

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL Y EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN SU COMPORTAMIENTO AL PASO DE LAS CARGAS EN LA HABILITACION URBANA DE MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA – PIURA 2017”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**CANSECO OLIVA GIANKARLO**

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

**ING. MG. MIGUEL ÁNGEL ALVARADO OTOYA**

**PIURA - PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL Y EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN SU COMPORTAMIENTO AL PASO DE LAS CARGAS EN LA HABILITACION URBANA DE MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA – PIURA 2017”**

**MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR**

<b>INTEGRANTES</b>	<b>JURADOS</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	<b>DR. JUAN MANUEL ASALDE VIVES</b>	
<b>MIEMBRO</b>	<b>DR. ALEX HUAMAN CHORRES</b>	
<b>SECRETARIO</b>	<b>ING. WILMER CORDOVA CORDOVA</b>	
<b>ASESOR</b>	<b>MG. ING. MIGUEL ANGEL ALVARADO OTOYA</b>	

**PIURA - PERÚ**  
**2017**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes son mi apoyo incondicional.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.

A mi novia por apoyarme en todo momento e instancia.

A mis hermanos por estar siempre presentes.

## AGRADECIMIENTOS

### AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis, en primer lugar me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mis Padres:

- Humberto Canseco Ulfer
- Luz Elena Oliva Palacios

Que han sido pilares fundamentales en mi desarrollo académico que con mucho sacrificio me han encaminado a la realización de mis metas y por haberme inculcado muchos valores.

A la UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

De igual manera agradecer a mi profesor de Investigación y de Tesis de Grado, Mg. Ing. Miguel Ángel Alvarado Otoya por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

## INDICE

CARATULA.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
SÍNTESIS.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	13
En el capítulo III se considera, análisis cuantitativo de la variable.....	13
En el capítulo IV se considera, la interpretación de los resultados.....	13
En el capítulo V se consideran, las conclusiones y recomendaciones.....	13
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.2.1. Delimitación Espacial .....	15
1.2.2. Delimitación temporal.....	16
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.3.1. Problema principal .....	17
1.3.2. Problemas específicos.....	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.1. Hipótesis General .....	18
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	18
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6.1. Variable de la investigacion .....	18
1.6.2. Operacionalización de Variables .....	19
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7.1. Tipo de Investigación.....	20
1.7.2. Nivel de Investigación .....	20
1.7.3. Métodos de Investigación.....	20
1.7.4. Diseño de investigación.....	20

<b>1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	20
<b>1.8.1. Población</b> .....	20
<b>1.8.2. Muestra</b> .....	21
<b>1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	21
<b>1.9.1. Técnicas</b> .....	21
<b>1.7.1 INSTRUMENTOS</b> .....	22
<b>1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	23
<b>1.8.1 JUSTIFICACIÓN</b> .....	23
<b>1.8.2 IMPORTANCIA</b> .....	24
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	25
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	25
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA</b> .....	25
<b>2.1.1 Antecedentes Internacionales</b> .....	25
<b>2.1.2 Antecedentes Nacionales</b> .....	27
<b>2.1.3 Antecedentes Locales</b> .....	28
<b>2.2 BASES TEÓRICAS</b> .....	30
<b>2.2.1 PAVIMENTOS</b> .....	30
<b>2.2.2 CLASIFICACION DE PAVIMENTOS</b> .....	32
<b>PAQUETE ESTRUCTURAL</b> .....	36
<b>2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	37
<b>CAPÍTULO III:</b> .....	42
<b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	42
<b>3.1. ANALISIS CUANTITATIVO DE LA VARIABLE</b> .....	42
<b>3.1.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS</b> .....	42
<b>3.1.2. ESTUDIO DE TRAFICO</b> .....	56
<b>VARIABLES DE DISEÑO</b> .....	59
<b>VARIABLE DEL TIEMPO</b> .....	59
<b>SERVICIABILIDAD</b> .....	59
<b>CÁLCULO DE EJES DE CARGA EQUIVALENTE (EAL)</b> .....	59
<b>3.1.3. DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO</b> .....	63
<b>EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUBRASANTE</b> .....	63
<b>3.1.4 CÁLCULO DE LOS CBR DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE</b> .....	64
<b>Determinación del CBR de diseño.</b> .....	64
<b>CAPITULO IV</b> .....	67

<b>ORGANIZACIÓN, PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	67
<b>4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS</b> .....	67
Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO.....	68
<b>4.1.1 RESULTADOS PARCIALES</b> .....	68
MATERIAL DE BASE Y SUBBASE .....	70
• Material de base:.....	73
CBR: 80 %.....	73
CBR:40%.....	73
<b>4.1.2. RESULTADOS GENERALES</b> .....	74
CONFIABILIDAD (R %)......	77
DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL .....	78
COEFICIENTE DE CAPA (ai).....	78
COEFICIENTES DE DRENAJE (MI).....	80
<b>4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS</b> .....	82
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO .....	82
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	83
<b>4.3. DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	85
<b>DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL RECOMENDADO</b> .....	85
<b>DISEÑO DE VEREDAS</b> .....	86
✓ Losa de concreto 175 Kg/cm <sup>2</sup> : 10 cm.....	86
<b>CAPÍTULO V:</b> .....	88
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	88
<b>5.1 CONCLUSIONES</b> .....	88
<b>5.2 RECOMENDACIONES</b> .....	89
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	90
Realizar un adecuado estudio de mecánica de suelos y evaluar las condiciones geo mecánicas del terreno en el que se construirá la vía y hacer un buen diseño de pavimento utilizando los parámetros ya establecidos por la norma en vigencia AASHTO 98 para pavimentos flexibles.....	92
<b>ABSTRACT</b> .....	103
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	104
En el capítulo III se considera, análisis cuantitativo de la variable .....	105
En el capítulo IV se considera, la interpretación de los resultados.....	105
En el capítulo V se consideran, las conclusiones y recomendaciones.....	105
<b>PRESENTACION DE RESULTADOS</b> .....	105

<b>Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO</b> .....	105
<b>RESULTADOS PARCIALES</b> .....	106
MATERIAL DE BASE Y SUBBASE .....	108
• Material de base:.....	111
CBR: 80 %.....	111
CBR:40%.....	111
<b>RESULTADOS GENERALES</b> .....	112
CONFIABILIDAD (R %).....	115
DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL .....	116
COEFICIENTE DE CAPA (ai).....	116
COEFICIENTES DE DRENAJE (MI) .....	118
<b>CONTRASTACION DE HIPOTESIS</b> .....	120
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO .....	120
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	121
<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	123
<b>DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL RECOMENDADO</b> .....	123
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	125

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°01: Relacion de calicatas.....	45
CUADRO N°02: Ensayo de mecánica de suelos norma y método.....	47
CUADRO N°03: Valores de CBR resultantes en las 18 calicatas.....	53
CUADRO N°04: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn....	61
CUADRO N°05: Índice de serviciabilidad inicial (Pi).....	62
CUADRO N°06: Índice de serviciabilidad final (Pf).....	63
CUADRO N°07: Valores de CBR resultantes de 06 calicatas.....	65
CUADRO N°08: Categoría d la subrasante con relación a la calidad del suelo.....	69
CUADRO N°09: Requerimientos granulométricos para base granular.....	72
CUADRO N°10: Requerimientos granulométricos para agregado grueso.....	72
CUADRO N°11: Requerimientos granulométricos para agregado fino.....	73
CUADRO N°12: Ensayos y frecuencias para base granular.....	73



CUADRO N°13: Requerimientos de gradación granulométrica para mezcla asfáltica...	76
CUADRO N°14: Valores de confiabilidad (%) recomendados para AASHTO.....	78
CUADRO N°15: Coeficientes asumidos en el diseño.....	80
CUADRO N°16: Aporte estructural de las capas componentes del pavimento.....	81
CUADRO N°17: Condiciones de drenaje.....	82
CUADRO N°18: Coeficiente de drenaje, porcentaje de tiempo, en que el pavimento Estará expuesto a humedades próximas a saturación.....	83

### **INDICE DE IMAGENES**

IMAGEN N°01: Ubicación del lugar donde se llevara a cabo el proyecto.....	16
IMAGEN N°02: Pavimento flexible.....	34
IMAGEN N°03: Sección de un pavimento flexible.....	35
IMAGEN N°04: Sección de un pavimento rígido.....	36
IMAGEN N°05: Bloquetas de concreto.....	37
IMAGEN N°06: Paquete estructural.....	38
IMAGEN N°07: Software de diseño.....	68
IMAGEN N°08: Software de diseño PA5 para cálculo de parámetros de diseño.....	86
IMAGEN N°09: Software de diseño PA5 para calcular el SN.....	86
IMAGEN N°10: Vista panorámica de zona de estudio.....	99
IMAGEN N°11: Estudio de tráfico – Calle 11.....	100
IMAGEN N°12: Pozo de calicata C-5.....	100
IMAGEN N°13: Pozo de calicata C-9.....	101
IMAGEN N°14: Estación de conteo vehicular E-01.....	102
IMAGEN N°15: Colocación de material afirmado para capa base.....	103
IMAGEN N°16: Imprimacion de base para próxima colocación de carpeta asfáltica...	104
IMAGEN N°17: Colocacion de carpeta asfáltica (MAC).....	105

### **INDICE DE GRAFICOS**

GRAFICO N°01: Paquete estructural.....	87
--	----

## RESUMEN

Para el desarrollo de los pueblos es necesario la comunicación entre ellos para el intercambio de bienes y servicios, mejoras que se ven reflejados en la calidad de vida de la comunidad así mismo, tener lugares adecuados para desarrollarse generan mayores fuentes de trabajo y bienestar considerando la morfología de la zona la geodinámica externa como el movimiento de las arenas eólicas.

Para el desarrollo de la evaluación de la Habilitación urbana de Miraflores Boulevard Park Plaza – Cuadrante 3 III Etapa Calle 11 – Castilla se ha realizado el análisis del paquete estructural características geológicas del terreno y la caracterización de los materiales y el tipo del pavimento a utilizar aspectos climáticos como la pluviometría y zonas de evaluación es relación al riesgo geológico.

Así mismo se ha realizado el análisis para los agregados componentes de la mezcla asfáltica, que característica deberá tener el diseño de la mezcla asfáltica en caliente y su comportamiento estructural al paso vehicular así como su funcionabilidad y características del proceso constructivo todo en concordancia con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el desarrollo de la tesis se tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de fundación para determinar de manera precisa que diseño será el más adecuado por lo cual se deberá de considerar el **Análisis del Diseño del Paquete Estructural y Evaluación de su Comportamiento al Paso de las Cargas.**

**PALABRAS CLAVES: Análisis del Diseño del Paquete Estructural, Evaluación del Comportamiento, Paquete estructural.**

## **ABSTRACT**

For the development of peoples is necessary communication between them for the exchange of goods and services, improvements that are reflected in the quality of life of the community at the same time, they have appropriate places to develop generate greatest sources of labor and welfare considering the morphology of the area the Geodynamics external as the movement of the sand wind.

For the development of the evaluation of the urban habilitation of Miraflores Boulevard Park Plaza - Quadrant 3 III stage Street 11 - Castilla has been the analysis of the structural package geological features of the terrain and the characterization of materials and the type of pavement using climatic aspects as the rain gauge and evaluation areas is relation to geological risk.

Likewise, has done the analysis for asphalt mix aggregate components, hot and its structural behavior to step vehicle as well as its functionality and features of the construction process everything in accordance with the technical specifications of the Ministry of transport and communications.

In the development of the thesis, the geotechnical characteristics of the foundation site are taken into account in order to determine precisely which design will be the most appropriate. Consideration should be given to the Structural Package Design Analysis and Evaluation of its behavior to the Step of the Charges.

**KEY WORDS: Structural Package Design Analysis, Behavioral Assessment, Structural Package.**

## SÍNTESIS

Este trabajo detalla una descripción del tipo de pavimento a utilizar para la construcción **EN LA HABILITACION URBANA DE MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA - PIURA**, mostrar los diferentes tipos de deterioros que se presentan en un pavimento, sus diferentes causas a través de su construcción o a lo largo de los años, se plantea además los tipos de técnicas de reparación aplicadas en obras de pavimentación, mostrando sus procesos constructivos acompañado de un registro fotográfico para la mayor comprensión del proceso.

Para los efectos de ordenar y organizar la gestión de mantenimiento, se han definido tareas o actividades destinadas a resolver o prevenir un problema especial de deterioro; cada una de esas tareas tiene un carácter específico y es fácilmente individualizable; se considera como una unidad básica y se denomina operación de mantenimiento o, simplemente, operación.

En esta tesis se entrega una descripción resumida de los principales elementos que conforman las carreteras, de las fallas más importantes que los afectan y de las causas que más comúnmente las originan. Tanto por la amplitud del tema, como por la imposibilidad de cubrir todas las peculiaridades que suelen caracterizar diferentes zonas geográficas. Sin embargo, se estima que puede ser una herramienta adecuada para colaborar en la calificación de los daños y la consecuente programación de las labores de mantenimiento.

La población de la ciudad de Piura se encuentra a la fecha incrementándose con el paso de los años, lo cual generó expansión urbana, así como el incremento vehicular para tener un adecuado desarrollo económico y social es necesario tener vías de acceso en buen estado.

## **INTRODUCCIÓN**

Los pavimentos, por las formas en que se transmiten las cargas a la subrasante pueden ser pavimentos flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos mixtos. En el periodo de vida de los pavimentos flexibles se presenta problemas de fallas, los cuales pueden ser: asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, sus deformaciones, las condiciones de drenaje y sub-drenaje, etc. El pavimento requiere de conservación y mantenimiento, eficiente, rápida y económica. Dado la necesidad de lograr que nuestras construcciones en la habilitación urbana de Miraflores Boulevard park plaza en el distrito de Castilla se desarrollen con la calidad correspondiente, es necesario evaluar el estado de las construcciones actuales de los pavimentos, y la determinación del número de avenidas afectadas por alguna patología del asfalto, concreto y conociendo cual es la patología que tiene mayor incidencia en los pavimentos, es que podremos evaluar y proponer las recomendaciones. Los problemas de naturaleza como sismos, lluvias, rápida expansión del tráfico, falta de mantenimiento y conservación, deficiencia en sus construcciones, nos hacen reflexionar sobre la necesidad de evaluar las construcciones de pavimento.

Tal procedimiento lo veremos detalladamente en el siguiente proyecto llamado: “Análisis del diseño del paquete estructural y evaluación de del pavimento de su comportamiento al paso de las cargas en la habilitación urbana de Miraflores boulevard park plaza – cuadrante 3 III etapa calle 11 - Castilla - Piura”

La presente tesis se desarrolla en 5 capítulos, los cuales los mencionare a continuación:

En el capítulo I, se considera la descripción de la realidad problemática, delimitaciones de la investigación, planteamiento del problema de investigación, objetivos de la investigación, formulación de la hipótesis de la investigación, variables de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, justificación e importancia de la investigación.

En el capítulo II se considera, antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos.

En el capítulo III se considera, análisis cuantitativo de la variable.

En el capítulo IV se considera, la interpretación de los resultados.

En el capítulo V se consideran, las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Básicamente nos centramos en el problema principal que es la incrementación de población en nuestra ciudad, por lo tanto, vemos la necesidad de que se construyan más habilitaciones urbanas para así las familias que se están formando tengan un lugar prodigioso donde vivir y formar un hogar.

La realidad problemática de la investigación está relacionada a la capacidad estructural del terreno de fundación y si es que es el diseño tendrá el tiempo de vida útil requerida.

En forma particular en la ciudad de Piura en los medios de comunicación terrestre, se encuentran en un estado muy preocupante ya que existen varios factores que contribuyen a que ocurra esto es el estado,

es frecuente encontrar en ellos fisuras, grietas, baches los que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan por ellos. En tal sentido es importante tener un plan de conservación de pavimentos adecuado que nos ayudara a detectar y evaluar los daños con anticipación y tomar medidas rápidas como reparaciones menores y no de reconstrucción, así se ahorrara dinero y recursos.

Las avenidas de la **HABILITACION URBANA DE MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA** han sido realizadas en terrenos con características geomecánicas heterogéneas, estando ya definidos los anchos de las vías puesto que las viviendas están uniformemente alineadas, hacen que el tránsito sea cómodo para los transeúntes y para los vehículos.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Delimitación Espacial**

El Proyecto Miraflores Boulevard Park Plaza, cuadrante III, Tercera etapa, ha sido encargado por Inmobiliaria Miraflores del Perú SAC, y contempla la construcción de un conjunto habitacional ubicado adyacente a la URBANIZACIÓN MIRAFLORES COUNTRY CLUB. Al noroeste de la ciudad de Piura, en el distrito de Castilla, provincia de Piura, departamento de Piura. El espacio será dotado de zonas residenciales, zonas recreativas, espacios libres y zonas verdes.

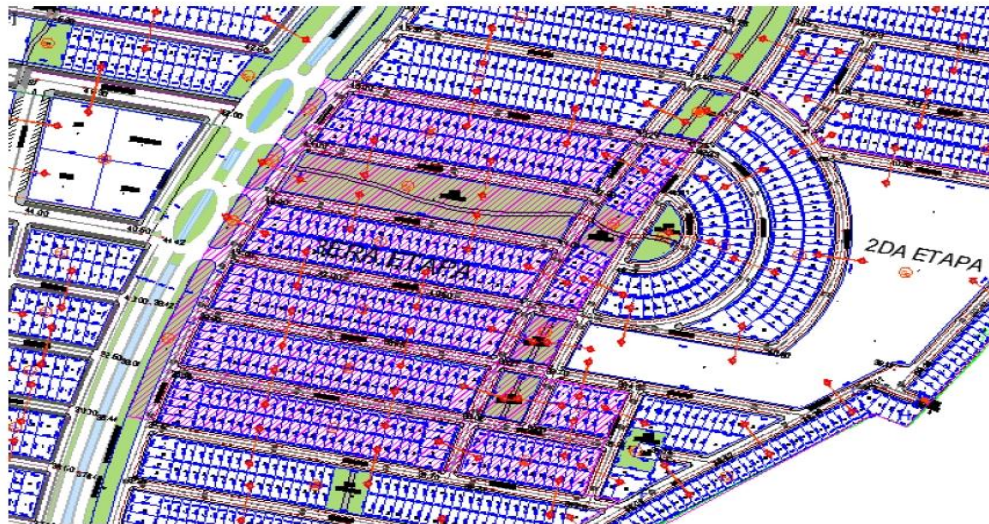


Figura 1. Líneas de flujo y pendientes longitudinales de la Tercera Etapa – Cuadrante III

### Imagen 01.

**Ubicación del Lugar en el Que se Llevara a Cabo El Proyecto de Investigación.**

**Fuente: Google Maps y Google.**

Tiene los siguientes límites:

Por el Norte: Cuadrante Q3 – Etapa 3

Por el Sur: Cuadrante Q3 – Etapa 4

Por el Este: Cuadrante Q3 - Etapa 2 – Quebrada el gallo

Por el Oeste: Cuadrante Q2 – Etapa 2

### 1.2.2. Delimitación temporal

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo en un periodo de tiempo de 120 días aproximadamente, de junio a septiembre del 2017.

## 1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

La URBANIZACIÓN MIRAFLORES DEL DISTRITO DE CASTILLA es de 123 mil 692 habitantes del distrito, 59 mil 834 son hombres (48,4%) y 63 mil 858 corresponden a mujeres (51,6%). A nivel de área de residencia, la población urbana es de 122 mil 620 habitantes, mientras que en el área rural sólo viven Mil 72 personas.



La población global del distrito de Castilla conformada por 123,692 habitantes, residen en 26,867 viviendas ocupadas y distribuidas en el Área de Expansión Urbana de Castilla y los Caseríos del Medio Piura.

### **1.3.1. Problema principal**

¿Cómo influye realizar el análisis del diseño del paquete estructural y la evaluación del pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Por qué surge la necesidad de contar con pistas y veredas en MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA?

¿Por qué es necesario saber las características estructurales de los pavimentos a construir?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Realizar un adecuado estudio de mecánica de suelos y evaluar las condiciones geo mecánicas del terreno en el que se construirá la vía y hacer un buen diseño de pavimento utilizando los parámetros ya establecidos por la norma en vigencia AASHTO 98 para pavimentos flexibles.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Con este análisis del diseño demostraremos que el paquete estructural es apto para aplicarse, así evitar futuras deformaciones en el pavimento de la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

El estudio de mecánica de suelos determinara que tipo de material debemos utilizar para que nuestro paquete estructural y sea el correcto al momento de aplicarlo, del mismo modo verificaremos si el suelo donde se construirá el pavimento está apto o se deberá mejorar.

## **1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Variable de la investigación**

Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en LA HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA CALLE 11 – CASTILLA – PIURA.

**1.6.2. Operacionalización de Variables**

**Cuadro N° 01  
Cuadro de Operacionalización de Variables**

<b>VARIABLE DE LA INVESTIGACION</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>
Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en LA HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA CALLE 11 – CASTILLA – PIURA.	Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas	Detallar las dimensiones del paquete estructural a emplear.	Analizar diferencias entre rendimientos, costos y procesos constructivos del mantenimiento.	Tipos de insumos, materiales y maquinarias empleadas en cada proceso.

## **1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación es de **tipo descriptivo**, pues se realizará un análisis detallado acerca del diseño del paquete estructural.

### **1.7.2. Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es explicativo, porque se comprobará que el análisis del diseño del paquete estructural es el correcto.

### **1.7.3. Métodos de Investigación**

En esta investigación se empleó el método de investigación inductivo, basada utilizar el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares a ser aceptados como válidos y responder a preguntas o problemas concretos y específicos que se plantea en el proyecto de investigación con el objeto de encontrar soluciones de tal manera que puedan ser aplicadas de manera inmediata y eficiente en situaciones específicas.

### **1.7.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación que mejor se adecua a este proyecto es la investigación observacional, Es un método que tiene como objetivo brindar resultados útiles en cada estudio que se realice.

## **1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1. Población**

La población que se ha tomado en cuenta para este proyecto son las calles de la HABILITACIÓN URBANA DE MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA.

### **1.8.2. Muestra**

Para el desarrollo de este proyecto de investigación el tipo de muestra que más se adecua a este es la muestra no probabilística.

Para esta investigación se ha tomado como muestra las principales calles de la HABILITACIÓN URBANA DE MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA.

## **1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1. Técnicas**

Información Directa. - Este tipo de información se obtuvo mediante ensayos, estudios de laboratorio y de campo y de observación directa con la ayuda de una guía debidamente diseñada.

Los estudios que se realizaron para este proyecto son:

- Estudio de mecánica de suelos: la finalidad de realizar un estudio de mecánica de suelos conocer las características fisicomecánicas del suelo las cuales nos los parámetros necesarios que nos permitirá diseñar el pavimento.
- Análisis de tráfico: este análisis nos permitirá conocer la cantidad de ejes equivalentes que circularán por las calles de la HABILITACIÓN URBANA DE MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA.
- Estudio topográfico: mediante este estudio conoceremos los niveles, desniveles y las características geométricas en las que se encuentran las calles del, conocer estos datos son importantes para el diseño geométrico de la pavimentación y con un estudio hidrológico y precipitaciones pluviales nos permitirá diseñar un sistema de evacuación de aguas pluviales.

- Estudio de canteras y fuentes de agua: conocer las características que tendrán los materiales con los que se construirá el paquete estructural de nuestro diseño de pavimento es muy importante, ya que ello depende que el diseño del pavimento cumpla con la calidad y periodo de diseño requerido por lo que es muy importante realizar el estudio de canteras y fuentes de agua.

### **1.7.1 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos que se emplearon para esta investigación son los siguientes:

- Equipos de laboratorio.
- Personal técnico especializado en laboratorio para los ensayos necesarios para el diseño del pavimento.
- Personal capacitado para realizar el estudio de tráfico.
- Formatos para la recolección de datos.
- Hojas de cálculo.
- Computadora.
- Software para analizar los datos realizar los cálculos necesarios.
- Datos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de los peajes (flujo vehicular, pesos de los vehículos, tablas, formatos, estadísticas etc.).

## **1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1 JUSTIFICACIÓN**

La tarea de diseñar y construir pavimentos que puedan resistir las condiciones adversas a las que estarán expuestas, propias de la zona, además del tipo de transporte que circulara plantea un reto difícil que compromete los esfuerzos de los especialistas en pavimentos, para la búsqueda de soluciones. Ante la persistencia del deterioro del pavimento, a pesar del uso de una estructura con la adopción de cuidados especiales para el diseño y la construcción del pavimento, la tendencia es elaborar una solución adoptando una posición más realista, primero, buscando una solución más económica y, segundo, aceptando el deterioro como un hecho inevitable a costos razonables, por lo que es necesario hacer un análisis del diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.

### **1.8.2 IMPORTANCIA.**

En el presente proyecto de investigación es de suma importancia realizar el diseño del pavimento que garantice comodidad a la población así como a los conductores que hagan uso de estas vías de transporte, durante toda la vida útil del pavimento para el que fue diseñado. Para la ejecución del siguiente proyecto se tomaron en cuenta todos los estudios requeridos, los cuales se realizaron en la misma zona de dicho proyecto: URBANIZACION MIRAFLORES COUNTRY CLUB III ETAPA – CASTILLA.

Así mismo la importancia de esta investigación, radica en que contribuirá al crecimiento social y económico de la población, por ser una zona de expansión urbana pudiéndose transportar con mayor facilidad, rápida y eficiente sin exponerse a retraso en el transporte a sus centros de labores.



# CAPÍTULO II:

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

- ✓ **Tabares Gonzales, Roberto (2005)**; En su investigación denominada “Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase 1 de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea – Colombia”, realiza una evaluación de los diferentes métodos empleados para el diseño de estructuras de pavimentos según criterios y parámetros empíricos, semi – empíricos y racionales, para establecer las distintas alternativa y estructurales que se tienen es esta área; esto con el fin de confrontar y comparar los conceptos técnicos, académicos y parámetros empleados para los diferentes tipos de diseño, determinando las diferencias en que ellos se derivan y que al ser aplicados puedan o no desarrollar resultados objetables e inadecuados con respecto a los comportamientos de la situación real de la estructura.

En forma adicional en este trabajo se realiza un diagnóstico vial para el tramo de la vía existente en estudio, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, como ejercicio académico para que dicho proyecto, sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado o posgrado, y además pretende comparar procedimientos de inspección o inventario de la malla de vial con el fin de generar las conclusiones que al respecto tengan lugar.

- ✓ **Burgos Vásquez Valdivia, Bruno Milton (2014);** En su investigación denominada “Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r Santa Elvira – el Arenal, en la comuna de Valdivia – Chile”, pretende dar a conocer un análisis comparativo entre un pavimento rígido y uno flexible utilizado como alternativa en la pavimentación de la ruta Santa Elvira - El Arenal en la comuna de Valdivia, basándose en el comportamiento que tienen cada uno de estos, partiendo de la base de las dos alternativas, son soluciones satisfactorias para el proyecto de pavimentación y centrando el análisis en dos factores preponderantes; Por un lado, el factor económico, en el cual está involucrado el valor inicial de cada alternativa, junto con el de conservación y rehabilitación de estos durante un ciclo de vida determinado. Por otro lado, se expone el factor funcional, mediante el cual se verifica cuál de los dos pavimentos es el más apropiado.

El proyecto se basa en una investigación descriptiva, presentando las características de los pavimentos rígidos y flexibles, así como sus análisis de costo, sus ventajas y desventajas, siendo el principal método de trabajo, la recolección de datos, consultando diferentes tipos de documentos, libros y tesis, tanto en medios físicos como digitales.

### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

- ✓ **Gómez Vallejos, Susan Jackelin (2014)**; “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La libertad - Perú.”, tiene como finalidad, diseñar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Ovalo Grau, ya que este fue demolido para la ejecución del segundo intercambio vial en la ciudad de Trujillo. Dado que el sector de estudio tiene la necesidad de conectarse con las demás poblaciones, se realizó un estudio general para conocer cuáles eran las necesidades a priorizar; según el resultado del diagnóstico efectuado en el lugar, se tomó como prioridad en proyectos de infraestructura, la pavimentación del anillo vial, determinando que es necesario realizar el diseño de esta arteria de comunicación vial, en materia de infraestructura como es a través del pavimento flexible, ya que esto va a permitir de mejor manera el tránsito y su conexión entre las poblaciones de esa ciudad.

Por ello la tesis que se presenta, desarrollo el tema, el cual se refiere a la construcción de una carpeta a base de pavimento flexible en caliente, este describirá todas aquellas definiciones necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con las expectativas.

**Delgado Egoavil, Fabiola Abigail (2012)**; Considera que se puede plantear la construcción de un nuevo aeropuerto ubicado al sur de Lima en el distrito de Punta Hermosa, siendo el diseño del área de movimiento, el tema que abarca la presente tesis denominada “**Diseño del pavimento de un aeropuerto – Lima – Perú**”. Dicho aeropuerto, de acuerdo a la ubicación planteada, sería una alternativa factible ya que Punta Hermosa cumple adecuadamente las siguientes consideraciones que cita el autor López Pedraza (1970) para el emplazamiento de un aeropuerto:

- Espacio aéreo necesario
- Situación respecto al centro urbano
- Economía de construcción

- Condiciones meteorológicas

Para el diseño del pavimento propuesto, se empleara la configuración geométrica y el registro del tráfico del año 2010 del aeropuerto Jorge Chávez. Por otro lado, para los cálculos de los espesores de las capas de los pavimentos se seguirá la metodología empleada por la Administración Federal de la Aviación de los Estados Unidos (FAA), ya que la mayor parte de los aviones internacionales que aterrizan en nuestro país son de procedencia americana y además el Perú no cuenta con un manual propio de diseño de pavimentos de aeropuertos. A lo largo de la presente tesis plantearemos dos diseños;

- ✓ el primero consiste íntegramente en un pavimento rígido y el segundo íntegramente en un pavimento flexible.

Para estos tipos de pavimentos, la entidad mencionada líneas arriba (FAA) emplea el método del índice de resistencia de california (CBR) para el cálculo de pavimentos flexibles, y para el caso de pavimentos rígidos sigue la hipótesis de carga sobre los bordes.

Finalmente, se evaluará las ventajas y desventajas de un pavimento respecto al otro y se determinará el costo de construcción de la alternativa más conveniente.

### 2.1.3 Antecedentes Locales

- ✓ **Rodriguez Velásquez, Edgar Daniel (2009);** “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero – Castilla – Piura”

La presente tesis tiene como objetivo aplicar el método PCI para determinar el índice de condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía,

donde se define el concepto de pavimento, su clasificación y se explica la problemática que se vive en Piura. También considera las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles.

Igualmente se explica el procedimiento del método: el muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc.

Con el respectivo cálculo del índice de condición de pavimento para cada unidad de muestra analizada se concluye que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento.

La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales.

Finalmente, aunque no es objetivo de la tesis, se han recomendado algunas técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restituir la carretera a su estado original.

- ✓ **Álvaro Córdova, Denis José (2016)**, En su investigación denominada “Las patologías permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en la av. guardia civil tramos desde el puente Sanchezcerro y el terminal terrestre de castilla distrito de castilla provincia de Piura”

El presente trabajo de investigación bibliográfica se refiere a la deformación permanente que es una de las fallas del deterioro prematuro; es necesario conocer a mayor profundidad a fin de tomar las previsiones del caso desde la elaboración de los proyectos y la posterior ejecución de las obras.

Se considera la elección y buen manejo de los agregados en cuanto a su gradación, forma, resistencia, etc. ya que influyen en forma determinante para la deformación permanente.

Finalmente, se determina la necesidad que en El Perú se cuente con equipos de laboratorio y de campo que permitan realizar ensayos para manejar mejor la deformación permanente. Se presentan los ensayos y equipos especializados que se utilizan en otros países en la espera de contar con alguno de ellos en El Perú; concluyéndose sobre la necesidad de efectuar estudios más profundos para el uso de los cementos asfálticos en acuerdo a la geografía y climas de las regiones del Perú; asimismo respecto a los parámetros volumétricos en el diseño de la mezcla asfáltica y la utilización de los agregados, destacándose además de los procesos constructivos que eviten fallas por deformación permanente.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 PAVIMENTOS.**

Un pavimento es una estructura diseñada con la capacidad de absorber las fuerzas causadas por acción de la circulación de vehículos, durante el periodo de tiempo para el cual ha sido diseñado. Cuando existe un incremento del tráfico o se ha superado el periodo de diseño de un pavimento es cuando se producen los deterioros que pueden ser muy diversos, los cuales por lo general se presentan por la pérdida de elasticidad del pavimento.

“Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento”. (Montejo, F. Alonso. 2006).

Por su parte (Hass, R. Hudson, et. 1993) determinan por pavimento:

“Se entiende por pavimento al conjunto de los elementos estructurales de un camino (o de otras superficies como las pistas de aterrizaje de los aeropuertos), es decir, son todas las capas que lo conforman y las que se denominan comúnmente capa superficial, base, sub-base.

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, “el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado Subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes,

denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo”. (American Society for Testing and Materials. 2004:44)

Desde el punto de vista del usuario, “el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas”. (American Society for Testing and Materials. 2004:44)

### 2.2.2 CLASIFICACION DE PAVIMENTOS.

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

En el presente estudio se tomará de clasificación hecha por Suárez Cruzado & Wilder David. (2005:153). donde se pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible
- b) Pavimento rígido
- c) Pavimento híbrido

A continuación, se describen cada una de estas:

#### **a) Pavimento flexible**

Se denomina **pavimentos** flexibles a aquellos cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.



El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. Fig. 01



**Imagen 02. Pavimento flexible.**

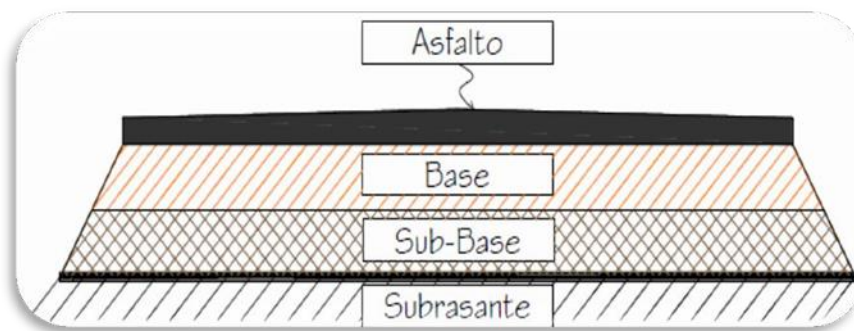
**Fuente: Suárez Cruzado & Wilder David. (2005:153).**

La **construcción** de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. Cada una de las capas recibe cargas por encima de la capa. Cuando las supera la carga que puede sustentar traslada la carga restante a la capa inferior. De ese modo lo que se pretende es que poder soportar la carga total en el conjunto de capas.

Las capas de un pavimento flexible que conforman un **suelo** se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen.

Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

Las capas de un **pavimento flexible** suelen ser: capa superficial o capa superior que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base.

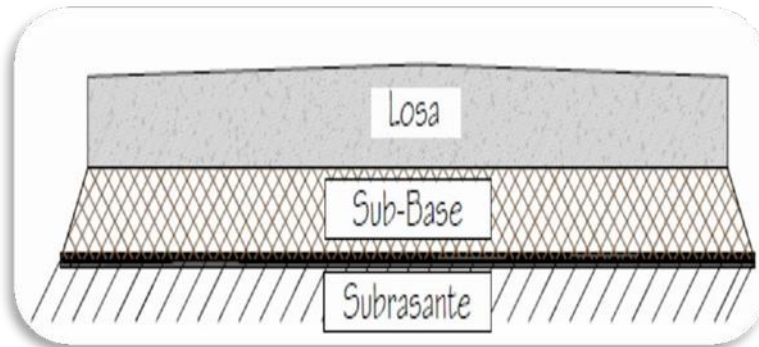


**Imagen 03. Sección de un pavimento flexible.**

**Fuente: Suárez Cruzado & Wilder David. (2005:153).**

### **b) Pavimento rígido**

El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores. (Ver Imagen 03)



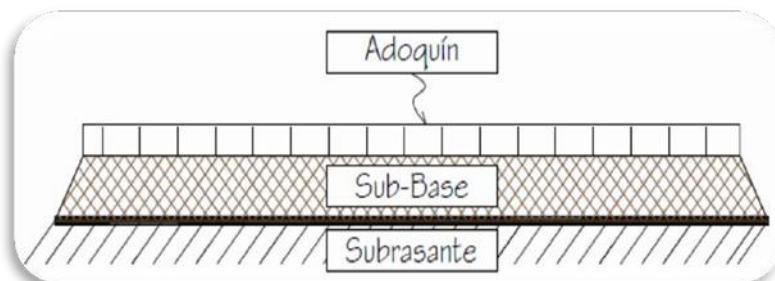
**Imagen 04. Sección de un pavimento rígido.**

**Fuente: Suárez Cruzado & Wilder David. (2005:153).**

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

### **c) Pavimento híbrido.**

Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. (Ver Imagen 04)



**Imagen 05. Bloquetas de concreto**

**Fuente: Suárez Cruzado & Wilder David. (2005:153).**

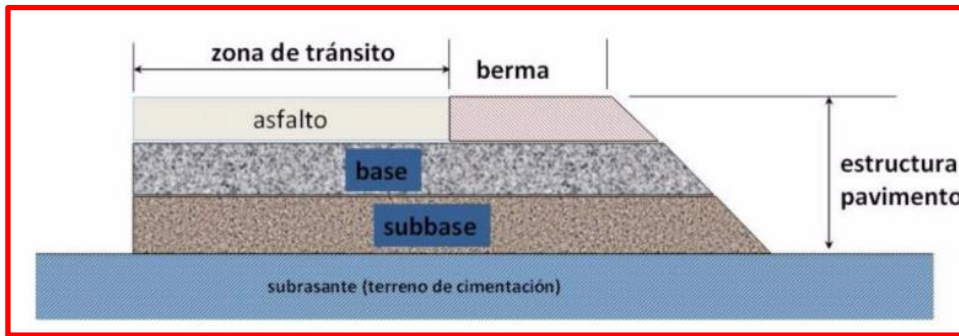
El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta, la misma que se establece en el Manual de Fallas en Pavimentos Flexibles. (Ver Imagen 05).

## **PAQUETE ESTRUCTURAL**

El diseño estructural de un pavimento comienza con la previsión de los tipos y volúmenes de vehículos que pasarán sobre éste durante su vida útil. Se eligen los materiales que formarán el pavimento y finalmente se determinan los espesores de cada una de las capas que forman el paquete estructural que soportará las cargas previstas sin que se produzcan fallas. Se puede definir la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante el período de vida útil.

La capacidad estructural puede ser conocida mediante ensayos no destructivos (NDT=non destructive tests). La ventaja de usar los NDT es que se pueden determinar deficiencias estructurales aún antes de que las mismas sean visibles.



**Imagen 06. Paquete estructural**

**Fuentes:**

[www.urbanismo.com/ pavimentos flexibles](http://www.urbanismo.com/pavimentos_flexibles)

[www.maestriosea.com / paquete estructural](http://www.maestriosea.com/paquete_estructural)

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Falla por defectos constructivos:** Este tipo de falla se da en pavimentos bien proporcionados y con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores, como son la baja compactación de la sub rasante, no cumplir con el espesor establecido.
- **Falla por fatiga:** Pavimentos que originalmente estuvieron bien proporcionados y construidos, con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.
- **Conglomerado:** En geología, un conglomerado o rudita es una roca sedimentaria de tipo detrítico formada mayoritariamente por clastos redondeados tamaño grava o mayor (>2 mm)
- **Fricción Interna:** Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.
- **Asentamiento:** Un asentamiento o deslizamiento es una forma de inestabilidad gravitatoria que se caracteriza por el desplazamiento en un

trcho relativamente corto a lo largo de una pendiente de una masa coherente de materiales poco consolidados o capas de roca.

- **Cohesión:** Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad.
- **Grava:** La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.
- **Consolidación:** Proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de sollicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo.  
Producen asientos, es decir, hundimientos verticales, en las construcciones que pueden llegar a romper si se producen con gran amplitud.
- **Geotextiles:** Es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida o tejida dependiendo de su uso o función a desempeñar.
- **Depresión:** Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor.
- **Desplazamiento:** Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. (Camposado Olivera, Jhessy Elián)

➤ **Diseño geométrico**

Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta, el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

➤ **Asfalto**

Un material cementante, entre carmelita oscuro y negro, en la cual los contribuyentes predominantes son bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. El asfalto es un contribuyente, en proporciones variables, de la mayoría de los petróleos crudos.

➤ **Mejoramiento de sub rasante**

Este trabajo consiste en trabajos de estabilización de material inadecuado existente tanto en la plataforma actual, como en las zonas de ampliación de la misma, con reemplazo de material. En el primer caso el mejoramiento se realizará con la finalidad de tener un suelo de soporte con capacidad igual o superior al considerado en el diseño del pavimento.

➤ **IMDA**

El IMDA es obtenido por el IMDS (Índice Medio Diario Semanal) y del tráfico vehicular de una carretera por lo general no es uniforme en toda su longitud.

➤ **Tráfico**

Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en un camino. Este flujo vehicular, sobre un determinado tramo de un camino se puede expresar en cantidad de vehículos que circulan por unidad de tiempo.

➤ **Método AASHTO 93**

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasantes para el cálculo de espesores.

Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO – 93. El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.

➤ **Numero estructural.**

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales.

➤ **Superficie subrasante**

Es el suelo de cimentación del pavimento pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado, o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar. Los materiales que pueden ser empleados como subrasante serán de preferencia materiales de tipo granular, tales como: GW, GP, SW, SM, ML o incluso SC, siempre que la arcilla no sea de alta plasticidad. Antes de ser empleado debe ser perfilado y compactado entre el 95 y 100% de la máxima densidad seca obtenida con el ensayo proctor



estándar AASHTO T-99. En el caso de presentar suelo natural conformado por suelos finos y plásticos como CL, MH, CH, CL – ML, con LL entre 50 y 100% se analizará la necesidad de mejorarlos reduciendo su LL para mejorar así el IP.

Si el suelo natural esta conformado por suelos tipo MH, CH y OH con LL de 100% será reemplazado por material de préstamo en un espesor mínimo de 30 cm.

➤ **Sub base**

Es la capa que esta apoyada sobre la subrasante compuesta por materiales granulares de buena gradación. También deberá ser perfilada y compactada entre el 95 y 100% de su máxima densidad seca mediante el ensayo proctor estándar. El empleo de subbase implica una mejora en la capacidad de soporte de suelo que se traduce en una reducción del espesor de carpeta de rodadura. Sin embargo, el impacto no es significativo.

➤ **Base**

En el caso de los pavimentos de asfalto es común que se contemple material de base adicional. En el caso de los pavimentos de concreto no es común pero podría darse el caso en situaciones extremas. Constituye entonces la capa intermedia entre la subbase y la carpeta de rodadura. Utiliza materiales granulares de excelente gradación.

➤ **Capa de rodamiento**

La que se coloca encima la base y esta formada por una mezcla bituminosa o de concreto. No siempre un pavimento se compone de todas las capas anteriormente mencionadas. La ausencia de una o de varias de ellas depende de la calidad del terreno de fundación, la clase de material a usarse y el tipo de pavimento, la carga de diseño, etcétera.

## **CAPÍTULO III:**

# **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. ANALISIS CUANTITATIVO DE LA VARIABLE**

Para cuantificar las variables se realizó el siguiente procedimiento:

#### **3.1.1 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS**

Para el desarrollo de la tesis en el Proyecto **Habilitación Urbanización Miraflores Country Club Boulevard Park Plaza – Cuadrante III** contempla la construcción de un conjunto habitacional ubicado adyacente a la Urbanización Miraflores Country Club, al noreste de la ciudad de Piura,

en el distrito de Castilla, provincia de Piura, departamento de Piura. El espacio será dotado de zonas residenciales, zonas recreativas, espacios libres y zonas verdes.

Dentro del nuevo desarrollo, se proyecta la puesta en funcionamiento de todos los servicios urbanos necesarios (abastecimiento de agua, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, etc.) para el normal desarrollo de las actividades del conjunto habitacional.

La evacuación de las aguas pluviales generadas dentro del conjunto residencial, se realizarán mediante colectores subterráneos y colectores superficiales pertenecientes a un sistema de drenaje interno, exclusivo para uso pluvial. Las consideraciones Hidrológicas e Hidráulicas del diseño de drenaje desarrolladas por el especialista en la materia, será consideradas posteriormente en el planteamiento del diseño geométrico de la tesis.

La investigación tiene por finalidad determinar las características estructurales del suelo en el que se trazarán las vías correspondientes a la urbanización, con la finalidad de desarrollar el proyecto de pistas y veredas.

El procedimiento seguido en el estudio fue el siguiente:

- Definición de puntos para la excavación de calicatas.
- Excavación de calicatas y elaboración del perfil estratigráfico.
- Toma de muestras para ensayos de humedad, densidad y valor soporte relativo CBR.
- Selección del CBR de diseño para la estructura de pavimentos.
- El proyecto deberá enmarcarse dentro de las normas técnicas de procesos de habilitación urbana, en concordancia con las normas EG 2013.

## 1. TRABAJO DE CAMPO

La realización del trabajo de campo tiene por finalidad la obtención de muestras del suelo para su posterior análisis en laboratorio, con la finalidad de determinar la calidad del suelo con fines de pavimentación en términos de Valor Soporte Relativo, CBR.

En el presente proyecto, se distribuyeron a lo largo de las vías de la urbanización, con un determinado número de calicata para el cuadrante en cada etapa. Cada excavación se realizó hasta 1.50 metros de profundidad. En el cuadro que se muestra a continuación, se indica la ubicación en coordenadas UTM Datum PSAD 56 – Zona 35 de cada calicata.

De la fase de campo se obtuvieron los siguientes datos en el cuadro N° 01.

**Cuadro N° 01: Relación de Calicatas**

CUADRANTE	ETAPA	CALICATA	COORDENADA ESTE	CORDENADA NORTE
	PRIMERA ETAPA	C1	544092	9428596
		C2	544166	9428507
		C3	544228	9428594
		C4	544116	9428712
		C6	544262	9428725
		C8	544347	9428629
	SEGUNDA ETAPA	C1	544482	9428721
		C2	544443	9428781
		C3	544601	9428790
		C4	544507	9428822
		C5	544587	9428862
		C6	544430	9428885
		C7	544521	9428910
		C8	544661	9428897
		C9	544723	9428933
		C10	544561	9428965
		C01	544672.95	9428872.21

<b>CUADRANTE III</b>		<b>C02</b>	544694.49	9428944.83
	<b>TERCERA ETAPA</b>	<b>C5</b>	544142	9428801
		<b>C7</b>	544276	9428819
		<b>C9</b>	544300	9428917
		<b>C10</b>	544182	9428891
	<b>CUARTA ETAPA</b>	<b>C03</b>	544613.25	9429010.98
		<b>C04</b>	544756.48	9429029.34
		<b>C05</b>	544811.78	9429063.05
		<b>C06</b>	544785.75	9429115.8
		<b>C07</b>	544659.71	9429096.46
		<b>C08</b>	544676.95	9429191.8
		<b>C09</b>	544553.72	9429107.47
		<b>C10</b>	544475.19	9429030.32
		<b>C11</b>	544322.6	9429011.41
		<b>C12</b>	544312.1	9429115.48
<b>C13</b>		544388.81	9429148.12	
<b>C14</b>	544489.97	9429178.85		
<b>C15</b>	544404.82	9429249.88		

**Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.**

## 2. ENSAYO DE LABORATORIO

Las muestras tomadas en la fase anterior se procedieron a realizar los ensayos para establecer los parámetros Físico Mecánicos, mínimos necesarios, para que el ingeniero proyectista en base de las recomendaciones proceda a su uso específico. En conformidad con el Manual de Ensayos de Laboratorio (EM-2000). Los trabajos de laboratorio permitieron determinar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos y mecánicos de las muestras disturbadas provenientes de cada una de las exploraciones. En la siguiente tabla:

<b>NOMBRE DEL ENSAYO</b>	<b>USO</b>	<b>METODO MTC</b>	<b>ENSAYO ASTM</b>	<b>TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>PROPOSITO DEL ENSAYO</b>
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	E- 107	D422	200 gr.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Contenido de Humedad	Clasificación	E- 108	D2216	200 gr.	Determinar el contenido de humedad del suelo.

**Cuadro N° 02: Ensayos de Mecánica de Suelos Según Norma y Método**

**Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.**

### **Propiedades Físicas**

En cuanto a los ensayos a ejecutar, se explican y definen los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades físicas de los suelos y que permiten su clasificación.

### **Análisis Granulométrico por tamizado (MTC E-107)**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N°200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación.

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO MTC	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Límite Líquido	Clasificación	E - 110	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Límite Plástico	Clasificación	E- 111	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Plásticos y semi sólidos.
Índice Plástico	Clasificación	E- 108	D1241	200 gr.	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Proctor Modificado	Diseño de espesores	E-115	D1557	45.0 kg	Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los Suelos (Curva de Compactación).

El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al uso que se quiera dar al agregado.

### **Limite Liquido (MTC E-110) y Limite Plástico (MTC E-111)**

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

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido.

Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco.

El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Liquido (MTC E-110), y el contenido de humedad que pasa del estado plástico a semi seco es el Limite Plástico (MTC E-111).



### **Contenido de Humedad Natural (MTC E-108)**

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables.

Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

### **Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO**

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

el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

La totalidad de muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Piura "Facultad de Ingeniería de Minas"; los resultados se presentan en los Anexos "Registros de Excavación" y "Ensayos de Laboratorio de Suelos".

## **Propiedades Mecánicas**

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

### **Ensayo de Proctor Modificado (MTC E-1 15)**

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

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que, al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Pero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

### **California Bearing Ratio CBR (MTC E-132)**

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

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

**Cuadro N° 03: Valores de CBR resultantes en las 18 calicatas seleccionadas del cuadrante III**

<b>CUADRANTE</b>	<b>ETAP</b>	<b>CALICATA</b>	<b>CBR</b>
<b>CUADRANTE III</b>	PRIM ERA	C1	17.33
		C3	16.12
		C4	20.03
		C6	16.96
	SEGU NDA ETAP A	C1	19.72
		C3	12.3
		C5	19.95
		C7	19.48
		C9	19.04
		C10	17.3
	TERC ERA	C5	12.77
		C10	9.91
	CUA RTA ETA	C1	15.25
		C4	13.27
		C5	14.95
		C7	11.76
		C11	13.44
		C14	8.23

**Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.**

### **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

De acuerdo a la exploración efectuada mediante las calicatas C - 1 a C - 34, tal como se observa en el récord del estudio de exploración y en los resultados de Laboratorio adjuntados; el perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

Las excavaciones fueron hasta 1.50 metros de profundidad, y en ningún caso se encontró nivel freático.

## DESCRIPCION

CUADRANTE	ETAPA	CALICATA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
CUADRANTE III	PRIMERA ETAPA	C0 1	<u>De 0.00 a 0.15 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, con Muestra de color marrón claro.
			<u>De 0.15 a 0.30 mts.</u> (SM)	Arena limosa, estado suelto Muestra de color marrón claro.
			<u>De 0.30 a 0.40 mts. (ML)</u>	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón claro.
			<u>De 0.40 a 1.00 mts.</u> (SM)	Arena limosa, estado suelto Muestra de color marrón claro. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 1.00 a 1.50 mts. (ML)</u>	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón claro.
			<u>De 0.00 a 0.30 mts.</u> (Relleno)	Arena fina limosa, estado Muestra de color marrón claro.
		C0 2	<u>De 0.30 a 0.70 mts. (SP)</u>	Arena fina, estado compacto Muestra de color marrón claro
			<u>De 0.70 a 1.0 mts. (ML)</u>	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón arenoso, estado suelto
		C0 3	<u>De 1.0 a 1.5 mts. (ML)</u>	Muestra de color gris verdoso. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.00 a 0.20 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, con Muestra de color marrón claro.
			<u>De 0.2 a 0.9 mts. (SP)</u>	Arena fina, estado compacto Muestra de color marrón claro. (MATERIAL PARA CBR)
		C0 4	<u>De 0.9 a 1.5 mts. (ML)</u>	Limo, estado compacto. Muestra de color gris verdoso.
			<u>De 0.00 a 0.40 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, con Muestra de color marrón claro.
		C0 6	<u>De 0.4 a 1.5mt (SM)</u>	Arena limosa, estado compacto. presenta Muestra de color gris verdoso. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.00 a 0.40 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, con Muestra de color marrón claro.
		C0 8	<u>De 0.4 a 1.5mt (SP)</u>	Arena fina, con limo, limpia, Muestra de color marrón claro. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina limosa, estado suelto. con Muestra de color beige.
			<u>De 0.10 a 0.60 mts. (ML)</u>	Arena fina, estado compacto Muestra de color marrón
			<u>De 0.60 a 0.90 mts. (ML)</u>	Limo, estado compacto. Muestra de color gris verdoso.

CUADRANTE	ETAP	CALICAT	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
CUADRANTE E II	SEGUNDA ETAPA	C 1	<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
			<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (SP)	Arena fina, estado compacto, presenta humedad v raíces. Muestra de color marrón claro. (MATERIAL PARA CBR)
		C 2	<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
			<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (SP)	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón (MATERIAL PARA CBR)
		C 3	<u>De 0.00 a 0.80 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
			<u>De 0.80 a 1.50 mts.</u> (ML)	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón
		C 4	<u>De 0.00 a 0.40 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color gris claro
			<u>De 0.40 a 0.70 mts.</u> (SP)	Arena fina, estado compacto Muestra de color gris claro
		C 5	<u>De 0.70 a 1.5 mts.</u> (SP)	Arena fina, estado compacto. Presenta Muestra de color gris claro
			<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color gris claro
		C 6	<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (ML)	Arena fina, estado compacto. Presenta Muestra de color gris claro
			<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
		C 7	<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (ML)	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.00 a 0.60 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
		C 8	<u>De 0.60 a 1.50 mts.</u> (SP)	Limo, estado compacto. Muestra de color beige. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (ML)	Limo, estado compacto. Muestra de color marrón (MATERIAL PARA CBR)
		C 9	<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
			<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (SP)	Limo, estado compacto. Muestra de color beige. (MATERIAL PARA CBR)
			<u>De 0.00 a 0.10 mts.</u> (Relleno)	Arena fina, estado suelto, presenta Muestra de color beige.
			<u>De 0.10 a 1.50 mts.</u> (SM)	Arena fina limosa, estado Muestra de color beige. (MATERIAL PARA CBR)

	C 0	<b><u>De 0.00 a 0.50 m.:</u></b>	Clasificación AASTHO: A-3 (0) Arena pobremente graduada con Cerca del 90% de arena fina y cerca del 10% de
		<b><u>De 0.50 a 1.50 m.:</u></b>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja plasticidad. Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad media y
		<b><u>De 0.00 a 1.50 m.:</u></b>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja plasticidad Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad media y

CUADRANTE	ETAPA	CALICATA	PROFUNDIDA D	DESCRIPCIÓN
CUADRANTE III	TERCERA ETAPA	C05	<b><u>De 0.00 a 0.70 mts.</u></b>	Arena fina, estado suelto, con presencia de raíces. Muestra de color marrón claro.
			<b><u>De 0.7 a 1.5mt (ML)</u></b>	Limo, estado compacto Muestra de color gris verdoso. (MATERIAL PARA CBR)
		C07	<b><u>De 0.00 a 0.30 mts.</u></b>	Arena fina, estado suelto, con presencia de raíces. Muestra de color marrón claro.
			<b><u>De 0.30 a 1.10 mts.</u></b>	Arena fina, estado compacto. Muestra de color beige.
			<b><u>De 1.10 a 1.5 mts. (ML)</u></b>	Limo, estado compacto. Muestra de color gris verdoso. (MATERIAL PARA CBR)
			<b><u>De 0.00 a 0.40 mts.</u></b>	Arena fina, estado suelto, con presencia de raíces. Muestra de color beige.
		C09	<b><u>De 0.40 a 0.80 mts. (SP)</u></b>	Arena fina, estado compacto Muestra de color gris claro
			<b><u>De 0.80 a 1.5 mts. (SM)</u></b>	Arena fina, estado compacto, presenta partículas compacta Muestra de color gris claro (MATERIAL PARA CBR)
			<b><u>De 0.00 a 1.5 mts. (ML)</u></b>	Limo, estado compacto. Muestra de color gris claro (MATERIAL PARA CBR)

**Fuente: Estudio de suelos**

### **PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO**

En la zona de trabajo de campo no se registró presencia de nivel freático hasta la profundidad estudiada de 1.50 m. Pero su humedad natural es variable por debajo y cerca de su óptimo y es un indicio para prever que en periodos de lluvia su humedad natural aumentara.

#### **1.1.1. ESTUDIO DE TRAFICO**

El estudio de tráfico tiene como finalidad representar el flujo vehicular y saber las cargas que soportara el pavimento realizados para este proyecto de investigación teniendo en cuenta lo siguiente:

- Especificaciones del diseño estructural de la vía, considerando su tiempo de vida útil que para la presente investigación se este considerando 20 años.
- Elaboración de los estudios socio económico y ambiental con tratamiento de diferentes alternativas.

Para realizar proyectos de pavimentación los datos concretos del estudio de tráfico deben ser complementados con los resultados de los estudios socioeconómicos y ambientales. También es necesario mencionar que la demanda de transporte vehicular se define por el índice medio diario anual IMDA los que se deben complementar con los resultados del estudio de origen y destino, que definen los parámetros de comportamiento del tráfico.



CUADRANTE	ETA	CALICAT	PROFUNDID	DESCRIPCIÓN
CUADRANT E III	CUART A ETAPA	C0 3	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad,
		C0 4	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-4 (0) Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja plasticidad, dilatancia
		C0 5	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-3 (0) Arena pobremente graduada con Cerca del 90% de arena fina y cerca del
		C0 6	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad,
		C0 7	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad media
		C0 8	<u>De 0.00 a 0.50 m.:</u>	Se encontró material removido <del>de corte (relleno) Arena limosa</del>
			<u>De 0.50 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad,
		C0 9	<u>De 0.00 a 0.50 m.:</u>	Se encontró material removido <del>de corte (relleno) Arena limosa</del>
			<u>De 0.50 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-3 (0) Arena pobremente graduada con Cerca del 90% de arena fina y <del>cerca del 10% de finos</del>
		C1 0	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-4 (0) Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja plasticidad, dilatancia lenta,
		C1 1	<u>De 0.00 a 1.50 m.:</u>	Clasificación AASTHO: A-4 (0) Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja plasticidad, dilatancia

<b>CUARTA</b>	<b>C1 2</b>	<u><b>De 0.00 a 0.40 m.:</b></u>	Se encontró material removido <del>de corte (relleno) Arena limosa</del> Clasificación AASTHO: A-3 (0)
		<u><b>De 0.40 a 0.70 m.:</b></u>	Arena pobremente graduada con Cerca del 90% de arena fina y <del>cercas del</del>
		<u><b>De 0.70 a 1.50 m.:</b></u>	Clasificación AASTHO: A-6 (0) Arcilla arenosa de baja Cerca del 70% de finos arcillosos de baja plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad media
	<b>C1 3</b>	<u><b>De 0.00 a 1.50 m.:</b></u>	Clasificación AASTHO: A-4 (0) Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja
	<b>C1 4</b>	<u><b>De 0.00 a 0.20 m.:</b></u>	Se encontró material removido <del>de corte (relleno) arena limosa</del> Clasificación AASTHO: A-4 (0)
		<u><b>De 0.20 a 1.50 m.:</b></u>	Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja plasticidad, dilatancia
	<b>C1 5</b>	<u><b>De 0.00 a 1.30 m.:</b></u>	Se encontró material removido <del>de corte (relleno) Arena limosa</del> Clasificación AASTHO: A-4 (0)
		<u><b>De 1.30 a 1.50 m.:</b></u>	Limo arenoso. Cerca del 60% de finos limosos de baja

El diseño cumple y se basa en el capítulo 12 del Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC; así como para el diseño de pavimentos urbanos (Norma Técnica CE 010).

## **RESULTADOS**

### **VARIABLES DE DISEÑO**

#### **EJES DE CARGA EQUIVALENTE (EAL)**

La carga de tránsito que soportará el pavimento se expresa en términos de Ejes de Carga Equivalentes (EAL), que es el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 80 kN (18,000 lb) en una pasada de un eje dado. Fuente: Diseño AASHTO 1993.

#### **VARIABLE DEL TIEMPO**

Para el presente trabajo, se ha utilizado un nivel de carga, en términos de ejes equivalentes, correspondiente a un periodo de diseño de 20 años.

#### **SERVICIABILIDAD**

La metodología AASHTO define la serviciabilidad como la habilidad del pavimento para servir al tráfico que circulará en él. En el ensayo vial, se desarrolló una escala de 0 a 5 que representa las condiciones extremas de un pavimento: 5 para condiciones perfectas y 0 para un camino intransitable.

#### **CÁLCULO DE EJES DE CARGA EQUIVALENTE (EAL)**

Se ha considerado la recomendación establecida por el Manual de Carreteras EG-2013, referida a nivel de ejes equivalentes para vías colectoras, basados en una vida de diseño de 20 años. Considerando una condición crítica de las vías más cargadas en la urbanización, se trabaja para 950,000 EAL (novecientos cincuenta mil equivalentes) que equivale a un TP4.

**Cuadro N° 4** Numero de repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

**Fuente Estudio de Trafico**

**Cuadro N° 05:**

Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según el Rango de Trafico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

**Fuente Análisis del pavimento**

El EG-2013 para un TP4 se recomienda una serviciabilidad de 3.8, sin embargo; mantenemos el 4.2 de AASHTO para ser más conservadores.

### Cuadro N° 06:

Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según el Rango de Trafico

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

#### Fuente Estudio de Trafico

Se ha adoptado una serviciabilidad final de 2.0 y una serviciabilidad inicial de 4. 2..

### **1.1.2. DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO**

El Número Estructural (SN) es un número abstracto que representa la resistencia total de la estructura del pavimento para un determinado tipo de subrasante, condición de tráfico e índice de serviciabilidad al final de la vida útil.

#### **EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUBRASANTE**

##### **RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS**

En el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) para pavimentos se encuentra la información correspondiente a muestras extraídas de las calicatas, ubicadas a lo largo de las vías de la Tercera Etapa del Cuadrante III Teniendo en cuenta las características del sector analizado, se decidió obtener el valor soporte relativo CBR de 2 calicatas. En estos puntos, se han realizado otros ensayos para conocer las propiedades del suelo y determinar si es apto o no, para su uso como subrasante de pavimentos.

La descripción del material encontrado, así como los ensayos de laboratorio realizados al material extraído de cada una de las calicatas, se encuentran en la parte correspondiente del EMS respectivo.

### 3.1.3.1 CÁLCULO DE LOS CBR DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE

Determinación del CBR de diseño.

A continuación, en el cuadro N 07 se presentan los resultados de CBR obtenidos en cada una de las 2 calicatas exploradas por personal técnico a cargo del especialista encargado de la elaboración del EMS,

a lo largo de la vía propuesta. Cabe precisar que se ha utilizado el método especificado MTC E132,

del Manual de Ensayos para Materiales de Carreteras, EM 2000, que describe el procedimiento para determinar el valor soporte CBR sobre suelo preparado en laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad. Se ha usado la relación soporte para 0.1" de penetración.

**Cuadro N° 07:** Valores de CBR resultantes de las 6 calicatas.

ETAPA	CALICATA	CBR
TERCERA ETAPA	C5	12.77
	C10	9.91

Los valores de CBR serán agrupados para calcular un CBR único de diseño, con el que se diseñará el pavimento nuevo de la red de pavimentos de la zona residencial Miraflores Boulevard Park Plaza (III Cuadrante – 3era Etapa)

La metodología AASHTO 1993 establece que en la determinación del Módulo Resiliente de diseño se debe procurar un valor promedio (Part I, Pavement Design and Management Principles, 1.5 Roadbed Soil).



Para efectos de correlación entre el Módulo Resiliente (psi) y CBR propuesto en la Guía de 1993, ésta se basa en la ecuación  $M_r = 1500 \times CBR$  (según el NCHRP Project 128 del año 1972), válida para suelos finos de bajo valor soporte., la relación puede tener la forma  $M_r = 800 \times CBR$ . En general, se ha determinado que la correlación con el CBR varía entre 700 y 3000.

Se debe señalar que en total se analizaron 34 calicatas entre el cuadrante II y Cuadrante III,

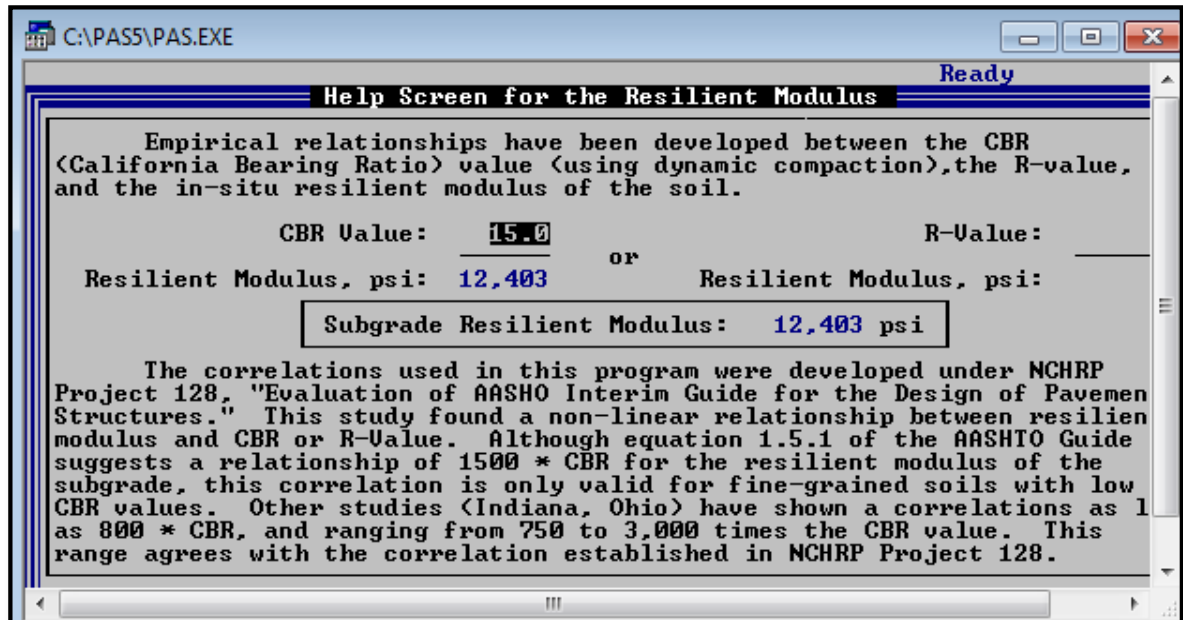
de las cuales 2 de ellas pertenecen a la Tercera Etapa del Cuadrante III. La determinación del diseño de CBR propuesto se basa en el promedio de las calicatas analizadas.

En base a los certificados y promediando los valores de los CBR totales obtenidos de las 34 calicatas (Cuadrantes II y III), se encuentra que el valor del CBR de diseño de la subrasante para las vías internas del proyecto Cuadrante II, tercera etapa es de **CBR = 15%**.

Luego, utilizando el Software de diseño PAS5, la relación para calcular el Módulo Resiliente. La figura N° 03 muestra el Software de diseño PAS5 con el CRB analizado.

Imagen N° 07

Software de diseño PAS5



Por tanto, para el valor de **CBR de 15.0 %**, le corresponde un Módulo Resiliente **12,403 psi**.

## **CAPITULO IV**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS**

De acuerdo con el Manual EG-2013 del MTC, existe una correlación de la clasificación del suelo con el valor de CBR para determinar la calidad de la subrasante. De acuerdo al cuadro N 08, el valor del Soporte Relativo debe ser como mínimo 20%, para que una subrasante sea considerada muy buena.

## Cuadro N 08

### Categoría de la Subrasante con relación a la calidad del suelo

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO

#### 4.1.1 RESULTADOS PARCIALES

En base al promediando los valores de los CBR totales obtenidos de las 34 calicatas para la elaboración del diseño general (Cuadrante II y II), los valores determinados en las calicatas varían entre 8.23 % y 20.03%. El valor más bajo ha sido obtenido en la calicata C - 14 de 8.23% (4ta Etapa-Cuadrante III).

El siguiente valor no tan bajo corresponde a la calicata C - 13 igual a 9.24% (4ta Etapa – Cuadrante II). Según el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013, para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC, se considerarán como materiales aptos para las capas de subrasante suelos con CBR > 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), y las calicatas mínimas (C13 y C14) se encuentran dentro del rango de subrasantes regulares,

en donde la conformación de terraplén debe aportar un mejoramiento de la calidad.

Las calicatas restantes pertenecen a subrasantes buenas y muy buenas, con CBR hasta 20.03%.

Por otro lado, La relación Humedad – Densidad, define las características de compactación del suelo. A un cierto nivel de humedad (humedad óptima), la subrasante podrá compactarse alcanzando una densidad seca máxima (resultados obtenidos del Ensayo Próctor). Para ello es necesario conocer la humedad natural del suelo, la cual se indica en los ensayos del Estudio de Suelos.

La determinación de la humedad natural permitirá compararla con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Próctor. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, se realizará la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se deberá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado.

Para la subrasante y terraplén, la compactación necesaria en campo debe ser no menor al 95% de la Densidad Seca Máxima obtenida del Ensayo Próctor Modificado.

También se debe tener en cuenta que suelos con un hinchamiento mayor a 2%, no son aptos para su uso vial (como subrasante).

En estos casos, son necesarias medidas de estabilización o cambio total del material.

De acuerdo a las características antes mencionadas, es necesario evaluar el suelo de cada calicata para verificar si puede ser usado como subrasante. En caso contrario, será necesario cambiar el material y colocar otro suelo más adecuada y de mejor propiedad.

Teniendo en cuenta esa consideración, en el Estudio de Suelos se determinó que ninguna muestra de suelo presenta características de riesgo en lo que respecta a hinchamiento. Por tanto no se requerirá ningún tipo de tratamiento o reemplazo de suelo perjudicial. Después de que la subrasante ha sido conformada según el alineamiento rasante y sección transversal correspondiente, deberá ser completamente compactada.

## MATERIAL DE BASE Y SUBBASE

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC, se debe buscar un material para base granular que cumpla con un CBR de entre 80 y 100 % y compactada al 100% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado según ensayos empíricos, Asimismo, se requiere una subbase granular con un CBR de 40 % como mínimo y compactada al 100% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado según ensayos empírico para la base se recomienda la Gradación B.

### Cuadro N° 09

Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ( $\frac{3}{8}$ " )	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente norma tecnica MTC EG 2013

### Cuadro N° 10

Requerimientos granulométricos para agregado grueso:

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

### Cuadro N° 11

Requerimientos granulométricos para agregado fino

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

Con un índice de plasticidad máximo de 4%.

Los ensayos para realizarse en la base son los siguientes:

### Cuadro N° 12

Ensayos y frecuencias para base granular

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m³	Cantera (2) y pista
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m³	Pista
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m³	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m³	Pista
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m³	Cantera (2) y pista
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m³	Cantera (2) y pista
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 4718	T191	250 m³	Pista
		MTC E 124	D 2922	T238		

#### Fuente norma técnica MTC EG 2013.

Para la compactación de la base las determinaciones de la densidad se efectuarán cuando menos una vez por cada 250 m<sup>2</sup> y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 medidas de densidad, exigiéndose que los valores individuales ( $D_i$ ) sean iguales o mayores al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado ( $D_e$ ).

$$D_i > D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 1,5$  % respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el ensayo Próctor Modificado.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.



De acuerdo con el registro de canteras existente en la Región, se han identificado una serie de canteras de donde se puede obtener mezclas de suelos de buena calidad para su uso como material de base y subbase.

Para efectos de diseño, se tendrá en cuenta las siguientes referencias:

- **Material de base:**

55 % de material de cantera Obrilla y 45% de material de cantera Santa Cruz o similar que cumpla con valor CBR.

CBR: 80 %

- **Material de subbase:**

100 % de material de cantera Obrilla o similar que cumpla con valor CBR.

CBR:40%

- **Terraplén**

**CBR: 20 %**

El diseño cumple y se basa en el capítulo 12: "Pavimentos Flexibles" de Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" del MTC (Cuadro N° 04 Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño). En este manual, el tráfico que usamos para diseñar, es el máximo para caminos de bajo tránsito, en el que incluimos pavimentos urbanos.

Es el tráfico tipo TP4 (den 750 mil a 1 millón de ejes equivalentes, en el carril y periodo de diseño), en nuestro caso 950 mil ejes equivalentes.

#### **4.1.2. RESULTADOS GENERALES**

##### **MATERIAL PARA MEZCLAS DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE**

De acuerdo con los estudios de canteras y de la experiencia en construcción de carreteras en la Región Piura, el material recomendado para la fabricación de mezcla asfáltica debe provenir de la Cantera Cerro Mocho.

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de Carreteras del MTC, se debe buscar un material que cumpla con los requisitos de granulometría de acuerdo con un huso establecido.

Además, se debe tener en cuenta ciertas características referidas a la adherencia del agregado grueso y del agregado fino, así como requisitos de plasticidad de la fracción fina.

Para la mezcla asfáltica se recomienda verificar en obra, una fórmula que se ajuste a la gradación de mezclas asfáltica MAC – 2 de las Especificaciones Técnicas Generales. Esta mezcla de agregados puede producirse a partir de los materiales provenientes de las canteras autorizadas, como puede ser agregado triturado de la cantera Vice, arena de cantera Cerro Mocho y de ser necesario, relleno mineral que puede ser cemento Portland.

### Cuadro N° 13

Requerimientos de gradación granulométrica para Mezcla Asfáltica en caliente (MAC 2).

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente norma tecnica MTC EG 2013

El diseño de la mezcla asfáltica en caliente utilizando la metodología Marshall, se debe realizar utilizando asfalto PEN 60 – 70 proveniente de la Refinería de Talara. El porcentaje de asfalto requerido debe ser diseñado en laboratorio y verificado con la fórmula de obra.

De acuerdo a las características de los agregados de la Región (presencia de sales), es recomendable considerar la incorporación de aditivo mejorador de adherencia en la fabricación de mezclas de concreto asfáltico en caliente.

Se recomienda que la compactación deberá comenzar, una vez esparcida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta temperatura-viscosidad.

Se recomienda que la compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora.

Respecto al muestreo; el manual indica dos muestras por día para verificar Ensayo de Marshall, Granulometría y Contenido de asfalto; dichas muestras se registrarán con ubicación exacta y posteriormente se realizará el ensayo de diamantina en el mismo lugar donde se extrajeron las muestras.

La EG 2013 indica que la densidad media del tramo (densidad dada por ensayo de diamantinas) deberá ser cuando menos el 98 % de la media obtenida al compactar en laboratorio las probetas obtenidas en las jornadas de trabajo.

## CONFIABILIDAD (R %)

La variable de confiabilidad se entiende como un factor de seguridad. Este parámetro se define como la probabilidad de que una sección del pavimento se comporte satisfactoriamente durante el periodo de diseño bajo las condiciones de tráfico determinadas. La selección del nivel apropiado de confiabilidad dependerá del tipo de tráfico y de la calidad de servicio que se provee.

AASHTO establece recomendaciones generales indicadas en la tabla que se presenta a continuación (ver Cuadro N° 14).

### Cuadro N° 14:

Valores de Confiabilidad (%) recomendados por AASHTO.

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
RUTAS INTERESTATALES Y AUTOPISTAS	85 – 99.99	80 – 99.99
ARTERIAS PRINCIPALES	80 – 99	75 – 99
COLECTORAS	80 – 95	75 – 95
LOCALES	50 – 80	50 – 80

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

De acuerdo con las características del presente diseño, se ha considerado conveniente trabajar con una **Confiabilidad de 85 %** (considerando las vías principales como vías colectoras) por ser más conservador.

## DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL

La desviación estándar refleja qué tan bien el ensayo vial de AASHTO es compatible con las ecuaciones de diseño.

En otras palabras, a medida que el valor de la desviación estándar es menor, mejor se ajustará el modelo a los datos del proyecto. Teniendo en cuenta que el modelo usado para el diseño corresponde al de un pavimento nuevo y dado que no existirán variaciones del suelo de subrasante, el valor seleccionado es de **0.40**.

## COEFICIENTE DE CAPA ( $a_i$ )

Los coeficientes de capa son coeficientes estructurales que representan los aportes de las distintas capas de la estructura del pavimento.

En el caso de las capas granulares, es deseable que la capa superior tenga siempre mayor capacidad estructural que la inferior. Esto es, la base granular tendrá mayor aporte que la sub-base y ésta que la sub-rasante. En el cuadro siguiente se indican los coeficientes de aporte estructural recomendados cuando se construyen capas de buena calidad.

Teniendo en cuenta las características de los materiales de base y sub-base asumidas en el presente diseño y considerando además una superficie de rodadura de alta estabilidad (pavimento flexible). En el cuadro 15 se pueden apreciar los coeficientes asumidos en el diseño y en el cuadro 16 muestra en aporte estructural de las capas componentes del pavimento.

**CUADRO N 16 .Aporte Estructural de las capas componentes del pavimento a1.**

**Fuente norma tecnica MTC EG 2013.**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Capeta Asfáltica en Caliente, módulo 2.965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Capeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micro pavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR: 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR: 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SubBASE</b>			
Sub Base Granular CBR: 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR: 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $>$ 15'000,000 EE

## COEFICIENTES DE DRENAJE (MI)

Las condiciones de drenaje de las capas granulares son consideradas a través del coeficiente “MI” en base a las condiciones de drenaje señaladas a continuación, en el cuadro N 16

### CUADRO N 17

Condiciones de drenaje

DRENAJE	AGUAS ELIMINADAS NATURALMENTE EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	(el agua ni drena)

**Fuente norma tecnica MTC EG 2013.**

Teniendo en cuenta el porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra expuesto a grados de humedad próximos a la saturación, se selecciona el valor de “MI” según el cuadro adjunto proporcionado por AASHTO (Ver Cuadro N° 17).



### Cuadro Nº 18.

Coefficiente de Drenaje. Porcentaje del tiempo, en que el pavimento estará expuesto a humedades próximas a la saturación.

CONDICIÓN DEL DRENAJE	PORCENTAJE DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
	Menos de 1%	1-5%	5-25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.4	0.40

#### Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

La estimación del coeficiente drenaje se ha realizado en base a los resultados obtenidos por el Estudio de Suelos. En las calicatas exploradas no se ha encontrado evidencia de Nivel Freático, por lo cual la posibilidad de tener agua subterránea que afecte el paquete estructural, es baja.

Por otro lado, el diseño de un sistema de drenaje superficial que garantiza una adecuada evacuación superficial de las aguas, reduce la posibilidad de saturación de bases producto de agua que se infiltra. Sin embargo, aún con las debidas previsiones de drenaje superficial, debido a la calidad del suelo encontrado se ha creído conveniente considerar una condición conservadora, para lo cual se asume un valor de **coeficiente de drenaje para la base y subbase (MI) igual a 1.0.**

## 4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS

### DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

Tomando como base los parámetros de diseño, la calidad de la subrasante y la carga de tráfico, se procederá a diseñar el paquete estructural de pavimento flexible para las vías internas del proyecto Urbanización Miraflores Country Club, III cuadrante, 3era etapa.

En primer lugar, se calcula el Número Estructural (SN). Una vez obtenido el Número Estructural del pavimento, se calcula el espesor de cada una de las capas con la siguiente ecuación:

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

Donde:

**SN:** Número estructural requerido

**$a_{1,2,3}$ :** Coeficiente estructural de cada capa del pavimento, incluyendo el mejoramiento

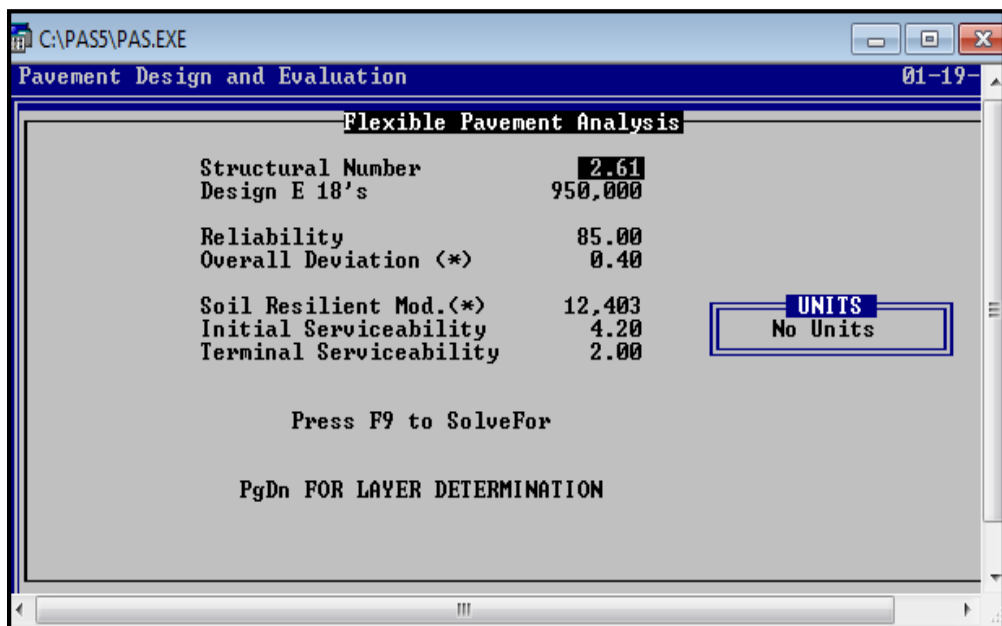
**$m_{2,3}$ :** Coeficiente de drenaje, incluyendo el mejoramiento del suelo

**$d_{,}$ :** Espesores de capas del pavimento, incluyendo el mejoramiento del suelo

Para calcular el paquete estructural del pavimento flexible se ha contado con la ayuda del Programa PAS 5 (Pavement Analysis Software), el cual sigue la metodología indicada en la norma AASHTO 1993. A continuación, se presenta el resultado del diseño del tramo de carretera.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Utilizamos el software PAS5 como ayuda para calcular los parámetros necesarios para el diseño del paquete estructural. A continuación, se muestra la pantalla con todos los datos ingresados (Figura 4), previo al cálculo del Número Estructural, SN:



**Imagen N° 08**

**Software PAS5 para calcular parámetros de diseño.**

El Número Estructural calculado, SN resulta igual a **2.61**.

$$SN = a_1 d_1 + a_2 m_2 d_2 + a_3 m_3 d_3 + a_4 m_4 d_4$$

Finalmente, se presenta la hoja de cálculo con los espesores del paquete estructural que cumple con el SN requerido, incluyendo los coeficientes de capas de la carpeta asfáltica, la base y subbase, así como el terraplén de conformación de subrasante, de acuerdo con la siguiente ecuación:

**IMAGEN N° 09**

The screenshot shows the 'FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS DETERMINATION' window. It displays a table with columns for Layer Number, Layer(\*) Coefficient (a(i)), Drainage Coefficient (m(i)), Layer Thickness (t), and a(i)\*Cd\*t. The results for layers 2 through 6 are shown. At the bottom right, the 'SN Required' is listed as 2.61, and the calculated 'σ' is 2.62. A 'UNITS' box at the bottom left is set to 'No Units'.

Layer Number	Layer(*) Coefficient a (i)	Drainage Coefficient m (i)	Layer Thickness t	a(i)*Cd*t	Addition Thickne Neede
Upper	0.43	1.00	1.97	0.85	
2	0.13	1.00	5.91	0.77	
3	0.11	1.00	5.91	0.65	
4	0.09	1.00	3.94	0.35	
5					
6					
				σ 2.62	
				SN Required = 2.61	<Ok>

**Software PAS5 para calcular SN**

De la Imagen N° 08 se puede apreciar que el SN obtenido es 2.62, superior al requerido de **2.61**.

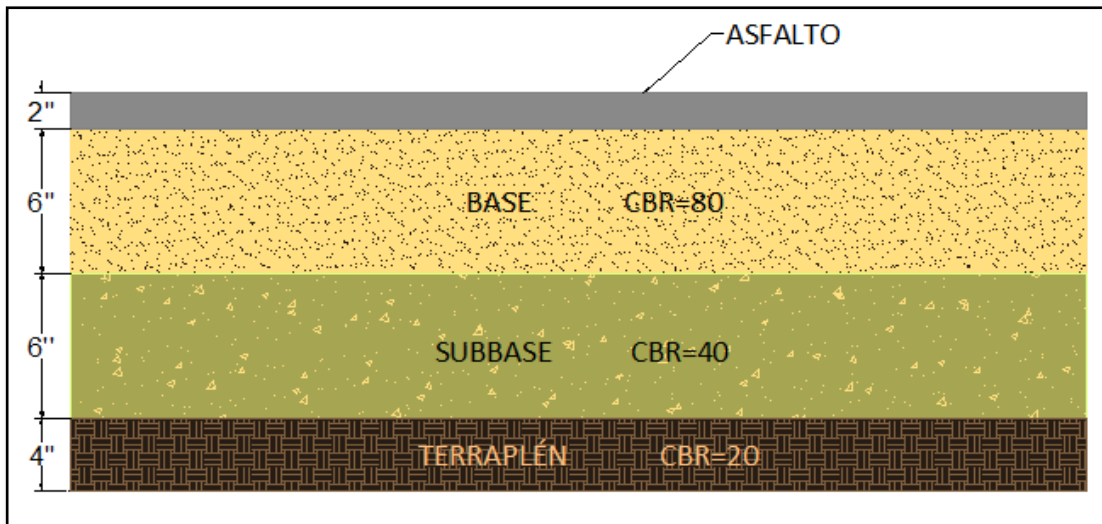
Por tanto para un periodo de 20 años, la estructura de pavimento tendría las siguientes características:

- Carpeta Asfáltica: 2.00 pulgadas (5 cm)
- Capa Base: 6.00 pulgadas (15 cm)
- Capa sub base: 6.00 pulgadas (15 cm)
- Terraplén: 4.00 pulgadas (10 cm)

#### 4.3. DISCUSION DE RESULTADOS

#### DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL RECOMENDADO

Grafico N° 1



## DISEÑO DE VEREDAS

Para el diseño de veredas se han tenido en cuenta las recomendaciones del estudio de suelo con respecto a la calidad del suelo (posible contenido de sales). Teniendo en cuenta este aspecto, es recomendable realizar un reemplazo de 10 cm de material de subrasante de veredas, con material granular tipo 1, graduación "B" de la especificación AASHO M 147 a fin de neutralizar la agresión del suelo al concreto.

Posteriormente se colocará una capa de 10 cm de material afirmado de base y luego, una losa de 10 cm de concreto con una resistencia a la compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup> y en caso se una vereda de 2.40 m de ancho a más la losa será de 12.5 cm. El concreto sera premezclado fabricado con cemento tipo MS o similar.

Por tanto la sección de la estructura de vereda queda de la siguiente manera:

- ✓ Losa de concreto 175 Kg/cm<sup>2</sup> : 10 cm
- ✓ **Base de material afirmado** : **10 cm**
- ✓ **Mejoramiento de subrasante** : **10 cm**

Las veredas deben contar con sardineles de por lo menos 15 cm de desnivel con respecto al pavimento terminado, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en el estudio de drenaje.

Y para veredas de más de 2.40 m se debe añadir un sardinel en la parte central de 10 cm de altura.

La altura de veredas quedará definida por la pendiente longitudinal y transversal que se le dará al pavimento, según el diseño arquitectónico y las pendientes de escurrimiento.

## **CAPÍTULO V:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

1. Después de hacer el análisis del diseño del paquete estructural y evaluación del pavimento flexible en su comportamiento al paso de las cargas en la habilitación urbana miraflores country club boulevard park plaza cuadrante 3 – iii etapa – calle 11 castilla – Piura, se llegó a la conclusión de que el CBR de la capa sub base y base del paquete estructural es el adecuado y está dentro de los parámetros para el diseño.
2. La sub rasante del proyecto a nivel de corte está conformado por una arena limosa (SM), presentando el CBR con rangos muy bajos, siendo el más desfavorable el de 9.91%; esta magnitud no permitiría considerar una buena calidad de la sub rasante.



3. Inicialmente se consideró el diseño del pavimento flexible con un paquete estructural de 55 cm, la base y la sub base con afirmado con un espesor de 25 cm. cada una y la carpeta asfáltica de 5 cm; al mejorar la sub rasante con un terraplén de afirmado de 10 cm. de espesor, las dimensiones se modificaron a una base y sub base de afirmado de 15 cm. de espesor cada una y una carpeta asfáltica de 5 cm el nuevo paquete estructural de 35 cm.
  
4. Teniendo en cuenta el estudio hidrológico con respecto a la evacuación de aguas pluviales, en el proyecto se han considerado secciones transversales y longitudinales que garanticen la vida útil proyectada del pavimento flexible; después de la ocurrencia del Fenómeno del Niño Costero, se observa que estos pavimentos no han sufrido deterioro a consecuencia de la gran cantidad de agua pluvial escurrida.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1. En la mayoría de suelos de Piura predominan tipos de suelos cuyo CBR no son adecuados, se recomienda el mejoramiento de la sub rasante con un terraplén de mejores características que el suelo natural, para mejorar el CBR y así disminuir las dimensiones del paquete estructural en las capas de la base y sub base.
  
2. Considerando que el terreno natural de la zona del proyecto es de baja calidad, se aprobó el mejoramiento de la sub rasante, con un terraplén de 10 cm, cuyo material contiene mejores características que el terreno natural; el proceso constructivo debe ser adecuado de tal manera que al realizar los ensayos normados se deben obtener resultados óptimos.

3. en el proyecto ejecutado la sub rasante se obtuvo que su CBR sea no menor a 20% y las pruebas de compactación con una densidad no menor del 90% del proctor modificado.
4. Con respecto a la presencia de aguas pluviales en la ciudad de Piura, debemos tener en cuenta siempre en la elaboración de los proyectos de habilitaciones urbanas, el estudio hidrológico de la zona y en base a esta información definir el diseño de evacuación pluvial con un drenaje adecuado, para evitar el deterioro de los pavimentos flexibles y garantizar la vida útil del proyecto.
5. Se recomienda que para el diseño del paquete estructural del pavimento de utilicen los datos obtenidos y calculado de la estación N°01 (E-02) debido a que estos datos son los más desfavorables para el diseño y se tome como periodo de diseño 20 años como mínimo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**Álvaro Córdova, Denis José (2016);** “Las patologías permanentes en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en la av. guardia civil tramos desde la Sánchez Cerro y el terminal terrestre de Castilla – distrito de Castilla – provincia de Piura.”

**Burgos Vásquez Valdivia, Bruno Milton (2014);** “Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r. santa Elvira – el arenal, en la comuna de Valdivia – Chile.”

**Delgado Egoavil, Fabiola Abigail (2012);** “Diseño del pavimento de un aeropuerto – Punta Hermosa.”

**Gómez Vallejos, Susan Jackelin (2014);** “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La libertad – Perú.”

Norma **AASHTO** 98 para diseño de pavimentos rígidos.

Reglamento nacional de edificación con la norma (**RNE**) 2016. 473p**CE.010** para pavimentos urbanos. De la página 79 a la 109.

**Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel (2009)**; “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero - Castilla – Piura.”

**Tabares Gonzales; Roberto (2005)**; “Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase 1 de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea - Colombia.”

**ANEXO 1.**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

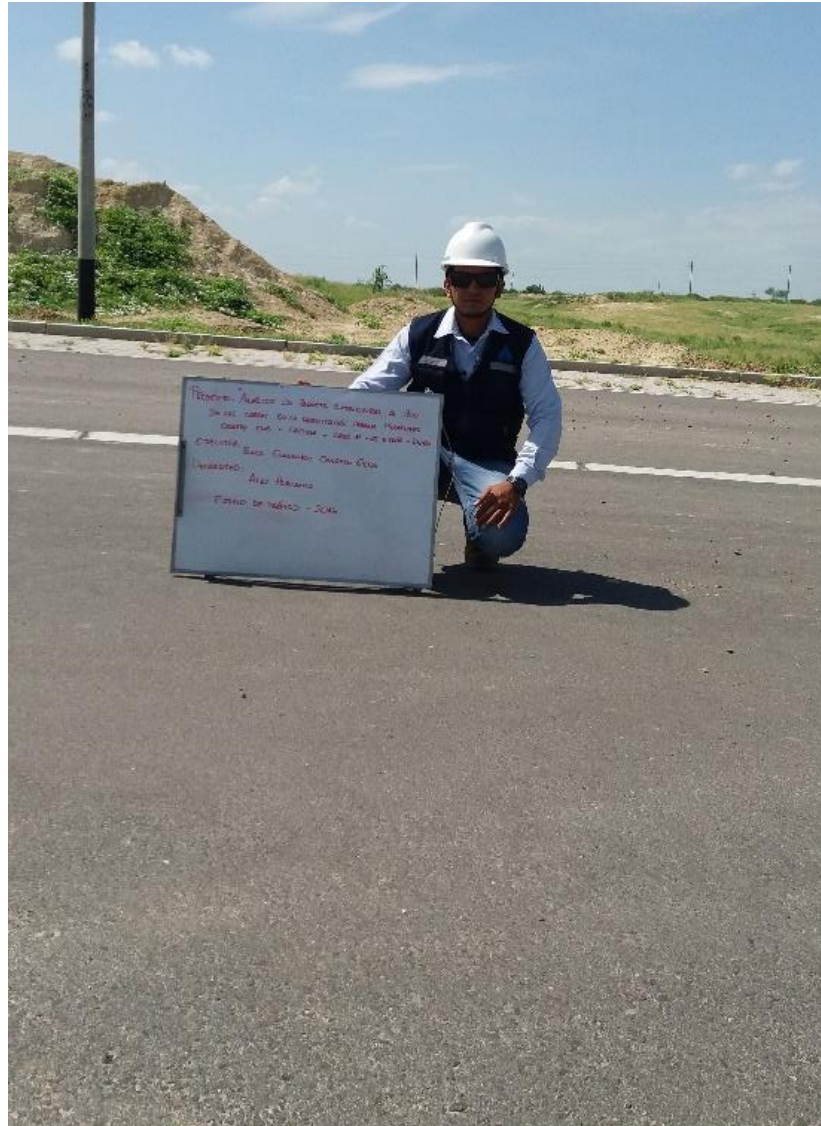
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>VARIABLE DE LA INVESTIGACION</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Cómo influye realizar el análisis del diseño del paquete estructural y la evaluación del pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.?	Con este análisis demostraremos que el paquete estructural es apto para colocarse, así evitaremos alguna deformar futura en el pavimento de la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.	Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.	Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.	Se define como paquete estructural a toda la conformación de la estructura del pavimento, en el caso de pavimento flexible seria: base y sub base y carpeta de rodadura que es la carpeta asfáltica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mecánica de suelos</li> <li>b) Materiales</li> <li>c) Diseño de concreto</li> </ul>
<b>PROBLEMA ESPECIFICO</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICA</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>VARIABLE DE LA INVESTIGACION</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Por qué surge la necesidad de contar con pistas y veredas en MIRAFLORES BOULEVARD PARK PLAZA?  ¿Por qué es necesario saber las características estructurales de los pavimentos a construir?	El estudio de mecánica de suelos determinara que tiene de material debemos utilizar para que nuestro paquete estructural sea el correcto al momento de aplicarlo, del mismo modo verificaremos si el suelo donde se construirá el pavimento está apto o se deberá mejorar.	Realizar un adecuado estudio de mecánica de suelos y evaluar las condiciones geo mecánicas del terreno en el que se construirá la vía y hacer un buen diseño de pavimento utilizando los parámetros ya establecidos por la norma en vigencia AASHTO 98 para pavimentos flexibles.	Analizar el diseño del paquete estructural y evaluar el pavimento en su comportamiento al paso de las cargas en la HABILITACIÓN URBANA MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA CUADRANTE 3 – III ETAPA – CALLE 11 CASTILLA – PIURA.	Se define como paquete estructural a toda la conformación de la estructura del pavimento, en el caso de pavimento flexible seria: base y sub base y carpeta de rodadura que es la carpeta asfáltica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mecánica de suelos</li> <li>b) Materiales</li> <li>c) Diseño de concreto</li> </ul>

## FOTOGRAFIAS TOMADAS EN LA VIA EN ESTUDIO



**IMAGEN N° 10:** Vista Panorámica de la zona de Estudio.

**Fuente:** Elaboración Propia (Estudio de Trafico)



**IMAGEN N° 11:** Estudio de tráfico – Calle 11

**Fuente:** Elaboración Propia (Estudio de Suelos)

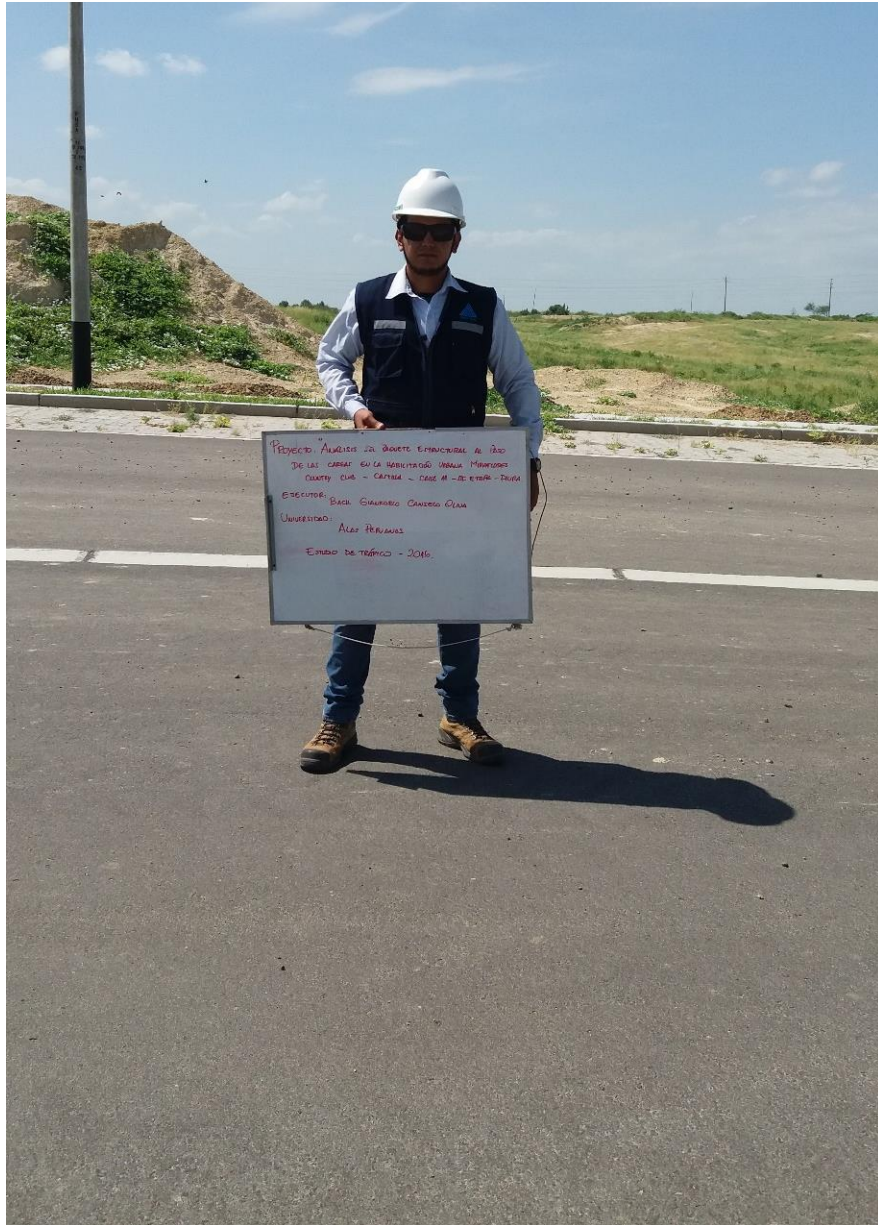


**IMAGEN N° 12: Pozo De Calicata C – 5**

**Fuente: Elaboración Propia (Estudio de Suelos)**







**IMAGEN N° 14:** Estación de Conteo Vehicular E - 01

**Fuente:** Elaboración Propia (Estudio de Trafico)



**IMAGEN N° 15: Colocacion de afirmado para capa base**

**Fuente: Elaboración Propia**



**IMAGEN N° 16: Imprimación de base para colocación de carpeta asfáltica**

**Fuente: Elaboración propia**



**IMAGEN N° 17: Colocación de carpeta asfáltica – calle 11**

**Fuente: Elaboración Propia**

### **ANEXO 03: Artículo científico**

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL Y EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN SU COMPORTAMIENTO AL PASO DE LAS CARGAS EN LA HABILITACION URBANA DE MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA – CUADRANTE 3 III ETAPA CALLE 11 - CASTILLA – PIURA 2017”**

**“ANALYSIS OF THE DESIGN OF THE STRUCTURAL PACKAGE AND EVALUATION OF THE FLEXIBLE PAVEMENT IN ITS BEHAVIOR TO THE STEP OF THE CHARGES IN THE URBAN ENABLING OF MIRAFLORES COUNTRY CLUB BOULEVARD PARK PLAZA - QUADRANT 3 III STAGE STREET 11 - CASTILLA - PIURA 2017”**

Giankarlo Canseco Oliva

#### **RESUMEN**

Para el desarrollo de los pueblos es necesario la comunicación entre ellos para el intercambio de bienes y servicios, mejoras que se ven reflejados en la calidad de vida de la comunidad así mismo, tener lugares adecuados para desarrollarse generan mayores fuentes de trabajo y bienestar considerando la morfología de la zona la geodinámica externa como el movimiento de las arenas eólicas.

Para el desarrollo de la evaluación de la Habilitación urbana de Miraflores Boulevard Park Plaza – Cuadrante 3 III Etapa Calle 11 – Castilla se ha realizado el análisis del paquete estructural características geológicas del terreno y la caracterización de los materiales y el tipo del pavimento a utilizar aspectos climáticos como la pluviometría y zonas de evaluación es relación al riesgo geológico.

Así mismo se ha realizado el análisis para los agregados componentes de la mezcla asfáltica, que característica deberá tener el diseño de la mezcla asfáltica en caliente y su comportamiento estructural al paso vehicular así como su funcionabilidad y características del proceso constructivo todo en concordancia con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el desarrollo de la tesis se tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de fundación para determinar de manera precisa que diseño será el más adecuado por lo cual se deberá de considerar el **Análisis del Diseño del Paquete Estructural y Evaluación de su Comportamiento al Paso de las Cargas.**

**PALABRAS CLAVES: Análisis del Diseño del Paquete Estructural, Evaluación del Comportamiento, Paquete estructural.**

## **ABSTRACT**

For the development of peoples is necessary communication between them for the exchange of goods and services, improvements that are reflected in the quality of life of the community at the same time, they have appropriate places to develop generate greatest sources of labor and welfare considering the morphology of the area the Geodynamics external as the movement of the sand wind.

For the development of the evaluation of the urban habilitation of Miraflores Boulevard Park Plaza - Quadrant 3 III stage Street 11 - Castilla has been the analysis of the structural package geological features of the terrain and the characterization of materials and the type of pavement using climatic aspects as the rain gauge and evaluation areas is relation to geological risk.

Likewise, has done the analysis for asphalt mix aggregate components, hot and its structural behavior to step vehicle as well as its functionality and features of the construction process everything in accordance with the technical specifications of the Ministry of transport and communications.

In the development of the thesis, the geotechnical characteristics of the foundation site are taken into account in order to determine precisely which design will be the most appropriate. Consideration should be given to the Structural Package Design Analysis and Evaluation of its behavior to the Step of the Charges.

**KEY WORDS: Structural Package Design Analysis, Behavioral Assessment, Structural Package.**

## INTRODUCCIÓN

Los pavimentos, por las formas en que se transmiten las cargas a la subrasante pueden ser pavimentos flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos mixtos. En el periodo de vida de los pavimentos flexibles se presenta problemas de fallas, los cuales pueden ser: asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, sus deformaciones, las condiciones de drenaje y sub-drenaje, etc. El pavimento requiere de conservación y mantenimiento, eficiente, rápida y económica. Dado la necesidad de lograr que nuestras construcciones en la habilitación urbana de Miraflores Boulevard park plaza en el distrito de Castilla se desarrollen con la calidad correspondiente, es necesario evaluar el estado de las construcciones actuales de los pavimentos, y la determinación del número de avenidas afectadas por alguna patología del asfalto, concreto y conociendo cual es la patología que tiene mayor incidencia en los pavimentos, es que podremos evaluar y proponer las recomendaciones. Los problemas de naturaleza como sismos, lluvias, rápida expansión del tráfico, falta de mantenimiento y conservación, deficiencia en sus construcciones, nos hacen reflexionar sobre la necesidad de evaluar las construcciones de pavimento.

Tal procedimiento lo veremos detalladamente en el siguiente proyecto llamado: “Análisis del diseño del paquete estructural y evaluación de del pavimento de su comportamiento al paso de las cargas en la habilitación urbana de Miraflores boulevard park plaza – cuadrante 3 III etapa calle 11 - Castilla - Piura”

La presente tesis se desarrolla en 5 capítulos, los cuales los mencionare a continuación:

En el capítulo I, se considera la descripción de la realidad problemática, delimitaciones de la investigación, planteamiento del problema de investigación, objetivos de la investigación, formulación de la hipótesis de la investigación, variables de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, justificación e importancia de la investigación.

En el capítulo II se considera, antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos.



En el capítulo III se considera, análisis cuantitativo de la variable.

En el capítulo IV se considera, la interpretación de los resultados.

En el capítulo V se consideran, las conclusiones y recomendaciones.

## HIPOTESIS

El estudio de mecánica de suelos determinara que tiene de material debemos utilizar para que nuestro paquete estructural sea el correcto al momento de aplicarlo, del mismo modo verificaremos si el suelo donde se construirá el pavimento está apto o se deberá mejorar.

## PRESENTACION DE RESULTADOS

De acuerdo con el Manual EG-2013 del MTC, existe una correlación de la clasificación del suelo con el valor de CBR para determinar la calidad de la subrasante. De acuerdo al cuadro N 08, el valor del Soporte Relativo debe ser como mínimo 20%, para que una subrasante sea considerada muy buena.

### Cuadro N 08

#### Categoría de la Subrasante con relación a la calidad del

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

suelo

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO

## RESULTADOS PARCIALES

En base al promediando los valores de los CBR totales obtenidos de las 34 calicatas para la elaboración del diseño general (Cuadrante II y III), los valores determinados en las calicatas varían entre 8.23 % y 20.03%. El valor más bajo ha sido obtenido en la calicata C - 14 de 8.23% (4ta Etapa - Cuadrante III).

El siguiente valor no tan bajo corresponde a la calicata C - 13 igual a 9.24% (4ta Etapa – Cuadrante II). Según el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013, para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC, se considerarán como materiales aptos para las capas de subrasante suelos con CBR > 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), y las calicatas mínimas (C13 y C14) se encuentran dentro del rango de subrasantes regulares, en donde la conformación de terraplén debe aportar un mejoramiento de la calidad.

Las calicatas restantes pertenecen a subrasantes buenas y muy buenas, con CBR hasta 20.03%.

Por otro lado, La relación Humedad – Densidad, define las características de compactación del suelo. A un cierto nivel de humedad (humedad óptima), la subrasante podrá compactarse alcanzando una densidad seca máxima (resultados obtenidos del Ensayo Próctor). Para ello es necesario conocer la humedad natural del suelo, la cual se indica en los ensayos del Estudio de Suelos.

La determinación de la humedad natural permitirá compararla con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Próctor. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima,

se realizará la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad

óptima y según la saturación del suelo, se deberá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado.

Para la subrasante y terraplén, la compactación necesaria en campo debe ser no menor al 95% de la Densidad Seca Máxima obtenida del Ensayo Próctor Modificado.

También se debe tener en cuenta que suelos con un hinchamiento mayor a 2%, no son aptos para su uso vial (como subrasante).

En estos casos, son necesarias medidas de estabilización o cambio total del material.

De acuerdo a las características antes mencionadas, es necesario evaluar el suelo de cada calicata para verificar si puede ser usado como subrasante. En caso contrario, será necesario cambiar el material y colocar otro suelo más adecuada y de mejor propiedad.

Teniendo en cuenta esa consideración, en el Estudio de Suelos se determinó que ninguna muestra de suelo presenta características de riesgo en lo que respecta a hinchamiento. Por tanto no se requerirá ningún tipo de tratamiento o reemplazo de suelo perjudicial. Después de que la subrasante ha sido conformada según el alineamiento rasante y sección transversal correspondiente, deberá ser completamente compactada.

## MATERIAL DE BASE Y SUBBASE

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC, se debe buscar un material para base granular que cumpla con un CBR de entre 80 y 100 % y compactada al 100% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado según ensayos empíricos, Asimismo, se requiere una subbase granular con un CBR de 40 % como mínimo y compactada al 100% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado según ensayos empírico para la base se recomienda la Gradación B.

### Cuadro N° 09

Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ( $\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente norma tecnica MTC EG 2013

### Cuadro N° 10

Requerimientos granulométricos para agregado grueso:

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

### Cuadro N° 11

Requerimientos granulométricos para agregado fino

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

Con un índice de plasticidad máximo de 4%.

Los ensayos para realizarse en la base son los siguientes:

## Cuadro Nº 12

### Ensayos y frecuencias para base granular

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m <sup>3</sup>	Cantera (2) y pista
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m <sup>3</sup>	Pista
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m <sup>3</sup>	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m <sup>3</sup>	Pista
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2) y pista
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2) y pista
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m <sup>3</sup>	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T191 T238	250 m <sup>3</sup>	Pista

#### Fuente norma técnica MTC EG 2013.

Para la compactación de la base las determinaciones de la densidad se efectuarán cuando menos una vez por cada 250 m<sup>2</sup> y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 medidas de densidad, exigiéndose que los valores individuales ( $D_i$ ) sean iguales o mayores al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado ( $D_e$ ).

$$D_i > D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 1,5$  % respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el ensayo Próctor Modificado.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

De acuerdo con el registro de canteras existente en la Región, se han identificado una serie de canteras de donde se puede obtener mezclas de suelos de buena calidad para su uso como material de base y subbase.

Para efectos de diseño, se tendrá en cuenta las siguientes referencias:

- **Material de base:**

55 % de material de cantera Obrilla y 45% de material de cantera Santa Cruz o similar que cumpla con valor CBR.

CBR: 80 %

- **Material de subbase:**

100 % de material de cantera Obrilla o similar que cumpla con valor CBR.

CBR:40%

- **Terraplén**

**CBR: 20 %**

El diseño cumple y se basa en el capítulo 12: "Pavimentos Flexibles" de Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" del MTC (Cuadro N° 04 Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño). En este manual, el tráfico que usamos para diseñar, es el máximo para caminos de bajo tránsito, en el que incluimos pavimentos urbanos.

Es el tráfico tipo TP4 (den 750 mil a 1 millón de ejes equivalentes, en el carril y periodo de diseño), en nuestro caso 950 mil ejes equivalentes.

## **RESULTADOS GENERALES**

### **MATERIAL PARA MEZCLAS DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE**

De acuerdo con los estudios de canteras y de la experiencia en construcción de carreteras en la Región Piura, el material recomendado para la fabricación de mezcla asfáltica debe provenir de la Cantera Cerro Mocho.

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de Carreteras del MTC, se debe buscar un material que cumpla con los requisitos de granulometría de acuerdo con un huso establecido.

Además, se debe tener en cuenta ciertas características referidas a la adherencia del agregado grueso y del agregado fino, así como requisitos de plasticidad de la fracción fina.

Para la mezcla asfáltica se recomienda verificar en obra, una fórmula que se ajuste a la gradación de mezclas asfáltica MAC – 2 de las Especificaciones Técnicas Generales. Esta mezcla de agregados puede producirse a partir de los materiales provenientes de las canteras autorizadas, como puede ser agregado triturado de la cantera Vice, arena de cantera Cerro Mocho y de ser necesario, relleno mineral que puede ser cemento Portland.



### Cuadro N° 13

Requerimientos de gradación granulométrica para Mezcla Asfáltica en caliente (MAC 2).

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente norma tecnica MTC EG 2013

El diseño de la mezcla asfáltica en caliente utilizando la metodología Marshall, se debe realizar utilizando asfalto PEN 60 – 70 proveniente de la Refinería de Talara. El porcentaje de asfalto requerido debe ser diseñado en laboratorio y verificado con la fórmula de obra.

De acuerdo a las características de los agregados de la Región (presencia de sales), es recomendable considerar la incorporación de aditivo mejorador de adherencia en la fabricación de mezclas de concreto asfáltico en caliente.

Se recomienda que la compactación deberá comenzar, una vez esparcida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta temperatura-viscosidad.

Se recomienda que la compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora.

Respecto al muestreo; el manual indica dos muestras por día para verificar Ensayo de Marshall, Granulometría y Contenido de asfalto; dichas muestras se registrarán con ubicación exacta y posteriormente se realizará el ensayo de diamantina en el mismo lugar donde se extrajeron las muestras.

La EG 2013 indica que la densidad media del tramo (densidad dada por ensayo de diamantinas) deberá ser cuando menos el 98 % de la media obtenida al compactar en laboratorio las probetas obtenidas en las jornadas de trabajo.

## CONFIABILIDAD (R %)

La variable de confiabilidad se entiende como un factor de seguridad. Este parámetro se define como la probabilidad de que una sección del pavimento se comporte satisfactoriamente durante el periodo de diseño bajo las condiciones de tráfico determinadas. La selección del nivel apropiado de confiabilidad dependerá del tipo de tráfico y de la calidad de servicio que se provee.

AASHTO establece recomendaciones generales indicadas en la tabla que se presenta a continuación (ver Cuadro N° 14).

### Cuadro N° 14:

Valores de Confiabilidad (%) recomendados por AASHTO.

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
RUTAS INTERESTATALES Y AUTOPISTAS	85 – 99.99	80 – 99.99
ARTERIAS PRINCIPALES	80 – 99	75 – 99
COLECTORAS	80 – 95	75 – 95
LOCALES	50 – 80	50 – 80

Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

De acuerdo con las características del presente diseño, se ha considerado conveniente trabajar con una **Confiabilidad de 85 %** (considerando las vías principales como vías colectoras) por ser más conservador.

## DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL

La desviación estándar refleja qué tan bien el ensayo vial de AASHTO es compatible con las ecuaciones de diseño.

En otras palabras, a medida que el valor de la desviación estándar es menor, mejor se ajustará el modelo a los datos del proyecto. Teniendo en cuenta que el modelo usado para el diseño corresponde al de un pavimento nuevo y dado que no existirán variaciones del suelo de subrasante, el valor seleccionado es de **0.40**.

## COEFICIENTE DE CAPA ( $a_i$ )

Los coeficientes de capa son coeficientes estructurales que representan los aportes de las distintas capas de la estructura del pavimento.

En el caso de las capas granulares, es deseable que la capa superior tenga siempre mayor capacidad estructural que la inferior. Esto es, la base granular tendrá mayor aporte que la sub-base y ésta que la sub-rasante. En el cuadro siguiente se indican los coeficientes de aporte estructural recomendados cuando se construyen capas de buena calidad.

Teniendo en cuenta las características de los materiales de base y sub-base asumidas en el presente diseño y considerando además una superficie de rodadura de alta estabilidad (pavimento flexible). En el cuadro 15 se pueden apreciar los coeficientes asumidos en el diseño y en el cuadro 16 muestra en aporte estructural de las capas componentes del pavimento.

**CUADRO N 16 .Aporte Estructural de las capas componentes del pavimento a1.**

**Fuente norma tecnica MTC EG 2013.**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Capeta Asfáltica en Caliente, módulo 2.965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Capeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micro pavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR: 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR: 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SubBASE</b>			
Sub Base Granular CBR: 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR: 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $>$ 15'000,000 EE

## COEFICIENTES DE DRENAJE (MI)

Las condiciones de drenaje de las capas granulares son consideradas a través del coeficiente “MI” en base a las condiciones de drenaje señaladas a continuación, en el cuadro N 16

### CUADRO N 17

Condiciones de drenaje

DRENAJE	AGUAS ELIMINADAS NATURALMENTE EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	(el agua ni drena)

**Fuente norma tecnica MTC EG 2013.**

Teniendo en cuenta el porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra expuesto a grados de humedad próximos a la saturación, se selecciona el valor de “MI” según el cuadro adjunto proporcionado por AASHTO (Ver Cuadro N° 17).

### Cuadro Nº 18.

Coefficiente de Drenaje. Porcentaje del tiempo, en que el pavimento estará expuesto a humedades próximas a la saturación.

CONDICIÓN DEL DRENAJE	PORCENTAJE DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
	Menos de 1%	1-5%	5-25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.4	0.40

### Fuente norma tecnica MTC EG 2013.

La estimación del coeficiente drenaje se ha realizado en base a los resultados obtenidos por el Estudio de Suelos. En las calicatas exploradas no se ha encontrado evidencia de Nivel Freático, por lo cual la posibilidad de tener agua subterránea que afecte el paquete estructural, es baja.

Por otro lado, el diseño de un sistema de drenaje superficial que garantiza una adecuada evacuación superficial de las aguas, reduce la posibilidad de saturación de bases producto de agua que se infiltra. Sin embargo, aún con las debidas previsiones de drenaje superficial, debido a la calidad del suelo encontrado se ha creído conveniente considerar una condición conservadora, para lo cual se asume un valor de **coeficiente de drenaje para la base y subbase (MI) igual a 1.0.**

## CONTRASTACION DE HIPOTESIS

### DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

Tomando como base los parámetros de diseño, la calidad de la subrasante y la carga de tráfico, se procederá a diseñar el paquete estructural de pavimento flexible para las vías internas del proyecto Urbanización Miraflores Country Club, III cuadrante, 3era etapa.

En primer lugar, se calcula el Número Estructural (SN). Una vez obtenido el Número Estructural del pavimento, se calcula el espesor de cada una de las capas con la siguiente ecuación:

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

Donde:

**SN:** Número estructural requerido

**$a_{1,2,3}$ :** Coeficiente estructural de cada capa del pavimento, incluyendo el mejoramiento

**$m_{2,3}$ :** Coeficiente de drenaje, incluyendo el mejoramiento del suelo

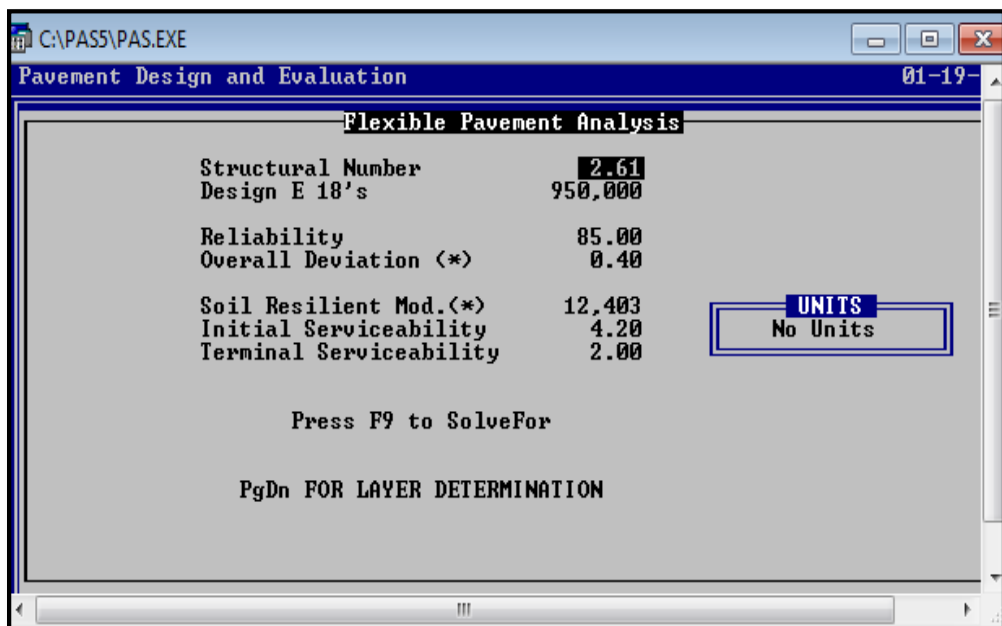
**$d_{,}$ :** Espesores de capas del pavimento, incluyendo el mejoramiento del suelo



Para calcular el paquete estructural del pavimento flexible se ha contado con la ayuda del Programa PAS 5 (Pavement Analysis Software), el cual sigue la metodología indicada en la norma AASHTO 1993. A continuación, se presenta el resultado del diseño del tramo de carretera.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Utilizamos el software PAS5 como ayuda para calcular los parámetros necesarios para el diseño del paquete estructural. A continuación, se muestra la pantalla con todos los datos ingresados (Figura 4), previo al cálculo del Número Estructural, SN:



**Imagen N° 08**

**Software PAS5 para calcular parámetros de diseño.**

El Número Estructural calculado, SN resulta igual a **2.61**.

$$SN = a_1 d_1 + a_2 m_2 d_2 + a_3 m_3 d_3 + a_4 m_4 d_4$$

Finalmente, se presenta la hoja de cálculo con los espesores del paquete estructural que cumple con el SN requerido, incluyendo los coeficientes de capas de la carpeta asfáltica, la base y subbase, así como el terraplén de conformación de subrasante, de acuerdo con la siguiente ecuación:

**IMAGEN N° 09**

The screenshot shows the 'FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS DETERMINATION' window. It displays a table with the following data:

Layer Number	Layer(*) Coefficient a(i)	Drainage Coefficient m(i)	Layer Thickness t	a(i)*Cd*t	Addition Thickne Neede
Upper	0.43	1.00	1.97	0.85	
2	0.13	1.00	5.91	0.77	
3	0.11	1.00	5.91	0.65	
4	0.09	1.00	3.94	0.35	
5					
6					

At the bottom right, the software shows:  $\bar{\sigma} = 2.62$  and SN Required = 2.61. A button labeled 'UNITS No Units' is visible at the bottom left.

**Software PAS5 para calcular SN**

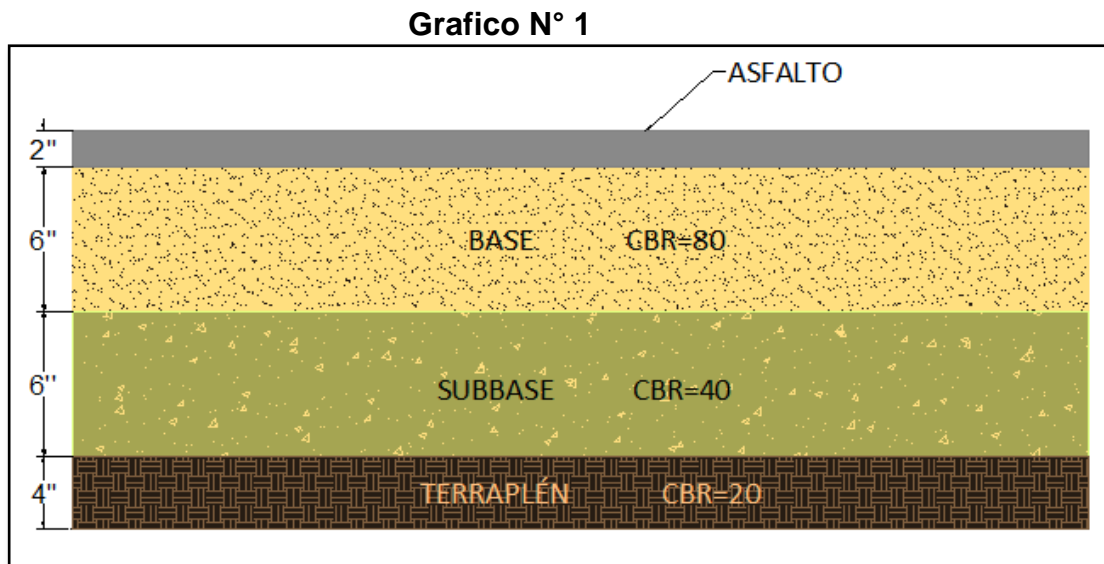
De la Imagen N° 08 se puede apreciar que el SN obtenido es 2.62, superior al requerido de **2.61**.

Por tanto para un periodo de 20 años, la estructura de pavimento tendría las siguientes características:

- Carpeta Asfáltica: 2.00 pulgadas (5 cm)
- Capa Base: 6.00 pulgadas (15 cm)
- Capa sub base: 6.00 pulgadas (15 cm)
- Terraplén: 4.00 pulgadas (10 cm)

## DISCUSION DE RESULTADOS

### DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL RECOMENDADO



## CONCLUSIONES

1. Después de hacer el análisis del diseño del paquete estructural y evaluación del pavimento flexible en su comportamiento al paso de las cargas en la habilitación urbana miraflores country club boulevard park plaza cuadrante 3 – iii etapa – calle 11 castilla – Piura, se llegó a la conclusión de que el CBR de la capa sub base y base del paquete estructural es el adecuado y está dentro de los parámetros para el diseño.
2. La sub rasante del proyecto a nivel de corte está conformado por una arena limosa (SM), presentando el CBR con rangos muy bajos, siendo el más desfavorable el de 9.91%; esta magnitud no permitiría considerar una buena calidad de la sub rasante.
3. Inicialmente se consideró el diseño del pavimento flexible con un paquete estructural de 55 cm, la base y la sub base con afirmado con un espesor de 25 cm. cada una y la carpeta asfáltica de 5 cm; al mejorar la sub rasante con un terraplén de afirmado de 10 cm. de espesor, las dimensiones se modificaron a una base y sub base de afirmado de 15 cm. de espesor cada una y una carpeta asfáltica de 5 cm el nuevo paquete estructural de 35 cm.
4. Teniendo en cuenta el estudio hidrológico con respecto a la evacuación de aguas pluviales, en el proyecto se han considerado secciones transversales y longitudinales que garanticen la vida útil proyectada del pavimento flexible; después de la ocurrencia del Fenómeno del Niño Costero, se observa que estos pavimentos no han sufrido deterioro a consecuencia de la gran cantidad de agua pluvial escurrida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Álvaro Córdova, Denis José (2016);** “Las patologías permanentes en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en la av. guardia civil tramos desde la Sánchez Cerro y el terminal terrestre de Castilla – distrito de Castilla – provincia de Piura.”

**Burgos Vásquez Valdivia, Bruno Milton (2014);** “Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r. santa Elvira – el arenal, en la comuna de Valdivia – Chile.”

**Delgado Egoavil, Fabiola Abigail (2012);** “Diseño del pavimento de un aeropuerto – Punta Hermosa.”

**Gómez Vallejos, Susan Jackelin (2014);** “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La libertad – Perú.”

Norma **AASHTO** 98 para diseño de pavimentos rígidos.

Reglamento nacional de edificación con la norma (**RNE**) 2016. 473p**CE.010** para pavimentos urbanos. De la página 79 a la 109.

**Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel (2009);** “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero - Castilla – Piura.”

**Tabares Gonzales; Roberto (2005);** “Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase 1 de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea - Colombia.”