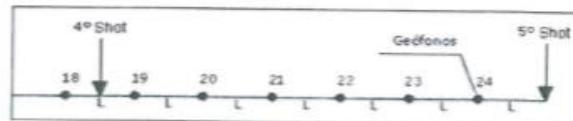
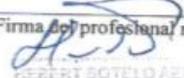


Figura 4.10 – Los últimos dos shots son una simetría de los mismos dos primeros; el cuarto shot se ubica entre el 18vo y 19vo geófono y el último se ubica después del 24vo geófono a una distancia igual a la separación entre geófonos.

4.6.2 Procesamiento

Para realizar la interpretación de los perfiles sísmicos se usó como ayuda el grupo de programas de refracción sísmica como son el PickWin y Plotrefa.

El primer programa permite realizar las lecturas de los sismogramas y además de ello nos permite obtener la llegada, es decir ubicar el tiempo de llegada de la primera onda, esto se realiza para los 5 shots efectuados en el ensayo de campo.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygiraldo@hsa.net.pe Tel: 7190500	Firma del profesional responsable  ROBERT SOTELO AEDO INGENIERO CIVIL Reg. C.I.P. 67336
--------------------	--	---



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERIA Y CIENCIA DE PROYECTOS

PASO A DESNIVEL MORALES DUAREZ

REV. A

Fecha Revisión
11/12/2015

HSA

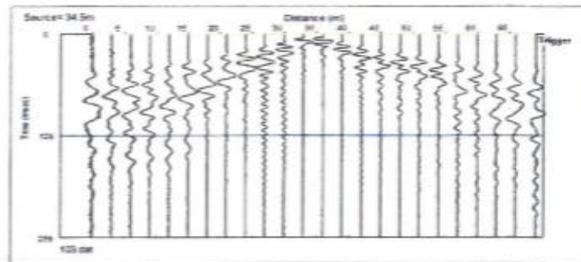


Figura 4.11 – Registros de ondas compresionales

El segundo programa produce un modelo de profundidad desde el archivo de datos de entrada preparado por el programa anterior, creando para ello el gráfico de las dromocrónicas el cual nos ayuda a distinguir los diferentes cambios de pendientes que vendría a representar el cambio de velocidad en el suelo en estudio, así mismo el programa Plotrefra calcula las velocidades de los estratos mediante técnicas de mínimos cuadrados, luego usa el método de tiempo de retardo para estimar las profundidades, el programa ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica; este proceso se hace en forma iterativa hasta encontrar el modelo que se ajuste a la geología superficial del terreno investigado.

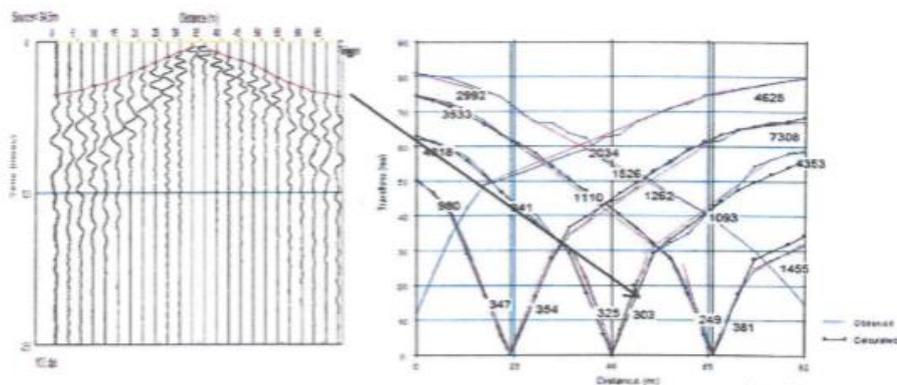


Figura 4.12 – La figura de la izquierda, muestra el picado de la llegada de la onda de compresión, a la derecha los respectivos puntos que forma la dromocrónica, la cual muestra los cambios de velocidades en el terreno de la zona de estudio.

INFORME GEOTÉCNICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygiraldo@hsa.net.pe
Tel: 7190500

Firma del profesional responsable

[Firma]
HERBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. S.T.P. 07000

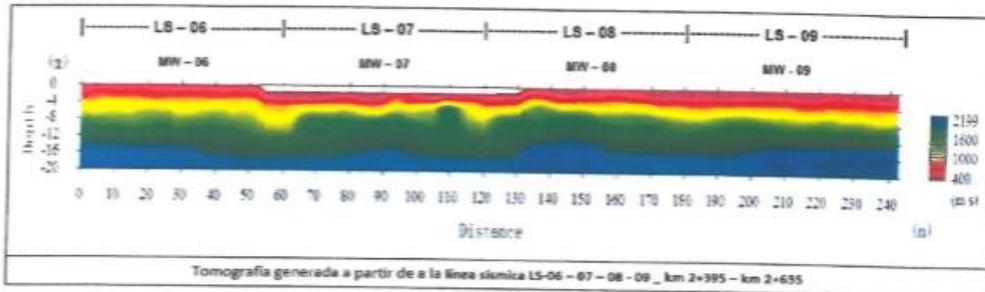


Figura 4.13 – Perfil del terreno según la dromocrona.

A través del perfil generado del terreno se puede obtener la tomografía mediante el proceso de inversión de ondas, este resultado nos ofrece valores de la velocidad P vs profundidad en rangos más discretizados, en el cual se observa el perfil del suelo de acuerdo al relieve de los estratos.

4.6.3 Equipo utilizado

El equipo sismógrafo utilizado para realizar el ensayo de refracción sísmica posee un sistema de adquisición de datos que son almacenados y procesados por una computadora; este equipo tiene las siguientes características técnicas:



Figura 4.14– sismógrafo GEODE.

Cuadro 4.6 – Características del sismógrafo.

Características	Valor nominal
Nº de canales	24
Resistencia de salida	> 600 Ω
Rango de frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz.
Ganancia	63X(36 dB) 2%
Tiempo de registro	64, 128, 256, 512, 1024

ANEXO 03

DISEÑO GEOMÉTRICO



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

N° Doc.:

TP8-001

Rev.:

Ø



Emisión:

10 / 12 / 15

Página:

1 de 10

Proyecto:

**PASO INFERIOR
MORALES DUAREZ**

Proyecta



Objeto:

DISEÑO GEOMÉTRICO

Emite

Leonardo Pedro Lorenzo

Documentos de Referencia:

Documentos Resultantes

Observaciones

REV.	RESP. TÉCN. / EMITE	FECHA	REV.	RESP. TÉCN. / EMITE	FECHA

868-OA110-006-TP8-001 Ø

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

DISEÑO GEOMÉTRICO

N°

TP8-001

Fecha: 10 / 12 / 15

Página: 3 de 10

Ø

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	PARÁMETROS DE DISEÑO	6
3	DISEÑO EN PLANTA.....	7
4	DISEÑO EN PERFIL.....	8
5	SECCIÓN TRANSVERSAL	10

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo definir los parámetros de diseño y características geométricas del Paso Inferior en la avenida Morales Duarez.

El paso inferior que se proyecta ha sido dimensionado para una velocidad de diseño de 80 km/h, con una sección constante, con doble sentido.

Las características del paso inferior son las siguientes:

Longitud túnel	Eje Via Expresa: 106 m Total: 106 m
Longitud rampas	Rampa 1 : 247 m Rampa 2 : 283 m Total: 530 m
Ancho del túnel y Rampas	Via Expresa : 23.41 m
Pendiente rampas de acceso	Rampa 1 : 4,27 % (variable) Rampa 2 : 6.0 %

El proyecto contempla vías de Servicio y un Ovalo arriba del Paso Inferior.



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

DISEÑO GEOMÉTRICO

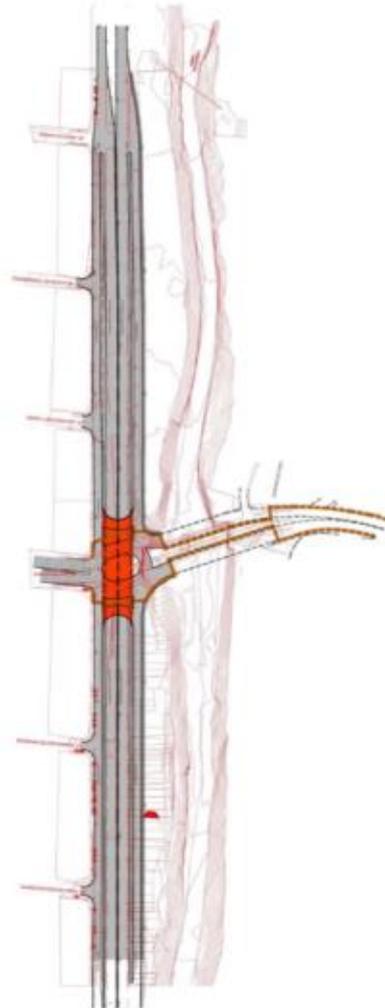
Fecha: 10 / 12 / 15

Página: 5 de 10

N°

TP8-001

Ø



En el diseño geométrico se han considerado los alineamientos horizontal y vertical con sus respectivos parámetros de diseño, de modo que permita la optimización de las inversiones existentes, considerando parámetros de seguridad y servicio, teniendo como marco de referencia la normativa Geometric Design of Highways and Streets 2011-AASHTO.

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



2 PARÁMETROS DE DISEÑO

El desarrollo del diseño geométrico del presente estudio se realizó bajo el siguiente marco normativo:

- A policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011 (AASHTO).
- Manual de Diseño Geométrico DG-2014 del MTC.

Así, en el Capítulo 8, se marcan los parámetros de diseño para Vías Expresas. También, en el Capítulo 10, se hace mención de algunos parámetros a usarse para el caso de intercambios y pasos inferiores.

El diseño geométrico se ha desarrollado empleando el Software de diseño específico para proyectos viales: "Autocad Civil 3D 2014 de Autodesk".

La velocidad de diseño considerada, es de 80 km/h para Vía Expresa.

Se han utilizado dos ejes en planta y perfil para la definición del paso inferior:

- Eje Vía Expresa, localizado en el centro del Paso Inferior.
- Eje Vías de Servicio, localizado en el borde de las vías de servicio.
- Eje Ovalo, en el borde interna del ovalo.



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

DISEÑO GEOMÉTRICO

Fecha: 10 / 12 / 15
Página: 7 de 10

N°

TP8-001

Ø

3 DISEÑO EN PLANTA

- Radio mínimo

El radio mínimo empleado en la Vía Expresa, es de 3500 m (radio mínimo para velocidad de 80 km/h es de 280 m).

- Peralte

Se trata de un trazado urbano en el que se ha considerado los siguientes peraltes:

- Bombeo 2%
- Radio 3500 m: peralte del 2%

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



4 DISEÑO EN PERFIL

- Pendiente mínima

La pendiente mínima utilizada en el eje Vía Expresa es de 1.446% y en el eje Vía de Servicio es de 0.500%.

- Pendiente máxima

Al tratarse de un paso inferior, se han alcanzado las pendientes máximas permitidas en la normativa con el objeto de reducir la longitud de las rampas y por tanto, la afección que éstas producen sobre interferencias, accesos a la propiedad, etc.

Las pendientes máximas utilizadas han sido de 6% en el eje Vía Expresa.

Esta pendiente está de acuerdo con el Manual AASHTO, Capítulo 8 "Freeways" y el Capítulo 10 "Grade Separations and Interchanges"

En relación a la pendiente, el Capítulo 8 marca para Vías Expresas un límite del 6% de pendiente para una velocidad de 80 km/h.

En relación a la Norma de Diseño Geométrico del Ministerio de Transportes del Perú, indicar que la pendiente proyectada para el paso inferior cumple con los valores de diseño geométrico para cruces de carreteras por zonas urbanas para una velocidad de 80 km/h, tal y como se muestra en la Tabla 504.01.

Tabla 504.01
Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras
por zonas urbanas

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5

Con ello, fue considerada para el diseño de las rampas, una pendiente máxima del 6%.

- Curvas verticales



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

DISEÑO GEOMÉTRICO

Fecha: 10 / 12 / 15

Página: 9 de 10

N°

TP8-001

Ø

Los tramos consecutivos de rasante se enlazan con curvas verticales parabólicas cóncavas o convexas.

Para el eje Vía Expresa, la longitud mínima de curva vertical cóncava considerada es de 315 m y de curva vertical convexa es de 125 m.

- Gálibo

Se ha considerado un gálibo libre mínimo de 5.50 m en todo el ancho de la plataforma susceptible de ser ocupada por los vehículos (según lo indicado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras y en el Manual AASHTO).

Se ha dejado un margen adicional de 1.00 m libre en el túnel para la localización de instalaciones (iluminación, señalización, ventilación, etc.).

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



5 SECCIÓN TRANSVERSAL

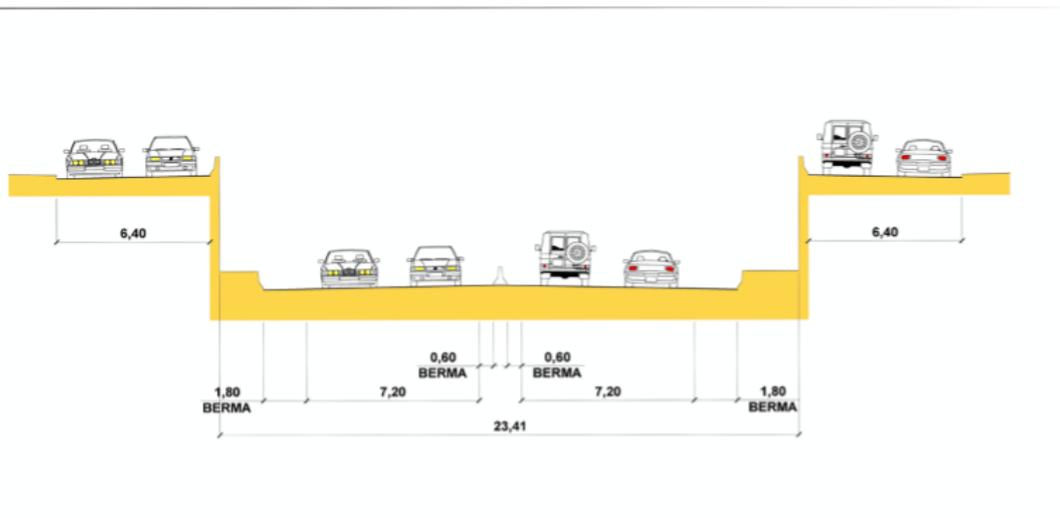
Las secciones propuestas para el paso inferior son:

En Vía Expresa :

- 2 carriles por sentido de 3.60 m de anchura
- Barrera Central con 0,57m
- Berma central de 0.60 m
- Bermas laterales con 1,80m
- Vereda de 1.45 m en los laterales, para su uso en casos de emergencia o mantenimiento.

En Vías de Servicio:

- 2 carriles por sentido de 3.20 m de anchura
- Vereda con mínimo 1,20m.



ANEXO 04

ENSAYOS-CALICATAS

oas		REGISTRO DE CALICATA				CALICATA N° C-01	
OBRA: LINEA AMARILLA							
CLIENTE: LAMSAC					PROFUNDIDAD DE EXCV.: 3.00 m.		
UBICACION: Km. 3+750 L/IQZ V-2 al V-3					HECHO POR: Técnicos OAS		TIPO DE CALICATA: A Cielo Abierto
LADD:					FECHA: Junio de 2015		COTA:
COORDENADAS: 8668702.1N - 275156.1E					LABORATORIO: CONSTRUCTORA OAS		
ENSAYOS: <input type="checkbox"/> D-1 Veleta, <input type="checkbox"/> SPT, <input type="checkbox"/> Penetrómetro <input checked="" type="checkbox"/> T in situ, <input type="checkbox"/> IP Físicos, <input type="checkbox"/> Químicos <input type="checkbox"/> Muestras: <input type="checkbox"/> In situ, <input type="checkbox"/> A través, <input type="checkbox"/> Agua					JEFE DE LABORATORIO: ING. JOSE CARLOS RIOS MARROQUIN C.I.P. N° 80158		OBSERVACIONES: - Excavación con equipo pesado
COTA (msnm)	ENSAYOS	NIVEL AGUA	AASHTO	SIMBOLO	PROF. (m)	DESCRIPCION	MUESTRA N°
0					0	0.00m - 2.50 m. RELLENO NO CONTROLADO Material con presencia de partículas orgánicas (raíces, maderas). La muestra cuenta con bajo contenido de humedad, de color marrón amarillento, de mediana compactación. En esta capa se encontró restos de cascajos, ladrillos, bolsas, raíces, trozos de maderas, concretos, etc. No se recabaron muestras.	
					0.50		
					1.00		
					1.50		
					2.00		
					2.50	2.50m - 3.00m. GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARENA Grava envuelta en matriz arenosa. Grava de forma sub redondeada a redondeada, de textura lisa, de buen peso, de buena resistencia al golpe, grava entre 10" y 3" en un 33.8%. Arena de grano medio de color gris claro, no presenta plasticidad, la consistencia es media y la compactación suelta.	<input type="checkbox"/> M-3
	<input checked="" type="checkbox"/> IP W = 2.20% IP = N.P.		A-1-a (0)	GP	3.00	FIN DE LA EXCAVACION	
 							

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

Código: FVS.LA.LB.001-01
 Fecha: 15/05/2015
 Página: 1/1
 Versión: 3
 N° Correlativo:

OBRA: LÍNEA AMARILLA

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

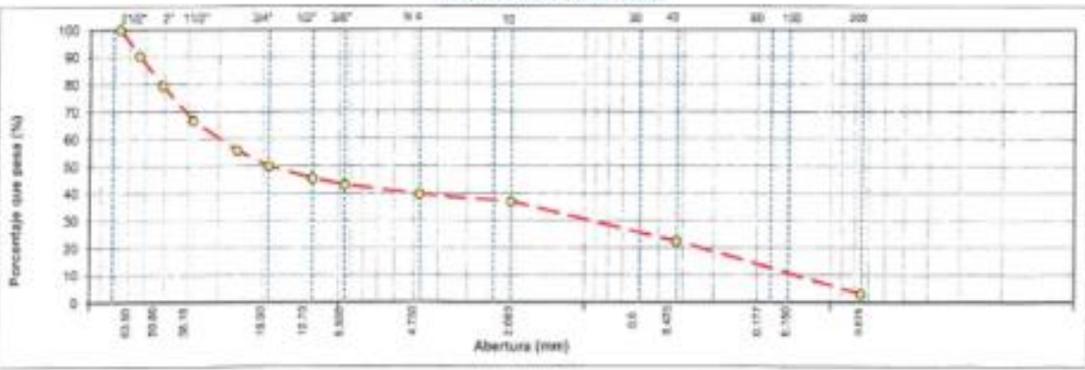
ESTRUCTURA: VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3 FECHA: 02/06/2015
 ELEMENTO: NA NORMA: NTC E 107 - ASTM D421 - AASTHO T88
 CANTERA: NA P. MUESTREO: 3-750 L/100

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERMINO DE FUNDACIÓN TAMAÑO MÁXIMO: 3"
 N° DE MUESTRA: 09 PESO INICIAL: 5508.0 gr
 PROGRESIVA: 3-750 L/100 FRACCIÓN SECA: 98.5 gr
 CALICATA: 09 PROF. (m): 2.50 - 3.00

TAMBE	CANTIDAD T.27 (wa)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						Grados "B"		
3 1/2"	36.89							
3"	36.200				100.0			
2 1/2"	63.900	4856.0	9.7	9.7	90.3			N.Peso Material = 4: 60.4%
2"	50.800	3462.0	11.0	20.6	79.4			N.Peso Material = 4: 59.6%
1 1/2"	36.100	6794.0	12.8	33.4	66.6			Límite Líquido (LL)
1"	21.400	3476.0	10.9	44.3	55.7			Límite Plástico (LP): NO PLÁSTICO
3/4"	18.000	3026.0	5.6	50.0	50.0			Índice Plástico (IP): NO PLÁSTICO
1/2"	12.700	2394.0	4.6	54.5	45.5			Clasificación (USCS): GP
3/8"	9.200	1116.0	2.3	56.9	43.1			Clasif. (AASHTO): A-1-a(1)
N° 4	4.750	1736.0	3.2	60.2	39.6			
N° 8	2.300							
N° 10	2.000	66.0	3.6	63.1	36.9			Contenido de Humedad (w): 2.2
N° 16	1.180							Materia Orgánica
N° 20	0.840							Índice de Consistencia
N° 30	0.600							Índice de Líquido
N° 40	0.425	765.50	14.5	77.6	22.4			Decoración del ICS
N° 50	0.300							
N° 60	0.250							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	403.90	19.3	96.9	3.1			
- N° 200	POUNDO	76.50	3.1	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe del Laboratorio Jose C. Ruiz Marroquin Jefe del Laboratorio Control de Obras S.A. Unidad de Perú Proyecto Linea Amarilla	Firma y Sello Gerente de Calidad
---	---	-------------------------------------

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	Código:	FVS.LA.LB.001-02
		Fecha:	15/05/2015
OBRAS:		Página:	1/1
LÍNEA AMARILLA		Versión:	3
		N° Correlativo:	

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
ESTRUCTURA:	VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3	FECHA:	02/06/2015
ELEMENTO:	NA	NORMA:	NTT E 108 - ASTM D219
CANTERA:	NA	F. MUESTREO:	3+730 L.020

DATOS DE LA MUESTRA			
MATERIAL:	TERRENO DE FUNDACIÓN	PROGRESIVA:	3+730 L.020
N° DE MUESTRA:	1	PROF. (m):	2.50 - 3.00
		CALICATA:	1

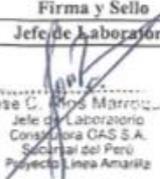
MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	1084.7			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	1051.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	33.7			
PESO DE SUELO SECO	1051.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	2.17			
PROMEDIO % DE HUMEDAD :	2.2			

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

OBSERVACIONES:

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad
	 Jose C. R. Marroquin Jefe de Laboratorio Constructora OBS S.A. Calle 10 de Julio Pucallpa - Peru	

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

	LIMITES DE CONSISTENCIA	Código: FVS.LA.LB.001-03 Fecha: 15/05/2015 Página: 1/1 Versión: 3			
OBRA:	LÍNEA AMARILLA	Nº Correlativo:			
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
ESTRUCTURA:	VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3	FECHA: 01/06/2015			
ELEMENTO:	NA	NORMA: MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T99, MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T98			
CANTERA:	NA	P. MUESTREO: 3-750 L/IZQ			
DATOS DE LA MUESTRA					
MATERIAL:	TERRENO DE FUNDACIÓN	PROGRESIVA: 3-750 L/IZQ			
Nº DE MUESTRA:	3	PROF. (m): 2.50 - 3.00			
		CALICATA: 1			
LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	N.P	N.P	N.P	N.P	
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)	N.P	N.P	N.P	N.P	
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
NUMERO DE GOLPES					
LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		NP			
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)					
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES			
LIMITE LIQUIDO	0.00				
LIMITE PLASTICO	NP				
INDICE DE PLASTICIDAD	NP				
Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad			
	 Jose C. Rios Marroquin Jefe de Laboratorio Consultora OAS S.A. Sede Central del Perú Proyecto Línea Amarilla				

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Código: FVS LA LB 001-04
 Fecha: 15-05-2015
 Página: 1/1
 Versión: 3

OBRA: LINEA AMARILLA N° Correlativo:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

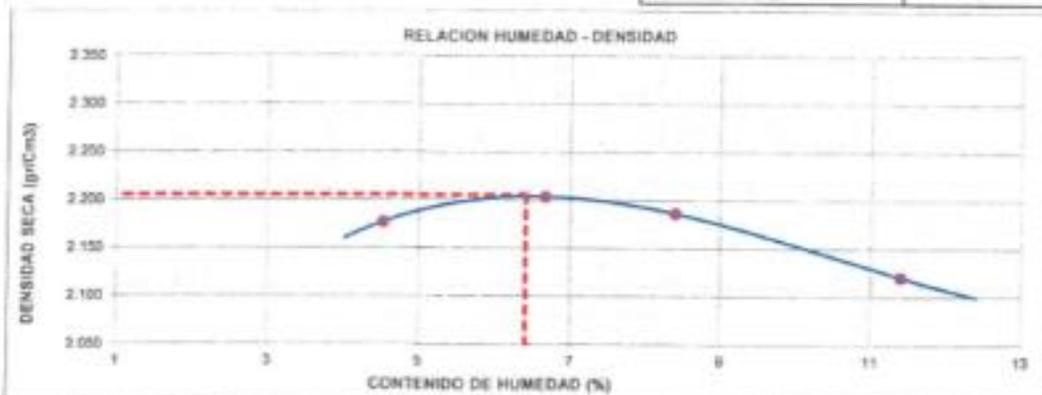
ESTRUCTURA: VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3 FECHA: 02/06/2015
 ELEMENTO: SA NORMA: ASPIRTO T100 ASTM D692, MTC E115
 CANTERA: SA P. MUESTREO: 6-700 L.60Q

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERRENO DE FUNDACIÓN PROGRESIVA: 3-700 L.620 PROF. (m): 2.50 - 2.00
 N° DE MUESTRA: 1 CALICATA: 1

METODO DE COMPACTACION

Peso suelo + molde	g	11245	11424	11445	11430
Peso molde	g	8422	8422	8422	8422
Peso suelo húmedo compactado	g	4823	4982	5023	5008
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g	2.275	2.350	2.389	2.362
Recipiente (V)					
Peso del suelo húmedo + tara	g	756.3	762.3	761.9	760.1
Peso del suelo seco + tara	g	706.4	714.7	702.2	700.3
Tara	g				
Peso de agua	g	51.9	47.6	59.7	59.8
Peso del suelo seco	g	756.4	714.7	702.2	700.3
Contenido de agua	%	4.52	6.68	8.38	11.40
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.191	2.280	2.186	2.121
Densidad máxima (g/cm ³)					2.285
Humedad óptima (%)					6.40



OBSERVACIONES:
 SE REEMPLAZO EL MATERIAL EN % RETENIDO EN LA MALLA DE 30" EN LA MISMA CANTIDAD DE % RETENIDO PERO DE UN TAMAÑO MENOR ENTRE 30" Y LA N° COMO NOS LO INDICA EL PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO DE CBR

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad
	 José C. Los Masequén Jefe de Laboratorio Geotécnica CAS S.A. General del Perú Proyecto Línea Amarilla	

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Código: FVS.LA.LB.001-09
 Fecha: 15/05/2015
 Página: 1/2
 Versión: 3
 N° Correlativo:

OBRA: LÍNEA AMARILLA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA: VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3
 FECHA: 02/06/2015
 ELEMENTO: NA
 NORMA: ASTM D 1883 MTC E - 132
 CANTERA: NA
 P. MUESTREO: 3-750 LIZQ

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERRENO DE FUNDACIÓN
 CALICATA: 1
 N° DE MUESTRA: 3
 PROF. (m): 2.50 - 3.00
 PROGRESIVA: 3+750 LIZQ

COMPACTACION

Molde N°	7		8		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13053		13008		12868	
Peso de molde (g)	8106		8179		8133	
Peso del suelo húmedo (g)	4947		4829		4735	
Volumen del molde (cm ³)	2108		2106		2114	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.347		2.293		2.240	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	767.6		814.5		901.7	
Peso suelo seco + tara (g)	721.5		765.6		847.5	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	46.1		48.9		54.2	
Peso de suelo seco (g)	721.5		765.6		847.5	
Contenido de humedad (%)	6.4		6.4		6.4	
Densidad seca (g/cm ³)	2.206		2.155		2.105	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/06/2015	09:00	0	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
03/06/2015	09:00	24	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
04/06/2015	09:00	48	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. Kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kgf	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Kgf	kg/cm ²	kg	%	Kgf	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		153	7.8			92	4.7			68	3.5		
1.270		298	15.3			222	11.4			190	9.7		
1.905		447	23.0			332	17.0			282	14.5		
2.540	70.455	598	30.6	30.6	43	447	22.7	22.7	32	376	19.3	19.3	27
3.810		894	45.9			684	35.1			563	28.9		
5.080	105.682	1197	61.5	61.5	58	880	45.2	45.2	43	745	38.2	38.2	36
6.350		1486	76.3			1104	56.7			936	48.0		
7.620		1780	91.4			1367	70.2			1127	57.5		
10.160													
12.700													

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad
	 Jose C. Luis Marín Jefe de Laboratorio Consultora (S) S.A. Sociedad del Perú Proyecto Línea Amarilla	

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Código: FVS.LA.LB.001-05
 Fecha: 15/05/2015
 Página: 3/3
 Versión: 3
 N° Correlativo:

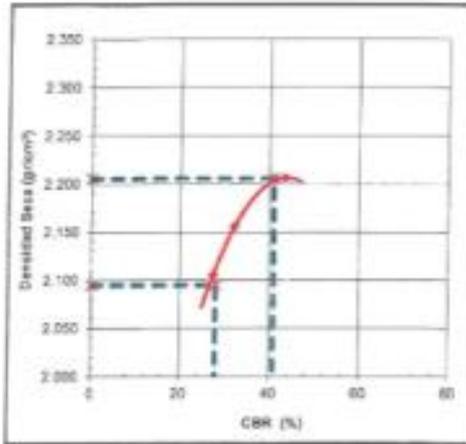
OBRA: LINEA AMARILLA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA: VIAL DUCTO 2 AL VIAL DUCTO 3
 FECHA: 04/06/2015
 ELEMENTO: RA
 NORMA: ASTM D1557 NTC 6110
 CANTERA: NA
 P. MUESTREO: 3-150 (1.000)

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERRENO DE FUNDACION
 CALICATA: 1
 N° DE MUESTRA: 5
 PROF. (cm): 2.50 - 3.00
 PROGRESIVA: 3-TB1 LIZO



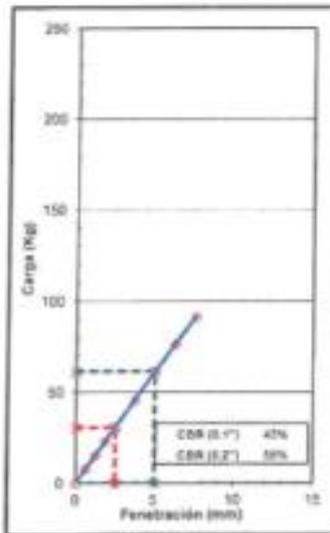
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.205
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.40
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.095

CBR al 100% de M.D.S. (%)	8.1"	41.0
CBR al 95% de M.D.S. (%)	8.1"	28.0

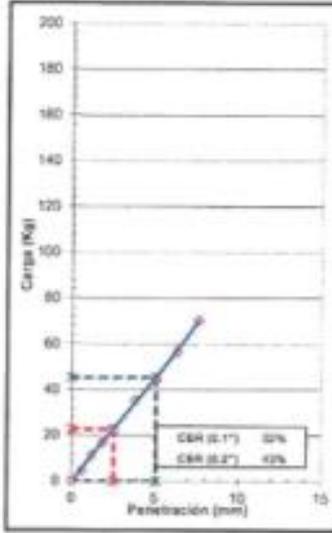
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 41 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 28 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 0.00%

OBSERVACIONES:

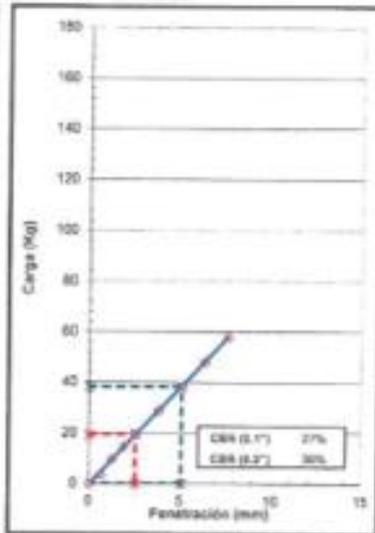
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad
	 Jose C. Rios Morroque Jefe de Laboratorio Civil y S.A.	

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

OBS		REGISTRO DE CALICATA				CALICATA N° C-02	
OBRA : LINEA AMARILLA							
CLIENTE : LAMSAC					PROFUNDIDAD DE EXCV. : 5.00 m.		
UBICACION : Km. 3+820 L/IZQ V-2 al V-3					HECHO POR : Técnicos OAS		COTA:
LADO:					FECHA : Junio de 2015		COORDENADAS: 8668699.1N - 275242.9E
ENSAYOS <input type="checkbox"/> Vuelta <input type="checkbox"/> SPT <input type="checkbox"/> Penetrómetro		MUESTRAS <input type="checkbox"/> in situ <input type="checkbox"/> Físicos <input type="checkbox"/> Químicos		JEFE DE LABORATORIO : ING. JOSE CARLOS RIOS MARROQUIN CIP. N° 80158		LABORATORIO : CONSTRUCTORA OAS OBSERVACIONES : - Excavación con equipo pesado	
COTA (msnm)	ENSAYOS	NIVEL AGUIA	AASHTO	SIMBOLO	PROF. (m)	DESCRIPCION	MUESTRA N°
0					0	0.00m -3.00 m. RELLENO NO CONTROLADO Material con presencia de partículas orgánicas (raíces, maderas). La muestra cuenta con bajo contenido de humedad, de color marrón amarillento, de mediana compacidad. En esta capa se encontró restos de cascajos, ladrillos, bolsas, raíces, trozos de maderas, concretos, etc. No se recabaron muestras.	
	IP W = 2.20% IP = N.P.		A-1-a (0)	GP	3.00	3.00m - 5.00m. GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARENA Grava envuelta en matriz arenosa. Grava de forma sub redondeada a redondeada, de textura lisa, de buen peso, de buena resistencia al golpe, T.M. 12" en un 15%, grava entre 12" y 3" en un 52%. Arena de grano medio de color gris claro, no presenta plasticidad, la consistencia es media y la compacidad suelta.	M-2
					5.00	FIN DE LA EXCAVACION	
					6.00	Joe C. Rios Marroquin Jefe de Laboratorio Constructora OAS S.A. Sucre, Perú Proyecto Línea Amarilla	
							

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS

Código: FVS.LA.LB.001-01
 Fecha: 15/05/2015
 Página: 1/1
 Versión: 3

OBRA: LÍNEA AMARILLA

N° Correlativo:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

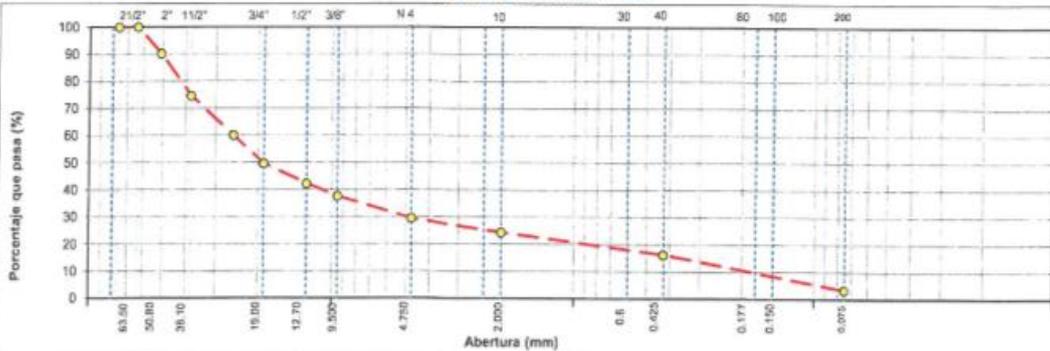
ESTRUCUTRA: VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3 FECHA: 03/06/2015
 ELEMENTO: NA NORMA: MTC E 107 - ASTM D422 - AASTHO T88
 CANTERA: NA P. MUESTREO: 3+820 L/2Q

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERRENO DE FUNDACIÓN TAMAÑO MAXIMO: 3"
 N° DE MUESTRA: 02 PESO INICIAL: 39695.0 gr
 PROGRESIVA: 3+820 L/2Q FRACCION SECA: 920.2 gr
 CALICATA: 02 PROF. (m): 3.00 - 5.00

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						Gradación "B"		
3 1/2"	90.89							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500				100.0			%Peso Material >4: 70.6%
2"	50.800	3912.0	9.9	9.9	90.1			% Peso Material <4: 29.4%
1 1/2"	38.100	6176.0	15.6	25.4	74.6			Límite Líquido (LL):
1"	25.400	5800.0	14.6	40.0	60.0			Límite Plástico (LP): NO PLASTICO
3/4"	19.000	4108.0	10.3	50.4	49.6			Índice Plástico (IP): NO PLASTICO
1/2"	12.700	2956.0	7.4	57.8	42.2			Clasificación(SUCS): GP
3/8"	9.500	1830.0	4.6	62.4	37.6			Clasific.(AASHTO): A-1-a(0)
N° 4	4.750	3240.0	8.2	70.6	29.4			Contenido de Humedad (%): 4.8
N° 8	2.360							Materia Orgánica:
N° 10	2.000	158.6	5.1	75.7	24.3			Índice de Consistencia:
N° 16	1.190							Índice de Liquidez:
N° 20	0.840							Descripción del (IC):
N° 30	0.600							
N° 40	0.425	255.60	8.2	83.8	16.2			
N° 50	0.300							
N° 80	0.177							>3" = 29.7 %
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	402.10	12.8	96.7	3.3			
< N° 200	FONDO	103.90	3.3	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio Jose C. Ruiz Marroquin Jefe de Laboratorio Consultora OAS S.A. Sede del Perú Proyecto Minas Amarilla	Firma y Sello Gerente de Calidad
---	--	-------------------------------------

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



LIMITES DE CONSISTENCIA

Código: FVS.LA.LB.001-03
 Fecha: 15/05/2015
 Página: 1/1
 Versión: 3
 N° Correlativo:

OBRA: LÍNEA AMARILLA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA: VIADUCTO 2 AL VIADUCTO 3 FECHA: 01/05/2015
 ELEMENTO: NA NORMA: MTC E 310, ASTM D4318, AASHTO T99, MTC E 311, ASTM D4318, AASHTO T99
 CANTERA: NA P. MUESTREO: 3+820 L/IZQ

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: TERRENO DE FUNDACIÓN PROGRESIVA: 3+820 L/IZQ PROF. (m): 3.00 - 5.00
 N° DE MUESTRA: 2 CALICATA: 2

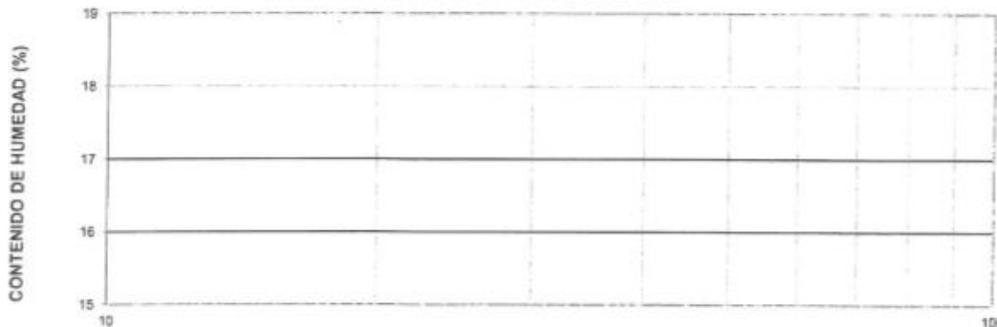
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	N.P	N.P	N.P	N.P	
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)	N.P	N.P	N.P	N.P	
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
NUMERO DE GOLPES					

LIMITE PLASTICO

N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		NP			
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)					

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	0.00
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES

Observaciones area with horizontal lines for text entry.

Firma y Sello Técnico de Laboratorio	Firma y Sello Jefe de Laboratorio	Firma y Sello Gerente de Calidad
	 Jose C. Ríos Marroquín Jefe de Laboratorio Consorcio OAS S.A. Suzco del Perú Proyecto Línea Amarilla	

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima

ANEXO 05

PANEL FOTOGRAFÍCO

1. DISEÑO DE MAC 2 CON MEJORADOR DE ADHERENCIA

1.1 Agregados y maquinaria para producción

Los agregados que se usó para la producción de mezcla asfáltica tipo MAC 2 con mejorador de adherencia fueron 3:

- Grava



Se aprecia la Grava Chancada en la tolva de la planta de asfalto.
Fuente: Propia.

- Arena chancada



Se aprecia la Arena Chancada en la tolva de la planta de asfalto.
Fuente: Propia.

- Arena natural



Se aprecia la Arena Natural en la tolva de la planta de asfalto. Fuente: Propia.



Se aprecia los 3 agregados en la tolva de la planta de asfalto.
Fuente: Propia.



Extracción de muestra de nuestros agregados, contamos con una chancadora tipo VSI las cuales garantiza la calidad de nuestros agregados. Fuente: Propia.

1.2 Líquido asfáltico PEN 60/70



Tanques en las que se almacena el PEN, están conectados a la planta de asfalto. Fuente: Propia.

1.3 Mejorador de adherencia Quimibond 300

Quimibond 3000 es el mejorador de adherencia usado para la producción de MAC 2 en la obra Línea Amarilla, es un aditivo líquido cuya principal propiedad es la de mejorar la adherencia entre los agregados y el cemento asfáltico (PEN 60/70).

La dosificación usada es de 0.5% del peso del cemento asfáltico usado, una vez obtenida la dosificación se vierte el aditivo líquido (sin necesidad de calentar) dentro de tanque del cemento asfáltico, en dicho tanque ya es mezclado y calentado.



Muestra de Quimibond 300, mejorador de adherencia. Fuente: Propia.

PAVIMENTOS



QUIMIBOND 3000
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

DESCRIPCIÓN

QUIMIBOND 3000 es un aditivo líquido, base amina que mejora la adherencia entre el agregado-asfalto evitando la formación de bolsos de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico al agregado. Mejora el desempeño de la mezcla asfáltica. Los ingredientes del QUIMIBOND 3000 permiten una excelente cohesión del pavimento durante largo tiempo.

Es un aditivo que es fácil de dosificar al no tener que calentarse y evitar los gases tóxicos.

APLICACIONES PRINCIPALES

- En asfalto en caliente para mejorar la adherencia entre el concreto asfáltico y los agregados.
- Como promotor de adherencia en mezclas frías.
- En riegos de impregnación, para mejorar la penetración del impregnante a la base.
- En riegos de liga para una buena unión base-carpeta.
- Se recomienda su uso bajo las siguientes situaciones críticas:
 - Cuando se utilizan agregados difíciles.
 - En ambientes con alta humedad ambiental.
 - Cuando se empleen agregados con alto contenido de sílice.

BENEFICIOS

- Fácil de dosificar al ser un aditivo líquido.
- Sin olor corrosivo que pueden afectar a los operarios.
- Larga duración del asfalto.

PROPIEDADES

Color : Café Oscuro
 Apariencia : Líquida-viscosa
 Densidad : 0.93 – 0.97 Kg/l
 Dosificación : 0.3% - 0.8% del peso del cemento asfáltico.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Determinación	Contenido	Determinación	Contenido
Color	Azul	Gravedad Específica	0.95 promedio
Contenido de Aminas	400 – 600	Gasolina	Insoluble
Propiedades físicas a 25 °C	Líquido	Agua	Soluble
Viscosidad a 25 °C	2000 -4500 cSt	Alcohol isopropílico	Soluble
Aminas	563 aprox.		

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
 T +51-1-710 4000 Anexas: 2421 / 1211
ventas@quimibond.com
www.quimibond.com

Hoja Técnica / JM
 Versión 02-QSI
 Enero 2015

PAVIMENTOS



QUIMIBOND 3000
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

INSTRUCCIONES DE USO

La dosificación del QUIMIBOND 3000 es muy sencilla al no necesitarse calentarse o agitarse. Una vez determinada la dosificación que varía de acuerdo a los agregados entre el 0.3 al 0.8% del peso del cemento asfáltico. La dosificación se aplica por medios neumáticos al tanque de almacenaje o por inyección a la carga del asfalto.

DOSIFICACIÓN

Composición del ASFALTO típico:
 Agregado 94%
 Cemento Asfáltico 6%
Cálculos para 01 Tonelada Métrica (1000 kg)
 Agregado = 0.94 x 1,000 = 940 kg
 Cemento Asfáltico = 0.06 x 1,000 = 60 kg
 Dosificación: 0.5%
 QUIMIBOND 3000 = 0.005 x 60 = 0.3 Kg

PRESENTACIÓN

QUIMIBOND 3000 se ofrece en cilindros de cilindro x 400 lb (181.4 kg ó 50.4 galones)

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

QUIMIBOND 3000 debe almacenarse en su envase original en lugar seco, protegido de la humedad y exposición directa al calor.
 Vida útil de Almacenamiento: 12 meses

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
 T +51-1-710 4000 Anexas: 2421 / 1211
ventas@quimibond.com
www.quimibond.com

Hoja Técnica / DO
 Versión 02-QSI
 Enero 2016

Ficha técnica del Quimibond 3000. Fuente: Propia.

1.4 Planta de asfalto

Planta de asfalto CIBER INOVA una de las más modernas tecnologías para la producción de mezcla bituminosa cuya producción es de 120 t/h



La Planta de Asfalto es móvil, de esa manera se puede trasladar la planta a un lugar cercano a la obra. Fuente: Propia.



**PLANTA DE ASFALTO CONTRAFLUJO
CIBER UACF Serie iNOVA**

Innovación es la mejor definición para la serie de plantas de asfalto Ciber UACF INOVA.

La más moderna tecnología para la producción de mezclas bituminosas aplicada por más de medio siglo de tradición y experiencia en la creación de plantas de asfalto resultó en el estado del arte en plantas portátiles.

La serie UACF INOVA sigue el concepto estándar Ciber:

- Transportabilidad, con rápido ensamble en campo.
- Dosificación individual de áridos a través de pesaje y monitoreo de la velocidad de las cintas.
- Secador contraflujo para más eficiencia térmica y menor consumo de combustible.
- Mezcla externa – inyección del CAP directamente en un mezclador tipo Pugmill – para preservación de la calidad del ligante y garantía de homogeneidad de la mezcla bituminosa.
- Filtro de mangas de alta tecnología, preservando el medio ambiente de manera rentable.
- Siempre el más avanzado sistema de control para plantas de asfalto.

Agregando avances que innovan:

- Cuatro tolvas dosificadoras estándar en todas las configuraciones.
- Único chasis, con nuevo diseño y nueva suspensión. Más estabilidad y seguridad en los desplazamientos.
- Nuevo y más largo secador, para secado todavía más eficiente y menor consumo de combustible, preparado para recibir hasta un 10% de RAP.
- Nuevo y más grande mezclador, optimizado para la producción de mezclas especiales.
- Nuevo y más grande elevador de descarga, permitiendo trabajar con camiones de mayor altura.

Sistema de monitoreo remoto, con visualización de producción, generación de alarmas y avisos de mantenimiento.

Fuente: CIBER.



Faja de la planta de asfalto transportando agregado grueso, la velocidad de la faja son monitoreadas para una correcta dosificación de agregados. Fuente: Propia.



Faja de la planta de asfalto transportando agregado fino, la velocidad de la faja son monitoreadas para una correcta dosificación de agregados. Fuente: Propia.

1.5 Ensayos para diseño de MAC

Relación de ensayos que se requiere para realizar el diseño MAC



Ensayo Físico Mecánico de los Agregados Granulométrico MTC E 204.

Fuente: Propia.



Ensayo Físico Mecánico de los Agregados Granulométrico MTC E 204.

Fuente: Propia.



Control de Humedad. Fuente: Propia.



Ensayo de Adherencia de loa Agregados. Fuente: Propia.



Elaboracion de la mezcla según porcentajes de diseño definido. Fuente: Propia



Elaboracion de Briquetas Marshall. Fuente: Propia



Briquetas sumergidas en Baño maria. Fuente: propia.



Roturas de Briquetas Marshall. Fuente: propia.



Foto N° 24: Elaboración de Ensayo RICE. Fuente: Propia.



Foto N° 23: Elaboración de Ensayo RICE. Fuente: Propia.

1.6 Ensayos de Control de producción.



Ensayo de lavado asfáltico. Uso de centrifuga. Fuente: Propia.



Fuente: Propia.



Control de Temperatura de la mezcla asfáltica. Fuente: Propia.



Briquetas. Fuente: Propia.



Briquetas sumergidas en Baño maría previo a roturas. Fuente: Propia.



Roturas de Briquetas Marshall. Fuente: Propia.

2. Colocación de carpeta asfáltica

La colocación de la carpeta asfáltica se da posterior a la aplicación de riego de liga o imprimación sobre la base de la superficie de trabajo.

El espesor de la carpeta asfáltica debe de ser aprobada por el contratista/ supervisor y ser acorde a lo indicado en la especificación técnica del proyecto.

El procedimiento constructivo está dividido en 4 actividades principales:

2.1 Preparación y limpieza de la superficie a imprimir.

La superficie de la base deberá estar acorde a los alineamientos, pendientes y secciones transversales mostradas en los planos.

Antes de imprimir se deberá de remover todo el material suelto que se aprecie en la base, el retiro de este material suelto se hará con barredora mecánica y/o compresora mecánica, el material que quede hacia los lados luego de haber sido limpiado será retirado con escoba y trasladado en carretilla fuera del área a imprimir.

Se deberá realizar cortes longitudinal o transversal en caso en las que tenga que empalmar con una carpeta asfáltica existente.

La base deberá de quedar libre de material suelto, polvo y seco para una adecuada penetración del material bituminoso.



Limpieza con compresora mecánica para retirar todo el material suelto y fino de la base a imprimir. Fuente: Propia.



Limpieza con barredora mecánica sobre una base granular, para luego proceder a imprimir y finalmente colocar la capa de carpeta asfáltica. Fuente: Propia.



Limpieza con barredora mecánica sobre una capa asfáltica existente, para aplicar luego el riego de liga y finalmente colocar la segunda capa de carpeta asfáltica. Fuente: Propia.



Fuente: Propia.



Corte longitudinal y transversal de los bordes donde se empalmará la carpeta asfáltica nueva, el corte se realiza para un correcto empalme y/o unión de la capa existente con la nueva.
Fuente: Propia.



Retiro del material producto del corte realizado para tener un correcto empalme. Fuente: Propia.

2.2 Aplicación del material bituminoso (MC-30) y/o Emulsión Aprobada.

Después de tener la base completamente limpia libre de material suelto, polvo y humedad; así como también tener el material bituminoso (MC-30) y/o Emulsión asfáltica a la temperatura adecuada lista para imprimir se procederá a la aplicación del material bituminoso sobre la base, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

- No se podrá imprimir cuando existan condiciones de lluvia.
- No se podrá imprimir cuando la base se encuentre muy sellada (exceso de finos).
- Se deberá de proteger con cartón o triplay las estructuras adyacentes al área a imprimir para así evitar salpicaduras o manchas. Una vez utilizado se debe de retirar inmediatamente.

- La temperatura, velocidad y cantidad debe de ser especificados y aprobados por el supervisor, y estar dentro de siguiente régimen indicado en la EG-2013; la cantidad por metro cuadrado de material bituminoso debe estar comprendida entre 0.7 – 1.5 l/m² para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 5mm a 7mm, verificándose dicha penetración cada 25ml.

- El ángulo de aspersion de los agujeros debe establecerse adecuadamente, generalmente entre 15°y 30° desde el eje horizontal de la barra de aspersion, de modo que los flujos individuales no interfieran entre sí o se mezclen.

- El vehículo debe estar provisto de un velocímetro visible al conductor, para asegurar la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del ligante.

- La altura de los agujeros sobre la superficie determina el ancho de un flujo individual. Para asegurar el adecuado traslape de cada salida, la altura del agujero debe de fijarse y mantenerse durante toda la operación.
- Durante la imprimación, el distribuido debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación.

Se suministrará y esparcirá arena limpia y seca en todas las áreas en las que se note exceso de material bituminoso para eliminar el material excedente.



Imprimación asfáltica (MC 30) de los bordes usando el bastón del tanque imprimador.
Fuente: Propia.



Imprimación asfáltica (MC 30), se está usando la barra para la imprimación. Fuente: Propia.



Aplicación de la emulsión asfáltica Emultec, ligante usado entre la primera y segunda capa. Fuente: Propia.



Aplicación del Riego de Liga, para proceder a la colocación de la segunda capa. Fuente: Propia.

2.3 Esparcido de mezcla asfáltica en caliente.

La mezcla asfáltica en caliente se extenderá con la pavimentadora de asfalto alimentada por los volquetes, que en conjunto funcionaran como un tren de pavimentación para así obtener un esparcido continuo y lograr minimizar las paradas y arranques de la pavimentadora, la mezcla asfáltica se colocará en franja de ancho apropiado teniendo en cuenta el máximo ancho de la pavimentadora a usar y lograr realizar el menor número de juntas longitudinales y transversales. Cada capa de asfalto suelto será colocada en un espesor que incluya el esponjamiento determinado en el laboratorio el que mayormente fluctúa entre 25% a 30%, para asegurar que la altura final de la capa después de la compactación resulte el espesor que se tiene en estudio y/o especificada en las EETT.



Limpeza con compresora de la base imprimada, para luego procedes a colocar la capeta asfáltica. Fuente: Propia.



Colocación de carpeta asfáltica con Pavimetadora, se aprecia a personal de control de calidad tomando lectura de la temperatura de la mezcla asfáltica. Fuente: Propia.



Colocación de carpeta asfáltica con Pavimetadora, se aprecia a personal rastrillero verificando el correcto empalme con la con el carril antes colocado. Fuente: Propia.



Colocación de carpeta asfáltica con Pavimetadora, se aprecia a personal rastrillero verificando el correcto empalme con la con el carril antes colocado.



Colocación de carpeta asfáltica con Pavimetadora, se aprecia a personal que con ayuda del escatillon va controlando el espesor de la carpeta colocada. Fuente: Propia.

2.2 Compactación de la mezcla asfáltica en caliente.

La compactación deberá de comenzar después del esparcido de la mezcla asfáltica a la temperatura más alta posible en la que pueda soportar la carga a la que se someterá, se debe de evitar el agrietamiento o desplazamiento de la carpeta asfáltica.

La compactación debe de iniciar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, la compactación inicial se realiza con el rodillo tándem vibratorio a una temperatura entre 145°C y 150°C (2 pasadas) para luego pasar al rodillo neumático en la que la superficie debe de estar en un rango de temperatura entre 95°C y 105°C.

Durante el esparcido y compactación de la carpeta asfáltica se debe de tener las siguientes medidas de seguridad:

- Antes del ingreso a obra de los equipos y volquetes que alimentaran de asfalto a la pavimentadora se debe de realizar el llenado y firmado del ATS conjuntamente con todo el equipo que realizara la tarea en obra.
- El asfalto se calienta entre 120° y 150 grados centígrados para pavimentar de modo que las quemaduras son un riesgo posible y el uso del equipo de protección personal – EPP como casco, lentes, guantes de cuero, botín de cuero con punta de acero, barbiquejo y respiradores con filtro son obligatorios para todo el personal antes de empezar la tarea.
- Todo el personal que trabaje en el manejo de materiales asfálticos debe estar entrenado y tener conocimiento sobre las propiedades del asfalto y sus potenciales riesgos, seguridad e higiene personal, procedimientos y acciones de emergencia en caso de incendio o accidentes.
- Antes de empezar con la colocación de carpeta asfáltica todo el personal involucrado en la tarea deberán verificar que el área se encuentre señalizada para poder iniciar la tarea de colocar la carpeta asfáltica.
- El Capataz será la persona encargada de autorizar el ingreso y dirigir el posicionamiento de los volquetes para iniciar con el abastecimiento del asfalto a la pavimentadora. Este mismo paso se repetirá cuando se termine la carga del volquete.
- El Supervisor de trabajo será la persona encargada de indicar la distancia mínima que tiene que haber entre pavimentadora, rastrilleros, rodillos tándem vibratorio y rodillo neumáticos para evitar atropellos o aplastamientos.
- El personal de piso cuando rastrille, rellene con lampa o nivele el asfalto debe realizarlo evitando en lo posible el contacto prolongado del material con su piel y evitar la respiración excesiva con el asfalto.

- Todo volquete que espera su turno de ingreso al área de trabajo deberá colocar sus 2 conos seguridad, el volquete deberá de contar con los implementos de seguridad requerido, así como también los operadores deben contar con sus EPP básicos (casco, lentes, ropa de trajo y botín con punta de acero).
- Para determinar los posibles riesgos asociados con los materiales de asfalto con los que trabaja, lea la Hoja de Datos sobre Seguridad de los Materiales (MSDS). La MSDS le explicará los riesgos y las medidas de prevención adecuadas para las sustancias y productos químicos con los que usted trabaja y se ha desarrollado para todos los materiales con los que el personal puede entrar en contacto, independientemente del riesgo potencial.



Rodillo compactador Tandem Vibratorio (liso) HD 90, es el primer rodillo que pasa apenas la mezcla asfáltica es esparcida. Fuente: Propia.



Rodillo compactador Tandem Vibratorio (liso) HD 90, es el primer rodillo que pasa apenas la mezcla asfáltica es esparcida. Fuente: Propia.



Rodillo compactador Tandem Vibratorio (liso) HD 90, es el primer rodillo que pasa apenas la mezcla asfáltica es esparcida. Fuente: Propia.



Rodillo compactador Neumático, es el segundo rodillo que pasa sobre mezcla asfáltica es esparcida. Fuente: Propia.

CONTROLES DURANTE LA COLOCACIÓN



Prueba de penetración de la imprimación, acorde a norma EG 2013 el espesor de penetración debe ser mínimo 5ml. Fuente: Propia



Temperatura de la mezcla asfáltica. Fuente: Propia.



Fuente: Propia.



Control de Densidad/compactación con ayuda del Densímetro Nuclear. Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

3. ENSAYOS POS COLOCACIÓN



Extracción de Diamantinas, se realiza para verificar el espesor y compactación de la carpeta asfáltica. Fuente: Propia.



Fuente: Propia.