

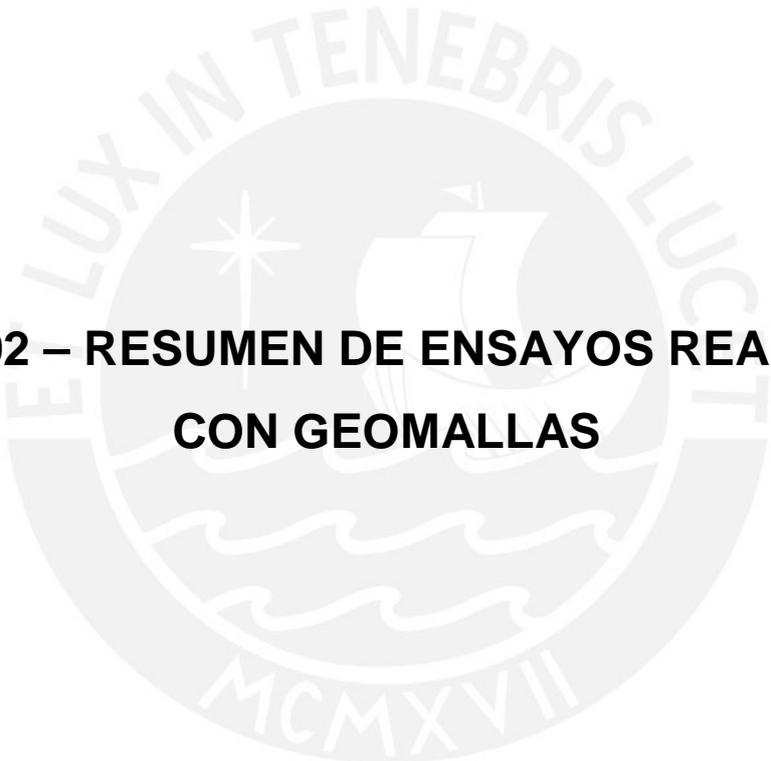


**ANEXO 01 – APLICACIÓN DE GEOMALLAS COMO  
REFUERZO (DIVERSOS AUTORES)**

## APLICACIÓN DE GEOMALLAS COMO REFUERZO DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE DE DISEÑO

ENTIDAD	DOCUMENTO	DESCRIPCION	RANGO	FUNCIONES / BENEFICIOS
USACE	ETL 1110-1-189	Documento preparado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos que sirve como guia para el uso de geomallas para el diseño y construccion de pavimentos	$0.5 \geq \text{CBR}$	<b>Aplicacion principal : Mejoramiento de subrasante.</b> Se recomienda colocar un geotextil como separador y una geomalla como refuerzo. No se recomienda realizar reducciones de espesores a pesar del uso de la geomalla.
			$0.5 < \text{CBR} \leq 4.0$	<b>Aplicacion principal : Mejoramiento de subrasante y refuerzo de base o subbase.</b> Se recomienda colocar un geotextil como separador y una geomalla como refuerzo. Se debe enfocar el diseño a la reduccion de espesores de las capas reforzadas y al aumento de la vida util de la seccion.
			$\text{CBR} > 4.0$	<b>Aplicacion principal : Refuerzo de base o subbase.</b> Se recomienda colocar un geotextil como separador y una geomalla como refuerzo. Se debe hacer un analisis del costo de vida del proyecto para determinar si es economico el uso de la geomalla.
FHWA	NHI-07-092	Documento preparado por la Administracion Federal de Carreteras de los Estados Unidos con recomendaciones para el diseño e instalacion de diversos geosinteticos aplicados en vias. Este manual permite identificar y evaluar el potencial de estos productos como alternativas a soluciones tradicionales.	$3.0 \geq \text{CBR}$	Los geosinteticos cumplen la funcion de ESTABILIZACION y de REFUERZO (especialmente cuando el $\text{CBR} < 1$ ) cuando se colocan directamente sobre suelos blandos con estas características.
			$3.0 < \text{CBR} \leq 8.0$	Se pueden utilizar para que cumplan la funcion de SEPARACION (geotextiles) o la de REFUERZO (geomallas).
AASHTO	M288	Documento donde se especifican las propiedades minimas que deben cumplir los geotextiles, para diferentes aplicaciones definidas en este.	$1.0 < \text{CBR} \leq 3.0$	La funcion principal que cumple el producto es la de ESTABILIZACION.
			$3.0 < \text{CBR} \leq 8.0$	La funcion principal que cumple el producto es la de SEPARACION (se usa un geotextil para esto)
GIROUD - HAN	METODO DE DISEÑO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS REFORZADAS CON	Documento donde se desarrolla una metodologia para calcular el espesor de una capa de mejoramiento reforzada con geomallas necesario para reducir las presiones verticales transmitidas hacia la subrasante y que esta sea capaz de soportar las cargas que transitaran sobre esto.	$4.0 \geq \text{CBR}$	<b>Aplicacion principal : Mejoramiento de subrasante.</b> Se comprobo que para valores de CBR mayores a 4.0, el beneficio de la geomalla era "constante" y no se apreciaba su aporte.
			$4.0 < \text{CBR}$	<b>Aplicacion principal : Refuerzo de base o subbase.</b> Para esta aplicacion se coloca una geomalla como refuerzo de las capas granulares del pavimento.

Fuente : Propia



**ANEXO 02 – RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS  
CON GEOMALLAS**

**ENSAYOS REALIZADOS CON GEOMALLAS PARA DETERMINAR SUS BENEFICIOS**

NOMBRE	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Paved Application (Base Reinforcement) Study – Phase 1 Vicksburg Accelerated Pavement Test - United States Army Corp of Engineers	Establecer los factores de TBR para las geomallas multiaxiales ensayadas para el uso de la metodología de AASHTO 93.	Este es un ensayo de pavimento acelerado a gran escala. Es decir, se aplicó una carga bidireccional de tráfico equivalente a 10 000 lb a través de un juego de dos ruedas a una presión de 80 psi. En una primera etapa de la prueba, se registraron medidas de ahuellamiento generadas por 0, 100, 200, 500, 1 000, 2 000, 5 000, 10 000, 50 000 y 100 000 pasadas. A partir de este punto, se tomaron medidas cada 50 000 pasadas hasta alcanzar la falla del pavimento. Esta falla fue definida para el momento donde se alcanzó un ahuellamiento o una deformación permanente igual a una pulgada.	En las secciones con la subrasante mas debil, se determino que la seccion reforzada con geomalla multiaxial se comporto 6 veces mejor que la seccion no reforzada. Mientras que para una subrasante firme, el incremento fue de hasta 10 veces.
Paved Application (Base Reinforcement) Study Full-Scale Multistage Cyclic-Load Study at the US Army Corps of Engineers	Determinar el comportamiento de las geomallas multiaxiales y biaxiales para diferentes condiciones de esfuerzos.	Se aplica una carga determinada a traves de una placa de 12 pulgadas de diametro. Las primeras cargas (3, 6 y 9 kip) se aplican con intervalos de 5000 ciclos. Para las siguientes (11, 13 y 15 kip) se aplica un maximo de 5000 ciclos o se detiene el ensayo cuando se mide una deformacion permanente de 1/4".	Se determino que con las geomallas multiaxiales se logaban resultados hasta 1.75 veces mejor que con el uso de geomallas biaxiales.
Paved Application (Base Reinforcement) Study Multistage Repeated-Load Triaxial Cell Testing	Determinar la influencia de la geomalla multiaxial en la deformacion axial producida para diferentes niveles de esfuerzo.	Se ensaya una muestra cilindrica de 12" de alto y 6" de diametro con una capa de geomalla en la parte superior. La muestra se coloca en una camara de presion a la cual se le aplica una presion de confinamiento. Se miden las deformaciones verticales, que son proporcionales a la rigidez de la muestra.	Se determino la rigidez de la geomalla multiaxial para diferentes condiciones de esfuerzo.
Paved Application (Base Reinforcement) Study Tactile Sensor Analysis of the Demonstration Box Test Using Geosynthetics	Medir la influencia de los geosinteticos al momento de incrementar la capacidad portante de subrasantes blandas.	Se ensayaron tres condiciones: seccion de control, seccion reforzada con geomalla y seccion reforzada con geotextil tejido. Se uso una caja de 3ftx3ft donde se coloco una capa de espuma para simular una subrasante blanda. Se usaron los sensotes tactiles para determinar la distribucion de esfuerzos verticales en la subrasante en los tres casos.	En el caso de la seccion reforzada con geomallas se muestra una significativa reduccion de los esfuerzos verticales sobre la subrasante. Ademas, esta se comporto mucho mejor que la seccion reforzada con geotextil tejido.
Unpaved Application (Subgrade Improvement) Study Small-Scale Trafficking Performance	Comparar el desempeño del uso de geomallas biaxiales y multiaxiales a traves de la medicion de ahuellamientos presentados en la seccion de control.	Se realizo un ensayo a pequeña escala utilizando una rueda con un peso de 2kN y simulando un numero de pasadas que va desde 3000 (seccion no reforzada) hasta 10000 (seccion reforzada). La seccion de ensayo consistio en una capa de 3" de arcilla y 6" de agregado granular; el refuerzo se coloco directamente sobre la capa de arcilla y las deformaciones fueron medidas a traves de sensores.	La seccion no reforzada fallo luego de 3000 pasadas (ahuellamiento=55mm). Las secciones reforzadas alcanzaron el maximo de 10000 pasadas y se encontraron menores deformaciones para las secciones con geomallas multiaxiales (32.5mm) que para las secciones con geomallas biaxiales (40 mm)
In-Ground Dynamic Stress Measurements for Geosynthetic Reinforced Subgrade/Subbase	Registrar mediciones tomadas en campo (ensayo a gran escala) para diferentes tipos de refuerzo y medir la transmision de esfuerzos en las diferentes capas del pavimento ensayado.	La seccion de ensayo consistio en una subrasante blanda (CBR=2-3) con dos capas de material granular sobre esta (0.30m cada una). Se realizaron diferentes casos de estudio: no reforzada, geotextil tejido, geomalla biaxial y geomalla multiaxial. Se realizaron mediciones de contenido de humedad y compactacion de cada capa, ahuellamiento y esfuerzos (tanto horizontales como verticales) a traves de celdas de presion.	Se verifico el mejor desempeño para la seccion reforzada con geomalla multiaxial. Esta mejora se explica por el mayor confinamiento lateral que se logra en la subbase y la reduccion de los esfuerzos horizontales transmitidos hacia la subrasante.

Fuente: Propia



**ANEXO 03 – REPORTE DE DISEÑO SECCIONES  
NO REFORZADAS**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 1**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.50E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
5.22	-0.20091	7.74	7.74

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Carpeta Asfáltico (a1)	0.42
Base granular (a2)	0.14
Subbase granular (a3)	0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase granular (m3)	1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	5.22	5.22	12	33	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 2

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.30E+06
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	$\longleftrightarrow$	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.14</b>	-0.15261	6.36		6.36

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
2	3.14	3.17	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>10</b>

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 3

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.10E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.81</b>	-0.20091	7.49		7.49

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
3	4.81	4.83	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>30</b>

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 4

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.20E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	$\longleftrightarrow$	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.70</b>	-0.15261	7.51		7.51

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
4	4.70	4.72	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 5

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.60E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.63</b>	-0.20091	7.75		7.75

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
5	4.63	4.67	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>30</b>

DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993

NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 6

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.10E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.43</b>	-0.15261	7.71	7.71

↔

4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
6	4.43	4.45	10	25	30

DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993

NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 7

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	4.50E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
<b>5.08</b>	-0.20091	7.65	7.65

↔

4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
7	5.08	5.11	12	31	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 8

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.10E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	$\longleftrightarrow$	<b>N18 CALCULO</b>
4.54	-0.20091	7.32		7.32

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
8	4.54	4.56	10	27	30

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 9**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	7.50E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	3.0
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

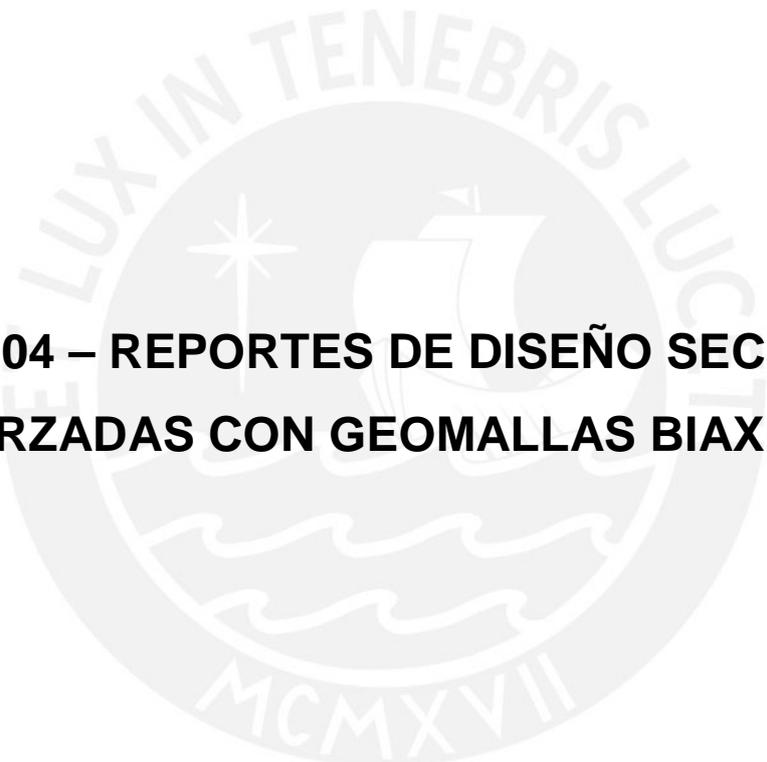
<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
6.08	-0.35218	7.88	7.88

↔

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
9	6.08	6.08	12	40	40



**ANEXO 04 – REPORTE DE DISEÑO SECCIONES  
REFORZADAS CON GEOMALLAS BIAXIALES**

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 1 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.50E+07
TBR ASUMIDO	2.3
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	2.37E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	$\longleftrightarrow$	<b>N18 CALCULO</b>
4.62	-0.20091	7.37		7.37

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Carpeta Asfáltico (a1)	0.42
Base granular (a2)	0.14
Subbase granular (a3)	0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase granular (m3)	1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	4.62	4.67	12	23	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 2 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.30E+06
TBR ASUMIDO	3.3
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	6.97E+05
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
2.59	-0.15261	5.84		5.84

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Carpeta Asfáltico (a1)	0.42
Base granular (a2)	0.14
Subbase granular (a3)	0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase granular (m3)	1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
2	2.59	2.95	10	15	10

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 3 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.10E+07
TBR ASUMIDO	2.4
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.28E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
4.22	-0.20091	7.11		7.11

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
3	4.22	4.23	10	21	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 4 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.20E+07
TBR ASUMIDO	2.5
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.26E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
4.09	-0.15261	7.10		7.10

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
4	4.09	4.12	10	19	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 5 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.60E+07
TBR ASUMIDO	2.5
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	2.21E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.02</b>	-0.20091	7.35		7.35

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
5	4.02	4.06	10	18	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 6 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.10E+07
TBR ASUMIDO	2.7
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.87E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.81</b>	-0.15261	7.27		7.27

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
6	3.81	3.90	10	15	30

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 7 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	4.50E+07
TBR ASUMIDO	2.4
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.90E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
<b>4.48</b>	-0.20091	7.28	7.28

↔

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
7	4.48	4.50	12	20	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 8 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.10E+07
TBR ASUMIDO	2.6
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	8.14E+06
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.93</b>	-0.20091	6.91		6.91

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
8	3.93	3.95	10	16	30

DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993

NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 9 - REFORZADA CON GEOMALLAS BX

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	7.50E+07
TBR ASUMIDO	2.0
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	3.73E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	3.0
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
<b>5.49</b>	-0.35218	7.57	7.57

↔

3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
9	5.49	5.53	12	30	40



**ANEXO 05 – REPORTE DE DISEÑO SECCIONES  
REFORZADAS CON GEOMALLAS MULTIAXIALES**

DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993

NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 1 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.50E+07
TBR ASUMIDO	3.27
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.68E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
4.40	-0.20091	7.23	7.23

↔

4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Carpeta Asfáltico (a1)	0.42
Base granular (a2)	0.14
Subbase granular (a3)	0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase granular (m3)	1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	4.40	4.45	12	19	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 2 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.30E+06
TBR ASUMIDO	4.52
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	5.09E+05
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
2.47	-0.15261	5.71		5.71

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
2	2.47	2.95	10	15	10

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 3 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.10E+07
TBR ASUMIDO	3.43
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	9.04E+06
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	$\longleftrightarrow$	<b>N18 CALCULO</b>
4.00	-0.20091	6.96		6.96

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
3	4.00	4.01	10	17	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 4 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.20E+07
TBR ASUMIDO	3.60
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	8.89E+06
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.89</b>	-0.15261	6.95		6.95

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
4	3.89	3.90	10	15	30

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 5 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.60E+07
TBR ASUMIDO	3.53
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.59E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.80</b>	-0.20091	7.20	7.20

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
5	3.80	3.90	10	15	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 6 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.10E+07
TBR ASUMIDO	3.74
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.36E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.3
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	30.50
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	22768.9

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
3.62	-0.15261	7.13		7.13

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
6	3.62	3.90	10	15	30

**DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993**

**NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 7 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX**

**1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	4.50E+07
TBR ASUMIDO	3.3
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	1.35E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

**2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

**3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL**

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
4.25	-0.20091	7.13	7.13

↔

**4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR**

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
7	4.25	4.28	12	16	30

## DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHTO 1993

### NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE SECCIÓN TIPO 8 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.10E+07
TBR ASUMIDO	3.59
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	5.85E+06
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

#### 3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	↔	<b>N18 CALCULO</b>
<b>3.73</b>	-0.20091	6.77		6.77

#### 4. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
8	3.73	3.90	10	15	30

DISEÑO DEL PAVIMENTO  
MÉTODO AASHTO 1993

NUEVAS VÍAS DE LIMA - ALIPIO PONCE  
SECCIÓN TIPO 9 - REFORZADA CON GEOMALLAS TX

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	7.50E+07
TBR ASUMIDO	2.9
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (W18)	2.62E+07
SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	3.0
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.645
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

CBR (%)	17.06
MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr, psi)	15698.5

3. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

<b>SN Requerido</b>	$G_t$	<b>N18 NOMINAL</b>	<b>N18 CALCULO</b>
5.22	-0.35218	7.42	7.42

3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A UTILIZAR

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Carpeta Asfáltico (a1)		0.42
Base granular (a2)		0.14
Subbase granular (a3)		0.12
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)		1.00
Subbase granular (m3)		1.00

SECCIÓN TIPO	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
9	5.22	5.25	12	25	40



**ANEXO 06 – COSTOS DE MATERIALES**

	\$	S/.
COSTO MATERIAL GRANULAR	10.58	29.62
COSTO GEOMALLA BX	1.8	5.04
COSTO GEOMALLA TX	2.3	6.44

ANCHO VÍA ASUMIDO (m)	7
-----------------------	---

SECCIÓN DE DISEÑO	SECCIÓN NO REFORZADO		SECCIÓN REFORZADA CON GEOMALLA BX				SECCIÓN REFORZADA CON GEOMALLA TX			
	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m (S/.)	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m (S/.)	COSTO BX / m (S/.)	COSTO TOTAL / m (S/.)	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m (S/.)	COSTO TX / m (S/.)	COSTO TOTAL / m (S/.)
1	33	88.96	23	62.00	35.28	97.28	19	51.22	45.08	96.30
2	19	51.22	15	40.44	35.28	75.72	15	40.44	45.08	85.52
3	32	86.27	21	56.61	35.28	91.89	17	45.83	45.08	90.91
4	30	80.87	19	51.22	35.28	86.50	15	40.44	45.08	85.52
5	29	78.18	18	48.52	35.28	83.80	15	40.44	45.08	85.52
6	25	67.39	15	40.44	35.28	75.72	15	40.44	45.08	85.52
7	31	83.57	20	53.92	35.28	89.20	16	43.13	45.08	88.21
8	27	72.79	16	43.13	35.28	78.41	15	40.44	45.08	85.52
9	40	107.83	30	80.87	35.28	116.15	25	67.39	45.08	112.47

TIPO DE CAMBIO	2.80
----------------	------

Fuente: Propia



**ANEXO 07 – ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

DESCRIPCION: SUMINISTRO E INSTALACION DE BASE GRANULAR  
PARTIDA: Instalación de Base Granular  
UNIDAD: M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNIT. \$	PARCIAL \$	SUB TOTAL \$
<b>MATERIALES</b>						
SUMINISTRO DE MATERIAL DE BASE GRANULAR	m3		1.300	10.58	13.75	13.75
<b>SUBPARTIDAS</b>						
APLICACIÓN DE BASE GRANULAR	m3		1.000	8.00	8.00	8.00
<b>COSTO DIRECTO \$</b>						<b>21.75</b>

DESCRIPCION: APLICACIÓN DE BASE GRANULAR  
PARTIDA: Colocación de Base Granular  
UNIDAD: M3

RENDIMIENTO  
MANO DE  
OBRA: 242.00  
  
RENDIMIENTO  
EQUIPO: 242.00

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNIT. \$	PARCIAL \$	SUB TOTAL \$
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAPATAZ	HH	0.5000	0.0165	7.77	0.13	
OPERARIO	HH	1.0000	0.0331	6.23	0.21	
OFICIAL	HH	2.0000	0.0661	5.33	0.35	
PEON	HH	1.0000	0.0331	4.81	0.16	0.85
<b>MATERIALES</b>						
HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS			0.0100	1.00	0.01	0.01
<b>EQUIPOS</b>						
RODILLO AUTOPROPULSIÓN LISO	HM	1.2857	0.0425	69.67	2.96	
MOTONIVELADORA	HM	1.0000	0.0331	104.51	3.45	6.42
<b>SUBPARTIDAS</b>						
AGUA	m3		0.1800	4.07	0.73	0.73
<b>COSTO DIRECTO \$</b>						<b>8.00</b>

DESCRIPCION: SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA BIAXIAL  
PARTIDA: Instalación de Geomalla Biaxial  
UNIDAD: M2

RENDIMIENTO: 5,000.00 M2

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNIT. \$	PARCIAL \$	SUB TOTAL \$
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAPATAZ	HH	0.100	0.0000	7.77	0.00	
OFICIAL	HH	1.000	0.0020	5.33	0.01	
PEON	HH	4.000	0.0060	4.81	0.03	0.04
<b>MATERIALES</b>						
GEOMALLA BIAXIAL BX 1200 (4X75M)	M2		1.100	1.80	1.98	1.98
<b>EQUIPOS</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	1.000	5.00%	0.04	0.00	0.00
<b>COSTO DIRECTO \$</b>						<b>2.02</b>

DESCRIPCION: SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA MULTIAXIAL  
PARTIDA: Instalación de Geomalla Multiaxial  
UNIDAD: M2

RENDIMIENTO: 5,000.00 M2

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNIT. \$	PARCIAL \$	SUB TOTAL \$
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAPATAZ	HH	0.100	0.0000	7.77	0.00	
OFICIAL	HH	1.000	0.0020	5.33	0.01	
PEON	HH	4.000	0.0060	4.81	0.03	0.04
<b>MATERIALES</b>						
GEOMALLA MULTIAXIAL TX 160 (4X75M)	M2		1.100	2.30	2.53	2.53
<b>EQUIPOS</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	1.000	5.00%	0.04	0.00	0.00
<b>COSTO DIRECTO \$</b>						<b>2.57</b>



**ANEXO 08 – COSTOS DE MATERIALES  
INSTALADOS**

	\$	S/.
APLICACIÓN DE CAPA DE BASE GRANULAR / m3	21.75	60.9
INSTALACIÓN DE GEOMALLA BX / m2	2.02	5.66
INSTALACIÓN DE GEOMALLA TX / m2	2.57	7.20

ANCHO VÍA ASUMIDO (m)	7
-----------------------	---

SECCIÓN DE DISEÑO	SECCIÓN NO REFORZADO		SECCIÓN REFORZADA CON GEOMALLA BX				SECCIÓN REFORZADA CON GEOMALLA TX			
	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m2 (S/.)	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m3 (S/.)	COSTO BX / m2 (S/.)	COSTO TOTAL / m2 (S/.)	ESPESOR (cm)	COSTO MATERIAL / m3 (S/.)	COSTO TX / m2 (S/.)	COSTO TOTAL / m2 (S/.)
1	33	140.68	23	98.05	39.59	137.64	19	81.00	50.37	131.37
2	19	81.00	15	63.95	39.59	103.54	15	63.95	50.37	114.32
3	32	136.42	21	89.52	39.59	129.12	17	72.47	50.37	122.84
4	30	127.89	19	81.00	39.59	120.59	15	63.95	50.37	114.32
5	29	123.63	18	76.73	39.59	116.33	15	63.95	50.37	114.32
6	25	106.58	15	63.95	39.59	103.54	15	63.95	50.37	114.32
7	31	132.15	20	85.26	39.59	124.85	16	68.21	50.37	118.58
8	27	115.10	16	68.21	39.59	107.80	15	63.95	50.37	114.32
9	40	170.52	30	127.89	39.59	167.48	25	106.58	50.37	156.95

TIPO DE CAMBIO	2.80
----------------	------

Fuente: Propia



**ANEXO 09 – MODELO DE ESPECIFICACIÓN  
TÉCNICA PARA EL USO DE GEOMALLAS COMO  
REFUERZO DE BASES GRANULARES**

## GEOMALLAS BIAXIALES PARA REFUERZO DE BASE

### 1.1.0. DESCRIPCIÓN

Este trabajo consistirá en la provisión e instalación de una geomalla biaxial polimérica, a ser colocada entre las capas de subbase y base granular, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el proyecto.

### 1.2.0. MATERIALES

#### 1.2.1. Geomallas Estructurales

Las geomallas son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, que cuentan con una estructura integral y molecular que brinda:

- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra los esfuerzos mecánicos desarrollados durante la instalación.
- Alta resistencia a la deformación provocada por fuerzas aplicadas durante su uso.
- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra las sollicitaciones ambientales de largo plazo.

La geomalla estructural posee suficiente rigidez a la flexión para ser capaz de lograr una instalación eficiente sobre suelos pobres o húmedos; y suficiente rigidez torsional para resistir movimientos de rotación en el plano provocados por los suelos compactados o los materiales de relleno, cuando están sujetos a fuerzas de desplazamiento lateral tales como las causadas por un vehículo en movimiento.

La geomalla estructural posee completa continuidad de todas las propiedades a través de su estructura y es apropiada para el refuerzo interno del suelo compactado o materiales de relleno a fin de mejorar su capacidad de soporte en aplicaciones estructurales.

La geomalla biaxial estructural deberá presentar las características indicadas en la tabla siguiente:

PROPIEDAD	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR MARV <sup>1</sup>
<b>Tamaño de Abertura<sup>2</sup></b>			
MD	ASTM D 4751	mm (Pulg.)	25 (1.0)
XMD	ASTM D 4751	mm (Pulg.)	33 (1.3)
<b>Espesor mínimo de la costilla<sup>2</sup></b>			
MD	ASTM D 1777	mm (Pulg.)	1.27 (0.05)
XMD	ASTM D 1777	mm (Pulg.)	1.27 (0.05)
<b>Capacidad a la Tensión al 2% de Elongación<sup>3</sup></b>			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	6.0 (410)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	9.0 (620)
<b>Capacidad a la Tensión al 5% de Elongación<sup>3</sup></b>			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	11.8 (810)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	19.6 (1,340)
<b>Resistencia última a la tensión<sup>3</sup></b>			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	19.2 (1,310)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	28.8 (1,970)
<b>Eficiencia de las juntas<sup>4</sup></b>	ASTM D 7737-11	%	93
<b>Rigidez Flexural<sup>5</sup></b>	ASTM D 7748-12	mg-cm	750,000
<b>Estabilidad de las Aperturas<sup>6</sup></b>	GRI GG9	m-N/deg	0.65
<b>Resistencia al Daño por instalación<sup>7</sup></b>	ASTM D 6637	%SC / %SW / %GP	95/93/90
<b>Resistencia a la Degradación a Largo Plazo<sup>8</sup></b>	EPA 9090 INMERSION	%	100
<b>Resistencia a la Degradación por rayos UV<sup>9</sup></b>	ASTM D 4355-05	%	100

### Notas:

- Los valores indicados son los valores mínimos promedio de rollo determinados por el método de ASTM D-4759-02 salvo que se especifique lo contrario. Los valores mínimos promedios de rollo (MARV) son valores estadísticos iguales a los valores promedio menos dos veces la desviación estándar.
- Dimensiones nominales.
- Determinado de acuerdo con la norma ASTM D6637 – 10 Método A.
- La capacidad de transferencia de carga se determina de acuerdo a la norma ASTM D7737-11 usando un 10% de la velocidad mínima de esfuerzo.
- La resistencia a la carga flexural se mide sobre la base de la norma ASTM-D7748-12, usando una muestra de 2 costillas de ancho, con costillas transversales cortadas al ras con los bordes

- externos de las costillas longitudinales, y longitud lo suficientemente larga para permitir el desarrollo de la prueba.
6. La resistencia al movimiento rotacional en el plano es medida aplicando un momento de 20 kg-cm en la junta central de un espécimen de 9" x 9" restringido en su perímetro, de acuerdo a la metodología GRI GG9.
  7. La pérdida de capacidad de carga o integridad estructural debido a los daños de construcción en arena arcillosa (SC), arena bien gradada (SW) y piedra chancada clasificada o agregado pobremente gradado (GP). El material será ensayado de acuerdo con ASTM D5818-06 y la capacidad de carga medida de acuerdo con ASTM D6637-01.
  8. La pérdida de capacidad debido a ataque químico o biológico se mide sobre la base de la prueba de inmersión EPA 9090.
  9. La resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural se mide sometiendo a la muestra a 500 horas de luz ultravioleta y un ambiente agresivo de acuerdo a ASTM D4355-05
  10. Las iniciales MD denotan la dirección principal de la geomalla (dirección de extrusión de la máquina) y XMD la dirección transversal del espécimen.
  11. Para mayor información sobre los procesos de ensayos y normas mencionadas puede visitar los siguientes websites: [www.astm.org](http://www.astm.org); [www.drexel.edu/gri](http://www.drexel.edu/gri) o [www.epa.gov](http://www.epa.gov).

### 1.3.0. REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

#### 1.3.1. Empaque y Almacenamiento

La geomalla biaxial deberá estar envasada en una envoltura protectora y deberá ser almacenada de tal modo que no se produzca un contacto excesivo con lodo, hormigón húmedo, epóxico u otros materiales nocivos, y que éstos no queden adheridos a ella.

La geomalla biaxial deberá almacenarse a temperaturas mayores de  $-29^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{F}$ ), y no debe manipularse a temperaturas menores de  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $14^{\circ}\text{F}$ ). Los rollos de geomallas biaxiales se deberán almacenar en forma horizontal, en pilas con una altura máxima de cinco rollos, para evitar que los rollos se deformen y no deberán permanecer expuestos a los UV durante más de 6 meses. Los rollos deformados y los rollos que hayan estado expuestos a la luz ultravioleta directa durante más de 6 meses no se utilizarán, a menos que el Ingeniero dé su aprobación.

#### 1.3.2. Colocación de la geomalla

Se deberán cortar las bandas plásticas de los rollos de geomalla biaxiales y desenrollarlas encima de la sub-base preparada. Antes de desenrollar la geomalla biaxial completamente, anclar el principio del rollo en el centro y las esquinas a la superficie subyacente con pequeñas pilas del relleno de áridos o con arandelas, clavijas o grapas gruesas clavándolas en la subrasante a través

de las aberturas de la geomalla biaxial. Desenrollar la geomalla biaxial, alinearla y tirar de ella hasta que quede tensa, eliminando las arrugas con tensión manual, y luego asegurarla.

Se deberá desenrollar la geomalla biaxial en la dirección del tráfico, de modo que el eje largo del rollo esté paralelo con el eje de la vía. Traslapar las geomallas biaxiales en la dirección en la cual se esparcirá el material granular, para evitar que el material de base levante las geomallas biaxiales en los traslapes a medida que avanza. El traslape longitudinal deberá ser mínimo 30cm.

Para acelerar la “superposición”, considerar la colocación de los rollos primero en el extremo más lejano del área de cobertura e ir hacia el extremo más cercano al lugar desde el cual se avanzará con el relleno granular.

Por lo general, los rollos de geomallas biaxiales adyacentes no están conectados entre sí, especialmente si el relleno se coloca y se esparce de la manera descrita en esta especificación, de todas maneras, se pueden emplear cintillos de polipropileno, cables de nylon, montículos de suelo u otro tipo de atadura, aprobada por la supervisión, que puedan resultar eficaces para mantener las dimensiones del traslape. Estas ataduras no se consideran conexiones estructurales, sino más bien ayudas de construcción.

La geomalla biaxial deberá ser cortada y traslapada para acomodarse en curvas. El corte se puede realizar con cizallas afiladas o algún implemento de tipo cuchillo aprobado por la supervisión; sin embargo, probablemente sean más rápidas las sierras mecánicas de mano.

### **1.3.3. Instalación del relleno**

El agregado de base será vertido directamente sobre la geomalla biaxial estructural. Camiones estándares (con descarga por el extremo o por el medio) con ruedas de goma, habilitados para las carreteras, podrán pasar encima de la geomalla biaxial a velocidades muy reducidas (menos de 8.0kph) y descargar el relleno de áridos a medida que avanzan, siempre que este tráfico de construcción no cause surcos importantes en la sub-base descubierta. No deben permitirse giros ni arranques y paros repentinos. El equipo empleado para

empujar el agregado de base debe ser preferentemente un cargador frontal, sin embargo se pueden emplear retroexcavadora o motoniveladoras.

Cuando se esparce el agregado de base empujarlo sobre la geomalla biaxial con equipos pesados es posible que la acción de empuje cree una “ola” en la geomalla biaxial delante del relleno que avanza. Las paladas de relleno o las clavijas pueden atrapar esta ola y forzar a la geomalla biaxial a subir a la capa de áridos, donde puede ser dañada por la maquinaria; esto puede ser evitado por el tensado de la geomalla biaxial. Si se forman olas importantes, deben removerse las clavijas o el material apilado para permitir que las olas se disipen en el extremo y los costados del rollo.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá el tránsito de equipos con orugas directamente sobre la geomalla biaxial. El contratista deberá asegurarse de que haya al menos 15.0cm de relleno entre la geomalla y el equipo con orugas.

#### **1.3.4. Compactación**

Se deberán usar métodos de compactación estándares a menos que los suelos sean muy blandos y el ingeniero a cargo indique lo contrario. En estos casos, normalmente es prudente emplear una compactación estática en lugar de vibratoria. Normalmente, la compactación se logra con un rodillo liviano. Si se mantiene un contenido casi óptimo de humedad, la compactación será más eficiente.

Si se producen surcos o bombeos intensos bajo el tráfico de camiones o niveladoras, debe agregarse relleno inmediatamente para fortalecer la sección.

Compactar el relleno de áridos según las especificaciones del proyecto después de que se haya nivelado y antes de someterlo a tráfico acumulado. Una compactación inadecuada provocará la formación de surcos superficiales bajo las cargas de las ruedas. Esta formación de surcos reduce el espesor efectivo total del relleno y aumenta la tensión en la subrasante.

### 1.3.5. CONSIDERACIONES ESPECIALES

Si las geomallas biaxiales se dañan durante o después de la instalación, deberán ser reparadas empleando parches. Se deberá quitar el relleno de la superficie de la geomalla dañada y despejar un área de un metro de diámetro alrededor del daño, el parche de la geomalla biaxial debe cubrir el área dañada y extenderse 0.50m más allá de la misma en todas las direcciones.

Por otro lado, cuando está atrapada debajo y dentro del relleno compactado, la geomalla biaxial no debe representar ningún problema importante para las actividades posteriores a la construcción, tales como la excavación de zanjas para servicios públicos.

### 1.4.0. ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

El material y la instalación de la geomalla biaxial como elemento de refuerzo en bases granulares serán evaluados mediante inspección visual por el supervisor durante la ejecución de esta partida. Además, el contratista deberá entregar un certificado de calidad, emitido por el fabricante, al supervisor.

### 1.5.0. MEDICIÓN

La geomalla biaxial deberá ser medida en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) sin incluir los traslapes.

### 1.6.0. PAGO

Las cantidades aceptadas deberán ser pagadas por unidad de medida de acuerdo al precio unitario indicado en el contrato.

Partida de pago	Unidad de pago
Geomalla biaxial para refuerzo de base	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

## GEOMALLAS MULTIAXIALES PARA REFUERZO DE BASE

### 1.1.0. DESCRIPCION

Este trabajo consistirá en la provisión e instalación de una geomalla multiaxial polimérica, a ser colocada entre las capas de subbase y base granular, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el proyecto.

### 1.2.0. MATERIALES

#### 1.2.1. Geomallas Estructurales

Las geomallas multiaxiales son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, perforadas y estiradas uniformemente en tres direcciones formando costillas con un alto grado de orientación molecular y uniones integrales de alta rigidez que brindan:

- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra los esfuerzos mecánicos desarrollados durante la instalación.
- Alta resistencia a la deformación provocada por fuerzas aplicadas durante su uso.
- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra las sollicitaciones ambientales de largo plazo.

La geomalla multiaxial posee suficiente rigidez a la flexión para lograr una instalación eficiente sobre suelos pobres o húmedos; y suficiente rigidez torsional, con un mínimo de 6 costillas por unión, para resistir movimientos de rotación en el plano provocados por los suelos compactados o los materiales de relleno, cuando están sujetos a fuerzas de desplazamiento lateral tales como las causadas por un vehículo en movimiento.

La geomalla multiaxial posee completa continuidad de todas las propiedades a través de su estructura y es apropiada para el refuerzo interno del suelo compactado o materiales de relleno a fin de mejorar su capacidad de soporte en aplicaciones estructurales.

La geomalla multiaxial estructural deberá presentar las características indicadas en la tabla siguiente:

Propiedades	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
Distancia entre costillas paralelas, mm (in) <sup>(2)</sup>	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
Profundidad al centro de la costilla, mm (in) <sup>(2)</sup>	-	1.6 (0.06)	1.4 (0.06)	
Ancho al centro de la costilla, mm (in) <sup>(2)</sup>	-	1.0 (0.04)	1.2 (0.05)	
Forma de la costilla				rectangular
Forma de la apertura				triangular
<b>Integridad Estructural</b>				
Eficiencia en las juntas <sup>(3)</sup> %				93
Estabilidad de Aperturas, <sup>(4)</sup> kg-cm/deg @ 5.0kg-cm <sup>(2)</sup>				3.6
Rigidez radial a bajas deformaciones, <sup>(5)</sup> kN/m @ 0.5% strain				300
Rigidez radial a bajas deformaciones, <sup>(5)</sup> (lb/ft @ 0.5% strain)				20,580
Resistencia a la degradación química <sup>(6)</sup>				100%
Resistencia a la degradación por luz ultravioleta y condiciones ambientales <sup>(7)</sup>				70%

**Notas:**

1. Los valores indicados son los valores mínimos promedio de rollo determinados por el método de ASTM D4759-02 salvo que se especifique lo contrario. Los valores mínimos promedios de rollo (MARV) son valores estadísticos iguales a los valores promedio menos dos veces la desviación estándar.
2. Dimensiones nominales.
3. La capacidad de transferencia de carga se mide vía ASTM D6637-10 y ASTM D7737-11 y es expresada como un porcentaje de la resistencia a la tensión última.
4. La rigidez torsional en el plano es medida aplicando un momento a la junta central de un espécimen de 225mm x 225mm fijado en todo su perímetro; en concordancia con el procedimiento GRI-GG9 modificado.

5. El esfuerzo radial se determina a partir de los esfuerzos de tensión medidos en cualquier eje del plano para pruebas en concordancia con la ASTM D 6637-10.
6. La resistencia a la pérdida de capacidad de carga cuando la geomalla es sometida a ambientes agresivos químicamente se obtiene mediante el ensayo de inmersión de acuerdo con la EPA 9090.
7. La resistencia a la pérdida de capacidad de carga cuando la geomalla es sometida a 500 horas de luz ultravioleta y ambientes agresivos, se obtiene de acuerdo a las pruebas ASTM D 4355-05.

### **1.3.0. REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

#### **1.3.1. Empaque y Almacenamiento**

La geomalla multiaxial deberá estar envasada en una envoltura protectora y deberá ser almacenada de tal modo que no se produzca un contacto excesivo con lodo, hormigón húmedo, epóxico u otros materiales nocivos, y que éstos no queden adheridos a ella.

La geomalla multiaxial deberá almacenarse a temperaturas mayores de  $-29^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{F}$ ), y no debe manipularse a temperaturas menores de  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $14^{\circ}\text{F}$ ). Los rollos de geomallas multiaxiales se deberán almacenar en forma horizontal, en pilas con una altura máxima de cinco rollos, para evitar que los rollos se deformen y no deberán permanecer expuestos a los UV durante más de 6 meses. Los rollos deformados y los rollos que hayan estado expuestos a la luz ultravioleta directa durante más de 6 meses no se utilizarán, a menos que el Ingeniero dé su aprobación.

#### **1.3.2. Colocación de la geomalla**

Se deberán cortar las bandas plásticas de los rollos de geomalla multiaxiales y desenrollarlas encima de la sub-base preparada. Antes de desenrollar la geomalla multiaxial completamente, anclar el principio del rollo en el centro y las esquinas a la superficie subyacente con pequeñas pilas del relleno de áridos o con arandelas, clavijas o grapas gruesas clavándolas en la subrasante a través de las aberturas de la geomalla multiaxial. Desenrollar la geomalla multiaxial,

alinearla y tirar de ella hasta que quede tensa, eliminando las arrugas con tensión manual, y luego asegurarla.

Se deberá desenrollar la geomalla multiaxial en la dirección del tráfico, de modo que el eje largo del rollo esté paralelo con el eje de la vía. Traslapar las geomallas multiaxiales en la dirección en la cual se esparcirá el material granular, para evitar que el material de base levante las geomallas multiaxiales en los traslapes a medida que avanza. El traslape longitudinal deberá ser mínimo 30cm.

Para acelerar la “superposición”, considerar la colocación de los rollos primero en el extremo más lejano del área de cobertura e ir hacia el extremo más cercano al lugar desde el cual se avanzará con el relleno granular.

Por lo general, los rollos de geomallas multiaxiales adyacentes no están conectados entre sí, especialmente si el relleno se coloca y se esparce de la manera descrita en esta especificación, de todas maneras, se pueden emplear cintillos de polipropileno, cables de nylon, montículos de suelo u otro tipo de atadura, aprobada por la supervisión, que puedan resultar eficaces para mantener las dimensiones del traslape. Estas ataduras no se consideran conexiones estructurales, sino más bien ayudas de construcción.

La geomalla multiaxial deberá ser cortada y traslapada para acomodarse en curvas. El corte se puede realizar con cizallas afiladas o algún implemento de tipo cuchillo aprobado por la supervisión; sin embargo, probablemente sean más rápidas las sierras mecánicas de mano.

### **1.3.3. Instalación del relleno**

El agregado de base será vertido directamente sobre la geomalla multiaxial estructural. Camiones estándares (con descarga por el extremo o por el medio) con ruedas de goma, habilitados para las carreteras, podrán pasar encima de la geomalla multiaxial a velocidades muy reducidas (menos de 8.0kph) y descargar el relleno de áridos a medida que avanzan, siempre que este tráfico de construcción no cause surcos importantes en la sub-base descubierta. No deben permitirse giros ni arranques y paros repentinos. El equipo empleado para

empujar el agregado de base debe ser preferentemente un cargador frontal, sin embargo se pueden emplear retroexcavadora o motoniveladoras.

Cuando se esparce el agregado de base empujarlo sobre la geomalla multiaxial con equipos pesados es posible que la acción de empuje cree una “ola” en la geomalla multiaxial delante del relleno que avanza. Las paladas de relleno o las clavijas pueden atrapar esta ola y forzar a la geomalla multiaxial a subir a la capa de áridos, donde puede ser dañada por la maquinaria; esto puede ser evitado por el tensado de la geomalla multiaxial. Si se forman olas importantes, deben removerse las clavijas o el material apilado para permitir que las olas se disipen en el extremo y los costados del rollo.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá el tránsito de equipos con orugas directamente sobre la geomalla multiaxial. El contratista deberá asegurarse de que haya al menos 15.0cm de relleno entre la geomalla y el equipo con orugas.

#### **1.3.4. Compactación**

Se deberán usar métodos de compactación estándares a menos que los suelos sean muy blandos y el ingeniero a cargo indique lo contrario. En estos casos, normalmente es prudente emplear una compactación estática en lugar de vibratoria. Normalmente, la compactación se logra con un rodillo liviano. Si se mantiene un contenido casi óptimo de humedad, la compactación será más eficiente.

Si se producen surcos o bombeos intensos bajo el tráfico de camiones o niveladoras, debe agregarse relleno inmediatamente para fortalecer la sección.

Compactar el relleno de áridos según las especificaciones del proyecto después de que se haya nivelado y antes de someterlo a tráfico acumulado. Una compactación inadecuada provocará la formación de surcos superficiales bajo las cargas de las ruedas. Esta formación de surcos reduce el espesor efectivo total del relleno y aumenta la tensión en la subrasante.

### 1.3.5. CONSIDERACIONES ESPECIALES

Si las geomallas multiaxiales se dañan durante o después de la instalación, deberán ser reparadas empleando parches. Se deberá quitar el relleno de la superficie de la geomalla dañada y despejar un área de un metro de diámetro alrededor del daño, el parche de la geomalla multiaxial debe cubrir el área dañada y extenderse 0.50m más allá de la misma en todas las direcciones.

Por otro lado, cuando está atrapada debajo y dentro del relleno compactado, la geomalla multiaxial no debe representar ningún problema importante para las actividades posteriores a la construcción, tales como la excavación de zanjas para servicios públicos.

### 1.4.0. ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

El material y la instalación de la geomalla multiaxial como elemento de refuerzo en bases granulares serán evaluados mediante inspección visual por el supervisor durante la ejecución de esta partida. Además, el contratista deberá entregar un certificado de calidad, emitido por el fabricante, al supervisor.

### 1.5.0. MEDICIÓN

La geomalla multiaxial deberá ser medida en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) sin incluir los traslapes.

### 1.6.0. PAGO

Las cantidades aceptadas deberán ser pagadas por unidad de medida de acuerdo al precio unitario indicado en el contrato.

Partida de pago	Unidad de pago
Geomalla multiaxial para refuerzo de base	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )