

Universidad Nacional de Huancavelica

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY

UOB^o
Enrique Ojeda
ASESOR



TESIS

"APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA. DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES"

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
TRANSPORTES**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. GUZMÁN ARISTE, Jhon Paul

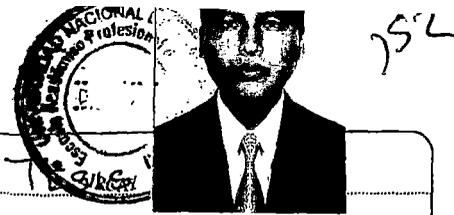
Bach. SONCCO BENDEZÚ, Alex

ASESOR:

Ing. Enrique Rigoberto Camac Ojeda

HUANCAVELICA - PERU

2014



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

EN EL PARANINFO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL, DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL CIVIL-LIRCAY; A LOS QUINCE DIAS DEL MES DE ENERO DEL DOS MIL CATORCE, SIENDO HORAS DIEZ ANTES MERIDIANO SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO, EN BASE A LA RESOLUCION DE CONSEJO FACULTAD Nº. 001-2014-FIMC-UNH, DE FECHA CATORCE DE ENERO DEL DOS MIL CATORCE, EN EL CUAL SE RESUELVE:

TITULO PRIMERO.- APROBAR LA HORA Y FECHA PARA LA SUSTENTACION DE TESIS PARA EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL, A DESARROLLARSE EL DIA QUINCE DE ENERO DEL DOS MIL CATORCE, DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES: TITULO DEL PROYECTO " APLICACION DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY-ANGARAES", RESPONSABLES DEL PROYECTO BACH. GUZMAN ARISTE, Jhon Paul; BACH. SONCCO BENDEZU, Alex y COASESOR ING. CAMAC OJEDA ENRIQUE R. e ING. CASTRO QUISPE, Heydi; JURADOS ING. NEIRA CALSIN, Uriel (PRESIDENTE), ARR. SALAS TOCASCA, Hugo (SECRETARIO) LIC. SURICHAQUI GUTIERREZ, Franklin; CON LA FINALIDAD DE EVALUAR LA SUSTENTACION DE TESIS REFERIDA, INMEDIATAMENTE SE PROCEDE CON LA INTERVENCION DEL PRESIDENTE, QUIEN DIO LAS INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES HACIENDO A CONOCER A LOS TESISISTAS EL TIEMPO DE DURACION DE TREINTA MINUTOS PARA LA SUSTENTACION Y AUTORIZANDO EL INICIO DE LA MISMA. TERMINADA LA SUSTENTACION, SE PROCEDE CON LA FORMULACION DE PREGUNTAS PERTINENTES, LOS CUALES FUERON ABBUETAS Y SUSTENTADAS.

SEGUIDAMENTE LOS MIEMBROS DEL JURADO DESPUES DE UN AMPLIO DEBATE SE RESUELVE: APROBAR POR UNANIMIDAD LA TESIS MATERIA DE LA PRESENTE CORRESPONDIENTE AL VI CURSO DE TITULACION POR TESIS - AÑO DOS MIL TRECE. SIENDO HORAS ONCE ANTES MERIDIANO DEL DIA QUINCE DE ENERO DEL DOS MIL CATORCE Y EN SEÑAL DE CONFORMIDAD FIRMAN AL PIE LOS MIEMBROS DEL JURADO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
SEDE LIRCAY
CERTIFICO: QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL
DE LA ORIGINAL QUE TENGO A LA VISTA

ING. URIEL NEIRA CALSIN
PRESIDENTE
ING. ZOSIMO NAHUI GASPARI
(FEDATARIO)
ING. HUGO C. SALAS T.
SECRETARIO
LIC. FRANKLIN SURICHAQUI G.
VOCAL

19 MAYO 2014

A Rogata, mi madre, quien es el aliciente de mi vida y gracias a su esfuerzo hizo de mí una persona de bien; además ha propiciado la existencia de: Gary, Cristian, Janeth y Kevin, hermanos míos motivación para alcanzar mis metas y objetivos.

A Betty, mi madre, quien es el aliciente de mi vida y gracias a su esfuerzo hizo de mí una persona de bien.

- ✓ **Distribución de ejes.** Para que el software sea capaz de chequear la flexión de las losas y obtener óptimos resultados, requiere de la descomposición porcentual de los ejes equivalentes en los siguientes parámetros, recomendados por TCP:

ESRS Eje Simple Rueda Simple. (20%)

ESRD Eje Simple Rueda Doble. (40%)

EDRD Eje Doble Rueda Doble. (30%)

ETRD Eje Triple Rueda Doble. (10%)

- ✓ **Transito:** Para ver el comportamiento del pavimento ante cargas cíclicas y repetitivas se estudió la posición del eje que genera el mayor daño por fatiga, es decir, el porcentaje de pasadas sobre cada lugar en las losas, por lo que controla el diseño. La cantidad de pasadas recomendadas por posición se encuentran en la Tabla N° 13 a continuación:

Tabla N°13

Posición	Pasadas (%) (F_u)
Borde	8%
Huella (40 cm borde)	28%
Corte longitudinal	8%

- ✓ **Carga:** El modelo utilizado por el programa considera las posibles sobrecargas en los ejes, ya que al tener camiones sobrecargados, el número de ejes equivalentes aumenta, esto se hace debido a que este valor es una equivalencia en Daño. Debido a que los factores por lo que se multiplican los ejes reales para convertirlos en EE, provienen de la prueba AASHTO y representan la equivalencia en esa condición, este sistema ha sido utilizado hasta

el día de hoy y es una forma simple y eficiente de contabilizar el tráfico. Para mantener esta simpleza, el programa OPTIPAVE utiliza este sistema, pero con una modificación. El hecho de calcular de forma mecanicista las cargas no es equivalente a una pérdida de serviciabilidad por pasadas de ejes, debido a esto el programa, como factor de seguridad evalúa, no solo el ESRD estándar (EE) sino también un ESRD con un 20 % de sobrecarga, tomando así en cuenta las posibles interacciones que puedan existir por este efecto. El valor que se ingresa es un porcentaje como parte de la cantidad de pasadas de vehículos con sobrepeso evidente. Es importante destacar que este efecto ya se ha considerado en el número de EE. EE es un eje de 18.000 lbs. y EE con sobrecarga representa un eje con sobrecargas cercanas o superiores a las 20.000 lbs. En el caso de existir sobrecargas, se recomienda que para un diseño seguro se tomen la relación EE y EE con sobrecarga como 90% y 10% respectivamente. En nuestro caso quedara como se muestra en la Tabla N° 14, para todo Santa Rosa.

Tabla N° 14

TIPO	%
EE	100.00
EE con Sobrecarga	0.00

- ✓ **Gradiente de Construcción:** (-10°C) El gradiente de construcción es una estimación del alabeo inicial que se produce en la losa debido a retracciones diferenciales entre la parte superior y la parte inferior de esta. Este gradiente se expresa como el gradiente térmico (°C) que existiría para tener la losa plana. El valor depende gran parte de la época del año cuando se construye, y del clima de

la zona. Puesto que nos encontramos en una zona seca con viento y altura, el software nos recomienda utilizar un valor de -10°C .

- ✓ **Temperatura Media Anual:** (11.98) La temperatura Media Anual de Lircay lo describimos en la siguiente tabla.

TABLA N° 15

TEMPERATURA MEDIA $^{\circ}\text{C}$ - Lircay												
Mes	1990	1992	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL	PROMEDIO
Enero	12.80	13.80	12.40	10.90	13.10	12.30	13.50	12.90	12.40	12.40	126.50	12.65
Febrero	13.30	13.50	12.00	11.00	12.70	11.70	13.90	12.20	12.40	12.60	125.30	12.53
Marzo	12.80	13.90	11.00	10.80	13.40	12.30	14.30	12.10	12.50	12.50	125.60	12.56
Abril	13.50	14.10	11.00	11.80	12.70	12.10	14.10	12.20	12.20	11.70	125.40	12.54
Mayo	12.50	12.80	10.20	10.50	12.10	11.60	12.60	12.50	12.10	11.90	118.80	11.88
Junio	11.00	11.70	7.70	9.80	10.80	11.10	11.80	11.40	11.50	11.10	107.90	10.79
Julio	11.00	10.60	6.40	9.90	10.30	10.60	11.50	11.00	10.80	10.90	103.00	10.3
Agosto	11.30	11.10	8.50	11.00	11.30	10.70	12.50	11.20	11.50	10.60	109.70	10.97
Setiembre	11.70	12.60	11.80	0.50	12.20	12.20	13.00	12.00	11.90	12.00	109.90	10.99
Octubre	13.40	12.00	11.90	12.50	13.30	13.60	13.30	12.30	12.10	12.90	127.30	12.73
Noviembre	12.90	13.10	12.00	14.00	12.90	12.80	13.00	13.30	12.50	13.30	129.80	12.98
Diciembre	12.60	12.80	12.00	14.00	12.70	13.00	12.70	12.80	12.50	12.90	128.00	12.8
												11.98

- ✓ **Dif. Construcción y Temperatura Media a Anual:** (-1.00) Es la temperatura del momento de construcción del hormigón menos la temperatura media anual, la cual va a representar la retracción térmica del hormigón desde su construcción.

B. Parámetros Variables:

- ✓ **Ejes Equivalentes:** De acuerdo al estudio de tráfico realizado en el barrio de Santa Rosa, se obtuvo un ESAL de 160 000 ejes equivalentes.
- ✓ **Flexotracción del Hormigón a los 28 Días:** Para el diseño se debe utilizar exclusivamente, la resistencia característica a la flexotracción a 28 días con cargas en los tercios el valor utilizado debe estar expresado en (Kg/cm^2) . El valor a asignar a este parámetro dependerá de las posibilidades que existan en la zona del proyecto para preparar hormigones de calidad.

- ✓ **Aumento de resistencia a los 28 días:** Corresponde al incremento porcentual en la resistencia a la Flexotracción que ocurre desde el día 28 al día 90 en las losas de hormigón. Se recomienda en caso de no saber usar $15\% \Rightarrow 1.15$.
- ✓ **Resistencia Flexotracción media a 90 días Kg/cm².** Corresponde a la resistencia la Flexotracción en el día 90. Este valor se calcula como la resistencia a 28 días por el factor "Proyección 90/28.
- ✓ **Suelo:** Las características del suelo será evaluado con el Método KSEM, esto dependerá en gran instancia del CBR de la subrasante como se muestra en los anexos, el CBR de la calicata 01 (C-01), es 40.18 %..

3.9.5 COTIZACIÓN DE PRECIOS.

La cotización de los precios para la evaluación de los diseños respectivos, se realizó en el mes Setiembre del 2013 a precios de mercado incluido IGV. Las proformas y las cotizaciones se encuentran en los Anexos.

Con estos costos se elaboraron los análisis de costos unitarios que nos servirá para optimizar en función al costo los parámetros de diseño, dichos análisis de costos unitarios se encuentra adjunto también en el Anexo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 DISEÑO REALIZADO DE PAVIMENTO TIPO TCP EN PROGRAMA Optipave.

- PARAMETROS DE DISEÑO

Se presentan los datos a considerar para ser utilizados en la nueva metodología de diseño TCP.

- ❖ **Periodo de diseño: 20 años**
- ❖ **Trafico: 160,000 EE**

DISTRIBUCIÓN DE EJES (Recomendado por TCP)

- ✓ **ESRS: 20%**
- ✓ **ESRD: 40%**
- ✓ **EDRD: 30%**
- ✓ **ETRD: 10%**

TRÁNSITO (Recomendado por TCP)

- ✓ **BORDE: 8%**
- ✓ **HUELLA: 30%**
- ✓ **CORTE: 8%**

CARGA

- ✓ **EE: 100%**
- ✓ **EE CON SOBRECARGA: 0%**

❖ IRI:

- ✓ IRI inicial: 2.8 (recomendado por TCPavements.)
- ✓ IRI final: 4.5 (serviciabilidad final)

❖ Capacidad de soporte del suelo de fundación:

Se realizaron ensayos de suelos las cuales se toma el menor valor para fines de diseño, CBR de 40.18 %, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1", equivalente a 2.16 gr/cm³

❖ Base granular

- ✓ CBR de 86.54 %, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1", equivalente a 20.6 kg/cm³

❖ Propiedades del concreto

- ✓ MR = 48 kg/cm².
- ✓ Sin fibra metálica.
- ✓ Módulo de elasticidad (E) = 26714.56
- ✓ Módulo de Poisson = 0.15
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica = 0.00001
- ✓ Retracción a 365 días (m/m) = 0.001

❖ Confiabilidad: 80 %**❖ Escalonamiento final: 0.25****❖ Porcentaje de losas agrietadas: 30%****❖ Clima**

- ✓ Humedo – no heladizo
- ✓ Gradiente de construcción: -10%
- ✓ Temperatura media anual: 11.98 °C
- ✓ Diferencia entre t° construcción y t° media anual: 1°C

❖ Sello de Juntas: NO REQUIERE**❖ Barras de amarre: AL EJE CENTRAL**

- ❖ Confinamiento lateral: BERMAS DE CONCRETO, VEREDA.
- ESPESOR DETERMINADO POR EL PROGRAMA OPTIPAVE = 10 cm

ANALISIS DE DIAGRAMAS RESULTANTES

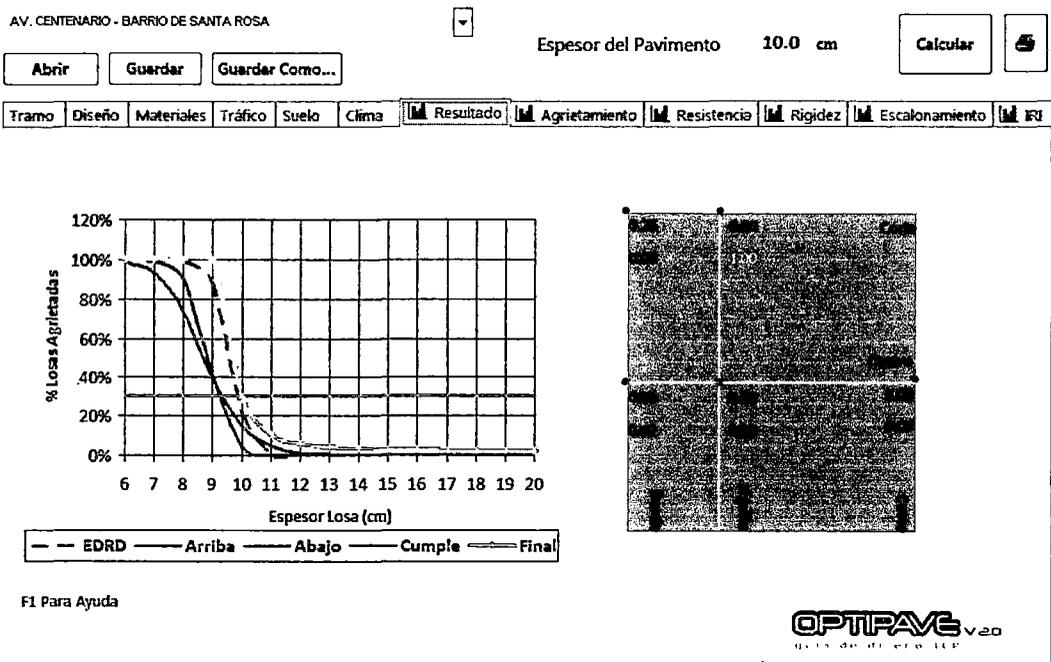


Gráfico N° 01 - Resultados Espesor

- Línea azul (arriba) = agrietamiento superior
- Línea verde (abajo) = agrietamiento inferior
- Línea punteada = Chequeo de flexión por eje TANDEM
- Línea roja = Agrietamiento final para nivel de confianza dado (80%).

La imagen de la derecha indica un paño típico de losa, y los números indicados, se refieren a el daño por fatiga ejercido en esa zona del pavimento, mientras el daño se acerca más al valor 1.00, el daño al final de la vida del pavimento es el mayor, los números de la parte superior, se refieren a los daños ejercidos en la parte superior de la losa, y los de abajo, se refieren a los daños en la parte inferior de la losa. Se debe tener

77

en cuenta que el diseño se está realizando para la posición más desfavorable a la que puede estar sometido el paño de pavimento

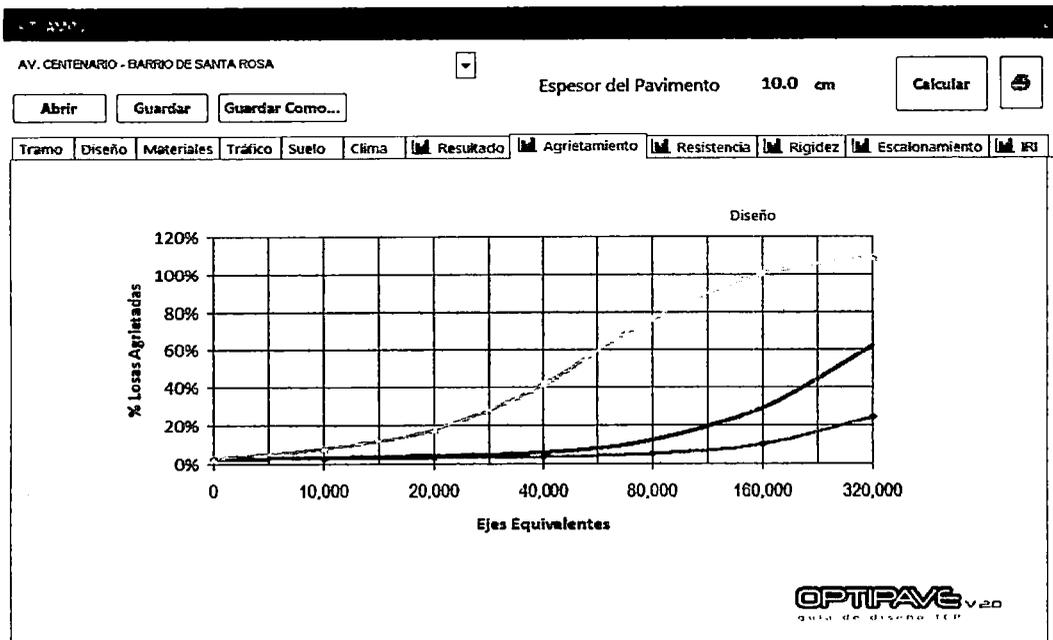


Gráfico N° 02 - Resultados por Agrietamiento

Se verifica que el agrietamiento superior (azul) e inferior (verde), no sobrepasen el porcentaje de losas agrietadas de diseño.

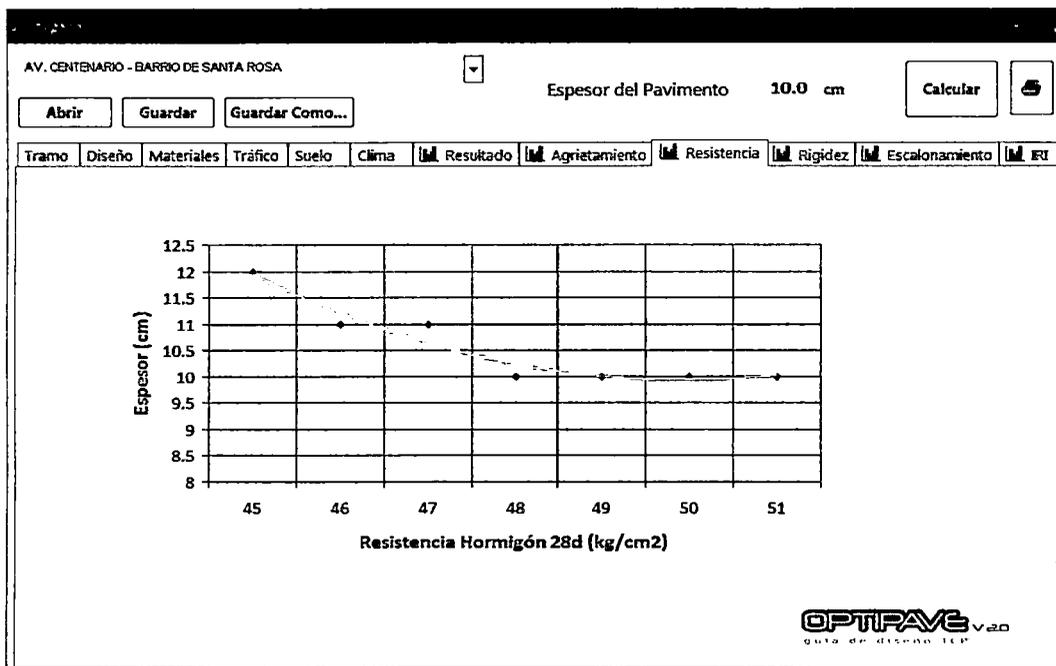


Gráfico N° 03 - Resultados de Resistencia

El gráfico muestra como el espesor del pavimento va reduciéndose a medida que aumenta la resistencia de diseño, para el espesor resultante, es necesario la resistencia de $MR=48 \text{ kg/cm}^2$.

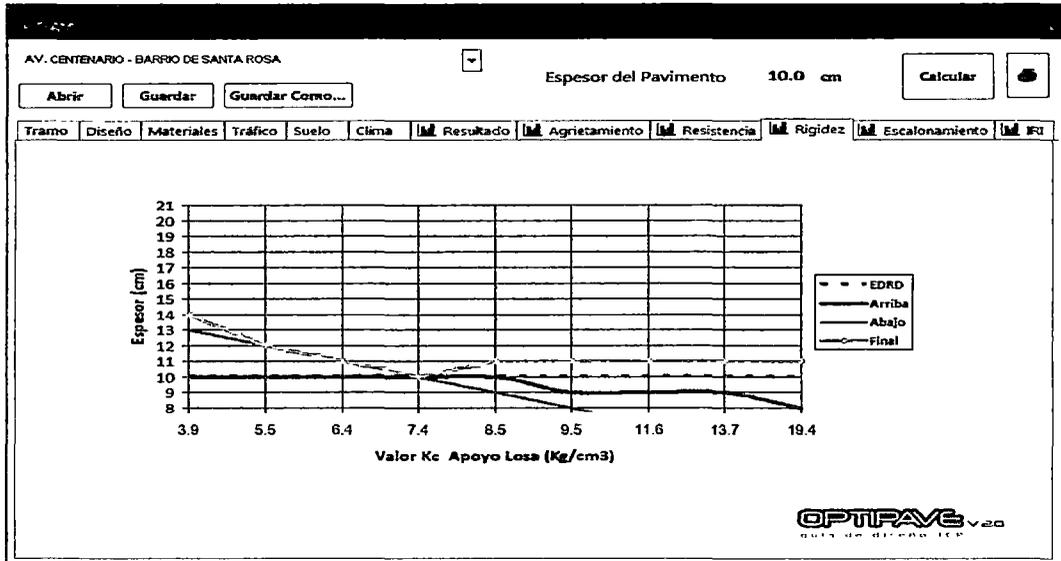


Gráfico N° 04 - Resultados por Rigidez

Se verifica que el Kc (capacidad de soporte conjunto del suelo base-subrasante), sea igual o mayor al requerido para un espesor de losa de 10 cm, en este caso se requiere de un $Kc = 7.4 \text{ kg/cm}^3$, y el $Kc \text{ (real)} = 8.1 \text{ kg/cm}^3$.

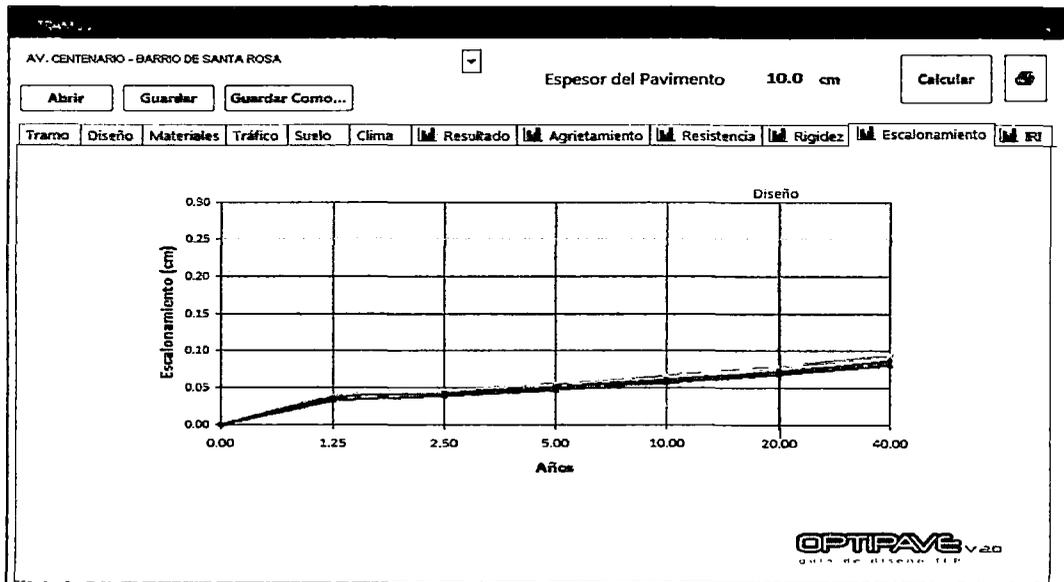


Gráfico N° 05 - Resultados de Escalonamiento.

El escalonamiento entre juntas final (rojo), cuyo valor es de 0.075 cm, menor al asumido 0.25 cm.

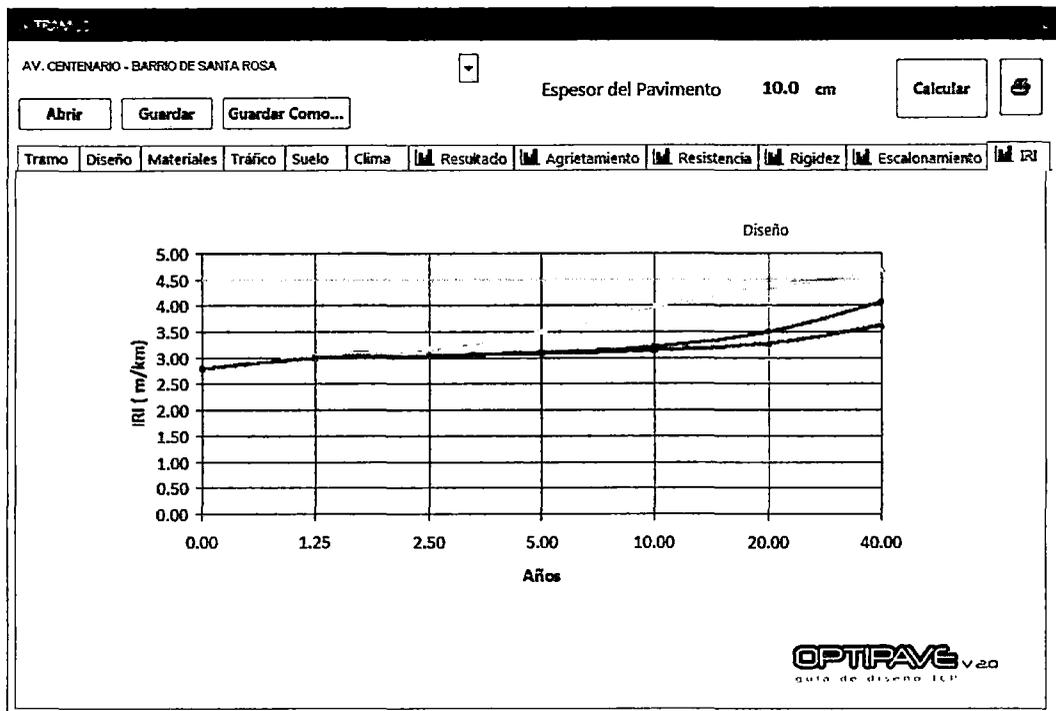
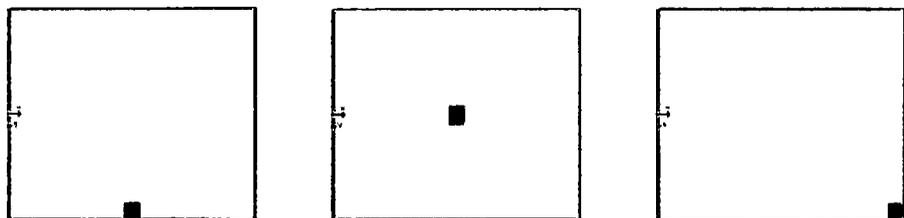


Gráfico N° 06 - Resultados IRI

El índice de rugosidad Internacional, se encuentra menor al límite en los 20 años de diseño del pavimento.

- ANALISIS ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO EMPLEANDO EVERFE 2.25

El programa emplea el método de Elementos Finitos y útil para modelar losas con Pasajuntas o dowells como transferencia de carga. Se puede determinar tres zonas críticas de aplicación de carga que pueden ser asumidos.



Jel

Figura N° 16 - Posiciones de set de ruedas más críticos en un paño de losa de Pavimento.

Ingreso de datos

- ✓ Dimensiones de losa idealizada: 1.65 x 1.80 m
- ✓ Espesor de la Losa: 0.10 m.
- ✓ Espesor de Base Granular: 0.15 m.
- ✓ Cargas de ejes: Se consideró Eje Simple Rueda Simple y Eje simple Rueda
- ✓ Doble, cada una aplicada sobre un paño de losa.

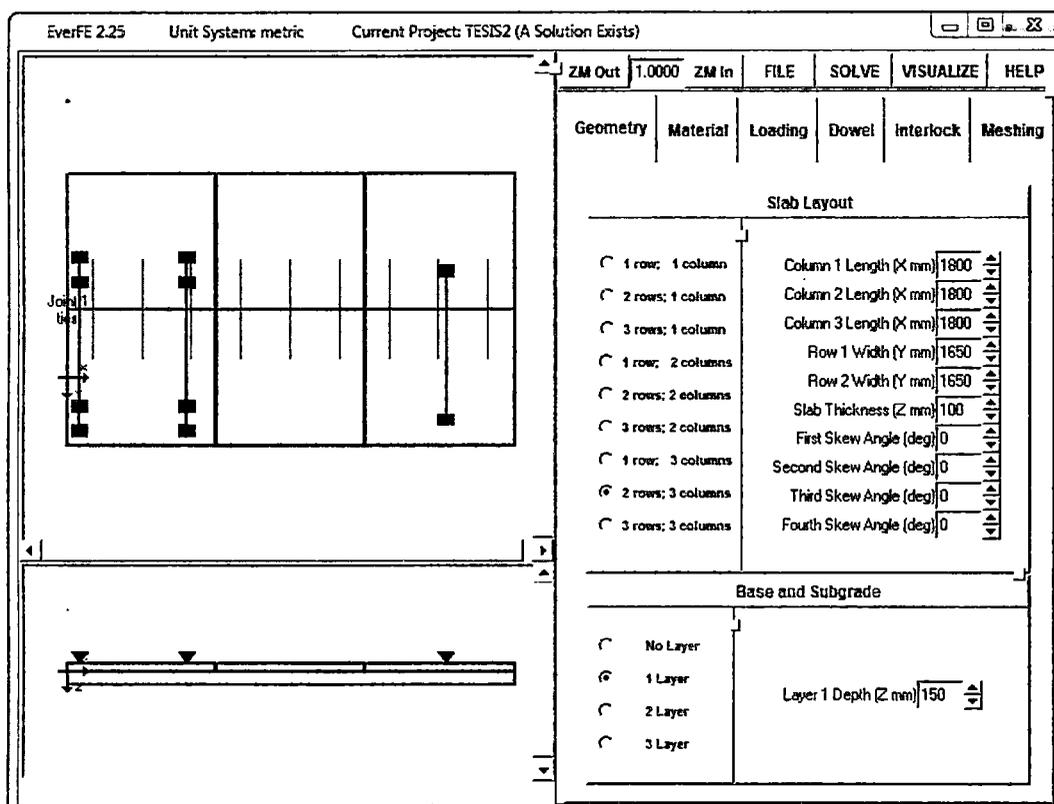


Gráfico N° 07 - Pantalla inicial de ingreso de datos

Aplicando la carga a los 0.15 m del borde.

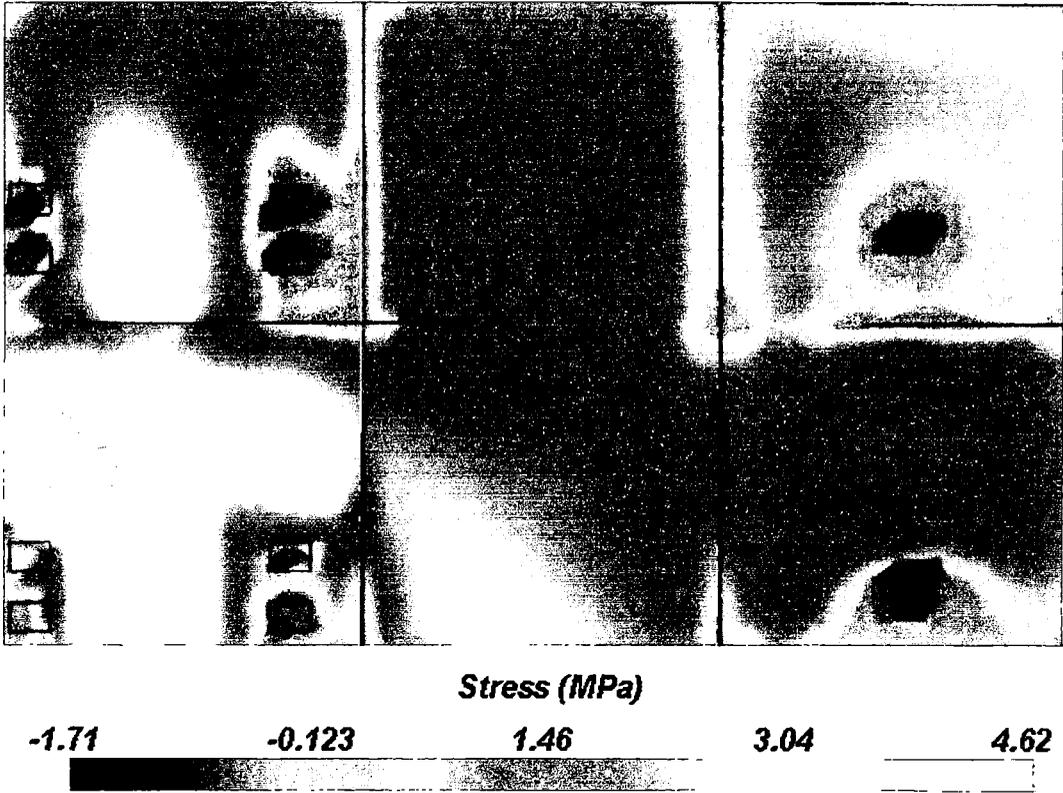
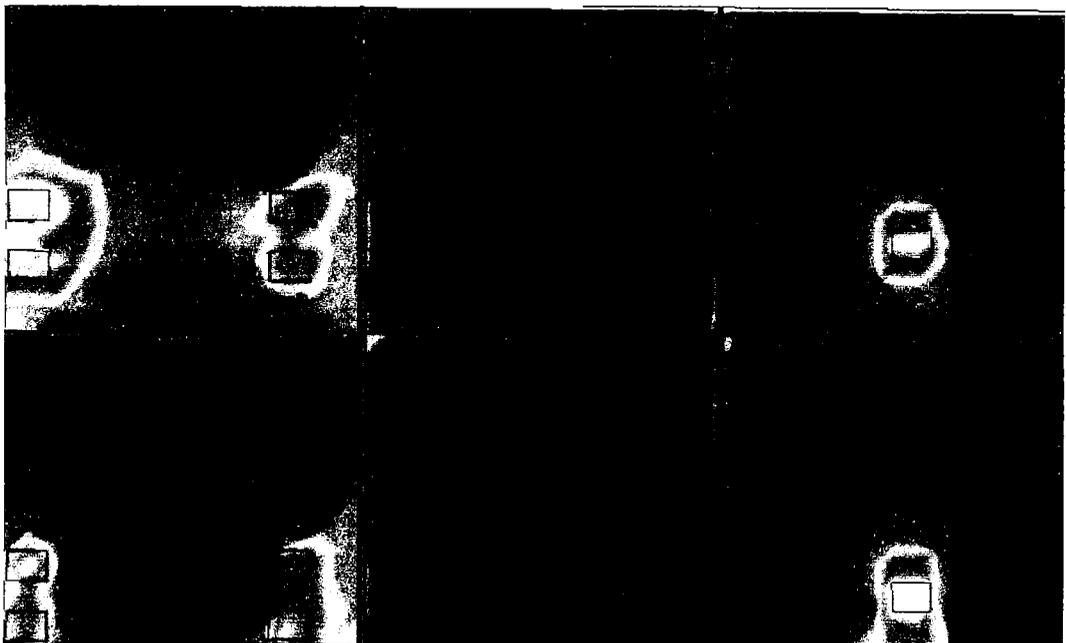


Gráfico N° 08 - Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa.



72

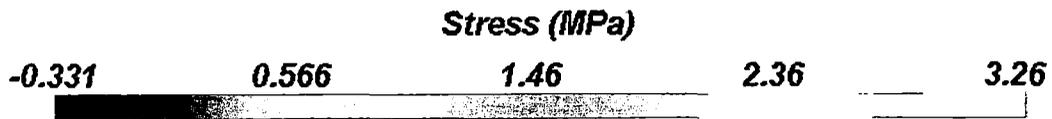


Gráfico N° 09.- Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa.

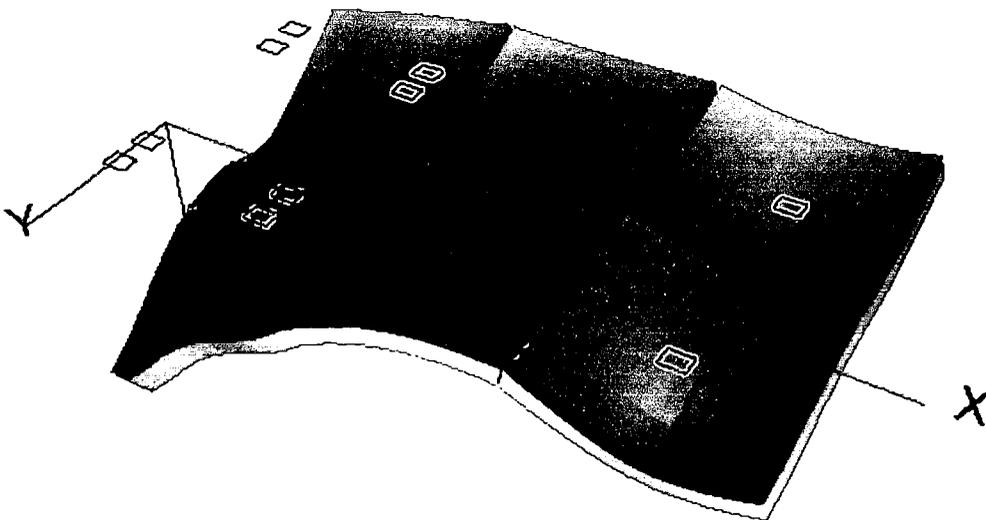


Figura N° 17 - Deflexiones en losa de concreto.

EverFE 2.25 Unit System: metric Current Project: TESIS2 (A Solution Exists)

ZM Out 1.0000		ZM In	FILE	SOLVE	VISUALIZE	HELP
Max/min Principal Stress Values per Slab:						
MAX: 3.22795MPa X: 4653.96mm Y: -1296.45mm Z: -0.01mm MIN: -1.64043MPa X: 2584.14mm Y: -1296.45mm Z: -0.01mm	MAX: 1.78582MPa X: 2455.57mm Y: -1178.6mm Z: -99.89mm MIN: -1.64043MPa X: 2584.14mm Y: -1296.45mm Z: -0.01mm	MAX: 2.27005MPa X: 4653.96mm Y: -1296.45mm Z: -0.01mm MIN: -3.22795MPa X: 4653.96mm Y: -1296.45mm Z: -99.89mm				
MAX: 4.67000MPa X: 4653.96mm Y: 583.25mm Z: -0.01mm MIN: -3.32489MPa X: 4653.96mm Y: 471.4mm Z: -0.01mm	MAX: 2.82076MPa X: 1812.75mm Y: 824.95mm Z: -0.01mm MIN: -2.34855MPa X: 2455.57mm Y: 787.1mm Z: -0.01mm	MAX: 2.43397MPa X: 4653.96mm Y: 583.25mm Z: -0.01mm MIN: -3.32489MPa X: 4653.96mm Y: 471.4mm Z: -99.89mm				
Results for Points:						
Smax = 0.083MPa	Sxx = -0.073MPa	Syy = -3.395MPa	Szz = 0.021MPa	Sxy = 0.424MPa	Syz = 0.389MPa	Sxz = -0.004MPa
Dxx = -0.174mm	Dyy = 0.197mm	Dzz = 2.660mm	Smin = -3.490MPa			
X (mm) 0	Y (mm) 0	Z (mm) 0				

21

Gráfico N° 10 - Resultados de losa con mayor esfuerzo.

Se observa que los pasajuntas que se ubican al eje de la losa disminuyen los esfuerzos producidos por el set de ruedas en el borde de la losa, el máximo esfuerzo sucede al borde del paño de losa siendo esta de 4.62 MPa.

- EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se desarrolló el presupuesto para pavimentos tipo TCP, teniendo como referencia los costos obtenidos en el Estudio de Mercado (Cotizaciones).

S10					Página	1
Presupuesto						
Presupuesto	0201001	TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY - ANGARAES"				
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO TCP				
Ciente	UNH				Costo al	16/10/2013
Lugar	HUANCAVELICA - ANGARAES - LIRCAY					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	PAVIMENTO TCP				110.90	
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				15.24	
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1.00	2.37	2.37	
01.01.02	CORTE SUPERFICIAL HASTA SUBRASANTE C/MAQUINA	m3	0.20	2.28	0.46	
01.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	0.20	3.32	0.66	
01.01.04	PREPARACION DE SUB RAZANTE	m2	1.00	1.13	1.13	
01.01.05	COLOCACION BASE E=0.15M	m2	1.00	8.92	8.92	
01.01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.24	7.07	1.70	
01.02	PAVIMENTO RÍGIDO				95.66	
01.02.01	SUMINISTRO DE CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ² E	m3	0.10	394.79	39.48	
01.02.02	CORTE DE JUNTAS TRANSVERSALES	m	2.32	2.55	5.92	
01.02.03	CURADO DE LOSA	m2	1.00	0.20	0.20	
01.02.04	VARILLAS DE TRANSFERENCIA D 10mm de 0.60m	kg	0.52	2.87	1.49	
01.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1.00	48.57	48.57	
	Costo Directo				110.90	
	SON: CIENTO DIEZ Y 90/100 NUEVOS SOLES					

4.1.2 DISEÑO REALIZADO DE PAVIMENTO POR EL MÉTODO AASHTO

- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se presentan los datos a considerar para el diseño por el Método AASHTO 93.

- ❖ **Periodo de diseño: 20 años**
 - ❖ **Trafico: 160,000 EE**
 - ❖ **Factor De Sentido (Fs): 0.50**
 - ❖ **Factor Carril (Fc): 0.80.**
 - ❖ **Confiabilidad (R%): 90 %**
 - ❖ **Desviación Estándar (Zr): -1.282**
 - ❖ **Error Estándar Combinado (So): 0.35**
 - ❖ **Serviciabilidad (Δ PSI): 2.5**
 - ❖ **Módulo de Roptura (Mr): 463. 7 psi**
 - ❖ **Drenaje (Cd) : 0.90**
 - ❖ **Coefficiente de Transferencia de carga (J): 3.1**
 - ❖ **Modulo de Elasticidad del Concreto (Ec) : 3,503,968.23 psi**
 - ❖ **Módulo de Reacción de la Sub rasante (k) : 71.52**
- **ESPEJOR DETERMINADO CON LA HOJA DE CALCULO POR EL MÉTODO AASHTO e = 17.00 cm.**

ESPESOR DEL PAVIMENTO

Según la formula General AASHTO:

$$\begin{aligned} \log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] \end{aligned}$$

haciendo tanteos de espesor hasta que (Ec. I) Sea aproximadamente Igual a (Ec. II):

D = 17 in

$\log_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$ 5.713 Ec. I

$$\begin{aligned} 7.35 \times \log_{10}(D + 1) + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] = \end{aligned}$$

5.713 Ec. II

espesor de la Losa de Concreto

D = 17.00 Cm

- EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se desarrolló el presupuesto para pavimentos tipo ASSHTO, teniendo como referencia los costos obtenidos en el Estudio de Mercado (Cotizaciones).

S10

Página

1

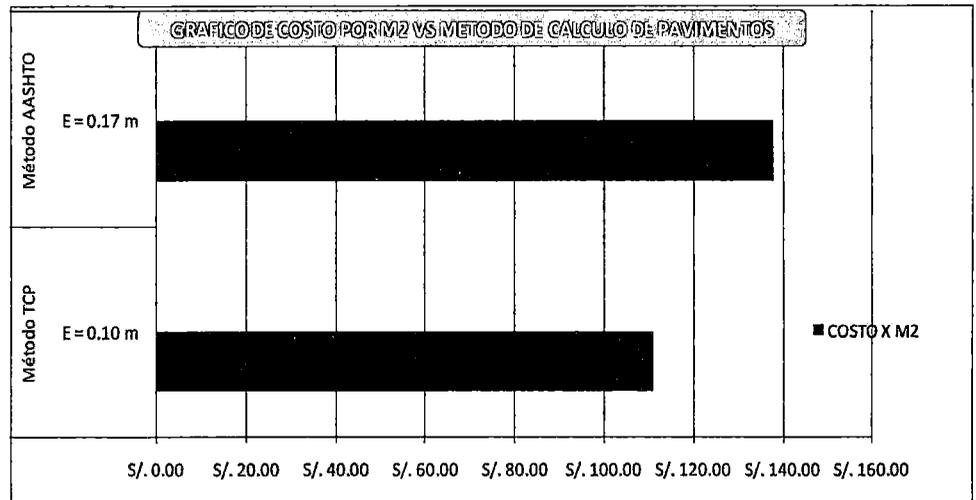
Presupuesto

Presupuesto	0201001	TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY - ANGARAES"			
Subpresupuesto	002	PAVIMENTO ASSHTO			
Ciente	UNH		Costo al	16/10/2013	
Lugar	HUANCAMELICA - ANGARAES - LIRCAY				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	PAVIMENTO AASHTO				137.88
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				15.24
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m ²	1.00	2.37	2.37
01.01.02	CORTE SUPERFICIAL HASTA SUBRASANTE O MAQUINA	m ³	0.20	2.28	0.46
01.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m ³	0.20	3.32	0.66
01.01.04	PREPARACION DE SUBRAZANTE	m ²	1.00	1.13	1.13
01.01.05	COLOCACION BASE E=0.20M	m ²	1.00	8.92	8.92
01.01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	0.24	7.07	1.70
01.02	PAVIMENTO RIGIDO				122.64
01.02.01	SUMINISTRO DE CONCRETO f _c =210 kg/cm ² E	m ³	0.17	404.68	68.80
01.02.02	CURADO DE LOSA	m ²	1.00	0.20	0.20
01.02.03	JUNTA ASFALTICA DE CONSTRUCCION Y/O DILATACION	m	1.11	4.57	5.07
01.02.04	ENCOFRADO Y LESENCOFRADO	m ²	1.00	48.57	48.57
	Costo Directo				137.88
	SON: CIENTO TRENTISIETE Y 88/100 NUEVOS SOLES				

4.1.3 CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS.

Después de la obtención de Costos por metro cuadrado por cada uno de los métodos analizados, se realiza la comparación y la estimación porcentual en cuanto a la diferencia de precios. Cabe aclarar que para el cálculo del costo se realizó sin la variación de precios en cuanto a los insumos, mano de obra y las maquinarias.

N°	MÉTODO DE PAVIMENTACIÓN	ESPESOR DE LOSA	COSTO X M2
1.-	Método TCP	E = 0.10 m	S/.110.90
2.-	Método AASHTO	E = 0.17 m	S/.137.88
	DIFERENCIA	E = 0.07 m	S/. 27.08



Como se puede apreciar la diferencia de costos entre los dos tipos de cálculo para pavimentos rígidos difieren en **S/. 27.08**, haciendo una diferencia porcentual de **19.64 %** de Ahorro en cuanto al costo para la ejecución del proyecto

Diferencia Porcentual de Costo = 19.64 %

Con dicho resultado obtenido se puede dar como aceptada la hipótesis planteada, puesto que el Pavimento TCP es más rentable económicamente para la ejecución de los diversos proyectos en el Barrio de Santa Rosa, como también en el Distrito de Lircay.

4.2 DISCUSIÓN

El método TCP (Losas con geometría Optimizada) es un sistema de diseño mecanístico empírico frente a los métodos convencionales que utilizamos en LIRCAY hasta la actualidad (ASSHTO 93) ya que el procedimiento de diseño y análisis calcula las respuestas del Pavimento (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) y utiliza esas respuestas para calcular el incremento de daño a través del tiempo, por lo tanto es recomendable utilizar el método TCP ya que nos permite optimizar con una mayor precisión los recursos a través del software

Optipave, el cual utiliza interinamente el procedimiento mediante elementos finitos para calcular las tensiones en la losa en todas las condiciones

Los pavimentos diseñados por el método TCP tienen, a diferencia de los construidos con métodos de tradicionales, una exigencia mayor a la base o subbase granular. Esta capa, bajo la losa de concreto, tiene dos funciones completamente distintas: La primera, debido al menor espesor, aumentar la capacidad estructural del sistema; y la segunda, es proveer una base que no se erosione bajo la junta del pavimento.

El concreto hidráulico que se utiliza en el diseño de pavimentos por el método TCP tiene una resistencia a la compresión mayor a 280 Kg/cm², sin embargo los pavimentos tradicionales de concreto se diseñan por lo común con concretos iguales o mayores a 210 Kg/cm² dentro del rango de los ESALs que estamos considerando.

Así mismo la metodología TCP nos brinda una alternativa de optimizar nuestros pavimentos mediante Fibras Estructurales, sin embargo no es posible esto en Santa Rosa debido a que las fibras recomendados por esta metodología no están disponibles en el mercado.

En el caso de pavimentos de hormigón con losa de espesor optimizado, las juntas (transversales y longitudinales) deben inducirse por aserrado utilizando un sistema autopropulsado, con una sierra de espesor menor o igual a 2.5 mm, debido a ello en las juntas de contracción no es necesario colocar las barras o dowells de transferencia de carga ya que demuestran que la transferencia de carga es debido al trabazón de los agregados ello fue demostrado en los estudios realizados por TCPAVEMENTS.

CONCLUSIONES

- ✓ La tecnología de pavimentación TCP en el diseño presente, cumple con las características necesarias para la duración planteada (20 años) y resistencia ante los EE (160,000), en cuanto al precio se presenta una reducción en el costo del pavimento TCP frente al pavimento rígido tradicional, del 19.64 %, por lo tanto la hipótesis es aceptada.
- ✓ La tecnología de pavimento TCP, cumple con los requerimiento técnicos mínimos y económicamente muestra un ahorro.
- ✓ Se realizó el estudio de suelos del terreno natural obteniendo un CBR mínimo de 40.18% a 0.1" de penetración al 95% de la MDS.
- ✓ Se tomó como referencia el estudio de suelos del material de afirmado realizado para el proyecto "Mejoramiento de Pistas y Veredas de las calles laterales y zonas periféricas del distrito de Lircay, provincia de Angaraes – Huancavelica", de la cantera ubicada en la localidad de Rumichaca; obteniendo un CBR mínimo de 86.54% a 0.1" de penetración al 95% de la MDS.
- ✓ Con esta nueva propuesta, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales, ello permitió reducir el espesor de pavimento a 10 cm.
- ✓ Se aplicó el programa OptiPave de la patente TCP pavements obteniendo losas optimizadas para un periodo final de 20 años, dada un tráfico de 160,000.00 EE dada las condiciones ambientales y el tipo de suelo, las dimensiones optimas son losas de 1.65 x 1.75 m con un espesor de 10 cm, con 15 cm de base granular.
- ✓ Se redujo un 41 % al espesor de pavimento rígido tradicional con mejores características.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda el corte de las juntas transversales no mayor a 1.80 m, por ser dato de ingreso en el programa, y modificaría la distribución de cargas. En cuanto al ancho, este depende de la sección de la vía en este caso es de 1.65 m de ancho cada paño, lo cual es una medida correcta.
- ✓ Se recomienda tener operarios con experiencia en este tipo de trabajos pues por ser un método de pavimentación no muy difundida se debe tener sumo cuidado en el proceso constructivo.
- ✓ Se recomienda que los dowells se empleen a lo largo de las juntas longitudinales del pavimento para garantizar la transferencia de cargas, y la adherencia de las losas al eje de la vía.
- ✓ Es necesaria una actualización en los métodos de diseño y constructivos. Es tarea para inversionistas (privados y públicos), contratistas, empresas del sector y todos aquellos involucrados en la construcción Civil, proponer e implementar Mejores Prácticas Constructivas.
- ✓ El Sistema TCPavement, es una herramienta para brindar una solución en pavimentos rígidos, frente a los flexibles, al mismo o menor costo; además de otras ventajas como la durabilidad demostrado en los estudios realizados en la universidad de Illinois, EEUU

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Juan C. Maltez R. (2007) "Análisis Comparativo de Costos en la Rehabilitación de Pavimentos para Carreteras" Tesis de grado de Magister en Administración Financiera, Universidad Nacional de San Carlos de Guatemala.
2. Román Ávila R. (2008) "Método Constructivo de Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico": Tesis de grado, para optar el grado de Magister en Ciencias de Ingeniería Vial, Escuela de Post Grado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Carlos de Guatemala.
3. MILTON GRANADOS G. (2011) "Pavimentos en Concreto de Losas con Dimensiones Optimizadas": Monografía, para optar el Título de Especialista en Geotecnia, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Sinú Montería Colombia.
4. Valverde Baltazar, Osmad David, Estación Casanova, Oscar Eduardo. (2012) "Aplicación de la tecnología de pavimento TCP en las calles 56 y 78 de la habilitación urbana paseo del mar – nuevo Chimbote – Ancash – Perú".
5. Montejo Fonseca, Alfonso. (2006) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 1º edición. Lima, Perú:
6. Menéndez Acurio, José Rafael. (2012) Ingeniería De Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación. 2da edición. Lima Perú.
7. Manual de Diseño geométrico de Vías Urbanas ICG. Perú.
8. Manual Centro Americano de Pavimentos.
9. American Association of State of Highway and transportation AASHTO. (2007) guide for design of Pavement Structures. Estados Unidos: Washington.
10. Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993.
11. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) "Diseño de Pavimentos" Pag.183
12. Reglamento Nacional de Infraestructura Vial "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje" Pag.176
13. <http://www.tcpavements.com/index.php?lang=es>
14. Manual para el diseño de Pavimentos TCP.
15. Robert F. Sampierre. "Metodología de la Investigación"

ANEXOS

ESTUDIO DE TRÁFICO

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO : ← → FECHA : 13 DE JULIO DEL 2013

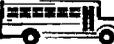
HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS	MICROS/CUSTER	(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00 01							
01 02							
02 03							
03 04							
04 05							
05 06	1						
06 07		1					
07 08		1				1	
08 09							
09 10	1	2					
10 11			1				
11 12							
12 13	1	1	1				
13 14	1		1				
14 15		3					
15 16	1	1					
16 17		1					
17 18	1	1	2				
18 19	1	1					
19 20	1						
20 21							
21 22							
22 23							
23 24							
TOTAL	8	12	5	0	0	1	0
SUB TOTALES	20		5		0	1	0

INDICE MEDIO DIARIO:
 IMD= 29.5

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : **BARRIO SANTA ROSA** DEPART. : HUANCAVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 14 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS	MICROS/CUSTER	(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00 01							
01 02							
02 03							
03 04							
04 05			1				
05 06	1	1					
06 07		1					
07 08							
08 09		2					
09 10	1						
10 11			1				
11 12	1					1	
12 13		2					
13 14							
14 15							
15 16	1	1					
16 17			1				
17 18	2	1					
18 19	1					1	
19 20			1				
20 21	1	1					
21 22							
22 23							
23 24							
TOTAL	8	9	4	0	0	2	0
SUB TOTALES		17		4	0	2	0

INDICE MEDIO DIARIO:
IMD= 27

OBSERVACIONES:

SE

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO : FECHA : 15 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA		
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES	
00	01							
01	02							
02	03							
03	04							
04	05							
05	06							
06	07	1						
07	08	1						
08	09	1						
09	10	2						
10	11	1						
11	12	1						
12	13	1						
13	14	1						
14	15			1				
15	16	1		1				
16	17							
17	18							
18	19	1				1		
19	20	1						
20	21	1						
21	22	1						
22	23							
23	24							
TOTAL		14	9	2	0	0	1	0
SUB TOTALES		23		2	0	0	1	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 28

OBSERVACIONES:

--

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 16 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00 01							
01 02							
02 03							
03 04							
04 05							
05 06							
06 07	1						
07 08	1						
08 09	1	1					
09 10	1	1	1				
10 11	1						
11 12		1					
12 13	1						
13 14	1	2					
14 15	1						
15 16	2	1	2				
16 17	1						
17 18	1					1	
18 19	1	1					
19 20	1						
20 21							
21 22							
22 23							
23 24							
TOTAL	14	7	3	0	0	1	0
SUB TOTALES	21		3		0	1	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 27.5

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCAVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 17 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06	1					
06	07	1	1				
07	08	2	1				
08	09	1					
09	10	1	1				
10	11			1		1	
11	12						
12	13	1	1				
13	14	3	2			1	
14	15	2	1				
15	16	4					
16	17	2	1			2	
17	18						
18	19	1	1				
19	20	1					
20	21						
21	22	1					
22	23						
23	24						
TOTAL	21	9	1	0	0	4	0
SUB TOTALES	30		1	0	0	4	0

INDICE MEDIO DIARIO:
IMD= 39.5

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA **DEPART. :** HUANCAVELICA
TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú **PROVINCIA :** ANGARAES
ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA **DISTRITO :** LIRCAY
SENTIDO : **FECHA :** 18 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06						
06	07						
07	08						
08	09	1					
09	10	1					
10	11	1					
11	12	1		1			
12	13	1					
13	14	1					
14	15	2					
15	16	1					
16	17	1					
17	18	1					
18	19	2		1			
19	20	1					
20	21						
21	22	1					
22	23						
23	24						
TOTAL	15	8	2	0	0	0	0
SUB TOTALES	23		2		0	0	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 26

OBSERVACIONES:

34

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : **BARRIO SANTA ROSA** DEPART. : HUANCVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 19 DE JULIO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER	(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES	
							
00 01							
01 02							
02 03							
03 04							
04 05							
05 06							
06 07	1						
07 08							
08 09	1						
09 10	1	1					
10 11			1				
11 12	1						
12 13	1	1					
13 14	2	1					
14 15	1	1					
15 16	1						
16 17	1	1					
17 18	1						
18 19	1	1					
19 20	1	1					
20 21	1	1					
21 22							
22 23							
23 24							
TOTAL	14	8	1	0	0	0	0
SUB TOTALES	22		1	0	0	0	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 23.5

OBSERVACIONES:

--

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 10 DE AGOSTO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA		
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES	
								
00	01							
01	02							
02	03							
03	04							
04	05							
05	06							
06	07	2	1					
07	08	1						
08	09	1	1			1		
09	10	1						
10	11	1	1	1				
11	12	1	2					
12	13	1						
13	14	1	1					
14	15	1						
15	16	2	1					
16	17	1	1					
17	18	1						
18	19	1						
19	20							
20	21							
21	22							
22	23							
23	24							
TOTAL		15	8	1	0	0	1	0
SUB TOTALES		23		1	0	0	1	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 26.5

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCAMELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 11 DE AGOSTO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06	1					
06	07						
07	08						
08	09	1					
09	10						
10	11	1					
11	12						
12	13						
13	14	1					
14	15	1					
15	16			1			
16	17						
17	18						
18	19	1					
19	20	2					
20	21	1					
21	22						
22	23						
23	24						
TOTAL	9	5	1	0	0	1	0
SUB TOTALES	14		1		0	1	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 17.5

OBSERVACIONES:

51

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA **DEPART. :** HUANCVELICA
TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú **PROVINCIA :** ANGARAES
ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA **DISTRITO :** LIRCAY
SENTIDO : ← → **FECHA :** 12 DE AGOSTO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06						
06	07	1					
07	08						
08	09	3					
09	10	2					
10	11						
11	12	1					
12	13	2					
13	14	1					
14	15	2					
15	16	1					
16	17	1		1			
17	18			1			
18	19	1					
19	20	1					
20	21						
21	22						
22	23						
23	24						
TOTAL	16	5	2	0	0	0	0
SUB TOTALES	21		2		0	0	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 24

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCAVELICA
 TESISTAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 14 DE AGOSTO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06						
06	07	1					
07	08	1	3				
08	09	1					
09	10						
10	11	2	1				
11	12	1					
12	13	1		1			
13	14		2				
14	15	4					
15	16	2	1	1			
16	17	1					
17	18	1	1				
18	19		1				
19	20	1					
20	21						
21	22						
22	23						
23	24						
TOTAL	16	9	2	0	0	0	0
SUB TOTALES	25		2	0	0	0	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 28

OBSERVACIONES:

CONTEO DE TRÁFICO

LUGAR : BARRIO SANTA ROSA DEPART. : HUANCVELICA
 TESISITAS : Jhon P. Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú PROVINCIA : ANGARAES
 ESTACION : AV. CENTENARIO - BARRIO SANTA ROSA DISTRITO : LIRCAY
 SENTIDO :   FECHA : 15 DE AGOSTO DEL 2013

HORA	TRANSPORTE LIGERO		TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA	
	(1) AUTOS	PICUP	(2) COMBIS MICROS/CUSTER		(3) BUSES	(4) CAMIÓN 2 EJES	(5) CAMION 3 EJES
							
00	01						
01	02						
02	03						
03	04						
04	05						
05	06						
06	07						
07	08	1					
08	09	2					
09	10						
10	11						
11	12	2					
12	13	1					
13	14	1					
14	15	3					
15	16	2					
16	17	1					
17	18						
18	19	1					
19	20	1					
20	21						
21	22						
22	23						
23	24						
TOTAL	15	7	0	0	0	0	0
SUB TOTALES	22		0	0	0	0	0

INDICE MEDIO DIARIO:

IMD= 22

OBSERVACIONES:	

ESTUDIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
 (Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD
 ASTM D-2216; J. E. Bowles MTC.E 108-2000

PROYECTO	: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES
SOLICITADO	: TESIS
PROCEDENCIA	: SANTA ROSA - LIRCAY
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-1, M-2, M-3
PROFUNDIDAD	: 1.50 M
FECHA	: OCTUBRE 2013
TECNICO	:

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tara	1	2	3
Peso de la tara (gr)	30,00	30,00	30,00
Tara + suelo humedo (gr)	248,00	247,00	248,00
Tara + suelo seco (gr)	237,50	237,40	238,80
Peso del agua (gr)	10,50	9,60	9,20
Peso del suelo seco (gr)	207,50	207,40	208,80
Contenido de humedad %	5,06	4,63	4,41
Contenido de humedad Prom. %	4,70		

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

Ing. Ariel Neira Cabán
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 76935

 RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PESO ESPECÍFICO
ASTM D-854

PROYECTO	:	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES
SOLICITADO	:	TESISTAS
PROCEDENCIA	:	SANTA ROSA - LIRCAY
CALICATA	:	C-1
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD	:	1.50 M
FECHA	:	OCTUBRE 2013
TECNICO	:	

PESO ESPECÍFICO			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tara	1	2	3
Peso de Suelo Seco (gr)	100,00	100,00	100,00
Peso Frasco Vacío (gr)	159,10	159,10	159,10
Peso Frasco + Agua (gr)	420,30	421,10	420,00
Peso Frasco + Agua + Suelo (gr)	462,30	463,00	461,20
Volumen de Sólido (Cm3)	58,00	58,10	58,80
Peso Especifico de Solidos (Gr/Cm3)	1,72	1,72	1,70
Peso Especifico Prom. (Gr/Cm3)	1,72		

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

 Ing. Ariel Neira Cabán
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 76935

RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCEVELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



42

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles L.L.
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles L.P.

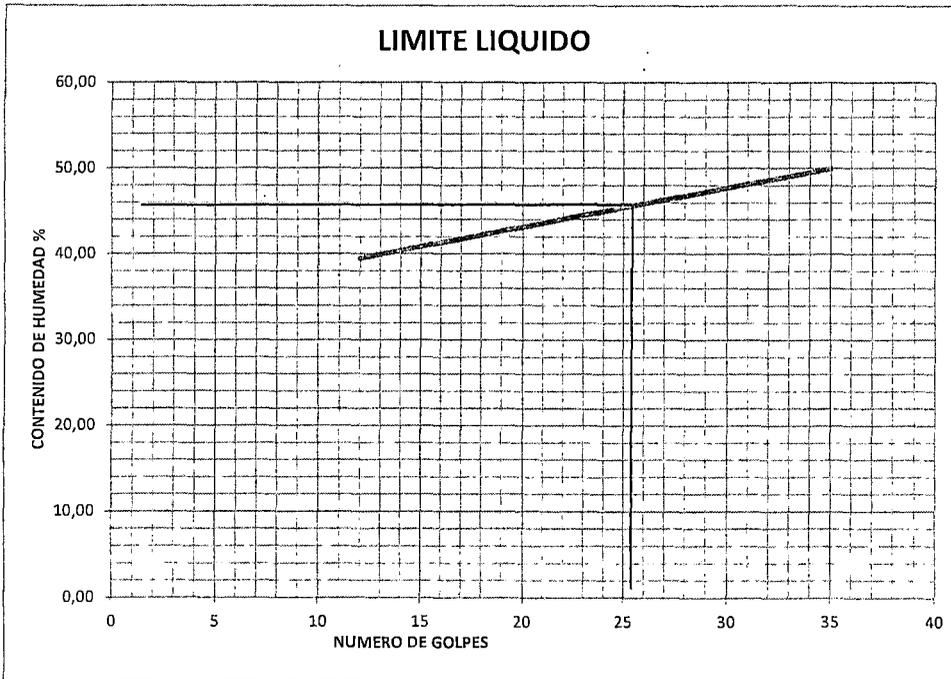
PROYECTO	: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES
SOLICITADO	: TESISISTAS
PROCEDENCIA	: SANTA ROSA - LIRCAY
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 M
FECHA	: OCTUBRE 2013
TECNICO	:

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3		
Ensayo N°					
N° de Tara	1	2	3		
Numero de Golpes	12	33	35		
Peso de la tara (gr)	30,40	29,80	30,70		
Tara + suelo humedo (gr)	72,19	56,65	54,28		
Tara + suelo seco (gr)	60,34	48	46,28		
Peso del agua (gr)	11,85	8,65	8,00		
Peso del suelo seco (gr)	29,94	18,20	15,58		
Contenido de humedad %	39,58	47,53	51,35	NP	NP

L.L para cada muestra	36,22	49,15	53,48
-----------------------	-------	-------	-------

LIMITE LIQUIDO (%)	46,28
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	46,28

$$L.L = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$



LIMITE LIQUIDO (25 Golpes) = 44.50
CONTENIDO DE HUMEDAD = 4.70

[Signature]
Ing. Ariel Neira Cobán
INGENIERO CIVIL
CIP-76935
RESPONSABLE DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles

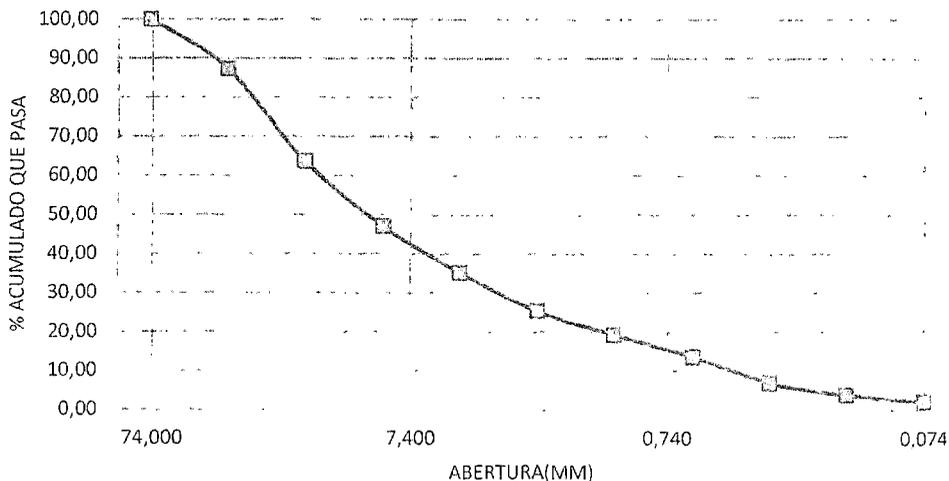
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles

PROYECTO: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES

SOLICITADO	: TESISTAS
PROCEDENCIA	SANTA ROSA - LIRCAY
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 M
FECHA	: OCTUBRE 2013

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO(gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	345	12,64	12,64	87,36
3/4"	19,050	647	23,71	36,35	63,65
3/8"	9,500	450	16,49	52,84	47,16
Nº4	4,760	325	11,91	64,75	35,25
Nº8	2,380	267	9,78	74,53	25,47
Nº16	1,190	168	6,16	80,69	19,31
Nº30	0,590	154	5,64	86,33	13,67
Nº50	0,297	180	6,60	92,93	7,07
Nº100	0,149	86	3,15	96,08	3,92
Nº200	0,074	47	1,72	97,80	2,20
fondo		60	2,20	100,00	0,00
total		2729	100		

GRANULOMETRÍA



Ing. Ariel Neira Cobán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935

RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD DE HUANCATELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,

CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



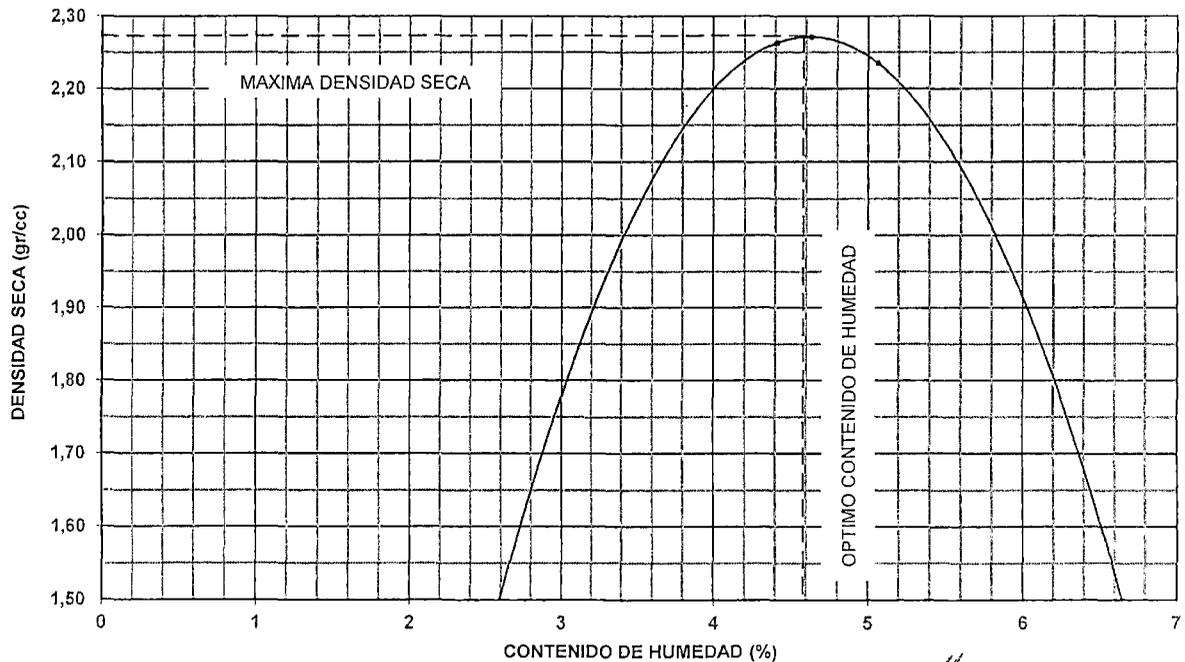
40

PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES	FECHA :	
SOLICITADO:	Bach. Jhon Paul Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú	EFFECTUADO	JPGA - ASB
PROCEDENCIA:	CALICATA C - 1 SANTA ROSA	CALICATA:	C1
PROGRESIVA:		MUESTRA :	M1
LADO:		PROFUND.:	0.00 - 1.50

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 METODO - D				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2129,09	PESO DEL MOLDE (gr)	2770	MOLDE Nro.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	
PESO SUELO + MOLDE	7770	7830	7800	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	5000	5060	5030	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,348	2,377	2,363	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	248,00	247,00	248,00	
PESO SUELOS SECO + TARA	237,50	237,40	238,80	
PESO DE LA TARA	30,00	30,00	30,00	
PESO DE AGUA	10,50	9,60	9,20	
PESO DE SUELO SECO	207,50	207,40	208,80	
CONTENIDO DE AGUA	5,06	4,63	4,41	
% PROMEDIO DE AGUA	5,06	4,63	4,41	
PESO VOLUMETRICO SECO	2,24	2,27	2,26	
DENSIDAD MAXIMA SECA	2,27 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA	4,58 %

GRAFICO DEL PROCTOR



Affiliado
 Ing. Ariel Neira Cabán
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 76935

RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



39

C.B.R.
ASTM D-1883

PROYECTO :	TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PAVIMENTO TCP, EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES	FECHA:	
SOLICITADO POR:	Bach. Jhon Paul-Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú	EFFECTUADO:	JPGA - ASB
PROCEDENCIA	CALICATA C - 1 SANTA ROSA	CALICATA:	C1
PROGRESIVA:		MUESTRA:	M1
LADO:		PROFUNDIDAD:	0.00 - 1.50

MOLDE	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
PESO (B+M)	7554	7606	7658	7834	7842	7815				
VOLUMEN	2105	2105	2105	2105	2125	2120				

Molde N°		5		6		4	
N° Capas		5		5		5	
Golpes por capa		56		25		12	
Condición de la muestra		humedad óptima	Saturado	humedad óptima	Saturado	humedad óptima	Saturado
Peso del suelo húmedo + muestra	gr.	12913	13025	12743	12766	12306	12575
Peso del molde	gr.	7842	7842	7815	7815	7834	7834
Peso del suelo húmedo	gr.	5071	5183	4928	4951	4472	4741
Volumen del suelo	cc.	2125	2125	2120	2120	2105	2105
Densidad húmeda	gr./cc	2,39	2,44	2,32	2,34	2,12	2,25
% de humedad	%	5,06	5,37	4,63	4,79	4,41	4,56
Densidad seca	gr./cc	2,27	2,31	2,22	2,23	2,03	2,15
Tara	N°	4	24	5	5	12	21
Peso del suelo húmedo + tara	gr.	248,0	251,7	247,0	242,1	248,0	250,3
Peso del suelo seco + tara	gr.	237,5	240,4	237,4	232,4	238,8	240,7
Peso del agua	gr.	10,5	11,3	9,6	9,7	9,2	9,6
Peso de la tara	gr.	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Peso del suelo seco	gr.	207,5	210,4	207,4	202,4	208,8	210,7
Humedad	%	5,06	5,37	4,63	4,79	4,41	4,56
Promedio de humedad	%	5,1	5,4	4,6	4,8	4,4	4,6

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO (Hrs)	CARGA 56 golpes			CARGA 25 golpes			CARGA 12 golpes		
			LECTURA DIAL	EXPANSION mm	%	LECTURA DIAL	EXPANSION mm	%	LECTURA DIAL	EXPANSION mm	%
10/11/2008	3:10 P.M.	0:00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00
11/011/2008	3:10 P.M.	24.00	0,002	0,051	0,04	0,003	0,076	0,07	0,004	0,102	0,09
12/11/2008	3:10 P.M.	48.00	0,004	0,102	0,09	0,005	0,127	0,11	0,006	0,152	0,13
13/11/2008	3:10 P.M.	72.00	0,006	0,152	0,13	0,007	0,178	0,15	0,008	0,203	0,18
14/11/2008	3:10 P.M.	96.00	0,006	0,152	0,13	0,007	0,178	0,15	0,008	0,203	0,18
% de Expansión			0,15								

PENETRACION

PENETRACION		TIEMPO	3		2		1	
mm	pulg.		CARGA 56 golpes		CARGA 25 golpes		CARGA 12 golpes	
			Dial	Lb/plg2	Dial	Lb/plg2	Dial	Lb/plg2
0,00	0,000	0'00"	0	0	0	0	0	0
0,63	0,025	0'30"	0	15	13	46	10	39
1,27	0,050	1'00"	0	15	15	51	13	46
1,91	0,075	1'30"	0	15	17	56	17	56
2,54	0,100	2'00"	0	15	83	213	81	209
3,81	0,150	3'00"	0	15	172	426	168	417
5,08	0,200	4'00"	0	15	224	551	215	529
6,35	0,250	5'00"	0	15	331	806	328	799
7,62	0,300	6'00"	0	15	475	1151	469	1136
8,89	0,400	7'00"	0	15	586	1416	560	1354
12,70	0,500	8'00"	0	15	642	1550	598	1445

[Signature]
Ing. Ariel Néira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

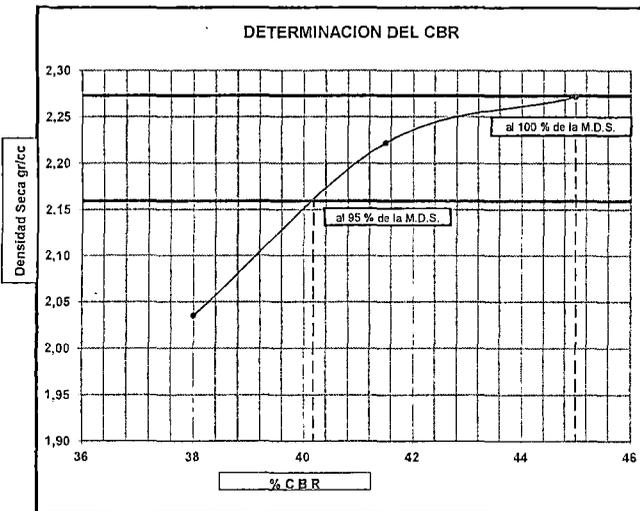
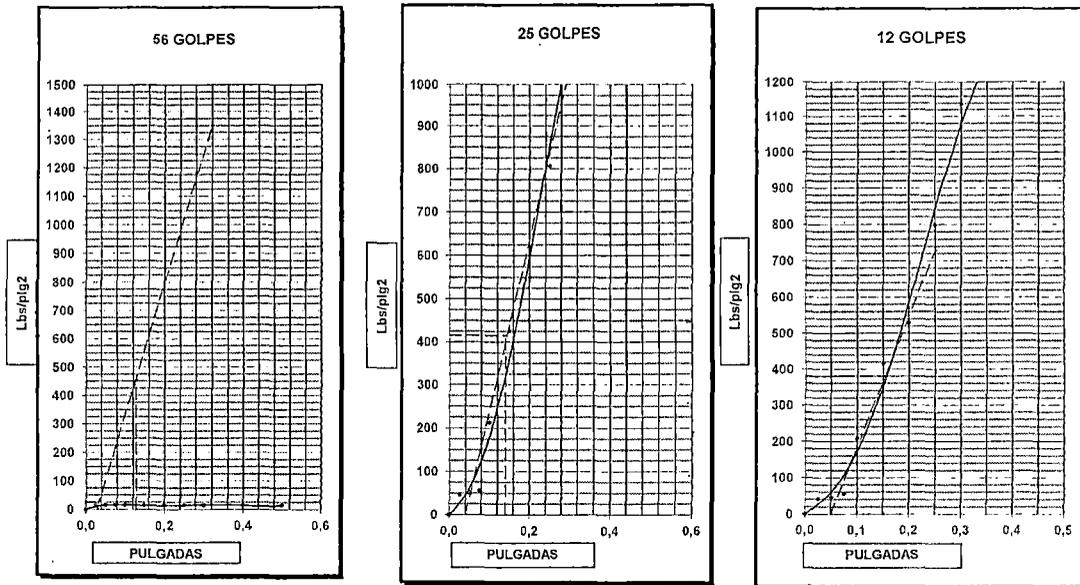
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS Y CIVIL
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 C.B.R



ASTM D-1883

OBRA :	TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES	FECHA :	
SOLICITADO POR :	Bach. Jhon Paul Guzman Ariste y Alex Soncco Bendezú	EFFECTUADO	JPGA - ASB
UBICACIÓN :	CALICATA C - 1 SANTA ROSA	CALICATA:	C1
PROGRESIVA:		MUESTRA:	M1
LADO:		PROFUND.:	0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR	
CBR AL 100%	0.1" = 45.00 %
CBR AL 95%	0.1" = 40.18 %

LEYENDA	
—————	= 0.1" pulg.
- - - - -	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 2.27 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 2.16 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 4,6 %

Official
 Ing. Uriel Neira Calsín
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 76935

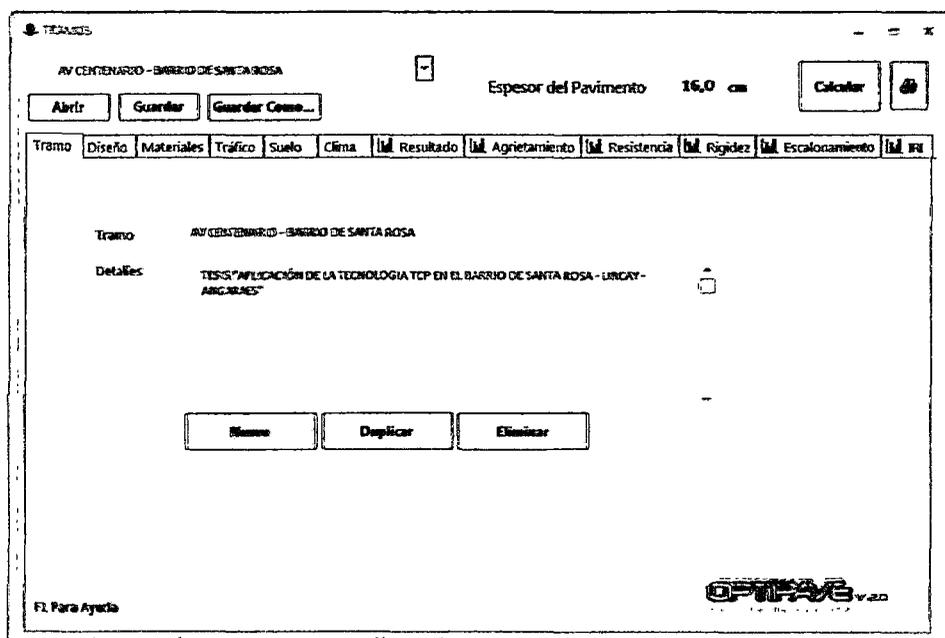
RESPONSABLE DE LABORATORIO

CÁLCULO POR METODO TCP

CÁLCULO DE PAVIMENTO POR EL MÉTODO TCP - SOFTWARE OPTIPAVE

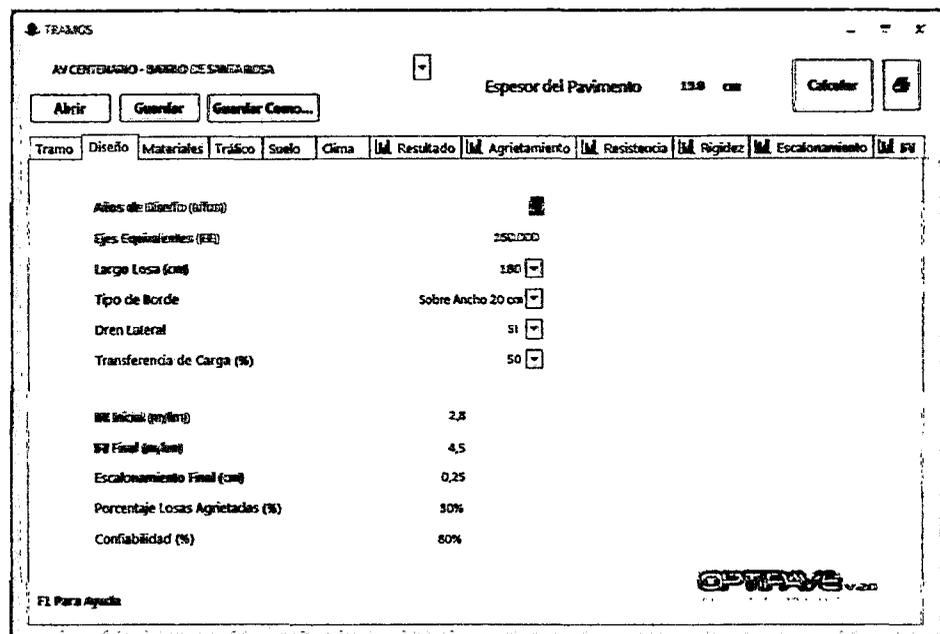
- PARAMETROS DE DISEÑO

1. Al iniciar el programa OPTIPAVE, lo primero que se tiene que ingresar son los datos del TRAMO donde se calculará el espesor del pavimento.

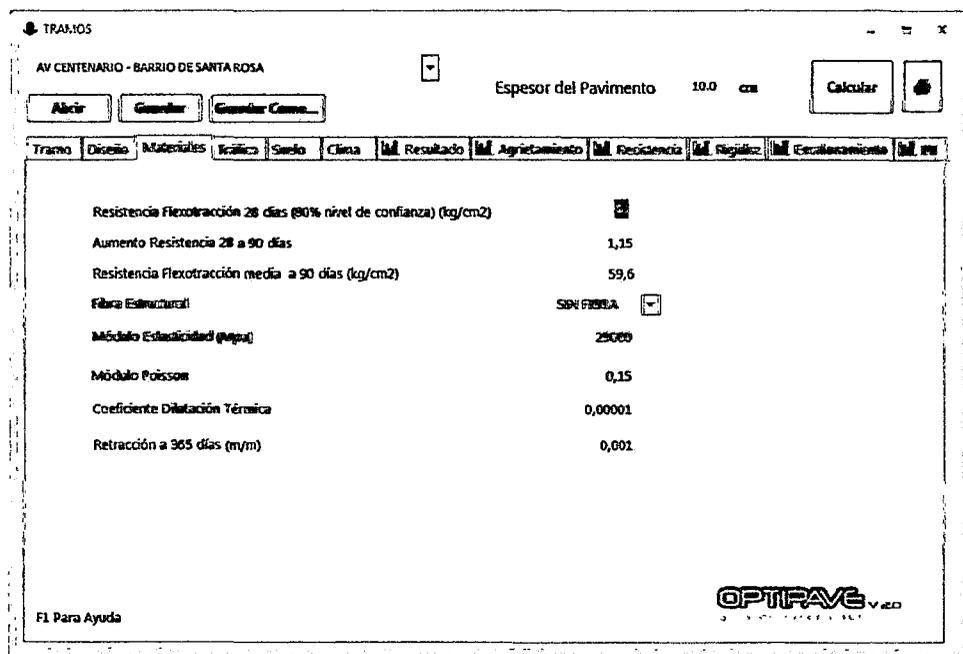


2. Seguidamente se ingresan los datos necesarios para el diseño, como:

- ✓ Periodo de diseño : 20 años
- ✓ Tráfico : 160,000 EE
- ✓ IRI inicial : 2.8
- ✓ IRI final : 4.5
- ✓ Confiabilidad : 80 %
- ✓ Escalonamiento final : 0.25
- ✓ Porcentaje de losas agrietadas: 30%
- ✓ Tipo de Borde : Vereda
- ✓ Largo de Losa : 180



3. Es necesario Ingresar las Características de los materiales que conformarán el pavimento rígido:

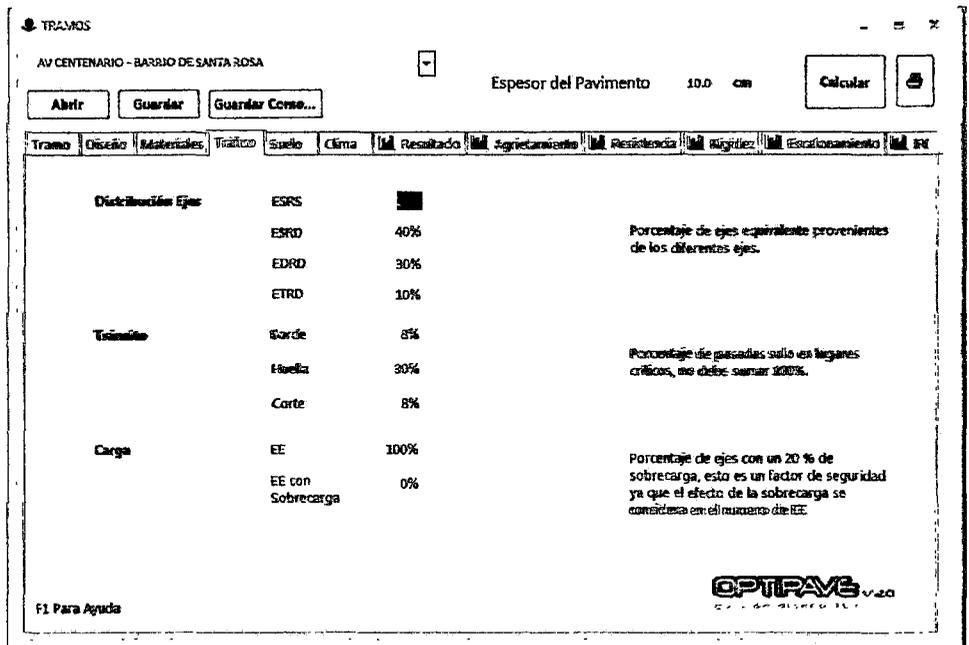


Estos datos son en este caso las características del Concreto:

✓ MR = 48 kg/cm2.

- ✓ Sin fibra metálica.
- ✓ Módulo de elasticidad (E) = 26714.56
- ✓ Módulo de Poisson= 0.15
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica = 0.00001
- ✓ Retracción a 365 días (m/m) = 0.001

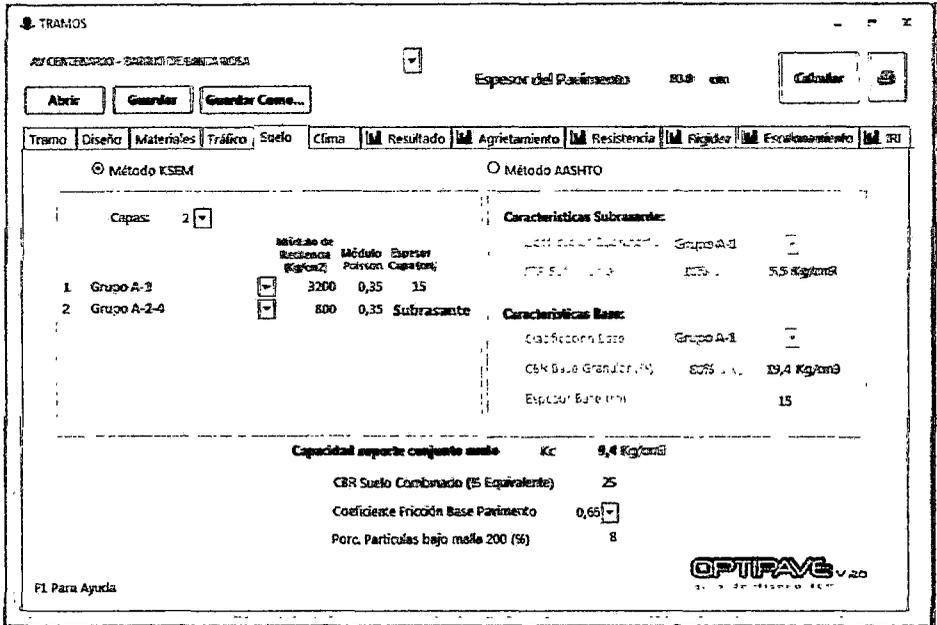
4. Como cualquier método de diseño de pavimentaciones, es necesario conocer el tráfico que se espera recibir en la estructura del pavimento, estos datos son necesarios para el cálculo del espesor del pavimento.



El método TCP recomienda los siguientes valores para el tránsito vehicular:

- ✓ ESRS : 20%
- ✓ ESRD : 40%
- ✓ EDRD : 30%
- ✓ ETRD : 10%
- ✓ BORDE : 8%
- ✓ HUELLA : 30%
- ✓ CORTE : 8%
- ✓ EE : 100%
- ✓ EE CON SOBRECARGA : 0%

5. Otro aspecto importante es ingresar los datos obtenidos en el estudio de mecánica de suelos tanto en la Subrasante como del material de préstamo de una cantera cercana.

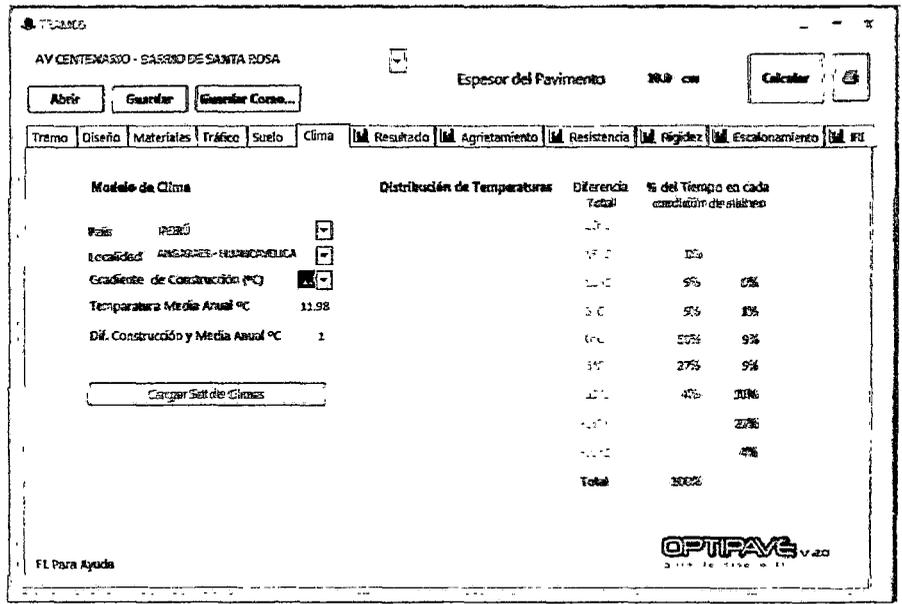


Para este caso se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Capacidad de soporte del suelo de fundación:
Se realizó dos ensayos de suelos las cuales se toma el menor valor para fines de diseño, CBR de 40.18 %, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1", equivalente a 2.16 gr/cm³
- ✓ Base granular
CBR de 86.54 %, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1", equivalente a 20.6 kg/cm³

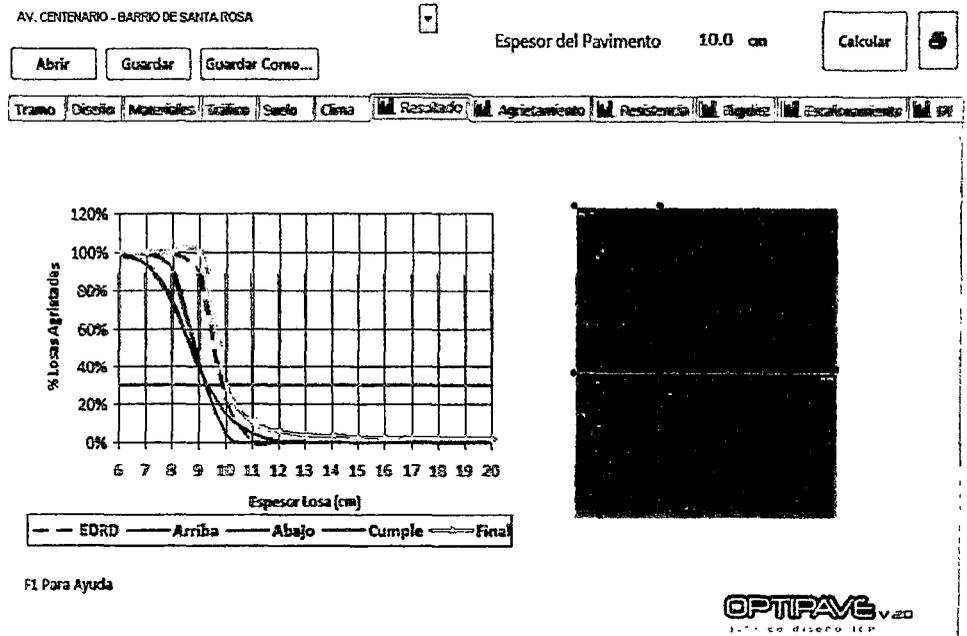
6. Por último, es necesario ingresar como dato el clima de la zona, y prever el tiempo de vaciado de la losa de concreto. Para la zona de estudio se tienen los siguientes datos:

- ✓ Humedo – no heladizo
- ✓ Gradiente de construcción: -10%
- ✓ Temperatura media anual: 11.98 °C
- ✓ Diferencia entre t° construcción y t° media anual: 1°C



- ESPESOR DETERMINADO POR EL PROGRAMA OPTIPAVE = 10 cm

1.- ANALISIS DE DIAGRAMAS RESULTANTES

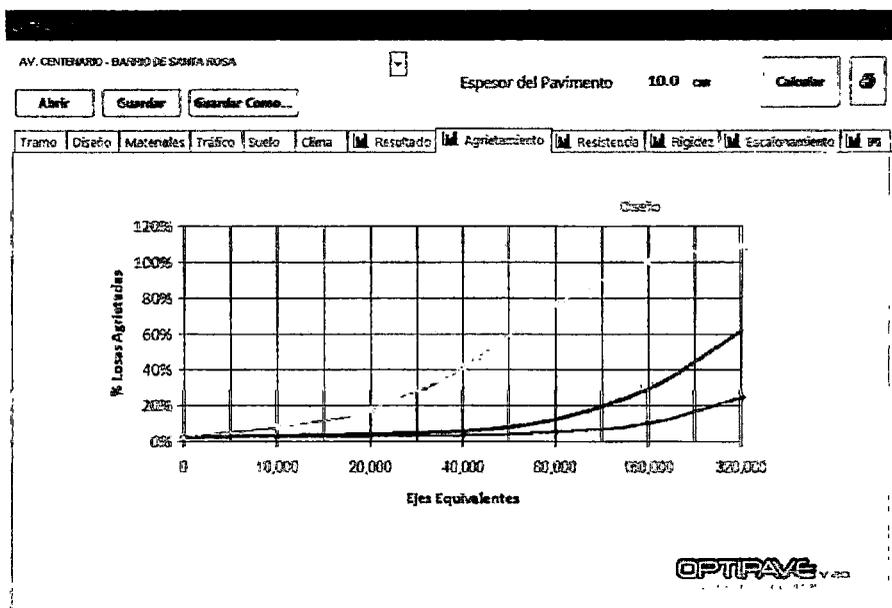


Línea azul (arriba) = agrietamiento superior
 Línea verde (abajo) = agrietamiento inferior

Línea punteada = Chequeo de flexión por eje TANDEM
 Línea roja = Agrietamiento final para nivel de confianza dado (80%).

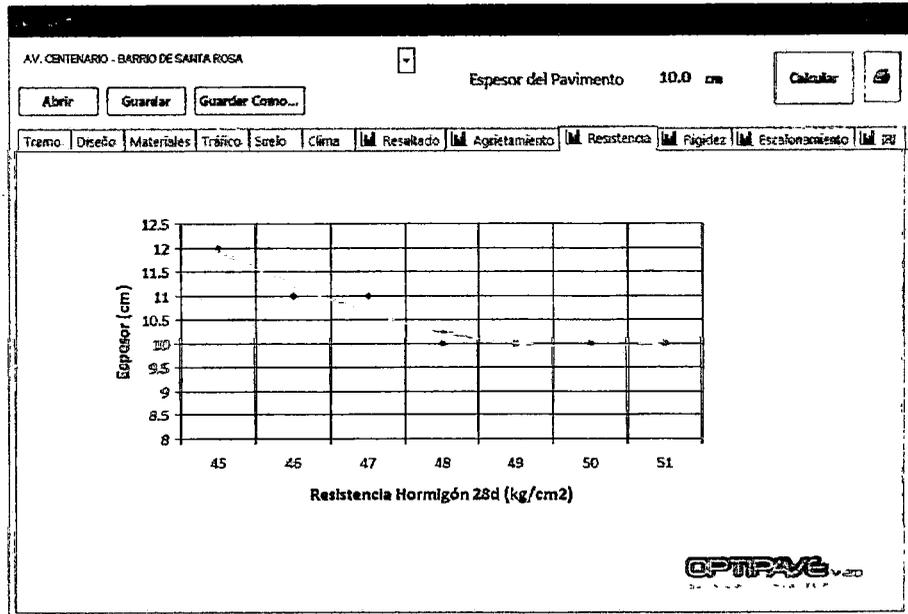
La imagen de la derecha indica un paño típico de losa, y los números indicados, se refieren a el daño por fatiga ejercido en esa zona del pavimento, mientras el daño se acerca más al valor 1.00, el daño al final de la vida del pavimento es el mayor, los números de la parte superior, se refieren a los daños ejercidos en la parte superior de la losa, y los de abajo, se refieren a los daños en la parte inferior de la losa. Se debe tener en cuenta que el diseño se está realizando para la posición más desfavorable a la que puede estar sometido el paño de pavimento

2.- RESULTADOS POR AGRIETAMIENTO



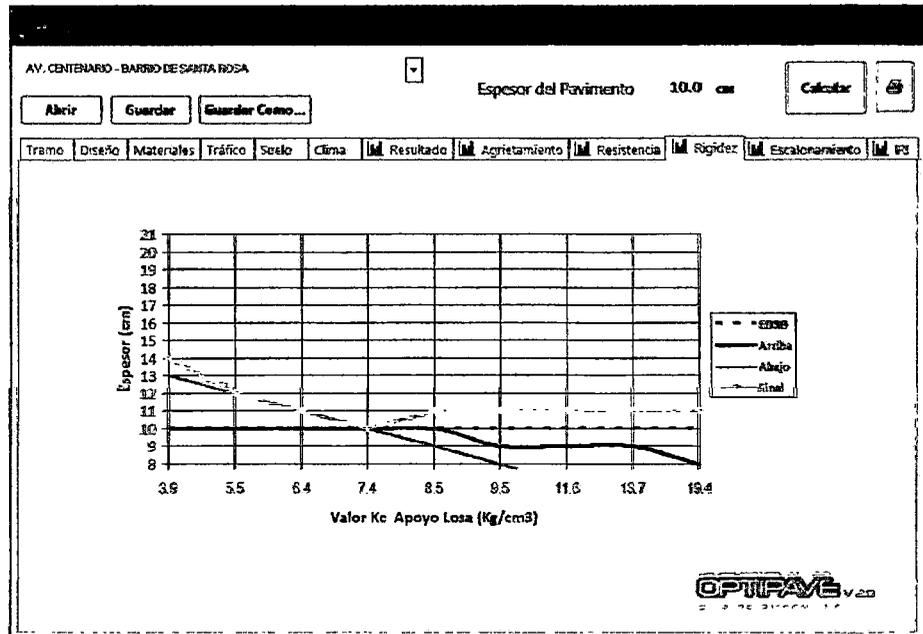
Se verifica que el agrietamiento superior (azul) e inferior (verde), no sobrepasen el porcentaje de losas agrietadas de diseño.

3.- RESULTADOS DE RESISTENCIA



El gráfico muestra como el esesor del pavimento va reduciéndose a medida que aumenta la resistencia de diseño, para el esesor resultante, es necesario la resistencia de MR=48 kg/cm².

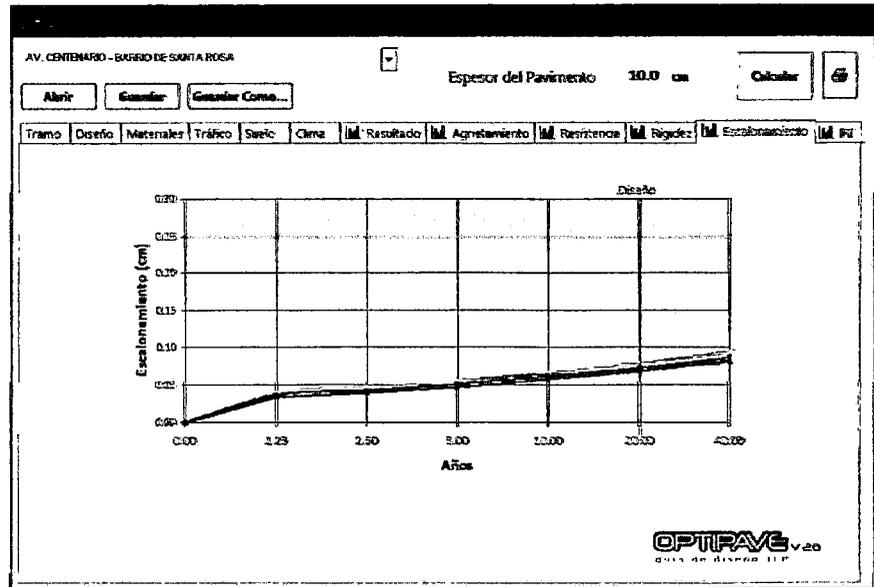
4.- RESULTADOS POR RIGIDEZ



Se verifica que el Kc (capacidad de soporte conjunto del suelo base-subrasante), sea igual o mayor al requerido para un esesor de losa

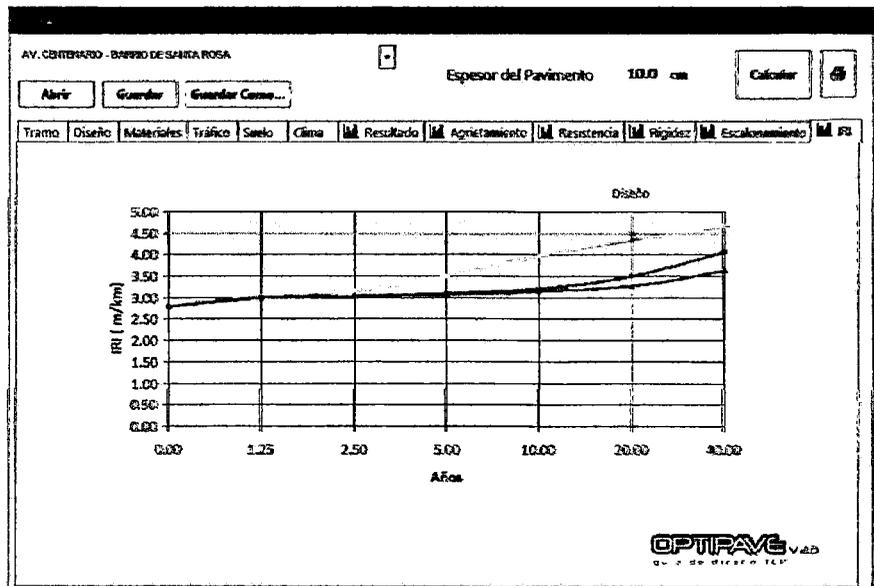
de 10 cm, en este caso se requiere de un $K_c = 7.4 \text{ kg/cm}^3$, y el K_c (real) = 8.1 kg/cm^3 .

5.- RESULTADOS DE ESCALONAMIENTO



El escalonamiento entre juntas final (rojo), cuyo valor es de 0.075 cm, menor al asumido 0.25 cm.

6.- RESULTADOS IRI



El índice de rugosidad Internacional, se encuentra menor al limite en los 20 años de diseño del pavimento.

CÁLCULO POR METODO AASHTO

28

MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

AV. CENTENARIO - BARRIO DE SANTA ROSA

Proyecto : APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA. LIRCAY - ANGARAES

Fecha : OCTUBRE DEL 2013

METODO AASTHO -93

Es uno de los metodos mas utilizados y de mayor satisfaccion a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos. Dado que investigación de la autopista AASHTO en diferentes circuitos.es desarrollado en función a un método experimental, con una profunda

FORMULACIÓN DE DISEÑO.

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos para un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en nomogramas de cálculo, esta esencialmente basada en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASHTO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\begin{aligned} \log_{10}(W18) = & Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+ 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+ 1)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10} \left[\frac{215.63 \times \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{Ec}{k})^{0.25}})}}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{Ec}{k})^{0.25}})} \right] \end{aligned}$$

Donde:

- D = Espesor de la losa del pavimento en (in)
- W18 = Tráfico (Número de ESAL's)
- Zr = Desviación Estándar Normal
- So = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
- ΔPSI = Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
- Po = Serviciabilidad Inicial
- Pt = Serviciabilidad Final
- S'c = Módulo de Rotura del concreto en (psi).
- Cd = Coeficiente de Drenaje
- J = Coeficiente de Transferencia de Carga
- Ec = Módulo de Elasticidad de concreto
- K = Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

VARIABLES DEL DISEÑO

ESPESOR (D).

El espesor de losa de concreto, es la variable "D" que pretendemos determinar al realizar un diseño de pavimento rígido. El resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que interviene en los cálculos. Es importante especificar lo que se diseña, ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación puede significar una variación importante en la vida útil.

TRAFICO (W18).

El método AASTHO diseña los pavimentos de concreto por fatiga. La fatiga se entiende como el número de repeticiones ó ciclos de carga que actúan sobre un elemento determinado. Al establecer una vida útil de diseño, en realidad lo que se esta haciendo es tratar de estimar, en un periodo de tiempo, el número de repeticiones de carga a las que estará sometido el pavimento. La vida útil mínima con la que se debe diseñar un pavimento rígido es de 20 años, en la que además se contempla el crecimiento del tráfico durante su vida útil, que depende del desarrollo socio-económico de la zona.

TRAFICO ESAL's

$$ESAL's = TDP \times A \times B \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} \times FC$$

Donde:

- ESAL's= Numero estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas
- TPD= Transito promedio diario inicial
- A= Porcentaje estimado de vehiculos Pesados (buses camiones)
- B= Porcentaje de vehiculos pesados que emplean el carril de diseño
- r= Tasa anual de crecimiento de transito
- n= Periodo de diseño
- FC= Factor camion

		VALOR (B)	
		NUMERO DE CARRILES	PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO
TPD=	26.00	2	50
A=	100%	4	45
B=	50%	6 a mas	40
r=	3%		
n=	20 años		
FC=	1.2		

ESAL's =	160,000.00
----------	------------

FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (r).

El factor de crecimiento del tráfico es un parámetro que considera en el diseño de pavimentos, los años de periodo de diseño más un número de años adicionales debidos al crecimiento propio de la vía.

CASO	TASA DE CRECIMIENTO
Crecimiento Normal	1% al 3%
Vias complet. saturadas	0% al 1%
Con trafico inducido	4% al 5%
Alto crecimiento	mayor al 5%

r =	3%
-----	----

PERÍODO DE DISEÑO (Pd).

El presente trabajo considera un período de diseño de 20 años. (Recomendable)

Pd = 20.00

FACTOR DE SENTIDO (Fs).

Del total del tráfico que se estima para el diseño del pavimento deberá determinarse el correspondiente a cada sentido de circulación

CIRCULACION	FACTOR
Un sentido	1.0
Doble sentido	0.5

Fs = 0.50

FACTOR CARRIL (Fc).

Es un coeficiente que permite estimar que tanto el tráfico circula por el carril de diseño.

No CARRIL	FACTOR CARRIL		
1	1.00		
2	0.80	a	1.00
3	0.60	a	0.80
4	0.50	a	0.75

Fc = 0.80

FACTOR DE EQUIVALENCIA DE TRÁFICO.

Formulas que permiten convertir el número de pesos normales a ejes equivalentes los que dependen del espesor del pavimento, de la carga del eje, del tipo del eje y de la serviciabilidad final que se pretende para el pavimento.

CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILID.
Autopistas	90%
Carreteras	75%
Rurales	65%
Zonas industriales	60%
Urbanas principales	55%
Urbanas secundarias	50%

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

R (%) = 90.000

DESVIACIÓN ESTANDAR(Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Zr = -1.282

ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

So = 0.35

SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes.

Como el índice de serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de serviciabilidad inicial la AASTHO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto.

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACION
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

Δ PSI = Po - Pt

Δ PSI = 2.50

MÓDULO DE RUPTURA (MR)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

Concreto a Utilizar F'c = 210 Kg/cm2

S'c = 32(F'c)^{1/2}

TIPO DE PAVIMENTO	S`c RECOMENDADO Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S`c = 463.7 \text{ Psi}$$

DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Para el caso los materiales a ser usados tiene una calidad regular de drenaje y esta expuesto en un 30% durante un año normal de precipitaciones.

$$Cd = 0.90$$

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos en las estructuras del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de las losas.

Este concepto depende de los siguientes factores:

- Cantidad de Tráfico.
- Utilización de pasajuntas.
- Soporte lateral de las Losas.

La AASTHO recomienda un valor de 3.1 para pavimentos rígidos

$$J = 3.1$$

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$F`c = \text{Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm}^2\text{)} = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 5500 \times (f`c)^{1/2} \text{ (En MPa)}$$

$$Ec = 17000 \times (f`c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$Ec = 17000 \times (210)^{1/2} \quad Ec = 246,353.40 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 3,503,968.23 \text{ Psi}$$

MODULO DE REACCION DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuestos algunas correlaciones de " K " a partir de datos de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, siendo una de las más aceptadas por ASSHTO las expresiones siguientes:

$$K = 2.55 + 52.5(\text{Log CBR}) \quad \text{Mpa/m} \quad \rightarrow \quad \text{CBR} \leq 10$$

$$K = 46.0 + 9.08(\text{Log CBR})^{4.34} \quad \text{Mpa/m} \quad \rightarrow \quad \text{CBR} > 10$$

$$\text{CBR sub rasante} = \boxed{40.18} \%$$

Según estudio realizado Laboratorio de Mecanica de Suelos.

$$\boxed{K = 116.58}$$

ESPESOR DEL PAVIMENTO

Según la formula General AASHTO:

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[\frac{215.63 \times \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ec. I) Sea aproximadamente Igual a (Ec. II):

$$D = 6.275 \text{ in}$$

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 = 5.713 \dots\dots \text{Ec. I}$$

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[\frac{215.63 \times \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})} \right] = 5.713 \dots\dots \text{Ec. II}$$

Espesor de la Losa de Concreto

$$\boxed{D = 17.00} \text{ Cm}$$

PRESUPUESTO GENERAL

Presupuesto

20

Presupuesto: 0201001 TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY - ANGARAES"
 Subpresupuesto: 001 PAVIMENTO TCP
 Cliente: UNH Costo al: 16/10/2013

Lugar: HUANCAVELICA - ANGARAES - LIRCAY

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	PAVIMENTO TCP				110.90
1.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				15.24
1.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1.00	2.37	2.37
1.01.02	CORTE SUPERFICIAL HASTA SUBRASANTE C/MAQUINA	m3	0.20	2.28	0.46
1.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	0.20	3.32	0.66
1.01.04	PREPARACION DE SUB RAZANTE	m2	1.00	1.13	1.13
1.01.05	COLOCACION BASE E=0.15M	m2	1.00	8.92	8.92
1.01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.24	7.07	1.70
1.02	PAVIMENTO RÍGIDO				95.66
1.02.01	SUMINISTRO DE CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ² E	m3	0.10	394.79	39.48
1.02.02	CORTE DE JUNTAS TRANSVERSALES	m	2.32	2.55	5.92
1.02.03	CURADO DE LOSA	m2	1.00	0.20	0.20
1.02.04	VARILLAS DE TRANSFERENCIA D 10mm de 0.60m	kg	0.52	2.87	1.49
1.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1.00	48.57	48.57
	Costo Directo				110.90

SON : CIENTO DIEZ Y 90/100 NUEVOS SOLES

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0201001 TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY - ANGARAES"					Fecha presupuesto	16/10/2013	
Subpresupuesto	001 PAVIMENTO TCP							
Partida	01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO						
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		2.37		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0200	13.24	0.26	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0400	10.38	0.42	
	Materiales							
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg		bol		0.0150	4.50	0.07	
0231040002	ESTACAS DE MADERA		p2		0.2500	4.50	1.13	
0240020001	PINTURA ESMALTE		gal		0.0020	36.00	0.07	
	Equipos							
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO		he	1.0000	0.0200	10.00	0.20	
0301000021	TEODOLITO		he	1.0000	0.0200	10.00	0.20	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.68	0.02	
	0.42							
Partida	01.01.02	CORTE SUPERFICIAL HASTA SUBRASANTE C/MAQUINA						
Rendimiento	m3/DIA	670.0000	EQ. 670.0000	Costo unitario directo por : m3		2.28		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.1000	0.0012	13.24	0.02	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0119	10.38	0.12	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.14		
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS		hm	1.0000	0.0119	180.00	2.14	
	2.14							
Partida	01.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO						
Rendimiento	m3/DIA	940.0000	EQ. 940.0000	Costo unitario directo por : m3		3.32		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	0.5000	0.0043	11.52	0.05	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0170	10.38	0.18	
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0250	0.50	0.01	
	0.01							
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.23	0.01	
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO		hm	1.0000	0.0085	120.00	1.02	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0085	150.00	1.28	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	0.7500	0.0064	120.00	0.77	
	3.08							
Partida	01.01.04	PREPARACION DE SUB RAZANTE						
Rendimiento	m2/DIA	2,530.0000	EQ. 2,530.0000	Costo unitario directo por : m2		1.13		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0063	10.38	0.07	
	0.07							
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0150	0.50	0.01	
	0.01							
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.07		
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO		hm	1.0000	0.0032	120.00	0.38	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0032	150.00	0.48	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	0.5000	0.0016	120.00	0.19	
	1.05							

Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg	2.87		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	13.24	0.35
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0267	10.38	0.28
	Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0200	6.00	0.12
02040600010017	ACERO LISO ESTRUCTURAL ASTM A-36, Ø3/4"		kg		1.0500	2.00	2.10
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.63	0.02
							0.02

Partida 01.02.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2	48.57		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	13.24	8.83
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	11.52	7.68
0101010005	PEON		hh	0.7500	0.5000	10.38	5.19
							21.70
	Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.3000	6.00	1.80
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0.2000	6.00	1.20
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		5.1600	4.50	23.22
							26.22
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	21.70	0.65
							0.65

Fecha : 16/10/2013 03:57:52 a.m.

17

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

0201001 TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY -
 ANGARAES"
 presupuesto 001 PAVIMENTO TCP
 fecha 16/10/2013
 lugar 090301 HUANCAVELICA - ANGARAES - LIRCAY

codigo	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
11010003	OPERARIO	hh	0.7538	13.24	9.98	
11010004	OFICIAL	hh	0.8464	11.52	9.75	
11010005	PEON	hh	0.9795	10.38	10.17	
					29.90	
MATERIALES						
340100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.3000	6.00	1.80	
340100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	0.0104	6.00	0.06	
340600010017	ACERO LISO ESTRUCTURAL ASTM A-36, Ø3/4"	kg	0.5460	2.00	1.09	
341200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	0.2000	6.00	1.20	
370100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.0850	95.00	8.08	
370200010002	ARENA GRUESA	m3	0.0420	85.00	3.57	
07050003	AFIRMADO	m3	0.2500	31.07	7.77	
07070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.2200	0.50	0.11	
13010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	0.9740	23.50	22.89	
130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	0.0150	4.50	0.07	
31010001	MADERA TORNILLO	p2	5.1600	4.50	23.22	
31040002	ESTACAS DE MADERA	p2	0.2500	4.50	1.13	
340020001	PINTURA ESMALTE	gal	0.0020	36.00	0.07	
					71.06	
EQUIPOS						
301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	he	0.0200	10.00	0.20	
301000021	TEODOLITO	he	0.0200	10.00	0.20	
301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	0.0075	120.00	0.90	
301110002	CORTADORA DE CONCRETO	hm	0.1237	25.00	3.09	
3011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.0080	160.00	1.28	
301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	0.0024	180.00	0.43	
301200001	MOTONIVELADORA	hm	0.0077	150.00	1.16	
3012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	0.0027	150.00	0.41	
301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.0056	120.00	0.67	
3012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.0267	15.00	0.40	
301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.0133	25.00	0.33	
					9.07	
				Total	S/.	110.03

Presupuesto

supuesto 0201001 TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY - ANGARAES"
 presupuesto 002 PAVIMENTO ASSHTO
 ante UNH Costo al 16/10/2013

jar HUANCAVELICA - ANGARAES - LIRCAY

m	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
	PAVIMENTO AASHTO				137.88
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				15.24
01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1.00	2.37	2.37
01.02	CORTE SUPERFICIAL HASTA SUBRASANTE C/MAQUINA	m3	0.20	2.28	0.46
01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	0.20	3.32	0.66
01.04	PREPARACION DE SUB RAZANTE	m2	1.00	1.13	1.13
01.05	COLOCACION BASE E=0.20M	m2	1.00	8.92	8.92
01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.24	7.07	1.70
02	PAVIMENTO RÍGIDO				122.64
02.01	SUMINISTRO DE CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ² E	m3	0.17	404.68	68.80
02.02	CURADO DE LOSA	m2	1.00	0.20	0.20
02.03	JUNTA ASFALTICA DE CONSTRUCCIÓN Y/O DILATACIÓN	m	1.11	4.57	5.07
02.04	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	1.00	48.57	48.57
	Costo Directo				137.88

SON : CIENTO TRENTISIETE Y 88/100 NUEVOS SOLES

Item	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2		48.57	
Item	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	13.24	8.83
010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	11.52	7.68
010005	PEON		hh	0.7500	0.5000	10.38	5.19
							21.70
	Materiales						
10100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.3000	6.00	1.80
11200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0.2000	6.00	1.20
1010001	MADERA TORNILLO		p2		5.1600	4.50	23.22
							28.22
	Equipos						
1010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	21.70	0.65
							0.65

Fecha : 16/10/2013 04:48:10 a.m.

V2

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

ra 0201001 TESIS: "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA - LIRCAY -
 ANGARAES"
 bpresupuesto 002 PAVIMENTO ASSHTO
 cha 16/10/2013
 gar 090301 HUANCVELICA - ANGARAES - LIRCAY

idigo	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
01010003	OPERARIO	hh	0.7953	13.24	10.53	
01010004	OFICIAL	hh	0.8663	11.52	9.98	
01010005	PEON	hh	1.2091	10.38	12.55	
					33.06	
MATERIALES						
010500010001	ASFALTO RC-250	gal	0.1332	17.00	2.26	
040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.3000	6.00	1.80	
041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	0.2000	6.00	1.20	
070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.1445	95.00	13.73	
070200010002	ARENA GRUESA	m3	0.0736	85.00	6.26	
07050003	AFIRMADO	m3	0.2500	31.07	7.77	
07070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	0.1000	0.50	0.05	
13010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	1.6558	23.50	38.91	
130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	0.0150	4.50	0.07	
31010001	MADERA TORNILLO	p2	5.1600	4.50	23.22	
31040002	ESTACAS DE MADERA	p2	0.2500	4.50	1.13	
310900010002	LEÑA	CAR	0.0444	14.00	0.62	
40020001	PINTURA ESMALTE	gal	0.0020	36.00	0.07	
					97.09	
EQUIPOS						
301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	he	0.0200	10.00	0.20	
301000021	TEODOLITO	he	0.0200	10.00	0.20	
301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	0.0075	120.00	0.90	
3011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.0080	160.00	1.28	
301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	0.0024	180.00	0.43	
301200001	MOTONIVELADORA	hm	0.0077	150.00	1.16	
3012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	0.0027	150.00	0.41	
301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.0056	120.00	0.67	
3012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.0544	15.00	0.82	
301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.0272	25.00	0.68	
					6.75	
				Total	S/.	136.90

COTIZACION

CUADRO DE COTIZACION DE MATERIALES / INSUMOS

PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PAVIMENTO TCP EN EL BARRIO DE SANTA ROSA, DISTRITO DE LIRCAY - ANGARAES"
DEPARTAMENTO : HUANCAVELICA
PROVINCIA : ANGARAES
DISTRITO : LIRCAY
LUGAR / PROVEEDOR :
FECHA DE COTIZACION : NOVIEMBRE - 2013

Item	Descripción / Insumo	Unidad	Cantidad	Precio S/.	DESCRIPCION
Materiales / Insumos					
MATERIALES / INSUMOS					
1.00	ALAMBRE NEGRO N°16	kg		6.00	
2.00	ALAMBRE NEGRO N°8	kg		6.00	
3.00	CLAVOS	kg		6.00	
4.00	ACERO DE REFUERZO fy=4200 KG/CM2 - GRADO 60	kg		6.00	
5.00	ARENA FINA	m3		82.00	
6.00	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		95.00	
7.00	HORMIGON	M3		80.00	
8.00	ARENA GRUESA	m3		35.00	
9.00	MATERIAL DE PRESTAMO (TIERRA SELECCIONADA)	m3		31.07	
10.00	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BLS		23.50	
11.00	YESO	BLS		4.50	
12.00	TUBERIA PVC SAP - 3/4"	ML		3.50	
13.00	ACERO LISO ESTRUCTURAL ASTM A-36, Ø3/4"	kg		2.00	
14.00	MADERA 1" X 8" X 10'	PZA	pe	4.50	
15.00	ASFALTO RC - 250	Gal.		17.00	
EQUIPOS					
1.00	TEODOLITO	HE		10.00	
2.00	VIBRADORA DE CONCRETO	HM		15.00	
3.00	MEZCLADORA DE CONCRETO - TROMPO	HM		25.00	
4.00	CAMION VOLQUETE 15M3	HM		130.00	
5.00	CARGADOR FRONTAL	HM		160.00	
TOTAL S/.					

Declaro Bajo Juramento haber realizado la Cotización de los Materiales o Insumos Requeridos para el Proyecto en mención, para lo cual firmo al pie del Presente documento.

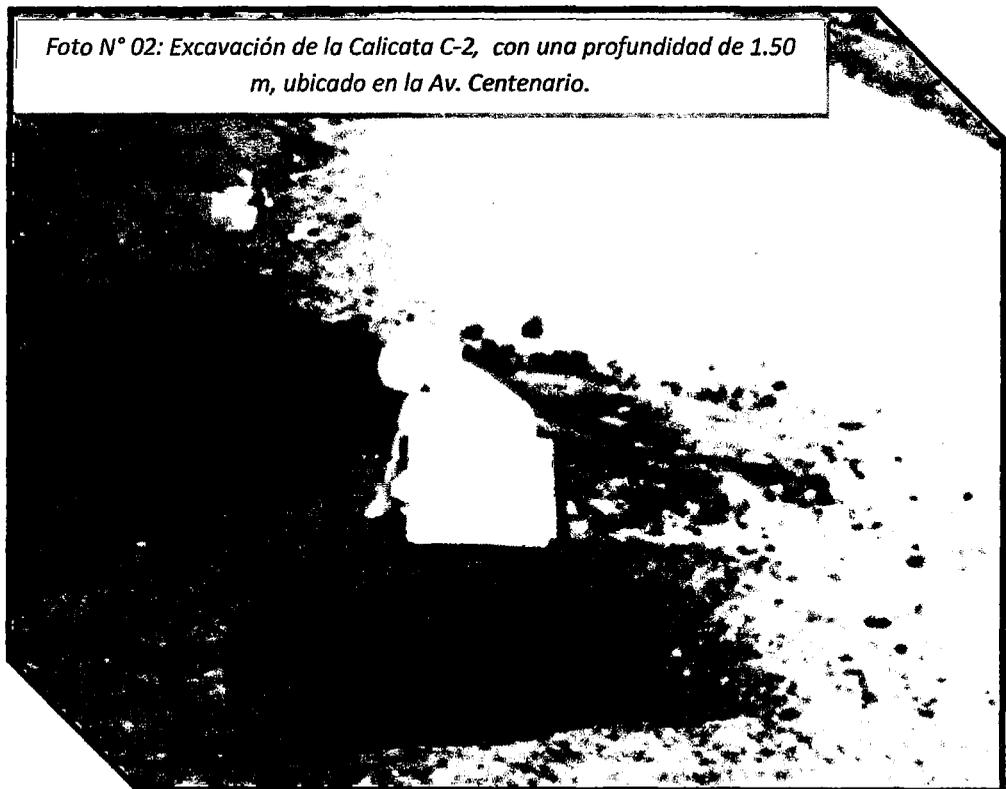
NOTA: Todos materiales son Puesto en Obra (Barrio de Santa Rosa - Lircay)

.....
 Sello y Firma
 Nombres:.....
 DNI


 FERRETERIA J. I. C.A. - BELLAVISTA
 LIRCAY - ANGARAES - IRCAY
 GERENTE
Fredy Paucar Mendoza
 RUC. N° 10407064301
 GERENTE

PANEL FOTOGRAFÍCO

PANEL FOTOGRAFICO



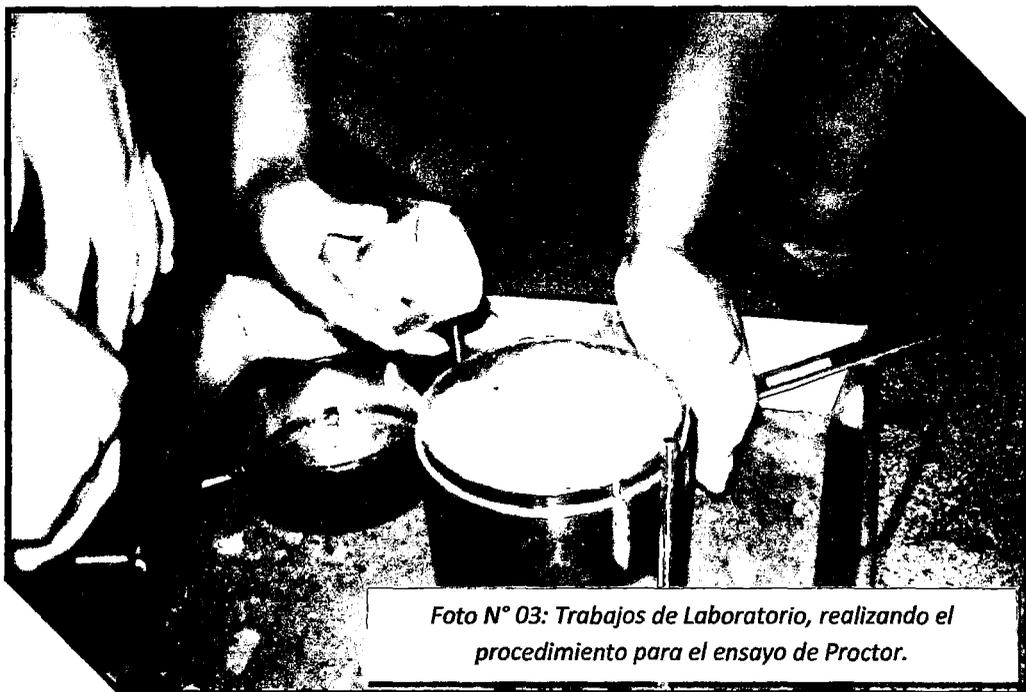


Foto N° 03: Trabajos de Laboratorio, realizando el procedimiento para el ensayo de Proctor.

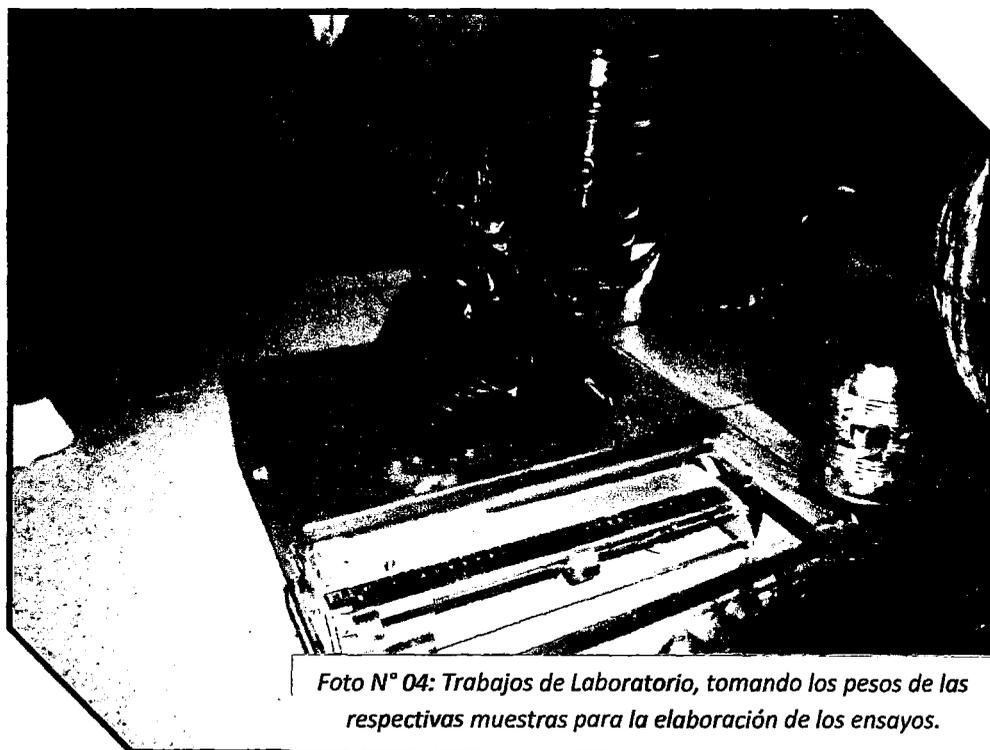


Foto N° 04: Trabajos de Laboratorio, tomando los pesos de las respectivas muestras para la elaboración de los ensayos.

Foto N° 05: Equipos y Herramientas para la elaboración de los ensayos de Proctor.



Foto N° 06: Equipos Tamizador y sus respectivas Mallas, para los ensayos de análisis granulométricos.

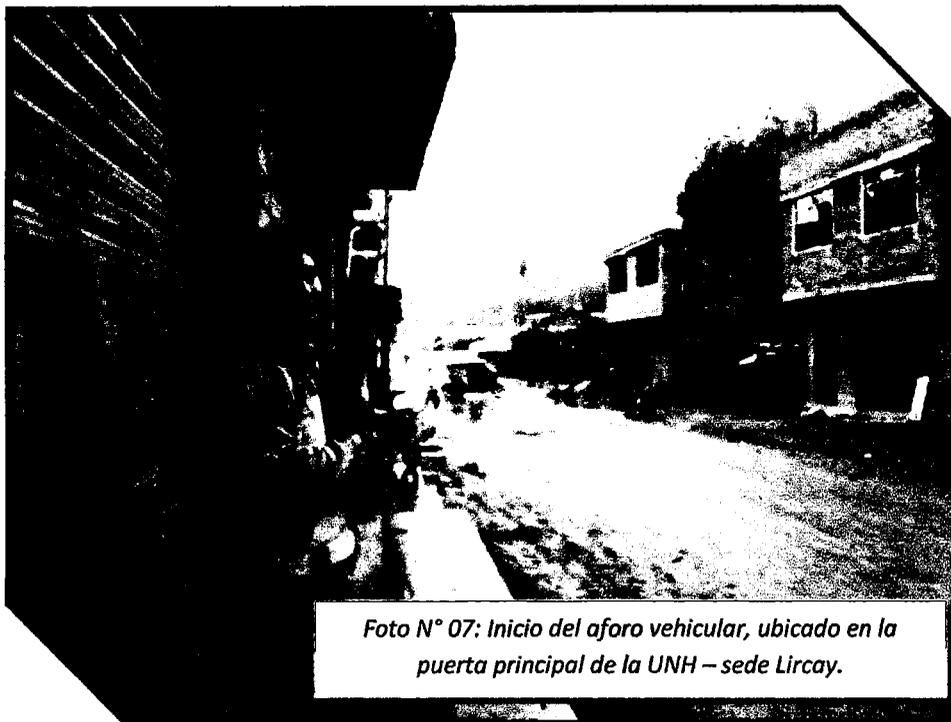


Foto N° 07: Inicio del aforo vehicular, ubicado en la puerta principal de la UNH – sede Lircay.

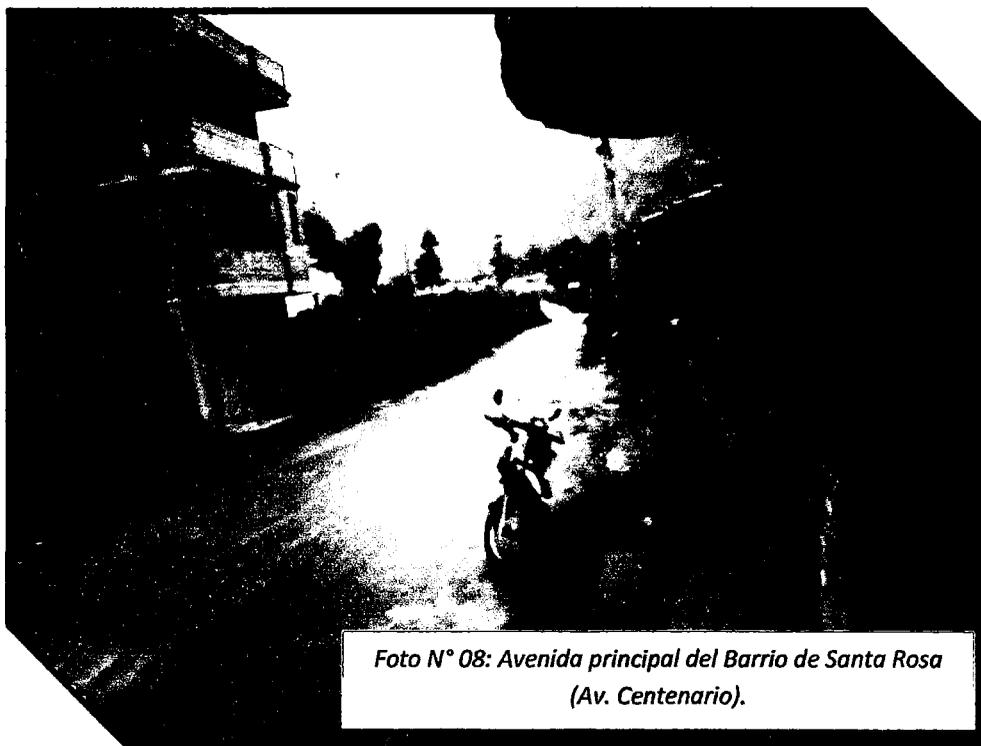


Foto N° 08: Avenida principal del Barrio de Santa Rosa (Av. Centenario).

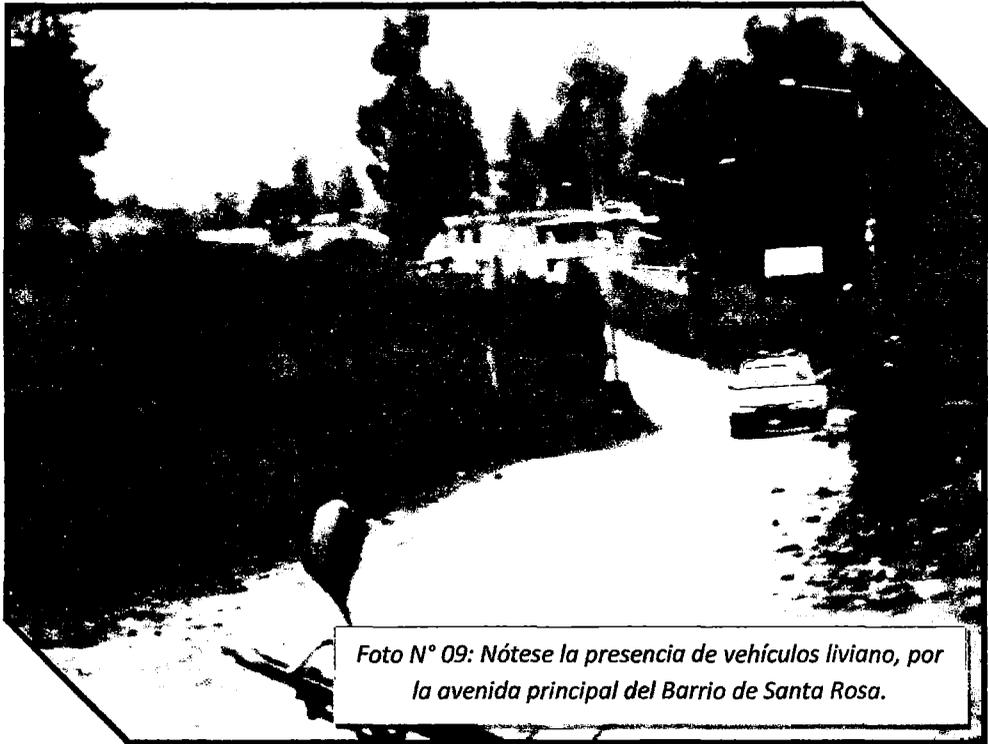


Foto N° 09: Nótese la presencia de vehículos liviano, por la avenida principal del Barrio de Santa Rosa.



Foto N° 10: La presencia de vehículos motorizados (mototaxis y moto lineal), es una presencia considerable.

PLANO

CSO

AGRADECIMIENTOS

En forma muy especial agradecemos a Dios, a nuestros padres, hermanos y familiares; por estar siempre presentes, por ese cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A nuestros amigos de ayer, hoy y siempre, por los consejos, la motivación y el apoyo que nos brindaron oportunamente para dar un paso más en nuestra vida profesional.

A nuestro asesor Ing. Enrique Rigoberto Cámac Ojeda, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la presente Tesis.

A nuestros Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos brindados, dándonos una formación ética y profesional.

A todos, muchas gracias, pues en el momento en que las palabras no son suficientes para expresar lo que el alma desea, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límites es, GRACIAS.

JHON & ALEX

ÍNDICE

CARATULA DE PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
	<i>Pag.</i>
Capítulo I	
Problema	
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	11
Capítulo II	
Marco Teórico	
2.1 Antecedentes	12
2.2 Bases teóricas	16
2.3 Hipótesis	57
2.4 Variable de Estudio	57
Capítulo III	
Metodología de la Investigación	
3.1. Ámbito de estudio	58
3.2. Tipo de Investigación	60
3.3. Nivel Investigación	60

3.4.	Método de Investigación	60
3.5.	Diseño de Investigación	60
3.6.	Población, Muestra y Muestreo	61
3.7.	Técnica e Instrumento de Recolección de Datos	61
3.8.	Procedimiento de Recolección de Datos	62
3.9.	Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos	62

Capítulo IV

Resultados

4.1.	Presentación de Resultados	74
4.2.	Discusión	89

Conclusiones

Recomendaciones

Referencia Bibliográfica

Artículo Científico.

Anexos

Gráficos, Cuadros Imágenes

RESUMEN

Dentro de la política de visión de la Habilitación Urbana del "Barrio de Santa Rosa" es consolidarse como una Urbanización ejemplo, uno de los puntos más importantes son las vías de comunicación dentro de su calle, es por ello que la Av. Centenario como se muestran en los planos, forman parte de las calles principales de ingreso al Barrio de Santa Rosa, la cual a futuro se proyecta tener concurrencia continua de tráfico vehicular, teniendo dichas consideraciones se implantó una nueva tecnología de aplicación de pavimentación de calles denominado TCP (Thin Concrete Pavements), puesto que los pavimentos convencionales: rígido y flexible ante cargas solicitadas de tráfico no llegan a cumplir el tiempo de vida útil, generando gastos elevados de mantenimiento a futuro.

El presente Proyecto de investigación pretende dar a conocer una nueva tecnología de aplicación de pavimento, llamado TCP (Thin Concrete Pavements), en la avenida Centenario del Barrio de Santa Rosa – Lircay, las cuales deberán ser capaces de responder solicitudes de carga por ser vías principales y las que deberán tener mayor tiempo de vida útil en comparación con los pavimentos convencionales, teniendo en cuenta antecedentes satisfactorios con este tipo de pavimento, visto que en los distintos barrios del distrito de Lircay se construyen las pistas con pavimento rígido, muchos de ellos deteriorándose antes de llegar a su tiempo útil de vida.

ABSTRACT

Within the policy of the Urban Vision Enabling "Barrio de Santa Rosa " is to become an Urbanisation example, one of the most important points are the means of communication within your street , is why the Av Centenario as shown on the drawings are part of the main entrance to the neighborhood streets of Santa Rosa, which is projected to have future continuous occurrence of vehicular traffic , taking these considerations a new application technology for streets called TCP was implanted (Thin Concrete pavements) , since conventional pavements : rigid and flexible loads applied to traffic fail to meet the useful life , generating high costs of future maintenance .

This research project aims to provide a new pavement technology application , called TCP (Thin Concrete Pavements) , Centenary Avenue in Barrio Santa Rosa - Lircay , which must be able to respond to load requests as pathways primary and which should have longer lifespan compared to conventional pavements , considering satisfactory history with this type of pavement , seen in the different neighborhoods of the District of Lircay tracks are constructed with rigid pavement , many of them deteriorate before reaching its useful life span .

INTRODUCCIÓN

El interés que involucra por investigar el sistema TCP (Thin Concrete Pavements) a las empresas se produjo tras el análisis previo de su tecnología, la cual consiste en cambiar el diseño de las losas de pavimento rígido tradicional por unas de geometría optimizada (losa optimizada), capaces de distribuir mejor la carga y evitar el agrietamiento. Normalmente las losas de concreto convencional son de 3,0 m de ancho por unos 4.5 m de largo, lo cual hace posible que varios de los sets de ruedas de un camión se posen en ella al mismo tiempo, generando así grandes tensiones. Esta circunstancia se evita con el pavimento tipo TCP, que propone un sistema de losas de dimensiones más pequeñas en que se recibe sólo un set de ruedas simultáneamente, lo que hace posible disminuir el espesor de las losas entre 4 y 10 cm, generando así un ahorro sustancial en materiales y, en consecuencia, disminuyendo la inversión requerida.

El conocimiento y resultado de esta experiencia confirman que es una solución válida en que en un nuevo proyecto se puede disminuir el espesor de concreto. Indudablemente resultará más económico que un pavimento de concreto tradicional.

144

CAPÍTULO I:

PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Universidad de ILLINOIS - EE.UU., existe un laboratorio avanzado de ingeniería e investigación en transporte, que cumple con todos los requerimientos AASHTO, fue allí donde se llevó a cabo la investigación que respalda la Tecnología TCP (Thin Concrete Pavements). Los pavimentos de concreto de losas con dimensiones optimizadas, surgen del planteamiento de una nueva tecnología impulsada por la compañía TCPAVEMENTS de Chile, para demostrar que dicha Tecnología resulta eficiente en costo frente a los Pavimentos tradicionales de hoy en día, TCPAVEMENTS ordena un estudio de dichos pavimentos en la Universidad de ILLINOIS, EE.UU, entidad que a su vez, en agosto del 2009, expide el Reporte de Investigación No. ICT-09-053, en donde entrega los resultados de los ensayos de tránsito acelerados sobre pistas de Pavimentos TCP construidas en escala 1:1. La conclusión a la que llegó dicha investigación consiste en el diseño de losas de concreto con geometría optimizada, ya que al considerar losas más pequeñas que las tradicionales disminuye las tensiones en el pavimento, permitiendo distribuir las cargas de manera inteligente, lo que a su vez se refleja en reducir el espesor del concreto, obteniendo ahorros hasta del 30% respecto a los métodos de pavimentación tradicional.

Esta metodología se encuentra protegido en Chile, mediante la patente industrial N° 44820, en EE.UU, por la patente N° 7.571.581 y a nivel de la Organización Mundial de la propiedad intelectual por medio de la solicitud PCT N° PCT/EP2006/064732, además de otros países de América y Asia. ⁽¹³⁾

Como experiencias se construyó vías en Camino Antigua en Guatemala – 2006, calle pasajes en Valdivia Chile – 2007.

En el Perú se construyó: Pavimento de Concreto Industrial en Tottus Trujillo Perú - 2007, Sodimac en Lima – 2008, reduciendo los costos hasta en un 25% dando resultados favorables en su comportamiento estructural.

Actualmente el Distrito de Lircay viene creciendo demográfica, económicamente y socialmente, muestra de ello es el barrio de Santa Rosa a la fecha muestra más del 95% de sus calles no pavimentadas, el cual dificulta el normal tránsito y repercute en las actividades económicas de los vecinos.

Las calles pavimentadas en el Distrito de Lircay están construidas con Pavimentos Rígidos de Concreto hidráulico que en su gran mayoría a la fecha se encuentran dañadas o con fallas longitudinales y transversales, esto debido a muchos factores que influyen en el periodo de vida del pavimento, ya que la principal función de un pavimento es proporcionar a los usuarios circulación segura, cómoda y confortable sin demoras excesivas.

La utilización de nuevas tecnologías en la construcción de pavimentos de concreto hidráulico ha permitido una reducción considerable en los costos de las mismas, siempre manteniendo igual calidad en su vida útil, Constituyendo alternativas que bajo ningún punto de vista deben pasar inadvertidas por las personas encargadas de tomar decisiones en lo que concierne al mejoramiento de la red vial por las instituciones encargadas, por tal motivo se llega a formular la siguiente pregunta:

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será la aplicación del pavimento tipo TCP (Thin Concrete Pavements) la más óptima para ser empleada en el Barrio de Santa Rosa en aspectos técnicos y económicos?

142

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Demostrar que la aplicación de la nueva tecnología de Pavimento tipo TCP en las calles del Barrio de Santa Rosa cumplen con los requerimientos técnicos y económicos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plasmar el estudio de suelos de las calles del Barrio de Santa Rosa.
- Determinar el costo del Pavimento tipo TCP frente a Métodos tradicionales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El Método TCP, es una innovación tecnológica de los estudios realizados en los últimos años, el cual pretende mejorar el uso adecuado de los recursos a utilizarse en una Pavimentación de Concreto Hidráulico. ⁽¹³⁾

Se desea comprobar a nivel de estudio si la metodología TCP resulta eficiente para su aplicación en el barrio de Santa Rosa Distrito de Lircay – Angaraes, para ello se realizará un estudio minucioso del terreno y determinar los factores de diseño mediante ensayos requeridos.

La determinación de esta metodología coadyuvará a mejorar la serviciabilidad de los pavimentos, así mismo disminuirá el costo de Obra sociales permitiendo intervenir más áreas no pavimentadas de esta manera favorecer el desarrollo social.

Es de interés para los profesionales y estudiantes de INGENIERÍA CIVIL, realizar Proyectos de investigación que contribuyan al uso adecuado de los recursos económicos – sociales.

101

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

JUAN C. MALTEZ R. (2007) “Análisis Comparativo de Costos en la Rehabilitación de Pavimentos para Carreteras” Tesis de grado de Magister en Administración Financiera, Universidad Nacional de San Carlos de Guatemala.

Análisis comparativo de costos entre las dos opciones más utilizadas para la rehabilitación de pavimentos de carreteras: el concreto asfáltico y el concreto hidráulico. **Materiales y Método:** En dicho trabajo primero se define lo que es la rehabilitación de pavimentos, tanto en concreto hidráulico como en concreto asfáltico, después se hace referencia a las nuevas tecnologías que en la actualidad se utilizan para este tipo de actividades, y se comentan sus principios fundamentales.

Como paso siguiente se definen los parámetros que fueron utilizados para el análisis, partiendo de los costos que son tomados en cuenta y el porqué de su utilización, para establecer cómo se efectuó el análisis financiero de las alternativas. **Resultado:** La investigación mostró en el ejemplo utilizado que los Costos iniciales de la alternativa de pavimentos de

concreto asfáltico eran 12.47 % menores. Sin embargo, en lo que son Costos de Mantenimiento, el pavimento de concreto hidráulico resultó ser una mejor alternativa, pues el valor del mantenimiento del concreto asfáltico fue 4.5984 veces mayor. **Conclusiones:** El Análisis de Costo de Ciclo de Vida, ACCV, es una herramienta económica que permite la comparación del valor de alternativas de igual desempeño y duración. La importancia de su uso se debe principalmente a que reconoce el valor del dinero en el tiempo y permite de esta manera evaluar las alternativas de una manera más eficiente desde el punto de vista financiero. ⁽¹⁾

ROMÁN ÁVILA R. (2008) “Método Constructivo de Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico”: Tesis de grado, para optar el grado de Magister en Ciencias de Ingeniería Vial, Escuela de Post Grado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Carlos de Guatemala.

Conocer el método constructivo de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico, su base teórica, las características de su evaluación en modelos de simulación por computadora, y el método de construcción.

Resultado: Con la finalidad de tener una acertada interpretación de los resultados para los diferentes análisis realizados, debe considerarse la mayor cantidad de información posible, aunque en el caso específico de este método por ser una innovación en este tipo de pavimento, actualmente los estudios existentes respecto al mismo son escasos.

Conclusiones: Según evaluaciones visuales se estableció que los tramos evaluados, presentan algún tipo de deterioro; y, a pesar que la mayoría son de reciente construcción presentan características de deterioro estructural leve según la clasificación sugerida para este efecto. ⁽²⁾

MILTON GRANADOS G. (2011) “Pavimentos en Concreto de Losas con Dimensiones Optimizadas”: Monografía, para optar el Título de Especialista en Geotecnia, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Sinú Montería Colombia

Su diseño se enfoca en preparar los pavimentos en concreto hidráulico mediante losas con la mejor geometría, para que aislen el efecto simultáneo los sets de carga de, ejes separados, de un tándem, o, de un tridem, con el propósito de que dichas líneas de rotación actúen preferiblemente de manera individual en una misma losa, y por tanto, aminoren el efecto nocivo en la vida útil de los pavimentos. Es decir, se promueve tener losas de las menores y óptimas dimensiones para lograr que, en estas, actúen de manera no simultánea las líneas de carga de los ejes vehiculares, llegando así, a una mejor solución técnico-económica realmente eficiente y funcional. **Materiales y Método:** Sobre la subrasante, se instaló un geotextil no tejido, que hizo las veces de separador de capa, sobre el que se dispuso la base granular con finos menores del 6%, seguidamente se procedió a compactar la base densificándola a los estándares del 100% del ensayo Proctor Modificado. Una vez compactada la base granular, se instrumentó la pista, para poder medir los esfuerzos de tensión a los que posteriormente se sometió el pavimento, seguidamente se instaló el concreto hidráulico en la pista de prueba. Seis (6) horas después, el concreto se moduló con sierras de corte de 1.9 mm de espesor, y con la geometría indicada por TCPavements®. Para esta pista específica, No se instaló ningún refuerzo en las juntas longitudinales, ni transversales. Se identificaron y se enumeraron las losas. El confinamiento lateral del pavimento se logró anclando en el piso dos (2) barras de 5/8" de diámetro, de 50 cm de longitud, ubicadas a 50 cm de cada junta transversal en los costados externos de las losas de cada pista ensayada. **Resultados:** Aparte de los resultados de tráfico el estudio entregó y confirmó parámetros para el diseño, entre ellos se encuentran: Transferencia de carga, Tensiones en la losa, Deformaciones, Funciones de la base sin finos y Escalonamientos de losas.

Frente a los proyectos ya ejecutados con la metodología TCP tenemos la siguiente información en la tabla: ⁽³⁾

Proyecto	Costo Proyecto original	Costo Proyecto TCP	% Ahorro	Ahorro Total
Centro distribución 1	US \$ 542.379	US \$ 432.064	20%	US \$ 110.315
Centro distribución 2	US \$ 1.144.000	US \$ 1.021.429	11%	US \$ 122.571
Estacionamiento Grúas	US \$ 337.071	US \$ 245.143	27%	US \$ 91.928
Calle Valdivia	US \$ 73.543	US \$ 71.500	3%	US \$ 2.043

Cauquenes Chanco*	mm\$ 7.500	mm\$ 7.050	6%	mm\$ 450
Cerro Sombrero - Onassis**	mm\$ 8.000	mm\$ 7.400	8%	mm\$ 600

* Licitación abierta (Comparación Solución Asfalto- Hormigón diseño TCP®)

** Estimado según cotización causal (Proyecto Hormigón AASHTO-TCP®)

2.1.2 A NIVEL NACIONAL

VALVERDE BALTAZAR, OSMAD DAVID, ESTACIÓN CASANOVA, OSCAR EDUARDO. (2012) “Aplicación de la tecnología de pavimento TCP en las calles 56 y 78 de la habilitación urbana paseo del mar – nuevo Chimbote – Ancash – Perú”.

Demostrar que la tecnología de Pavimento tipo TCP en las calles 56 y 78 de la Habilidad Urbana Paseo del Mar cumplen con los requerimientos técnicos y económicos. **Materiales y Método:** Para lograr demostrar que la alternativa de aplicación de la nueva tecnología de pavimento a ser empleadas en las calles 56 y 78 de la Habilidad Urbana Paseo del Mar, cumple con las expectativas técnicas y económicas a comparación de los pavimentos convencionales; primero se realizó y recolectó ensayos aplicados al concreto empleado en el pavimento, posteriormente se realizó una comparación económica entre los pavimentos convencionales y el propuesto en el presente trabajo. Paralelamente se realizó la descripción de las consideraciones en campo a tener en cuenta durante su construcción. **Resultado:** La tecnología de pavimentación TCP en el diseño presente, cumple con las características necesarias para la duración planteada (20 años) y resistencia ante los EE (160,000), en cuanto al precio se presenta una reducción en el costo del pavimento TCP

frente al pavimento rígido tradicional, del 21.43 %, por lo tanto la hipótesis es aceptada. Se aplicó el programa OptiPave de la patente TCP pavements obteniendo losas optimizadas para un periodo final de 20 años, dada un tráfico de 160,000.00 EE dada las condiciones ambientales y el tipo de suelo, las dimensiones optimas son losas de 1.65 x 1.75 m con un espesor de 10 cm, con 15 cm de base granular. **Conclusiones:** La tecnología de pavimento TCP, cumple con los requerimiento técnicos mínimos y económicamente muestra un ahorro, en cuanto a la duración por ser un concreto de $f'c=330$ kg/cm², tendrá mayor duración. ⁽⁴⁾

2.1.3 A NIVEL REGIONAL

No se encuentran publicaciones de trabajos realizados en el ámbito.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PAVIMENTOS

2.2.1.1 Pavimento

Estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos, su estructura es una combinación de capas de agregados con una gradación de resistencia creciente hacia la superficie de rodadura, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito. Las capas de acuerdo a su función estructural están constituidas por material resistente que según su función pueden contener o no material ligante. ⁽⁵⁾

2.2.1.2 Terreno de fundación

Es el terreno debidamente controlado respecto a sus características mecánicas sobre el cual se coloca el pavimento.

⁽⁵⁾

2.2.1.3 Material Resistente (bases y subbases)

Material inerte, resistente a los esfuerzos que se producen en la estructura, generalmente constituido por piedra o constitutivos de ella (piedra triturada, arena o polvo de piedra). (5)

2.2.1.4 Material Ligante

Material de liga, que se relaciona entre sí a los elementos resistentes proporcionándoles la necesaria cohesión, puede ser un constitutivo del suelo, como la arcilla o un aglutinante por reacción química, como la cal o el CEMENTO; o en su defecto, un material bituminoso. (5)

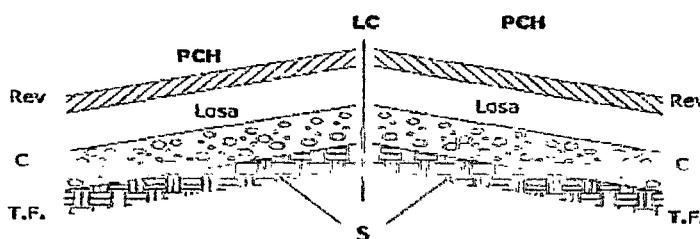
2.2.1.5 Superficie de rodadura

Estructura constituida por diferentes materiales comúnmente agregados de diferentes granulometrías ligados entre si por aglutinantes, cemento o materiales bituminosos, destinada a soportar y transmitir de forma directa las cargas peatonales o vehiculares para los cuales se construyó el pavimento. (5)

2.2.1.6 Componentes de Pavimentos

Componentes estructurales de los pavimentos asfálticos y de Concreto Hidráulico, se muestra en la siguiente figura. (4)

Figura N° 01



DONDE:

PCH = Pavimento de Concreto Hidráulico

Rev = Revestimiento

S = Sub - Rasante

C = Cimiento, o Sub-Base

T.F. = Terreno de Fundación

2.2.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Dentro de las consideraciones que deben tomarse en cuenta para el diseño de estructuras de pavimento, es necesario analizar fundamentalmente la problemática que representa el comportamiento de los pavimentos debido al tránsito, ya que éste se incrementa conforme el desarrollo tecnológico y crecimiento demográfico, lo que trae a su vez mayor cantidad de repetición de ejes y cargas.

Por ello, es necesaria la selección de apropiados factores para el diseño estructural de los diferentes tipos de pavimentos, por lo que deberá tomarse en cuenta la clasificación de la carretera dentro de la red vial, la selección de los diferentes tipos de materiales a utilizarse, el tránsito y los procesos de construcción, Es necesario tener conocimiento sobre el tránsito, medio ambiente y condiciones de la sub-rasante para la cantidad de vehículos que circula en las carreteras, adicionalmente la calidad de materiales y especificaciones o normas de construcción son requeridas para mejorar el rendimiento de ellas por muchos periodos de tiempo. ⁽⁶⁾

2.2.2.1 Clasificación de las calles y carreteras.

La clasificación es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias. ⁽⁷⁾

2.2.2.2 Selección de variables de diseño.

Las propiedades de la sub-rasante, características de los materiales, importancia del tránsito, factores de medio ambiente y otro tipo de variables, son las que intervienen en el diseño de estructuras de pavimento. Muchas veces, para caminos y calles de menor importancia, la información no está disponible o actualizada, por lo que es necesario recabarla.

Algunos valores de diseño están especificados y pueden variar con el tipo de carretera o nivel de tránsito. Para tránsito pesado se han seleccionado valores más conservadores con resultado de espesores mayores. Por ejemplo, un valor de esfuerzo de diseño para la sub-rasante, puede resultar bajo para un tránsito pesado pero aceptable para un tráfico liviano.

Poco conocimiento de las características de la sub-rasante y las propiedades de otros materiales particularmente de la pavimentación, variarán su calidad y desempeño, lo que traerá como consecuencia un alto costo de mantenimiento; también la selección del tipo de base puede afectar el comportamiento del pavimento. ⁽⁵⁾

2.2.2.3 Criterios de diseño.

En los procedimientos de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de las capas se caracterizan por su propio Módulo de Elasticidad. La evaluación de tránsito está dada por la repetición de una carga en un eje simple equivalente de 80 kN (18,000 lbs) aplicada al pavimento en un conjunto de dos juegos de llantas dobles. Para propósitos de análisis estas dobles llantas equivalen a dos platos circulares con un radio de 115 mm ó 4.52'' espaciados 345 mm ó 13.57'' centro a centro, correspondiéndole 80 kN ó 18,000 lbs de carga al eje y 483 kPa ó 70 PSI de presión de contacto sobre la superficie.

Este procedimiento puede ser usado para el diseño de pavimentos compuestos de varias combinaciones de superficies, bases y sub-bases. La sub-rasante que es la capa más baja de la estructura de pavimento, se asume infinita en el sentido vertical y horizontal; las otras capas de espesor finito son asumidas finitas en dirección horizontal. En la superficie de

contacto entre las capas se asume que existe una completa continuidad o adherencia. En la metodología de diseño, las cargas colocadas sobre la superficie de un pavimento producen dos esfuerzos que son críticos para los propósitos de diseño; un esfuerzo horizontal de tensión ϵ_{t1} en la parte de abajo de la capa de superficie y el esfuerzo de compresión vertical ϵ_{c1} actuando sobre la superficie de la sub-rasante.

Si el esfuerzo de tensión horizontal es excesivo, pueden resultar grietas en la capa de rodadura. Si la fuerza vertical de compresión es excesiva, resultarán deformaciones permanentes en la estructura de pavimento debido a la sobre carga en la sub-rasante. Una excesiva deformación de las capas solamente puede ser controlada por las limitaciones de las propiedades de los materiales. ⁽⁸⁾

2.2.2.4 Características de los materiales.

Todos los materiales están caracterizados por el Módulo de Elasticidad, llamado Módulo Dinámico en mezclas asfálticas; Módulo de Resiliencia para los materiales granulares sin tratar y los materiales de los suelos. El Módulo Dinámico en mezclas de asfalto es dependiente de la temperatura sobre el pavimento. Para simular los efectos de temperatura y sus cambios a través del año, se utilizan tres distribuciones típicas del promedio mensual de temperatura que a su vez representan tres regiones típicas. El Módulo Dinámico es función directa del tiempo de fraguado y un período de seis meses es el utilizado para la elaboración de las tablas de diseño, ya que períodos de fraguado arriba de los 24 meses no tienen ninguna influencia significativa sobre el espesor.

En el caso de suelos estabilizados, las características mecánicas de los materiales cambian sustancialmente con la

aplicación de productos estabilizadores, ya que el módulo de resiliencia se incrementa en valores apreciables. Es necesario, que al utilizar productos estabilizadores de suelos, se efectúen los correspondientes estudios de laboratorio, para determinar los límites adecuados de la cantidad de los porcentajes hasta los cuales puede llegar su uso.

Cuando se utiliza cemento como material estabilizador, es conveniente saber la cantidad máxima a utilizar, en función de los cambios físicos que experimentan los suelos, ya que una cantidad alta de cemento, hace que los materiales obtengan valores altos de resistencia mecánica, pero también contracciones fuertes que se traducen en agrietamientos, nada deseables para la estructura de pavimento, por el hecho de que estas grietas se reflejarán posteriormente en la superficie de rodadura.

Al utilizar otro tipo de estabilizadores, tales como: Cal, Bitúmenes, puzolanas, químicos, etc. también es necesario efectuar pruebas de laboratorio para analizar cuáles son las limitantes de uso de cada producto. Para estos últimos, la reacción de los suelos al aplicar este tipo de estabilizadores, es más benigna por los efectos de contracción y se obtendrán capacidades de esfuerzos menores, dependiendo de la cantidad de producto utilizado, por lo que se producirán grietas más pequeñas, las cuales no tendrán una influencia significativa en el comportamiento de las mismas.

Otras ventajas que se obtienen con los productos estabilizadores, es que puede utilizar más de uno a la vez, lo que redundará en beneficio del material estabilizado, por el hecho de obtener en la mezcla mejores características de comportamiento, como son: resistencia en poco tiempo,

impermeabilidad, reducción en los límites de consistencia, grietas muy pequeñas, etc. Por ejemplo, un material de base que es necesario colocar en un área húmeda o con lluvias frecuentes, se puede utilizar una parte de cemento y otra de cal, lo que permitirá obtener una mezcla con una resistencia inicial adecuada pero sin agrietarse por efecto del cemento, pero la calle seguirá incrementando su resistencia, aparte de las otras ventajas ya mencionadas. También es factible el uso de cemento con emulsión asfáltica para mejorar las condiciones de una base, mejorando su capacidad soporte y por ende su módulo de resiliencia; además de obtener una materia que soporta en mejor forma los efectos de la humedad. En general se puede concluir, que cuando no se cuenta con suelos adecuados para la estructura de pavimento, tales como sub-rasantes, sub-bases y bases que cumplan con las exigencias ó especificaciones, y que económicamente sea necesario recurrir al uso de productos estabilizadores, es conveniente que los materiales de cada una de las capas ya estabilizadas estén acorde con la capacidad de esfuerzo de las otras capas contiguas, ya que no es conveniente que una capa sea rígida y otra flexible o que una capa impermeable quede bajo una permeable. ⁽⁸⁾

2.2.2.5 Efectos de la temperatura en el pavimento.

En adición a los efectos de cambio de temperatura a través del año, en el Módulo Dinámico de las mezclas asfálticas, las curvas de diseño también resultan afectadas con respecto a los efectos de temperatura sobre el Módulo de Resiliencia de la sub-rasante y los materiales granulares de la sub-base y base. Para la sub-rasante esto se realiza al incrementarse el Módulo de

Resiliencia de la misma en el período de enfriamiento y se reduce cuando se produce calentamiento. ⁽⁹⁾

2.2.2.6 Costos del ciclo de vida.

En los procedimientos de diseño es necesario realizar un estudio de costo del ciclo de vida de las alternativas de pavimentos diseñados, que le permitan al diseñador tomar una decisión sobre los tipos de pavimentos más convenientes a construir, tomando también en consideración las políticas de mantenimiento. ⁽⁵⁾

2.2.2.7 Volúmenes de Transito.

El método o técnica más utilizada para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a lo siguiente.

AASHTO; en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye: la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 KN o 18 kips², por lo que se les denominará ESAL o (ejes equivalentes).

⁽¹⁰⁾

na

$$ESAL = \sum_{i=1}^m F_i n_i$$

F_i = factor de daño

$$n_i = (n_0)_i (G)(D)(L)(365)(Y)$$

n_i = N° de vehículos del grupo i
promedio diario anual en dos sentidos
IMD _{i}

G = Tasa de crecimiento

D = Factor de distribución direccional

C = Factor de distribución por carril

Y = Período de diseño en años

El periodo de diseño está en función al tipo de carretera tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla N° 01

TIPO DE CARRETERA:	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

El factor de daño se calcula de distintas maneras tanto para un pavimento flexible y rígido; en este caso ya que estamos tocando solo lo referente a pavimentos de concreto hidráulico, mencionaremos como se halla el factor de daño para un pavimento rígido. (11)

$$\log\left(\frac{W_{FL}}{W_{IR}}\right) = 4.62 \log(18 + 1) - 4.62 \log(L_1 + L_2) + 3.28 \log L_2 + \frac{G_f}{\beta_f} - \frac{G_r}{\beta_{IR}}$$

120

$$G_i = \log\left(\frac{4.5 - p_i}{4.5 - 1.5}\right)$$

$$\beta_x = 1.00 + \frac{3.63(L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$$

D: Espesor de la losa

Lx: Carga en Kips (lb/1000)

Pt: Serviciabilidad Final

L2: $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Eje simple} \\ 2 \text{ Eje Tandem} \\ 3 \text{ Eje Tridem} \end{array} \right.$

2.2.3 DRENAJE SUBTERRANEO O SUB DRENAJE EN PAVIMENTOS

El estudio de subdrenaje, es una actividad que demanda mucha experiencia y certeza en los estudios; dado que las condiciones freáticas son dinámicas, es decir tanto el nivel freático como los flujos sub-superficiales, varían según la estación del año, comportamiento hidrológico de la zona, tipo de suelo, pendiente, alteración del medio poroso, etc.

La necesidad de obras de subdrenaje en un proyecto vial, no es el resultado de un cálculo matemático de carácter determinísticos, si no está sujeto al comportamiento de múltiples variables aleatorias; por lo tanto, este requerimiento generalmente es estimado y se obtiene a partir de observaciones directas y muestreo del terreno. (12)

En la etapa de campo, se debe evaluar la necesidad de obras de subdrenaje para las condiciones proyectadas de la carretera, y adoptar las precauciones cuando la vía se encuentre cerca o este influenciado por:

- Existencia de lagunas, puquiales, canales sin revestir en la parte alta de la vía.
- Deformaciones, hundimientos y/o asentamientos de la plataforma vial, atribuibles a la presencia del agua en el

128

subsuelo.

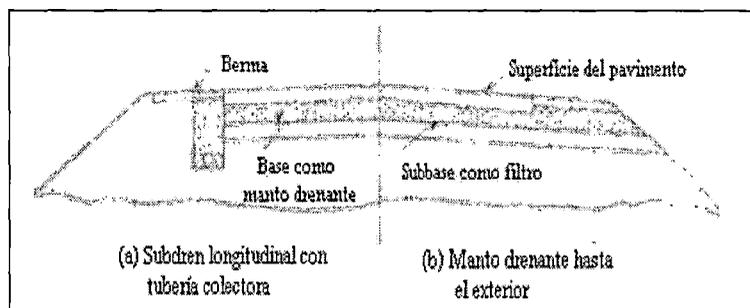
- Existencia de cultivos con grandes demanda de agua, como el arroz. Presencia de terrenos de cultivos con riegos por gravedad permanentes o riegos en secano.
- Filtraciones en taludes, presencia de vegetación propia de suelos saturados como el junco, totora, etc.
- Presencia de niveles freáticos en excavaciones a cielo abierto.⁽¹²⁾

2.2.3.1 Capa Permeable

Capa que se coloca bajo la superficie pavimentada constituida por un material filtrante de manera que, con ayuda de una pendiente transversa adecuada y unas correctas instalaciones de salida pueda drenar el agua que se infiltre desde la superficie del pavimento, que provenga de las bermas o que ascienda por subpresión desde los niveles inferiores. Esta capa puede ser granular o tratada con ligantes hidrocarbonados o con cemento, se puede integrar a la estructura del pavimento.

El remate de la capa permeable (manto drenante) puede ocurrir: contra un subdrén longitudinal o contra el talud lateral hacia el exterior, este último no es recomendable, porque se pueden producir contaminaciones en el talud durante las operaciones de construcción y mantenimiento.

Figura N° 02



La capa permeable puede ser:

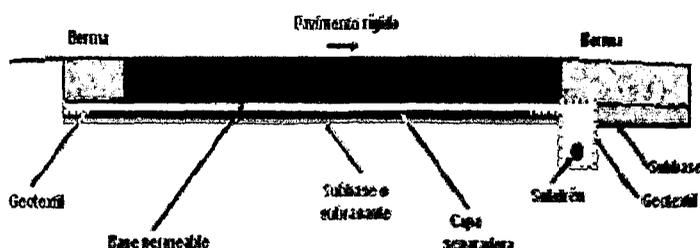
- La base, la cual pudiera cumplir a la vez funciones drenantes y estructurales, este se emplea para drenar el agua proveniente de la superficie y se aplica preferentemente en la construcción de pavimentos rígidos.
- Una capa adicional sobre la subrasante, sin función estructural o como parte de la subbase, para control de aguas ascendientes por subpresión. Si se desea que en este caso la capa ayude a drenar el agua que se infiltre desde la superficie, la permeabilidad de las capas superiores debe ser mayor que la tasa de infiltración, para que el agua pueda fluir. (12)

2.2.3.2 Capa Separadora

Se llama capa separadora a la capa que se coloca bajo la base permeable, para evitar que ésta sea contaminada por los finos de la subbase/ subrasante, si la capa de subbase o subrasante es estabilizada no se requiere capa separadora y si la capa estabilizada no va a estar sometida a saturación o altas presiones durante periodos extensos.

La separación puede ser proporcionada por una capa de material granular o por un geotextil tal como se muestra a continuación. (12)

Figura N° 03



2.2.4 DISEÑO DE LOSAS CORTAS

2.2.4.1 Consideraciones sobre el diseño TCP.

El método de diseño de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizada sin armaduras y sin barras de traspaso de carga está basado en las ecuaciones de daño por fatiga del proyecto NCHRP 1-37A (ME-PDG, AASHTO, EEUU) y en simulaciones de tensiones realizadas con el programa de elementos finitos ISLAB2000. El procedimiento es un método mecanística – empírica, el cual ha sido calibrado con tramos de prueba instrumentados para determinar las constantes de calibración. El concepto básico del diseño es dimensionar la losas de tal manera que sólo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa a la vez, calculando el daño por fatiga que se produce en los puntos críticos de la losa, y dado esto, determinar el espesor correspondiente para las condiciones de suelo, alabeo, tránsito, etc. Este concepto se encuentra protegido por la patente industrial N° 44820.

Se calculan las tensiones críticas que se producen en las losas del pavimento producto de la combinación de las cargas de borde, efectos de temperatura y distintas condiciones de análisis, además el método incluye verificación para las condiciones del escalonamiento de las juntas transversales sin barras de traspaso de carga y del agrietamiento de esquina. Dado que el tamaño de losa se diseña para independizar los ejes en cuanto a las tensiones que estos producen en el pavimento, es que se utiliza el eje estándar definido por AASHTO para las simulaciones con elementos finitos. Para calcular el daño por fatiga se utilizan las pasadas determinadas como ejes equivalentes solicitantes (EE), las cuales se calculan de la misma forma que para un pavimento rígido tradicional.

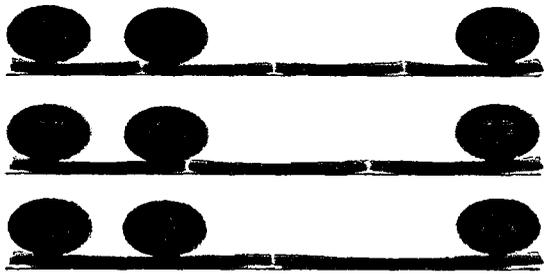
Para facilitar la comprensión y sistematizar el procedimiento de diseño, se incluye un diagrama de flujo con la secuencia de las distintas etapas del proceso, se presentan las ecuaciones que permiten establecer los espesores de las losas de pavimento y una breve descripción de las variables que intervienen en el método, recomendándose los valores a utilizar. Por último, se describen los procedimientos que se debe seguir para verificar las condiciones del escalonamiento de juntas y del agrietamiento de esquinas. (13)

2.2.4.2 Largo de losa.

Estos pavimentos basan su comportamiento en que no se produzca flexión debido a la interacción de cargas colocadas sobre las losas, es decir sólo una rueda carga una losa a la vez. Para lograrlo el pavimento se construye de forma continua y se generan las juntas según se establezca en el diseño, el largo de losa se debe definir antes del cálculo del espesor, según los siguientes criterios:

- 140 cm: Caso donde el eje tándem queda en losas distintas
- 180 cm: Caso donde el eje tándem queda en la misma losa
- 220 cm. Caso donde el eje tándem queda en el centro de una losa y en borde de otra

Figura N° 04



Para pavimentos de tránsito y clima normal se recomienda losas de 220 cm de largo. Para climas extremos (gradientes térmicos

altos) o tránsito en más de una dirección se recomienda losas de 180cm de largo. El ancho de las losas deberá ser de media pista (175 cm) y deberá considerar las condiciones de borde con que se diseñe. ⁽¹³⁾

2.2.4.3 Ecuaciones de diseño.

Las ecuaciones básicas de diseño de esta metodología son las siguientes. ⁽¹³⁾

A) Numero de pasadas admisibles.

$$\log(N_{ijkl}) = 2 \times \left(\frac{C_3 \times \sigma_{ijkl}}{MOR \times C_1 \times C_2} \right)^{-1.22}$$

Dónde:

N_{ijkl} = Numero pasadas admisibles para posición del eje (k), condición de alabeo (i) y condición de carga (j), superior o inferior (l).

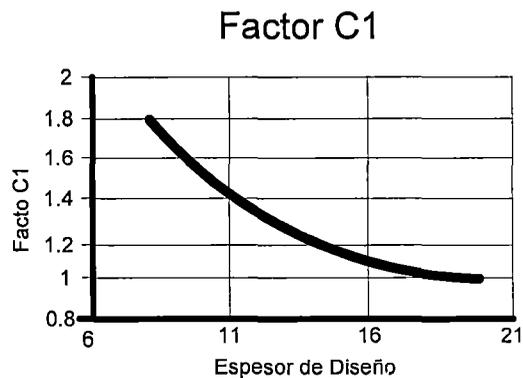
σ_{ijkl} = Tensión principal máxima calculada en ISLAB2000 para posición del eje (k) condición de alabeo (i) y condición de carga (j), superior o inferior (l).

MOR= Resistencia a la flexotracción media a 90 días.

C_1 =Factor de calibración por geometría y espesor de la losa, determinando según

122

Figura N° 05



C₂=Factor de calibración por uso de fibras estructurales en hormigón, determinado según:

$$C_2 = \left(1 + \frac{R_{3,e}}{100}\right)$$

R_{3, e}=Razón equivalente de resistencia residual a 3 mm de flecha en ensayo de viga en aire.

C₃=Factor por tipo de borde (Se utiliza sólo en posiciones de borde)

B) Daño por fatiga en un punto determinado.

$$FD_k = \sum \frac{n_{ijk}}{N_{ijk}}$$

Dónde:

FD_k= Daño por fatiga para cualquier posición de la losa

n_{ijk}= Numero de pasadas reales punto i con eje e, condición i,j,k

N_{ijk}= Numero de pasadas reales punto i con eje e, condición i,j,k

i= Condición de alabeo

j=Condición de carga

ra

k= Posición de eje

C) Porcentaje de losas agrietadas para un 50% de confiabilidad

$$\%Crack_{kt} = \frac{1}{1 + FD_{kt}^{-1,98}}$$

Dónde:

%Crack= Porcentaje de losas agrietadas con falla ocasionadas por posición de eje k.

FD_{ijk}= Daño por fatiga en posición eje k, superior e inferior. (13)

D) Cálculo del porcentaje de losas agrietadas totales fibra superior e inferior

$$\%Tcracks_i = \text{MAX}(\%Cracks_{ki})$$

E) Cálculo de losas agrietadas final 50% de confiabilidad

$$TTCracks_{50} = \%Tcracks_i + \%Tcrack_{ss} - \%Tcrack_{se} * \%Tcrack_{ss}$$

Dónde:

TTCracks₅₀= Porcentaje de losas agrietadas totales, 50% de confiabilidad (%)

%Tcracks_i= Porcentaje de losas agrietadas fibra inferior (%)

%Tcrack_{ss}= Porcentaje de losas agrietadas fibra superior (%)

F) Cálculo confiabilidad de losas agrietadas

$$TTcracks_m = TTcracks_{50} \times Z_r \times S_e$$

$$S_e = (5,3116 \times TTcracks_{50}^{0.3903}) + 2.99$$

Dónde:

$TTCracks_m$ = Porcentaje de losas agrietadas totales con M% de confiabilidad (%).

$TTCracks_{50}$ = Porcentaje de losas agrietadas totales, 50% de confiabilidad (%).

Z_r = Coeficiente estadístico, asociado al nivel de confianza (1-R) en una curva de distribución normal.

S_e = Desviación normal del error combinado.

2.2.4.4 Cálculo con programa de elementos finitos.

Para poder calcular el daño por fatiga es necesario conocer las tensiones máximas en las posiciones del ESRD y del EDRD, descritas más adelante, tanto en la parte superior como inferior de la losa. Para ello se realizaron simulaciones con el programa de elementos finitos ISLAB2000, para las condiciones descritas en la tabla siguiente. ⁽¹³⁾

TABLA N°02

Tipo Eje	Largo de Losa (cm)	Espesor (cm)	CBR (%)	LTE (%)	Delta T°Equiv.	Sobrecarga	Posición Eje
ESRD	220	8	5	30	10	0%	Borde - Esquina
EDRD	180	9	10	50	5	20%	Borde - Centro
	140	10	15	70	0		Huella - Corte
		11	20		-5		Huella - Centro
		12	25		-10		Junta longitudinal - Centro
		13	30		-15		

		14	40		-20		
		15	50				
		16	80				
		17					
		18					
		19					
		20					

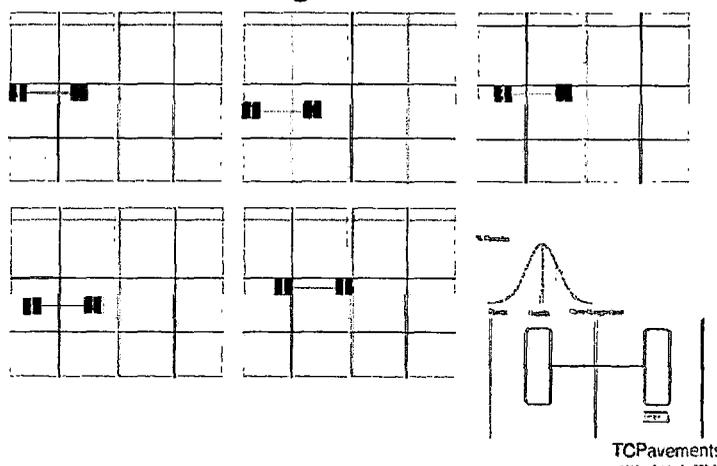
Las ecuaciones básicas de diseño de esta metodología son las siguientes. (13)

A) Posiciones de daño crítico.

Para evaluar el comportamiento del pavimento ante cargas cíclicas y repetitivas se estudia la posición del eje que genera el mayor daño por fatiga, es decir, **controla el diseño**. Debido a que las condiciones a las que se encuentra sometido el pavimento varían en el tiempo (clima, tránsito, humedad, etc.) es que se evalúan 05 posiciones del eje sobre la losa, las cuales se muestran a continuación.

Figura N° 06

Posiciones de Carga



El análisis se realiza para cada una de estas posiciones de acuerdo al número de pasadas reales en cada una de ellas. La cantidad de pasadas recomendadas por posición se

we

indica en la siguiente tabla, las cuales ponderan la cantidad de pasadas solicitantes (EE de diseño) para encontrar la cantidad de pasadas reales en cada punto.

TABLA N°03

Posición	Pasadas (%) (Fi)
Borde	8
Huella (40 cm borde)	30
Corte longitudinal	8

Como el eje tándem produce flexión en la losa, generando tensiones superiores no consideradas en las pasadas anteriores, es que se realiza una verificación en la esquina, utilizando las mismas ecuaciones de fatiga y efectuando simulaciones con ISLAB2000 con el eje tándem para todas las condiciones. Este análisis se realiza sólo para la fibra superior y en las posiciones de esquina y huella en el corte transversal. Se determina la cantidad de ejes tándem y tridem que pasaran aplicando la ecuación. (13)

$$N^{\circ} \text{ de ciclos de carga} = F_u \times EE$$

$$N^{\circ} \text{ ciclos de carga tándem} = EE \times F_u \times (\% \text{Ejes Tándem} + 2 \times \% \text{Ejes tridem})$$

2.2.4.5 Tránsito.

Este método requiere determinar y definir lo siguiente.

A) Ejes equivalentes solicitantes.

Las solicitaciones que deberá soportar la estructura se expresan como los ejes equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de vida de diseño. Salvo que se indique o autorice especialmente de otra manera, los pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado deberán diseñarse en una sola etapa y para las vidas de diseño respectivamente. (13)

B) Distribución de eje.

El modelo requiere conocer la **descomposición porcentual** de los ejes equivalentes que solicitarán la ruta. El valor se expresa como porcentaje de los ejes equivalentes generados por cada tipo de ej. Si no se dispone de esta información los valores a utilizar son los que se indican a continuación.

TABLA N°04: Distribución de ejes

Tipo de eje	Distribución de eje (%)
Eje simple rueda simple (ESRS)	20
Eje simple rueda doble (ESRD)	40
Eje doble rueda doble (EDRD)	30
Eje triple rueda doble (ETRD)	10

En forma preliminar, para tránsitos menores a un millón de ejes equivalentes y en caso que no se disponga de esta información, se debe considerar una distribución de 50% para eje simple rueda simple (ESRS) y 50% para eje simple rueda doble (ESRD) ⁽¹³⁾

C) Sobrecarga.

Este parámetro se refiere al **porcentaje de pasadas** de vehículos con sobrepeso que circula por la ruta. El método tiene incluidas las posibles sobrecargas en los ejes ya que, como factor de seguridad evalúa no sólo el ESRD estándar sin que también evalúe un ESRD con un 20% de sobrecarga tomando en cuenta las posibles interacciones que puedan existir por este efecto. En caso de existir sobrepeso mayor a lo señalado, se recomienda considerar un 10% de sobrecarga para un diseño seguro. ⁽¹³⁾

2.2.4.6 Porcentaje de losas agrietadas (TTcraks).

El modelo utilizado calcula el daño por fatiga, entregando un espesor de pavimento tal que el porcentaje de losas agrietadas, con una grieta en cualquier dirección al final de la vida de diseño, esté dentro del daño admitido para una confiabilidad dada. Debe tenerse en consideración que este parámetro sólo determina un umbral de daño en un tiempo determinado y no necesariamente la vida útil del pavimento. En la siguiente tabla se encuentra los valores recomendados para el porcentaje de losas agrietadas en situaciones especiales se podrán adoptar valores distintos a los señalados, siempre que se justifiquen adecuadamente y cuenten con la conformidad de la conformidad de Vialidad. (13)

TABLA N°05: Daño admitido (TTCRACKS)

Clasificación del camino	Losas agrietadas (%)
Vías principales y autopistas	10 - 20
Vías colectoras	10 - 30
Caminos secundarios	30 - 50

2.2.4.7 Confiabilidad.

El grado de confiabilidad de diseño se controla por el efecto de confiabilidad (M) que es función de un valor asociado al nivel de confianza de la distribución normal (Z_r) y de la desviación normal del error combinado (Se) de todos los parámetros que intervienen en el comportamiento del pavimento. En situaciones especiales, tales como vías urbanas o semi-urbanas de alto tránsito, túneles, accesos a viaductos con mucho tránsito, inmediaciones de las plazas de peaje, etc., se podrán adoptar niveles de confianza distintos a los que se señala, siempre que se justifiquen adecuadamente y cuenten con la conformidad de la Dirección de Vialidad.

La desviación normal del error combinado (S_e), es la dispersión de resultados entre el daño por fatiga calculado y el daño medido real, esto incluye las dispersiones inherentes a todos los factores que influyen en el comportamiento del pavimento, entre los cuales tienen una participación preponderante los errores que pudieran darse en la predicción del tránsito solicitante y el grado de variabilidad que presentan los suelos de la subrasante. Cuando el nivel de solicitaciones es muy elevado, la probabilidad de errar por defecto en la predicción es menor, debido a que la pista de diseño se encuentra a niveles cercanos a la saturación; así mismo, entre mayor es la dispersión de los valores representativos de los suelos de la subrasante, existe una probabilidad más allá de fallas. Por último, con el propósito de minimizar los trabajos de mantenimiento durante la vida de servicio de la obra, el nivel de confianza del diseño debe crecer en la medida que aumenta el tránsito. ⁽¹³⁾

2.2.4.8 Módulo de reacción de la subrasante.

El módulo de reacción de la subrasante, k (MPa/m), es el parámetro que se utiliza para caracterizar la capacidad de soporte de la subrasante. Muchas veces a la denominación se agrega la palabra "efectivo" para indicar que se está utilizando un valor medio compensado que toma en consideración las eventuales variaciones estacionales que, en ciertas circunstancias sólo cuando se prevea una penetración de la helada importante en suelos heladizos. ⁽⁸⁾

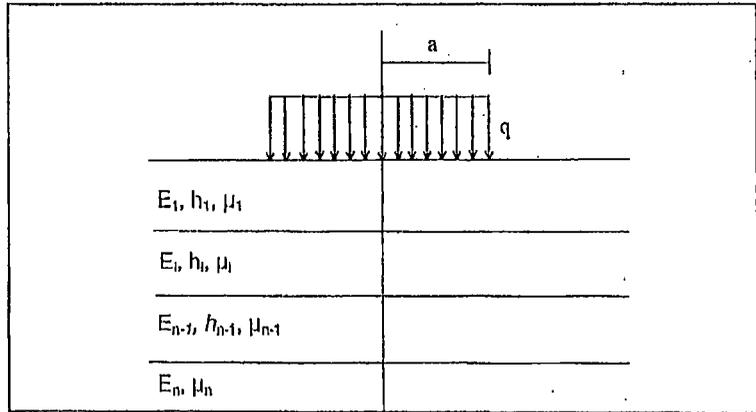
A) Método de cálculo del valor k para un sistema multicapas.

Si el diseño se realiza considerando un sistema multicapas, el módulo de reacción k de este sistema se determina aplicando el método KSEM, el cual modela el ensayo de

144

placa de carga

Figura N° 07: Modelación sistema multicapa



La siguiente ecuación calcula el valor de k a través de una fórmula que deriva del cociente entre la carga y la deflexión generadas por dicha carga. ⁽⁸⁾

$$K = \frac{0.0167087 \times E_n}{(1-\mu^2) \left[\left(1 + \frac{\left(1 - \frac{E_n}{E} \right)^2 \left(\frac{E}{E_n} \right)^{2/3}}{\left(\frac{h_1 + h_2 + \dots + h_{n+1}}{38.1} \right)^2} \right)^{1/2} + \frac{E_n}{E} \right]}$$

Dónde:

$$E = E_1 \left[\frac{h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} + h_3 \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_1}} + \dots + h_n \sqrt[3]{\frac{E_n}{E_1}}}{\sum_{i=1}^{n-1} h_i} \right]$$

\hat{E} = Módulo equivalente (kg/cm²)

E_i = Módulo de elasticidad de la capa i (kg/cm²)

h_i = Espesor de la capa i (cm)

μ = Relación de Poisson de la capa n

2.2.4.9 Propiedades del hormigón.

Se deben definir las siguientes propiedades del hormigón.

A) Resistencia a la flexotracción.

Para el modelo se utiliza la resistencia media a la flexotracción a 90 días y con las cargas de ensayo en los tercios. Se debe tener presente que la resistencia de control de la obra es característica a 90 días con un 20% de fracción defectuosa, valor con el que se deba diseñar el pavimento. El valor de resistencia a asignar dependerá de las posibilidades que existan en la zona del proyecto para preparar hormigones de calidad. Sin perjuicio de lo anterior, para situaciones donde no se presenten condiciones restrictivas (disponibilidad de áridos de calidad, equipo de preparación adecuado, etc.), en función del tipo de vía, se recomienda los valores a continuación. (3)

TABLA N° 06: Resistencia a la flexotracción característica (80%)

Tipo de vía	Resistencia a la flexotracción característica a 90 días (MPa)	
	Rango	Recomendado
Vías principales y autopistas	5,0 – 5,5	5,3
Vías colectoras	4,6 – 5,5	5,3
Caminos secundarios	4,6 – 5,3	5,0
Hormigón con fibra	4,6 – 5,5	5,0

B) Módulo de elasticidad del hormigón.

Para el módulo de elasticidad de hormigones de características normales se recomienda utilizar el valor de

29,000 Mpa. ⁽⁶⁾

C) Módulo de Poisson, coeficiente de dilatación térmica y retracción a 365 días.

Quando no se dispone de información se recomienda utilizar para los diseños los valores indicados a continuación. ⁽⁶⁾

TABLA N°07: Parámetros de diseño

Parámetro	Valor
Módulo de Poisson	0.15
Coeficiente de dilatación térmica (1/°C)	0.00001
Retracción a 365 (m/m)	0.001

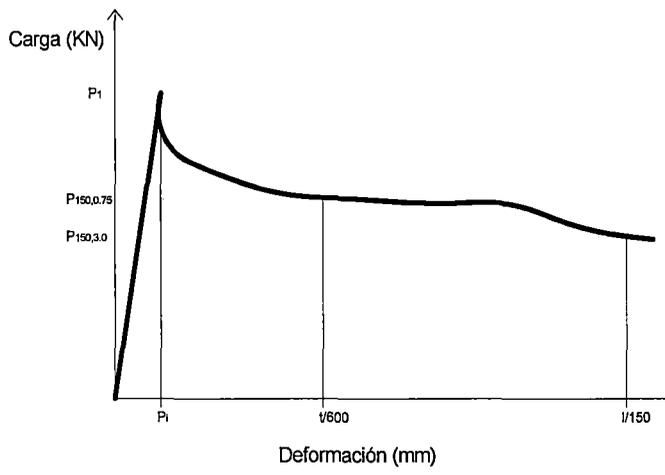
D) Pavimento de hormigón con fibra

El método permite el diseño de pavimentos de hormigón con fibra estructural con la cual es posible obtener pavimentos de menor espesor o de mayor duración. Además la fibra reduce el deterioro del pavimento una vez producida la grieta, aumenta la transferencia de carga en la juntas y elimina la necesidad de confinamiento lateral.

El método utiliza, como propiedad del hormigón con fibra, la resistencia residual según la norma ASTM 1609-11. La resistencia residual de un hormigón se puede determinar a través del ensayo de carga – deformación en viga, el cual consiste en aplicar carga en el tercio central de una viga simplemente apoyada en sus extremos y medir la flecha en L/2, en un ensayo con deformación controlada, hasta un valor L/150. La flecha que experimenta el eje neutro de la viga durante el ensayo es medida con un extensómetro. La resistencia residual se obtiene a través de la curva carga – deformación que entrega el ensayo. En este ensayo se distinguen dos resistencias: resistencia o tensión máxima a flexión (MOR) y resistencia residual. La primera corresponde

a la máxima resistencia o carga que es capaz de soportar la viga y coincide con la aparición de la primera fisura. La resistencia residual corresponde a la resistencia que es capaz de tomar la viga una vez fisurada, condición que le otorgan las fibras, para una deformación L/150 (equivalente a 3mm para una luz de ensayo de 450 mm). La siguiente figura muestra una curva de carga – deformación tipo (ASTM 1609-11). (8)

Figura N° 08: Serie de puntos - deformación



Dónde:

P_1 = Carga Máxima (KN)

P_{350} = Carga para una deformación de L/150 (KN)

L = Separación de los apoyos (mm)

Si la fractura se produce en el tercio central de la viga, la razón equivalente de flexión $R_{3,e}$ se obtiene según.

$$R_{3,c} = \frac{f_{150}^{450}}{MOR} * 100$$

Dónde:

$$f_{150}^{450} = \frac{P_{150}L}{bh^2} \quad \text{MOR} = \frac{P_1 L}{bh^2}$$

(f_{150}^{450}) = Resistencia residual para deformación de L/150 (MPa)

MOR = Resistencia a la flexión de viga (MPa)

B = Ancho promedio de probeta en la fractura (mm)

h = Altura promedio de probeta en la fractura (mm)

La razón equivalente de flexión $R_{3,e}$ se incorpora en la ecuación de fatiga según lo indicado anteriormente en el tema referido al factor de calibración C₂. El modelo considera tres niveles de resistencia residual, los cuales se detallan a continuación. ⁽⁸⁾

TABLA N° 08: Resistencia residual

Fibra	Re,3
Fibra 1	Mayor a 20%
Fibra 2	Mayor a 30%
Fibra 3	Mayor a 40%

Considerando que la incorporación de fibra en pavimentos de hormigón en una tecnología relativamente reciente y aún en estudio por parte del Laboratorio Nacional de Vialidad en Chile, se recomienda diseñar los pavimentos de hormigón con fibra considerando un 20% de resistencia residual. Cabe mencionar que en el mercado existen fibras sintéticas y metálicas con las cuales es posible obtener la resistencia residual indicada, sin embargo en tanto no se disponga de

mayores antecedentes se recomienda diseñar los pavimentos con fibras sintéticas.

La especificación técnica para pavimentos de hormigón con fibra debe indicar la resistencia residual exigida en Mpa, es decir si por ejemplo se considera una resistencia de diseño de 5,0 (Mpa) se debe exigir una resistencia residual de 1,0 (Mpa) si se utiliza una fibra tipo 1. Se encuentran en estudio este y otros ensayos para determinar la resistencia residual en hormigones con fibra, los cuales podrían ser considerados más adelante en virtud de los resultados que se obtenga. ⁽⁸⁾

2.2.4.10 Factor de ajuste por tipo de borde.

Se define como borde, aquel que es adyacente por el exterior a una pista de 3.5 metros de ancho. Los tipos de borde aplicables a esta tecnología son los que se indican a continuación y los factores a considerar en cada caso se indican en la siguiente tabla.

- Borde libre: Berma granular suelta sin compactar y sin revestir.
- Berma granular: Berma granular compactada y con mantención.
- Berma asfáltica: Berma granular revestida con al menos 5 cm de carpeta asfáltica en caliente.
- Berma de hormigón: Berma de hormigón amarrada se refiere a una berma pavimentada con un pavimento de hormigón de no menos de 150 mm de espesor, 600 mm de ancho y amarrada a la pista mediante barras de acero o confinada exteriormente por pines verticales.

ber

- **Sobreechancho:** Losa exterior ensanchada en 20 cm monolíticamente. Considera la línea lateral del pavimento demarcada a 20 cm del borde de la losa exterior de modo que el tránsito circule en una pista de 3,5 m de ancho.
- **Vereda:** Corresponde a una solera en el borde del pavimento que sobresale al menos 10cm sobre la cola superior del pavimento. Esta vereda aleja el flujo vehicular del borde. ⁽⁸⁾

TABLA N° 09: Factor de ajuste por tipo de borde

Tipo de Borde	Factor Ajuste C ₃
Libre	1.00
Berma granular	0.95
Berma asfáltica	0.90
Berma de hormigón	0.85
Sobreechancho	0.80
Vereda	0.80

2.2.4.11 Alabeo.

Debido a que los pavimentos cambian su condición de alabeo continuamente, el método de diseño considera este cambio como porcentaje del tiempo en el año con condiciones de alabeo cada 5°C. Estas condiciones de alabeo se ingresan como el gradiente térmico equivalente para una determinada deformación. Es decir el valor utilizado es un gradiente térmico que equivale a la suma de alabeos en la losa (térmicos, hidráulicos y de construcción). Los alabeos equivalentes se encuentran según la ecuación.

$$\Delta T^o = \Delta T^o_c + \Delta T^o_d$$

Dónde:

102

$\Delta T^{\circ} =$ Gradiente térmico equivalente ($^{\circ}\text{C}$)

$\Delta T^{\circ}_c =$ Gradiente térmico equivalente de construcción ($^{\circ}\text{C}$)

$\Delta T^{\circ}_d =$ Gradiente térmico por variaciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

El gradiente de construcción es una estimación del alabeo inicial que se produce en la losa debido a retracciones diferenciales entre la parte superior y la parte inferior de ésta. Este gradiente se expresa como el gradiente térmico que existiría para tener una losa plana. El valor depende de la época del año cuando se construirá y del clima de la zona. (3)

2.2.4.12 Transferencia de carga.

La importancia de la transferencia de carga radica en que los esfuerzos internos inducidos por las cargas de tránsito dependen en gran medida de la capacidad de colaboración estructural de losas vecinas. En pavimentos de hormigón simple sin barras de traspaso de carga la transferencia de carga es producida por la trabazón mecánica de los áridos. Los valores recomendados se indican en la siguiente tabla.

TABLA N° 10: Transferencia de carga

Condición	Transferencia de carga (%)
Transferencia de carga baja (áridos de mala calidad)	30
Transferencia de carga normal (valor recomendado para diseño)	50
Transferencia de carga alta (considera barras de traspaso de carga)	70

En el caso de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado, las juntas (transversales y longitudinales) deben

inducirse por aserrado utilizando un sistema autopropulsado con una sierra de espesor menor o igual a 2.5 mm a $1/3$ del espesor de la losa como mínimo en caso de pavimento de hormigón con fibra y el mayor valor entre $1/4$ del espesor de la losa sin fibra y el tamaño máximo del árido. Lo anterior se traduce en una trabazón mayor a lo normal debido a que los cortes son de menor espesor que en una losa tradicional. En este caso no es necesario sellar las juntas longitudinales y transversales. ⁽⁸⁾

2.2.4.13 Índice de rugosidad internacional (IRI).

El método considera los estados de serviciabilidad inicial y final del pavimento. El estado inicial está dado por el IRI al momento de la puesta en servicio del camino, el cual depende de la calidad de la construcción que se utilice. El estado final esta dado por el valor de IRI al final de la vida de diseño. Los valores recomendados se indican en la siguiente tabla. ⁽⁸⁾

TABLA N°11: Índice de rugosidad internacional (IRI)

IRI Inicial	2.0
IRI Final	3.5

2.2.4.14 Escalonamiento

El escalonamiento final es la diferencia de nivel que existirá al final de la vida útil entre las superficies de pavimentos adyacentes, que se encuentran separadas por una junta o una grieta y que suceden por cargas repetitivas. El valor recomendado para los diseños es 2.5 mm. ⁽⁸⁾

2.2.4.15 Dren lateral.

Este parámetro debe ser evaluado por el diseñador dependiendo de la zona donde se emplazará el proyecto y de

las características de éste, ya que la principal causa del uso de drenes dependerá de la características del proyecto. ⁽⁸⁾

2.2.4.16 Temperatura media anual.

El modelo para diseño requiere conocer la temperatura media anual de la zona donde se emplazará el proyecto, se recomienda adoptar el promedio de al menos un periodo de 10 años. ⁽⁸⁾

2.2.4.17 Diferencia de temperatura de construcción

Es la temperatura del hormigón al momento de construcción menos la temperatura anual, la cual va a representar la retracción térmica del hormigón desde su construcción. La temperatura del hormigón al momento de la colocación se debe estimar para cada proyecto dependiendo de su ubicación. ⁽⁸⁾

2.2.4.18 Características de la subbase

Los pavimentos de hormigón de losas de espesor optimizada consideran, a diferencia de los pavimentos de hormigón tradicional, exigencias mayores a la subbase granular que se colocará directamente bajo este pavimento. El objetivo es que esta capa cumpla dos funciones principales: la primera debida al menor espesor del pavimento, aumentar la capacidad estructural del sistema; y la segunda proveer una capa que no se erosione bajo la junta del pavimento. Por esto, el material a utilizar dependerá del tránsito, espesor del pavimento y precipitación del lugar donde se emplace el proyecto. Se utilizará subbase granular $CBR \geq 80\%$ en cualquiera de las siguientes situaciones:

- Pavimentos de espesor menor a 12cm en toda condición de clima.
- Espesor del pavimento mayor o igual 12 cm y

precipitaciones mayores a 800 mm al año.

- Transito mayor a 25,00,000 EE

En todos los demás casos, incluidos todos los pavimentos con fibra, se utilizará subbase granular $CBR \geq 50\%$. La subbase granular deberá tener un porcentaje de finos bajo malla #200 entre 0% y 8%, y deberá ser colocada en todo el ancho de la calzada, incluida la berma. En caso de tener penetración de heladas los materiales a utilizar serán de graduación abierta. ⁽⁸⁾

2.2.4.19 Geotextiles.

Esta tecnología considera la colocación de un geotextil bajo la subbase granular para evitar contaminación de esta capa con finos provenientes de la subrasante. El geotextil debe tener las siguientes propiedades mínimas.

- Resistencia a la tracción ≥ 480 N
- Resistencia al punzonamiento ≥ 290 N
- Abertura Aparente de Poros ≤ 0.16 mm
- Resistencia al Reventado ≥ 950 KPa.

En caso de tener un pavimento existente bajo la nueva estructura ya sea bajo el hormigón o bajo la subbase granular no se colocará el geotextil ya que el pavimento existente impide la subida de finos, salvo en sectores que se encuentren muy deteriorados. ⁽⁸⁾

2.2.4.20 Verificación del escalonamiento sin barras de traspaso de carga.

Para que el diseño sea aceptable, el escalonamiento no debe superar los 5mm. Se debe tener en consideración que en la gran mayoría de los casos, un escalonamiento excesivo no se soluciona simplemente aumentando el espesor del pavimento.

El escalonamiento se disminuye aumentando el espesor de la base o incorporando barras de traspaso de cargas en las juntas. Para verificar la magnitud de los escalonamientos se utilizan modelos desarrollados por la FWHA, ya que consideran variables semi-mecánicas y permiten considerar el nuevo tamaño de losa, la apertura de la fisura bajo el corte y espesores de pavimento de hasta 8 cm. Estos modelos se encuentran en revisión, sin embargo corresponde a la información disponible más reciente para este tipo de pavimentos. ⁽⁸⁾

2.2.4.21 Diseño de juntas

Las juntas tienen por objetivo reducir las tensiones superficiales y permitir la expansión y contracción del pavimento, con lo que disminuyen las tensiones provocadas por cambios ambientales, tales como de temperatura y humedad y las que origina la fricción pavimento / base; asimismo, facilitan la construcción. Se deben considerar los siguientes cuatro tipos de juntas. ⁽⁵⁾

A) Juntas de reducción de tensiones superiores

Los pavimentos de losas optimizadas basan su funcionamiento en que no se produzca flexión debido a la interacción de cargas colocadas sobre las losas, es decir sólo una rueda carga una losa a la vez. Para realizar esto, el pavimento se construye de forma continua y se genera una junta que produce el efecto mencionado. Por esto las dimensiones de las losas se diseñan antes del cálculo del espesor. ⁽⁵⁾

B) Juntas de contracción

Destinadas a aliviar las tensiones causadas por los diferenciales de temperatura y humedad y por la fricción; son por lo tanto, para controlar el agrietamiento. El método de diseño que se presenta permite definir la distancia entre

juntas que resulta más adecuada para cada circunstancia. Normalmente las juntas mencionadas en el punto anterior son menos espaciadas que las de contracción, por lo que estas no son necesarias. ⁽⁵⁾

C) Juntas de expansión

Destinadas a dejar un espacio para que el pavimento pueda expandirse. Se utilizan solamente en la zona de contacto entre un pavimento con una estructura o con otro. ⁽⁵⁾

D) Juntas de construcción

Que facilitan la construcción del pavimento. Este tipo de junta debe llevar algún método de traspaso de carga, ya que sea por barras de traspaso o barras de amarre que aumenten el roce de la unión. ⁽⁵⁾

2.2.4.22 Estructuración

Los pavimentos se hormigón con losas de espesor optimizado que se diseñen bajo los términos que señala en el presente documento, deberán ajustarse a los siguientes términos generales.

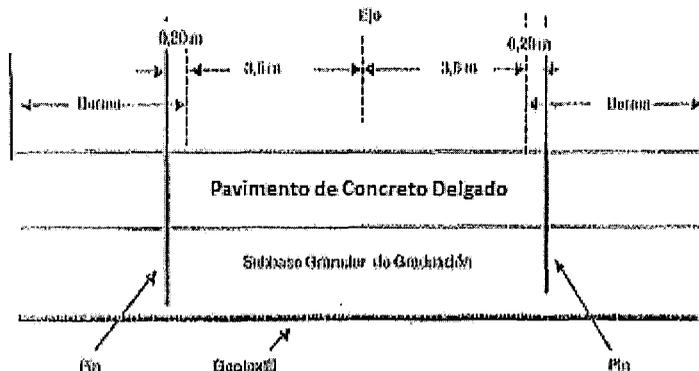
- Deben diseñarse con una subbase granular mínimo de 120 mm de espesor compactado con un CBR no menor a 50%. La cantidad de finos bajo la malla #200 no deberá ser mayor a 8%.
- Se deberá colocar un geotextil entre la subrasante y la subbase granular cuando se cumplan al menos dos de los siguientes casos:
 - Tránsito mayor a 1,000,000 EE
 - Precipitación mayores a 800 mm al año
 - Subrasante con CBR < 20%
- Cuando el pavimento de hormigón más la subbase

sean colocados directamente sobre un pavimento asfáltico existente se debe considerar la colocación de geotextil sólo en las siguientes condiciones.

- Cuando el pavimento existente presenta agrietamiento por fatiga (geotextil se coloca sólo en zonas deterioradas en todo el ancho de la pista.
- Cuando el eje de la calzada.
- Cuando el ancho de la nueva pista es mayor a la existente (geotextil se coloca sólo en ensanche)
- Juntas de reducciones de tensiones superiores se distanciarán entre 1.4m y 2.2m, dependiendo del diseño. En cualquier caso la distancia entre juntas es uno de los parámetros que intervienen en el diseño, por lo que se deberá analizar cuál es la distancia más conveniente para cada proyecto en especial.
- Para evitar movimientos laterales en pavimentos de hormigón sin fibra, estos deberán ser confinados con pines o barras de fierro estriado colocados al borde del pavimento. La ubicación de los pines dependerá del tipo de berma que considera el proyecto como se indica a continuación.
 - Berma granular o asfáltica: Se deben instalar barras de fierro estriado (pines) de calidad A44-28H o superiores de 16mm de diámetro y 0.4m de longitud, las cuales en uno de sus extremos deberán ser cortadas a 45° generando una punta para su hinchamiento. Se colocan dos barras por losa a una distancia de 50cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0.05m por debajo de la

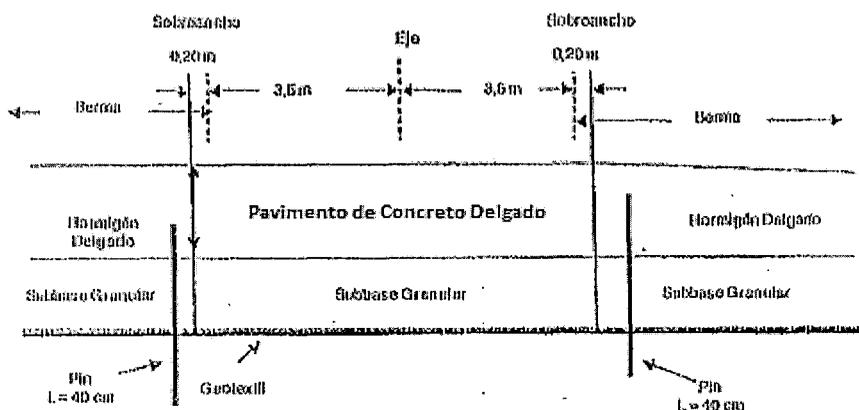
superficie del pavimento y se deben instalar en el borde del pavimento como se muestra en el siguiente esquema.

Figura N° 10



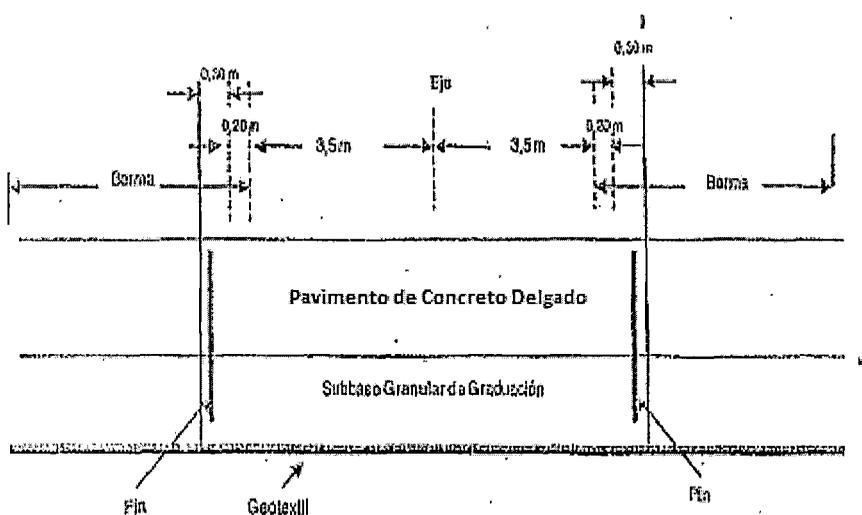
- Berma de hormigón: Se deben instalar barras de fierro estriado (pines) de calidad A44-28H o superior de 16mm de diámetro y 0.4m de longitud, las cuales en uno de sus extremos deben ser cortadas a 45° generando una punta para su hinchamiento. Se colocan dos barras por losa a una distancia de 50cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0.05m por debajo de la superficie del pavimento. Los pines deben quedar a mínimo 20cm del borde de la losa exterior y empotrada en el hormigón de la berma como se muestra en el siguiente esquema.
- En caso de utilizar hormigón con fibra estos pines no son necesarios

Figura N° 11



- ✓ En proyectos con berma granular y asfáltica y que presenten sectores de curvas con radios menores a 150m se deberá considerar, en estos casos sectores, un sobreaancho del pavimento de hormigón de 30cm, debiendo ubicarse en la mitad de este sobreaancho, como se muestra en el siguiente esquema. El ancho máximo de la losa exterior debe ser de 195cm por lo que se debe considerar un corte adicional para mantener la modelación de diseño.

Figura N° 12

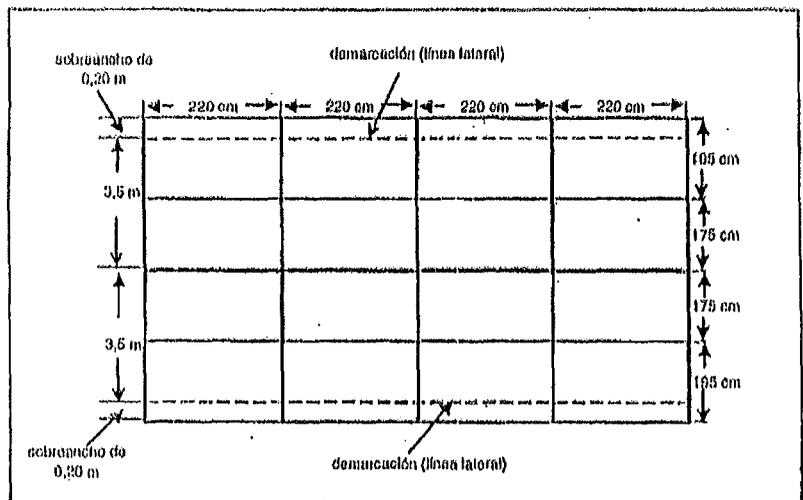


- ✓ En proyectos con berma de hormigón y que presenten sectores de curvas con radios menores a 150m se

deberán colocar, en estos sectores, barras de amarre en la junta calzada-berma y en el borde interno de la curva.

- ✓ Se recomienda en todos los casos, salvo cuando se utilice vereda, diseñar el pavimento con un sobrecancho de 20cm. Se deberá especificar la demarcación de la línea lateral del pavimento en la losa exterior a 20cm del borde, de modo que el tránsito circule en pistas de 3.5m de ancho. La siguiente figura muestra un esquema tipo de esta condición, el sobrecancho de 20cm y se puede considerar parte de la berma.

Figura N° 13



- ✓ El pavimento no lleva barras de traspaso de carga, sin embargo en caso de requerirse y en la juntas de construcción transversal se deberá considerar lo siguiente.

- Para pavimentos de más de 15cm de espesor las barras de traspase de carga deberán ser de acero liso, de 25mm de diámetro y de 35 cm de longitud, deberán ser colocadas cada 30 cm en

la mitad del espesor de la losa y perfectamente alienadas en el sentido longitudinal del camino.

- Para pavimentos de menos de 15cm de espesor las barras de transferencia de carga deberán ser planas (barras en forma de diamante). También pueden utilizarse barras de amarre estriadas de 10mm de diámetro, de 65cm de longitud y colocadas a una separación 50cm.
- ✓ En juntas de construcción longitudinal se deberán colocar barras de amarre, la configuración de estas barras deberá ser calculada específicamente para cada proyecto, ya que depende del número de pistas y del espesor de la losa. En términos generales se recomienda considerar lo siguiente.
 - Para pavimentos de más de 12cm de espesor, las barras de amarre deberán ser de acero A63-42H ó A44-28H, estriadas de 12mm de diámetro y 65cm de longitud. Deberán colocarse espaciadas cada 75cm, en forma perpendicular al eje longitudinal del camino y en el centro del espesor de la losa. En caso que el pavimento se construya en el ancho total (dos pistas), estas barras no se deben colocar.
 - Para pavimentos de menos de 12cm de espesor, las barras de amarre deberán ser de acero grado A63-42H ó A44-28H, estriadas, de 10mm de diámetro y 65cm de longitud. Deberán colocarse espaciadas cada 75cm, en forma perpendicular al eje longitudinal del camino y en el centro del espesor de la losa. En caso que el

pavimento se construya en el ancho total (dos pistas), estas barras no se deben colocar. ⁽¹⁴⁾

2.3 HIPÓTESIS

Hipótesis Alterna (Ha): La aplicación del tipo de Pavimento TCP, será económica en un 20% frente a los pavimentos tradicionales para su empleo en las calles del Barrio de Santa Rosa, Distrito de Lircay.

Hipótesis Nula (Ho): La aplicación del tipo de Pavimento TCP, será superior económicamente frente a los pavimentos tradicionales para su empleo en las calles del Barrio de Santa Rosa, Distrito de Lircay.

2.4 VARIABLE DE ESTUDIO

2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Diseño Estructural del Pavimento

2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

- ✓ Factores que intervienen en el diseño de Pavimentos de concreto
- ✓ Costo de la construcción de Pavimentos de concreto

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El presente Proyecto se encuentra ubicado en el barrio de Santa Rosa, del Distrito de Lircay – Angaraes.

3.1.1 UBICACIÓN DEMOGRÁFICA:

Barrio	:	SANTA ROSA
Distrito	:	LIRCAY
Provincia	:	ANGARAES
Región	:	HUANCAVELICA

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Norte	:	8563390.47 A 8562560.04
Este	:	530219.42 A 530257.20
Altitud	:	3285.00 msnm.

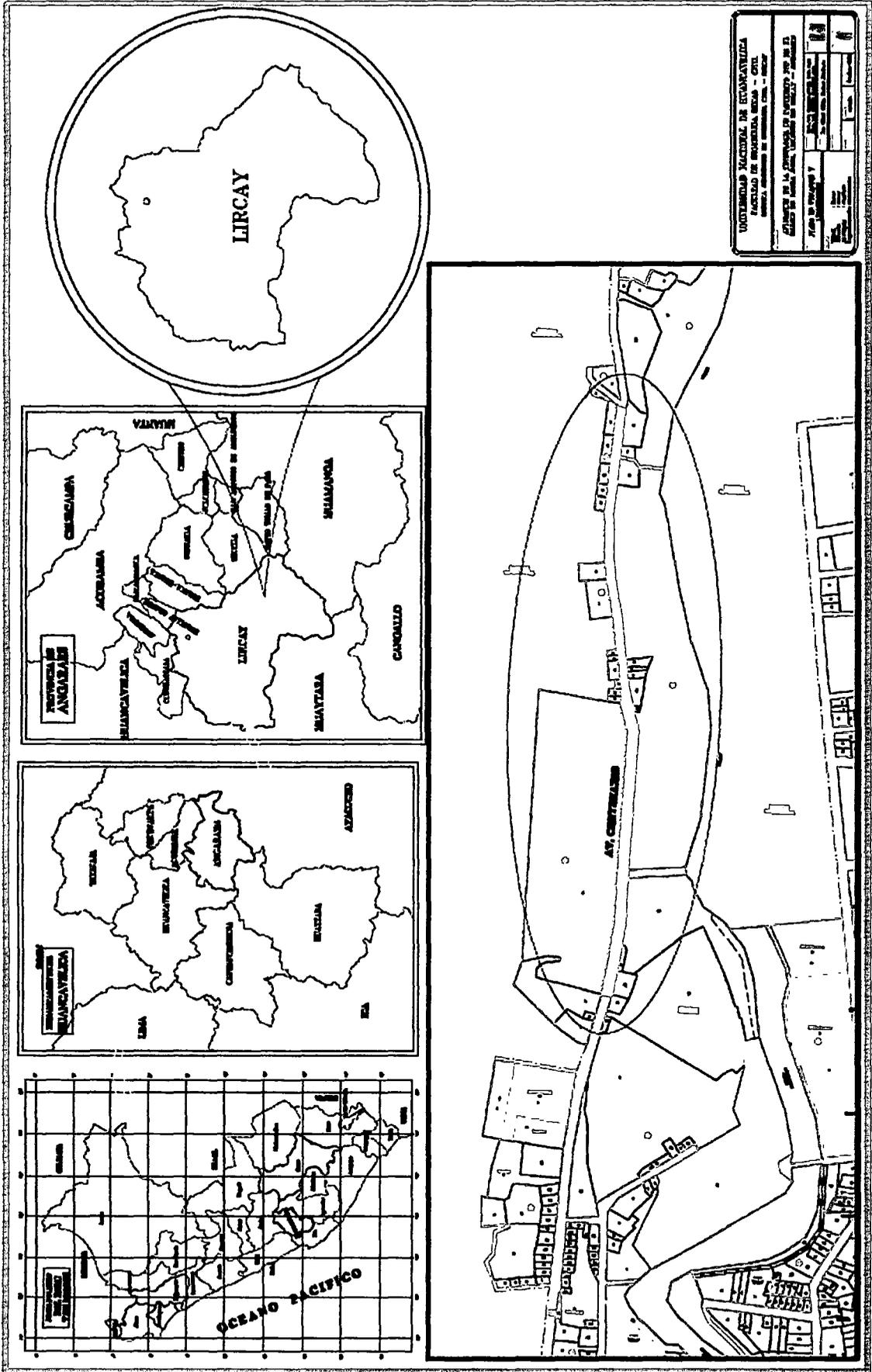


FIGURA N° 14. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de la presente Tesis es **APLICADA**. Por qué se está tomando referencias de otras investigaciones similares y se somete a estímulos externos controlados por el investigador. ⁽¹⁵⁾

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El Nivel de Investigación es **DESCRIPTIVO COMPARATIVO APLICADO** porque va a la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; está dirigido a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en comparar el porqué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este frente a otros. ⁽¹⁵⁾

3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Los métodos usados son los siguientes.

3.4.1. MÉTODO DEDUCTIVO:

Este método nos permite llegar a las aplicaciones, comprobaciones o consecuencias particulares de un principio, por ello se pretende llevar a la aplicación de un caso específico, estudios previamente establecidos. ⁽¹⁵⁾

3.4.2. MÉTODO DESCRIPTIVO:

En este método se describen todas las actividades y procedimientos secuenciales en el desarrollo del proyecto de tesis, especificando cada una de las actividades, los recursos requeridos y avance progresivo al realizar el estudio de tesis. ⁽¹⁵⁾

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

G.E. O₁

G.C. O₂

Donde:

G.E. = Grupo Experimental

G.C. = Grupo Control

----- = Ausencia de tratamiento.

O1 y O2 = Observaciones realizadas al GE y GC respectivamente.

3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

POBLACIÓN : Está constituido por todo el Barrio de Santa Rosa, del Distrito de Lircay - Angaraes.

MUESTRA : Estará constituida por las Calles no Pavimentadas del barrio de Santa Rosa, del Distrito de Lircay – Angaraes.

MUESTREO : Es de tipo probabilístico Aleatorio Simple, porque cada una de las calles del barrio de Santa Rosa tiene una probabilidad de ser elegida como muestra.

3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1 TÉCNICAS

Las Técnicas utilizadas para el proyecto son diversas en las que se puede mencionar:

- Análisis documentario.
- Observación.
- Análisis de Datos.

3.7.2 INSTRUMENTOS

- Computadoras.
- Software de ingeniería.
- Instrumentos Topográficos.
- Bibliografía relacionada al tema
- Cuaderno de Campo.

3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Se obtuvo la información mediante una selección para la revisión de información de proyectos similares y de libros que involucren temas relacionados con la investigación con el fin de obtener datos confiables y absolutamente necesarios, en este aspecto cabe la oportunidad de tomar como referencia las aplicaciones que se hicieron con esta metodología en las investigaciones hechas y las conclusiones finales que llegaron.

3.8.2 OBSERVACIÓN

Se realizó la recolección de datos de manera visual en campo, específicamente en el conteo vehicular, así mismo en los ensayos de mecánica de suelos para la obtención de los parámetros de diseño de pavimentos.

3.8.3 ANÁLISIS DE DATOS

Se procedió al análisis de los datos de campo, tratando de que estos sean los certeros, depurando los datos que de alguna manera podrían ser irreales.

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas de procesamiento de datos se mencionan a continuación.

3.9.1 TRÁFICO

En esta etapa realizamos el estudio concerniente al tráfico, tomando calles que presentan mayor índice de tráfico en el ámbito de estudio.

En el desarrollo del Estudio de Tráfico, se contemplan tres etapas claramente definidas:

- Recopilación de la información;
- Tabulación de la información; y
- Análisis de la información y obtención de resultados.

3.9.1.1 Recopilación de la Información

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes: referenciales y directas.

Las **fuentes referenciales** existentes a nivel oficial, son las referidas respecto a la información del IMD y Factores de Corrección, existentes en los documentos oficiales del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Con el propósito de contar con información primaria y además actualizar, verificar y complementar la información secundaria disponible, los tesisistas realizamos los Conteos de Tráfico y encuestas de Origen.

El **trabajo de gabinete**, consistió en el diseño de los formatos para el Conteo de Tráfico y el Control de Velocidad en las estaciones de control preestablecidas en el trabajo de campo.

El **trabajo de campo**, consistió en la aplicación de los formatos para el Conteo de Tráfico y el Control de Velocidad para el levantamiento de la información necesaria.

Estimaciones previas:

Durante conteos previos no oficiales se determinó que el tráfico era menor a 500 vehículos por día. Por lo que se concluyó que el conteo de los vehículos de un día sería concluyente para determinar el IMDA.

3.9.1.2 Seccionamiento Del Tráfico En La Zona En Estudio

El tráfico que se desarrolla en la zona de estudio se observó que es uniforme, debido a que las vías en estudio sirven para el traslado de las personas que viven en la periferie del Barrio de Santa Rosa ya que por el planeamiento urbano de la zona, los vehículos que se desplazan hacia otros lugares no tienen la necesidad de entrar a la zona porque cuentan con vías directas y más rápidas.

Se concluyó por esta razón que no es necesario un seccionamiento del tráfico en la zona.

3.9.1.3 Información Histórica Del Tráfico

No existe un registro histórico del tráfico en la zona, una de las causas es porque es una zona que ha sido poblada urbanamente hace poco tiempo y no se realizaron estudio de tráfico en la ciudad de Lircay.

3.9.1.4 Determinación De Los Puntos de Conteo

Se estableció un punto para el conteo vehicular en una esquina en la Av. Centenario, frente al ingreso de la Facultad de Ingeniería Minas y Civil.

3.9.1.5 Conteo Vehicular

Una vez determinado el punto de aforo se hizo el conteo vehicular durante 14 días entre los meses de Julio y Agosto del 2013, las 24 horas del día.

3.9.2 ESTUDIO DE SUELOS

Se realizó los ensayos necesarios para pavimentación

3.9.3 OBTENCIÓN DE PARAMETROS PARA EL DISEÑO AASHTO.

Para el diseño AASTHO 93, se realizó una Hoja Excel de cálculo, para ello primeramente se pasó a evaluar los parámetros que intervienen en el diseño, ya que se estableció los parámetros que permanecerán fijos y variables de la siguiente manera. El procedimiento de diseño esta en los Anexos.

A. Parámetros fijos:

- ✓ **Confiabilidad (So):** La confiabilidad está en función a la Norma Peruana CE 010 PAVIMENTOS URBANOS DEL RNE, considerando una confiabilidad de 90%, puesto que consideramos solo vías colectoras presentes en el Barrio de Santa Rosa

- ✓ **Coefficiente Estadístico Asociado a la confiabilidad (ZR):** Este parámetro depende del valor de la confiabilidad, que para nuestro caso es (-1.282).
- ✓ **Desviación Estándar Combinado (So):** La Norma Peruana CE 010 PAVIMENTOS URBANOS DEL RNE recomienda utilizar un valor de 0.35 para construcciones nuevas, por ello es que tomamos dicho valor, ya que todo el estudio se enfoca hacia construcciones nuevas.
- ✓ **Perdida de serviciabilidad (Δ PSI):** Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción, para ello La Norma Peruana CE 010 establece un valor inicial de 4.5 y un valor final de 2.25 para vías colectoras.
- ✓ **Coefficiente de drenaje (Cd):** El coeficiente de drenaje depende de la calidad de drenaje, que para nuestro caso lo tomaremos como bueno, así como también del % de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación, que para nuestro caso es >25%; combinando dichas recomendaciones obtenemos nuestro Coeficiente de drenaje (Cd), que para nuestro caso será 1.00.
- ✓ **Coefficiente de transferencia de carga (J):** Este parámetro dependerá del sistema de transferencia de carga, que en este caso será Simple con juntas y la berma de concreto, con esto obtenemos nuestro Coeficiente de transferencia de carga que es 2.80.

B. Parámetros Variables:

- ✓ **ESAL:** De acuerdo al estudio de tráfico realizado en el barrio de Santa Rosa, se obtuvo un ESAL de 160 000 ejes equivalentes.
- ✓ **Módulo de Reacción Efectiva de la Subrasante (K):** Será variable debido a que depende del CBR de la subrasante, y como

se muestra en los anexos, el CBR de la calicata 01 (C-01), es 40.18 %.

- ✓ **Módulo de Elasticidad del concreto (E_c):** Será variable debido a que depende del F'_c del concreto, que según recomendación AASTHO, el F'_c mínimo será de 210 Kg/cm².
- ✓ **Módulo de Rotura del concreto (S'_c):** Será variable debido a que depende del F'_c del concreto, que según recomendación AASTHO, el F'_c mínimo será de 210 Kg/cm².

3.9.4 OBTENCIÓN DE PARAMETROS PARA EL DISEÑO TCP.

Para el diseño TCP se utilizó el software OPTIPAVE, para ello primeramente se pasó a evaluar los parámetros que intervienen en los diseños de los espesores, para ello se estableció los parámetros que permanecerán fijos y variables de la siguiente manera. El procedimiento de diseño esta en los Anexos

A. Parámetros fijos:

- ✓ **Años de diseño:** (20 años), Este parámetro se mantiene fijo ya que nuestros diseños estarán hechos para 20 años.
- ✓ **Largo de losa:** (180 cm) El largo de losa que presenta el programa es una representación de posibles condiciones, que no necesariamente tiene que ser el valor exacto del largo de esta. Las posibles situaciones son :

140: Caso donde eje tándem queda en losas distintas.

180: Caso donde eje tándem queda en la misma losa.

220: Caso donde eje tándem queda en el centro de una losa y en el borde de otra.

En el caso de no saber o estar en igualdad de condiciones se sugiere considerar el largo de 180 cm

- ✓ **Tipo de borde:** (Vereda), Bermas de concreto - Vereda, corresponde a una solera en el borde del pavimento que sobresale al menos en 10 cm sobre la cota superior del pavimento. Esta vereda aleja el flujo vehicular del borde.
- ✓ **Dren Lateral:** (Si) Consiste en la construcción de cunetas en los bordes longitudinales.
- ✓ **Transferencia de carga:** (50%) Este valor es el recomendado por el diseño, ya que en pavimentos de hormigón simple sin barras de traspaso de carga, la importancia de la transferencia de carga radica del hecho empírico y teóricamente reconocido de que los esfuerzos internos inducidos por las cargas de tránsito dependen en gran medida por la capacidad de colaboración estructural de las losas vecinas. La transferencia en este caso es producida por la trabazón mecánica de los áridos, en el caso de los pavimentos TCP®, esta trabazón es mayor a lo normal debido a una fisura de menor espesor que en un losa de más de 3,3 m de longitud. Esta transferencia además se ha demostrado que se mantiene en el tiempo.
- ✓ **IRI (INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD):** El software recomienda un IRI INICIAL de 2.80 y un IRI FINAL 4.50, lo cual se mantiene constante.
- ✓ **Escalonamiento:** (2.50mm) Es el valor recomendado para los diseños TCP.
- ✓ **Porcentaje de losas agrietadas:** (30%) El software entrega finalmente el espesor recomendado para un umbral de daño determinado con una confiabilidad especificada. Este daño se denomina "porcentaje de losas agrietadas" este valor representa el porcentaje de losas con 1 grieta al final de la vida de diseño. En este caso se recomienda un valor de 30% para vías colectoras.

- ✓ **Confiabilidad: (90%)** La confiabilidad está en función a la Norma Peruana CE 010 PAVIMENTOS URBANOS DEL RNE, considerando una confiabilidad de 90%, puesto que consideramos solo la vía colectora principal (Av. Centenario) presentes en Santa Rosa.
- ✓ **Fibra Estructural: (Sin fibra)** Las fibras producen un aumento en las propiedades de resistencia flexural en los hormigones, pero dichas fibras no se encuentran en el mercado de nuestro país, es por ello que se optó por diseñar Sin Fibras, en la Tabla N° 12 se detalla las especificaciones de las fibras a usarse en la metodología TCP.

TABLA N° 12

	Barchip Macro (1)	Masterfiber 50PS (2)	Baxi- Fiber P400 (3)	Fibermesh 650 (4)	RXF 54 (5)
Material	Poliiolefina	Copolímero / virgen	Poliiolefina/ polipropileno	Macro sintética	Copolímero/ polipropileno
Aspecto físico	Rectangular c/ relieve	Mono-filamento	Rectangular / lisa	Rectangular/ lisa	Mono-filamento/ filibrada
Peso específico (Kg/dm ³)	0.9-0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
Largo (mm)	42	54	38	40	54
Diámetro (mm)	N/D	N/D	N/D	0.41	0.48
Relación largo/diámetro	N/D	N/D	N/D	96.5	113
Resist. a tracción (Mpa)	550	685- 825	517-545	610	620-758

- ✓ **Módulo de Poisson: (0.15)** La razón de Poisson para el hormigón en características normales es 0.15.
- ✓ **Coefficiente de Dilatación Térmica: (0.00001)** El coeficiente de Dilatación Térmica en características normales del concreto tiende a ser el valor anteriormente mencionado.
- ✓ **Retracción a 365 días: (0.001)** Para el cálculo de la retracción del hormigón a los 365 días, se recomienda aumentar en un 30 % la retracción a 90 días. Esta última se recomienda utilizar 0,001 (m/m).