



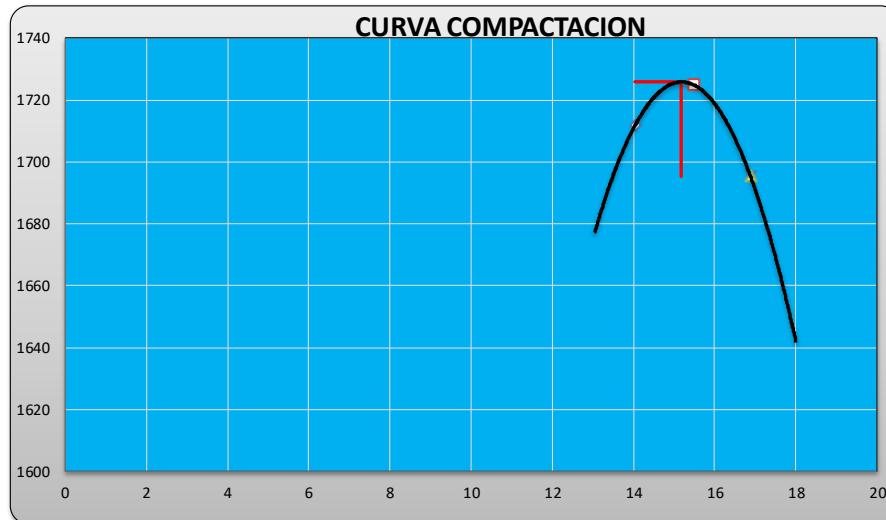
SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACION



Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio			Ensayo	27
Profundidad (m.)	0,5 , M	Estructura	Subrasante	Fecha	21-oct.-2016
Origen	5+500	Pozo (Km.)	5+500	Realizado	Nestor Tarraga

COMPACTACION

Determinación Nº	Unidad	1	2	3
Nº Capas	Capas	5	5	5
Nº Golpes P/Capas	Golpes	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Húmedo	gr.	7462,0	7546,0	7524,0
Peso del Molde	gr.	3317,0	3317,0	3317,0
Peso Suelo Húmedo	gr.	4145,0	4229,0	4207,0
Volumen del Molde	cc	2123,0	2123,0	2123,0
Peso Específico Húmedo	Kg./m3	1952,4	1992,0	1981,6
Cápsula No		43	45	40
Peso Cápsula + Suelo Húmedo	gr.	230,00	207,00	207,00
Peso Cápsula + Suelo Seco	gr.	205,00	183,00	181,00
Peso Agua	gr.	25,00	24,00	26,00
Peso Cápsula	gr.	27,00	28,00	27,00
Peso Suelo Seco	gr.	178,00	155,00	154,00
Contenido de Humedad	%	14,04	15,48	16,88
Densidad Suelo Seco	Kg./m3	1712,0	1724,9	1695,4



Densidad Máxima = 1726 Kg./m3
Humedad Optima = 15,2 %

OBSERVACIONES.-

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y ASFALTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Proyecto		Tramo Tunal - Alisos			
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	27
Profundidad (m.)	0,5 , M			Fecha	24-oct.-2016
Origen (Km.)	05+500	Pozo (Km.)	5+500	Realizado	Nestor Tarraga

TAMIZ	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	IP	CLASIF.
% PASA	100,0	96,7	89,7	86,2	37,5	12,0	A - 6 (9)

CALCULADO:

Molde Nº	10	10	11	11	12	12
Nº de Capas	5	5	5	5	5	5
Nº de Golpes / Capa	56	56	25	25	12	12
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (grs.)	11750	11930	11555	11730	11450	12274
Peso Molde (grs.)	7456	7456	7450	7450	7528	7528
Peso Muestra Húmeda (grs.)	4294	4474	4105	4280	3922	4746
Volumen de la muestra (cm3)	2120	2120	2123	2123	2135	2135
Densidad Húmeda (grs./cm3)	2,025	2,110	1,934	2,016	1,837	2,223

COMPACTACIÓN Y EMBEBIMIENTO

	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido
Tara Nº	1	0	2	0	3	0
Peso Suelo Húmedo+Tara	256,00	0,00	248,00	0,00	245,00	0,00
Peso Suelo Seco + Tara	226,00	0,00	218,60	0,00	217,00	0,00
Peso Agua	30,00	0,00	29,40	0,00	28,00	0,00
Peso Tara	27,00	0,00	27,00	0,00	29,00	0,00
Peso Suelo Seco	199,00	0,00	191,60	0,00	188,00	0,00
% de Humedad	15,08	19,90	15,34	20,26	14,89	39,03
Densidad Seca Probeta (grs./cm3)	1,760	1,760	1,676	1,676	1,599	1,599
Densidad Máxima Laboratorio (grs./cm3)	1,726	1,726	1,726	1,726	1,726	1,726
% De Compactación	102,0	102,0	97,1	97,1	92,6	92,6

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Obs.	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión
23-oct-16			0			0			0		
24-oct-16			529	5,3	4,56 %	562	5,62	4,84 %	794	7,94	6,84 %

Factor Aro 5000

% Exp. Total 5,4

PENETRACIÓN			Carga	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	
Min.	Pulg.	Mm.	Kg./cm2	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.
0,5	0,025	0,64		10	0,5			7	0,4			6	0,3						
1,0	0,050	1,27		18	0,9			15	0,8			15	0,8						
1,5	0,075	1,91		27	1,4			24	1,2			21	1,1						
2,0	0,100	2,54	70,3	33	1,7	2,1	3,0	32	1,7	1,7	2,4	32	1,7	1,7	2,4				
3,0	0,150	3,81		48	2,5			47	2,4			44	2,3						
4,0	0,200	5,08	105,5	60	3,1	3,1	2,9	59	3,0	3,0	2,9	55	2,8	2,8	2,7				
6,0	0,300	7,62		80	4,1			78	4,0			67	3,5						
8,0	0,400	10,16		94	4,9			94	4,9			78	4,0						
10,0	0,500	12,70		0	0,0			0	0,0			0	0,0						

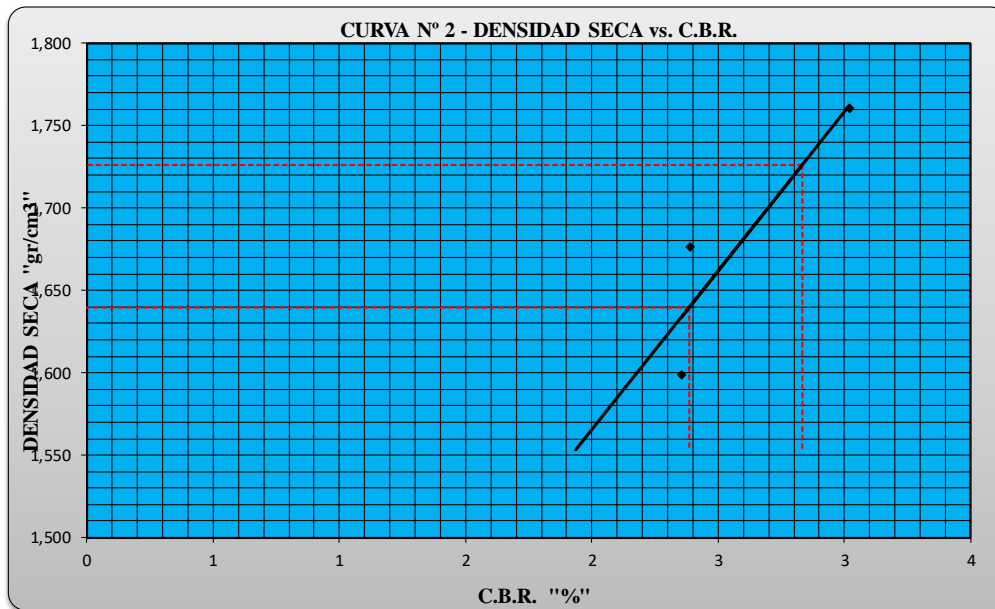
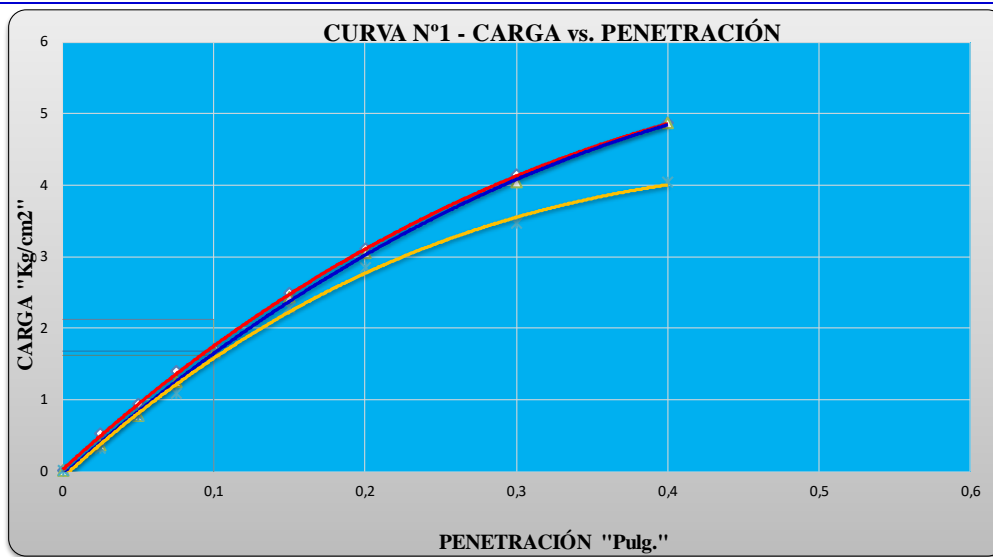
Observaciones.-

.....
Samuel Rocabado

.....
Ing. Luis Vargas

TECNICO DE LABORATORIO

RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



DENS. AL 90% : 1,553 gr/cm ³	C.B.R.. AL 90% : <u>1,9</u>	N° 27
DENS. AL 95% : 1,640 gr/cm ³	C.B.R.. AL 95% : 2,4	
DENS. AL 100% : 1,726 gr/cm ³	C.B.R.. AL 100% : 2,8	
EXP. AL 95% : 5,6	EXP. AL 100% : 4,4	

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

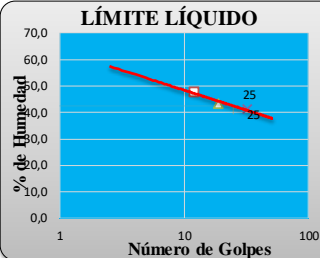
Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio			Nº Ensayo	28
Profundidad (m.)	0,5 , M	Estructura	Subrasante	Fecha	24-oct.-2016
Origen (Km.)	6+000	Pozo(Km.)	6+000	Realizado	Nestor Tarraga

GRANULOMETRÍA

Peso total seco (grs.)		500,0			Muestra pasa tamiz Nº 4		500,0
Nº	Peso Retenido Tamiz (grs.)	Peso Retenido Acumulado (grs.)	% Retenido Tamiz	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Abertura Mm.	Especificaciones
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20	
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80	
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40	
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05	
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800	
10	3,8	3,8	0,8	0,8	99,2	2,000	
40	8,2	12,0	1,6	2,4	97,6	0,420	
200	35,5	47,5	7,1	9,5	90,5	0,074	

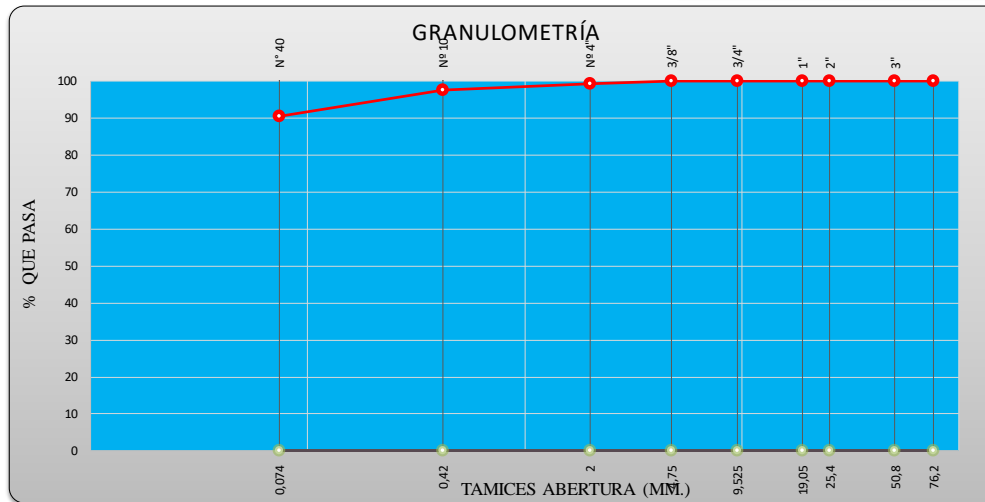
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
52	37,99	31,32	6,67	17,38	13,94	47,85	12
81	38,00	31,39	6,61	16,06	15,33	43,12	19
95	39,35	32,52	6,83	16,00	16,52	41,34	32



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
35	19,35	18,60	0,75	15,90	2,70	27,78	
36	19,04	18,27	0,77	15,46	2,81	27,40	27,59



OBSERVACIONES.-

Limite Líquido	42,4	Limite Plástico	27,6	Índice de plasticidad	14,8	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145
						A - 7 - 6 (10)

Índice de Grupo	10,43
-----------------	-------

.....
Samuel Rocabado
TECNICO DE LABORATORIO

.....
Ing. Luis Vargas
RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



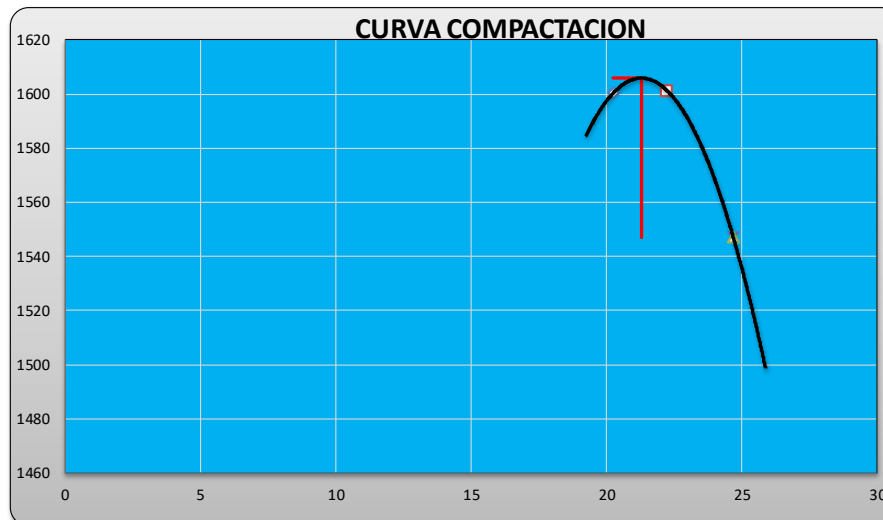
SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACION



Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	28
Profundidad (m.)	0,5 , M			Fecha	24-oct.-2016
Origen	6+000	Pozo (Km.)	6+000	Realizado	Nestor Tarraga

COMPACTACION

Determinación Nº	Unidad	1	2	3
Nº Capas	Capas	5	5	5
Nº Golpes P/Capas	Golpes	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Húmedo	gr.	6725,0	6795,0	6735,0
Peso del Molde	gr.	2659,0	2659,0	2659,0
Peso Suelo Húmedo	gr.	4066,0	4136,0	4076,0
Volumen del Molde	cc	2113,0	2113,0	2113,0
Peso Específico Húmedo	Kg./m3	1924,3	1957,4	1929,0
Cápsula No		5	4	3
Peso Cápsula + Suelo Húmedo	gr.	530,90	379,70	399,60
Peso Cápsula + Suelo Seco	gr.	463,30	329,70	341,20
Peso Agua	gr.	67,60	50,00	58,40
Peso Cápsula	gr.	129,40	104,80	104,70
Peso Suelo Seco	gr.	333,90	224,90	236,50
Contenido de Humedad	%	20,25	22,23	24,69
Densidad Suelo Seco	Kg./m3	1600,3	1601,4	1547,0



Densidad Máxima = 1606 Kg/m3
Humedad Optima = 21,3 %

OBSERVACIONES.- _____

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y ASFALTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Proyecto		Tramo Tunal - Alisos			
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	28
Profundidad (m.)	0,5 , M			Fecha	25-oct.-2016
Origen (Km.)	06+000	Pozo (Km.)	6+000	Realizado	Nestor Tarraga

TAMIZ	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	IP	CLASIF.
% PASA	100,0	99,2	97,6	90,5	42,4	14,8	A - 7 - 6 (10)

CALCULADO:

Molde Nº	7	7	8	8	9	9
Nº de Capas	5	5	5	5	5	5
Nº de Golpes / Capa	56	56	25	25	12	12
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (grs.)	10005	10230	10282	10630	9858	10096
Peso Molde (grs.)	5856	5856	6313	6313	6129	6129
Peso Muestra Húmeda (grs.)	4149	4374	3969	4317	3729	3967
Volumen de la muestra (cm3)	2100	2100	2130	2130	2120	2120
Densidad Húmeda (grs./cm3)	1,976	2,083	1,863	2,027	1,759	1,871

COMPACTACIÓN Y EMBEBIMIENTO

	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido
Tara Nº	24	0	25	0	26	0
Peso Suelo Húmedo+Tara	426,30	0,00	382,90	0,00	417,60	0,00
Peso Suelo Seco + Tara	369,40	0,00	334,20	0,00	362,30	0,00
Peso Agua	56,90	0,00	48,70	0,00	55,30	0,00
Peso Tara	104,50	0,00	105,90	0,00	105,80	0,00
Peso Suelo Seco	264,90	0,00	228,30	0,00	256,50	0,00
% de Humedad	21,48	28,07	21,33	31,97	21,56	29,32
Densidad Seca Probeta (grs./cm3)	1,626	1,626	1,536	1,536	1,447	1,447
Densidad Máxima Laboratorio (grs./cm3)	1,606	1,606	1,606	1,606	1,606	1,606
% De Compactación	101,3	101,3	95,6	95,6	90,1	90,1

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Obs.	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión
24-oct-16			0			0			0		
25-oct-16			400	4,0	3,45 %	452	4,52	3,90 %	504	5,04	4,34 %

Factor Aro 5000

% Exp. Total 3,9

PENETRACIÓN			Carga	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	
Min.	Pulg.	Mm.	Kg./cm2	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.
0,5	0,025	0,64		6	0,3			4	0,2			2	0,1						
1,0	0,050	1,27		18	0,9			15	0,8			10	0,5						
1,5	0,075	1,91		31	1,6			26	1,3			18	0,9						
2,0	0,100	2,54	70,3	45	2,3	3,0	4,3	38	2,0	2,0	2,8	29	1,5	1,8	2,6				
3,0	0,150	3,81		70	3,6			58	3,0			42	2,2						
4,0	0,200	5,08	105,5	92	4,8	4,8	4,5	73	3,8	3,8	3,6	59	3,0	3,0	2,9				
6,0	0,300	7,62		122	6,3			92	4,8			73	3,8						
8,0	0,400	10,16		143	7,4			102	5,3			91	4,7						
10,0	0,500	12,70		0	0,0			0	0,0			0	0,0						

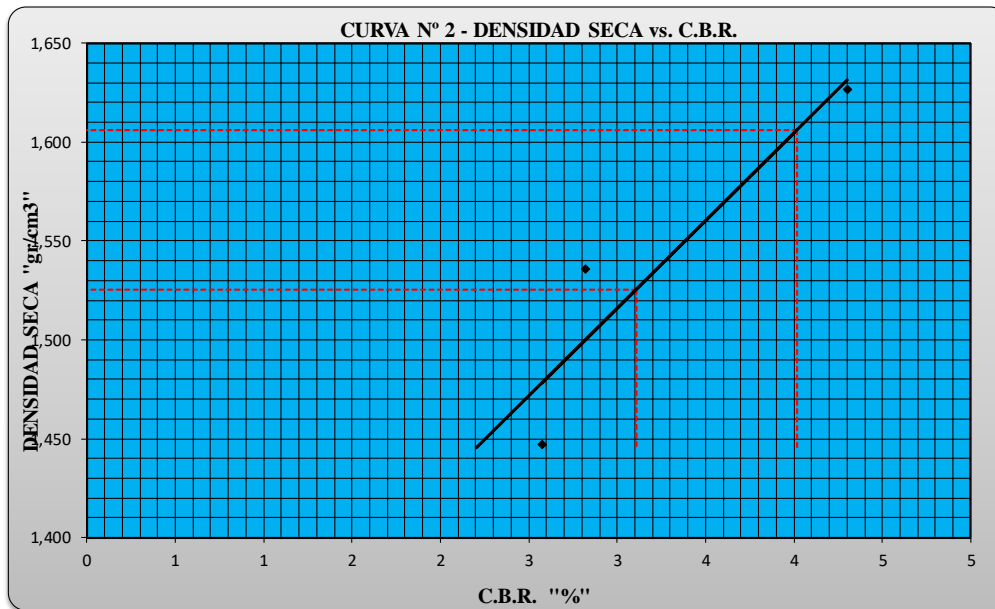
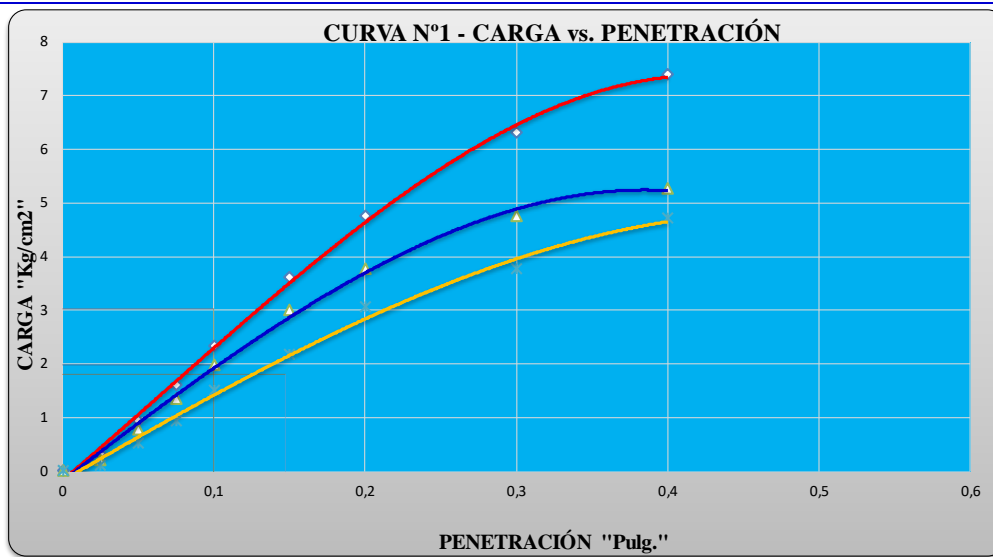
Observaciones.-

.....
Samuel Rocabado

.....
Ing. Luis Vargas

TECNICO DE LABORATORIO

RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



DENS. AL 90% : 1,445 gr/cm3	C.B.R.. AL 90% : <u>0,9</u>	N° 28
DENS. AL 95% : 1,526 gr/cm3	C.B.R.. AL 95% : 1,3	
DENS. AL 100% : 1,606 gr/cm3	C.B.R.. AL 100% : 1,7	
EXP. AL 95% : 3,9	EXP. AL 100% : 3,5	

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

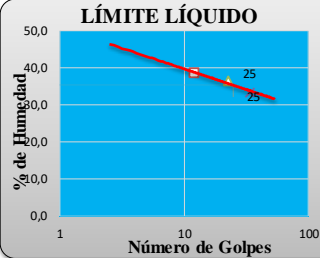
Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio			Nº Ensayo	29
Profundidad (m.)	0,5 , M	Estructura	Subrasante	Fecha	25-oct.-2016
Origen (Km.)	6+800	Pozo(Km.)	6+500	Realizado	Nestor Tarraga

GRANULOMETRÍA

Peso total seco (grs.)		500,0			Muestra pasa tamiz Nº 4		500,0
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Abertura	Especificaciones
Nº	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.	
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20	
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80	
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40	
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05	
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800	
10	4,7	4,7	0,9	0,9	99,1	2,000	
40	20,5	25,2	4,1	5,0	95,0	0,420	
200	99,2	124,4	19,8	24,9	75,1	0,074	

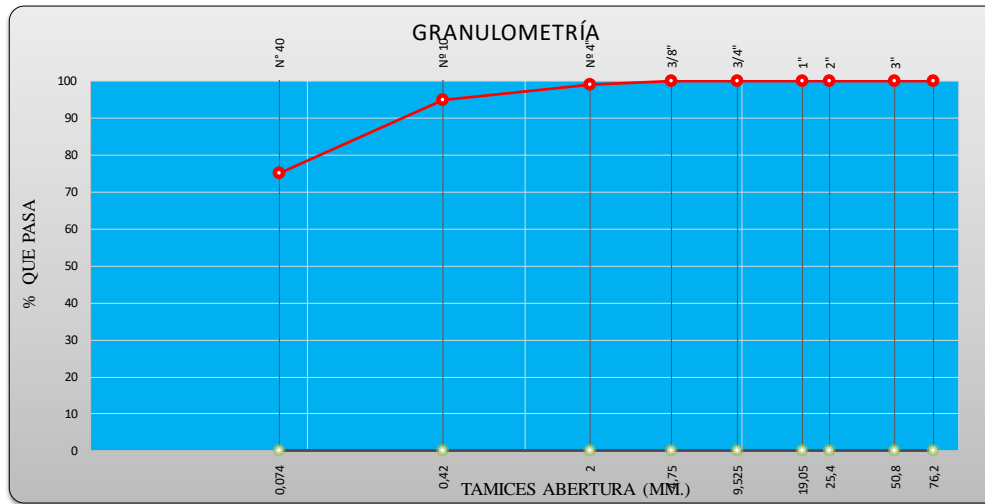
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

Nº Tara	Peso Suelo	Peso Suelo	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
	Hum.+Tara	Seco+Tara					
88	36,23	30,47	5,76	15,59	14,88	38,71	12
4	40,51	33,80	6,71	15,34	18,46	36,35	23
29	39,42	33,45	5,97	15,63	17,82	33,50	34



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

Nº Tara	Peso Suelo	Peso Suelo	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
9	20,00	19,14	0,86	15,79	3,35	25,67	
8	19,78	18,90	0,88	15,51	3,39	25,96	25,82



OBSERVACIONES.-

Limite Líquido	35,4	Limite Plástico	25,8	Índice de plasticidad	9,5	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145
						A - 4 (B)

Índice de Grupo	8,00
-----------------	------

.....
Samuel Rocabado
TECNICO DE LABORATORIO

.....
Ing. Luis Vargas
RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



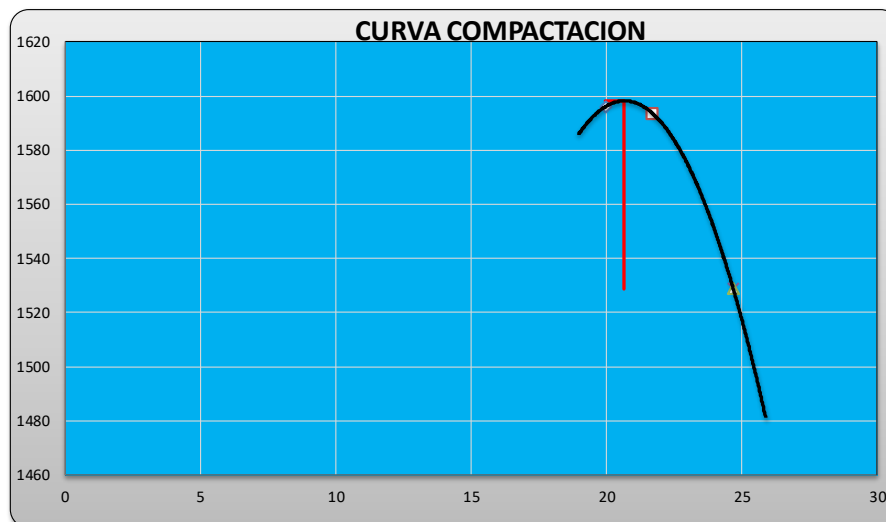
SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACION



Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	29
Profundidad (m.)	0,5 M			Fecha	25-oct.-2016
Origen	6+500	Pozo (Km.)	6+500	Realizado	Nestor Tarraga

COMPACTACION

Determinación Nº	Unidad	1	2	3
Nº Capas	Capas	5	5	5
Nº Golpes P/Capas	Golpes	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Húmedo	gr.	6705,0	6757,0	6687,0
Peso del Molde	gr.	2659,0	2659,0	2659,0
Peso Suelo Húmedo	gr.	4046,0	4098,0	4028,0
Volumen del Molde	cc	2113,0	2113,0	2113,0
Peso Específico Húmedo	Kg./m3	1914,8	1939,4	1906,3
Cápsula No		30	3	8
Peso Cápsula + Suelo Húmedo	gr.	472,90	460,70	461,10
Peso Cápsula + Suelo Seco	gr.	412,30	396,60	388,90
Peso Agua	gr.	60,60	64,10	72,20
Peso Cápsula	gr.	108,80	101,10	96,40
Peso Suelo Seco	gr.	303,50	295,50	292,50
Contenido de Humedad	%	19,97	21,69	24,68
Densidad Suelo Seco	Kg./m3	1596,1	1593,7	1528,9



Densidad Máxima = 1598 Kg/m3
 Humedad Optima = 20,7 %

OBSERVACIONES.-

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y ASFALTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Proyecto		Tramo Tunal - Alisos			
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	29
Profundidad (m.)	0,5 , M			Fecha	26-oct.-2016
Origen (Km.)	06+500	Pozo (Km.)	6+500	Realizado	Nestor Tarraga

TAMIZ	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	IP	CLASIF.
% PASA	100,0	99,1	95,0	75,1	35,4	9,5	A - 4 (8)

CALCULADO:

Molde Nº	13	13	14	14	15	15
Nº de Capas	5	5	5	5	5	5
Nº de Golpes / Capa	56	56	25	25	12	12
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (grs.)	11267	11491	10592	10715	9642	10022
Peso Molde (grs.)	7220	7220	6746	6746	6060	6060
Peso Muestra Húmeda (grs.)	4047	4271	3846	3969	3582	3962
Volumen de la muestra (cm3)	2113	2113	2113	2113	2090	2090
Densidad Húmeda (grs./cm3)	1,915	2,021	1,820	1,878	1,714	1,896

COMPACTACIÓN Y EMBEBIMIENTO

	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido
Tara Nº	30	0	31	0	33	0
Peso Suelo Húmedo+Tara	413,60	0,00	385,70	0,00	384,10	0,00
Peso Suelo Seco + Tara	362,80	0,00	340,20	0,00	338,70	0,00
Peso Agua	50,80	0,00	45,50	0,00	45,40	0,00
Peso Tara	112,80	0,00	116,70	0,00	115,80	0,00
Peso Suelo Seco	250,00	0,00	223,50	0,00	222,90	0,00
% de Humedad	20,32	26,98	20,36	24,21	20,37	33,14
Densidad Seca Probeta (grs./cm3)	1,592	1,592	1,512	1,512	1,424	1,424
Densidad Máxima Laboratorio (grs./cm3)	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598
% De Compactación	99,6	99,6	94,6	94,6	89,1	89,1

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Obs.	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión
25-oct-16			0			0			0		
26-oct-16			340	3,4	2,93 %	374	3,74	3,22 %	456	4,56	3,93 %

Factor Aro 5000

% Exp. Total 3,4

PENETRACIÓN			Carga	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	
Min.	Pulg.	Mm.	Kg./cm2	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.
0,5	0,025	0,64		8	0,4			4	0,2			3	0,2						
1,0	0,050	1,27		16	0,8			13	0,7			13	0,7						
1,5	0,075	1,91		30	1,6			27	1,4			20	1,0						
2,0	0,100	2,54	70,3	50	2,6	3,5	4,9	44	2,3	2,3	3,2	37	1,9	1,9	2,7				
3,0	0,150	3,81		73	3,8			60	3,1			56	2,9						
4,0	0,200	5,08	105,5	99	5,1	5,1	4,8	86	4,4	4,4	4,2	73	3,8	3,8	3,6				
6,0	0,300	7,62		148	7,6			106	5,5			88	4,5						
8,0	0,400	10,16		181	9,4			139	7,2			102	5,3						
10,0	0,500	12,70		0	0,0			0	0,0			0	0,0						

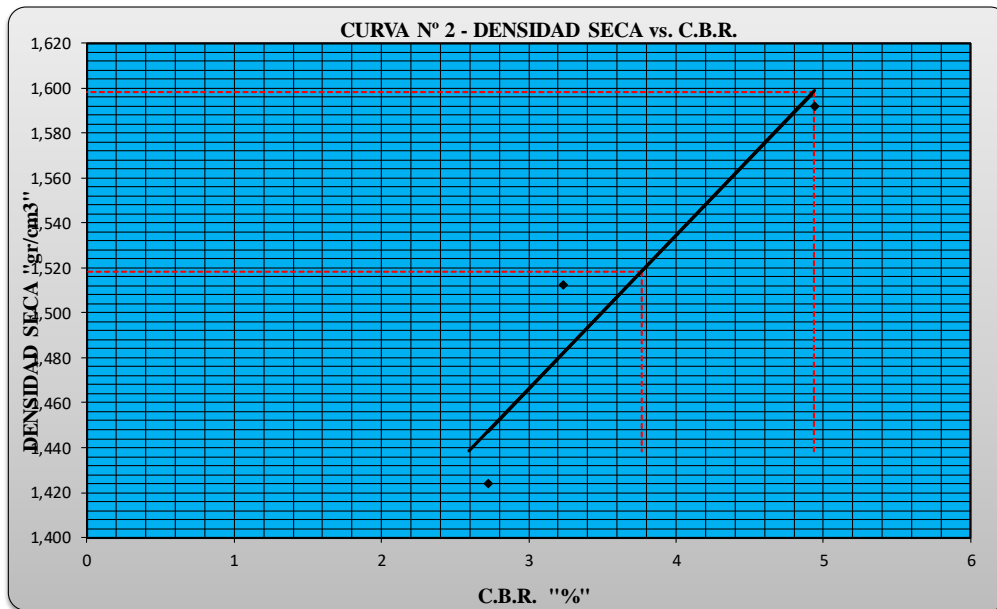
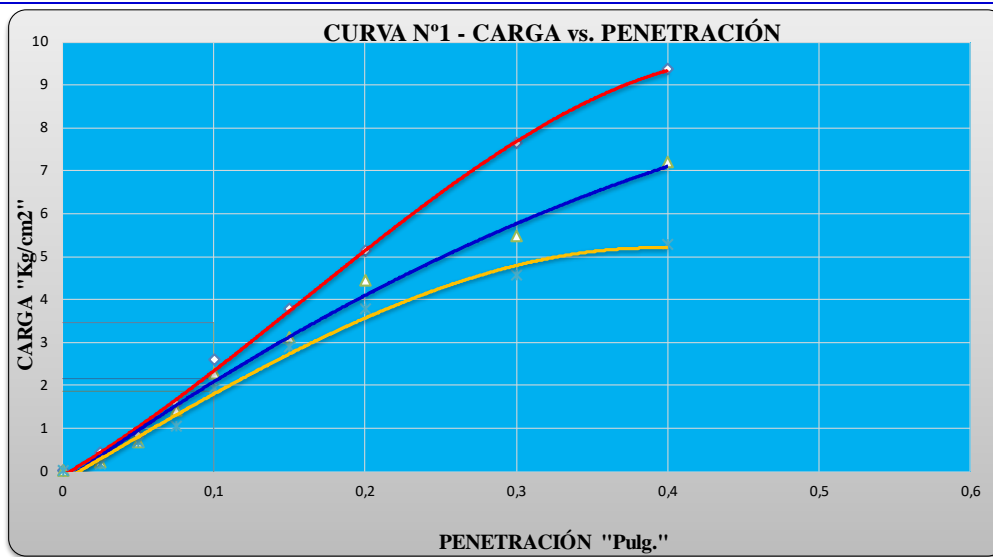
Observaciones.-

.....
Samuel Rocabado

.....
Ing. Luis Vargas

TECNICO DE LABORATORIO

RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



DENS. AL 90% : 1,438 gr/cm3	C.B.R.. AL 90% : <u>2,6</u>	N° 29
DENS. AL 95% : 1,518 gr/cm3	C.B.R.. AL 95% : 3,8	
DENS. AL 100% : 1,598 gr/cm3	C.B.R.. AL 100% : 4,9	
EXP. AL 95% : 3,2	EXP. AL 100% : 2,9	

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

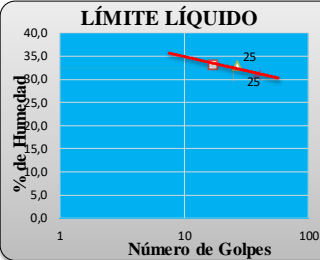
Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio			Nº Ensayo	30
Profundidad (m.)	0,5 , M	Estructura	Subrasante	Fecha	26-oct.-2016
Origen (Km.)	7+000	Pozo(Km.)	7+000	Realizado	Nestor Tarraga

GRANULOMETRÍA

Peso total seco (grs.)	500,0					Muestra pasa tamiz Nº 4	466,2
Tamiz	Peso Retenido Tamiz (grs.)	Peso Retenido Acumulado (grs.)	% Retenido Tamiz	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Abertura Mm.	Especificaciones
Nº							
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20	
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80	
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40	
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05	
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800	
10	47,7	47,7	10,2	10,2	89,8	2,000	
40	86,7	134,4	18,6	28,8	71,2	0,420	
200	110,5	244,9	23,7	52,5	47,5	0,074	

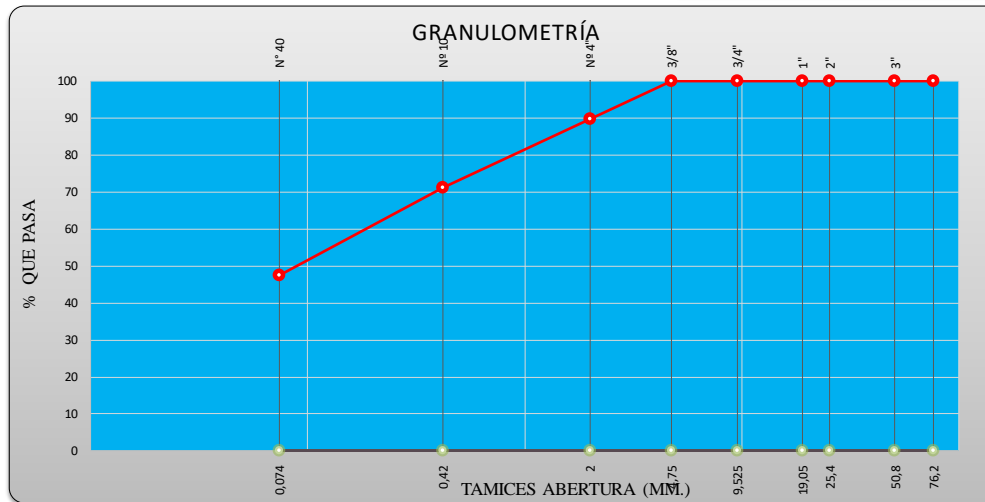
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
1	36,71	31,46	5,25	15,67	15,79	33,25	17
14	34,74	30,09	4,65	15,97	14,12	32,93	27
2	31,52	27,83	3,69	15,93	11,90	31,01	38



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
9	23,13	21,80	1,33	15,79	6,01	22,13	
13	23,25	21,91	1,34	15,90	6,01	22,30	22,21



OBSERVACIONES.-

Limite Líquido	32,5	Limite Plástico	22,2	Índice de plasticidad	10,3	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145
						A - 4 (3)

Índice de Grupo	2,59
-----------------	------

.....
Samuel Rocabado
TECNICO DE LABORATORIO

.....
Ing. Luis Vargas
RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



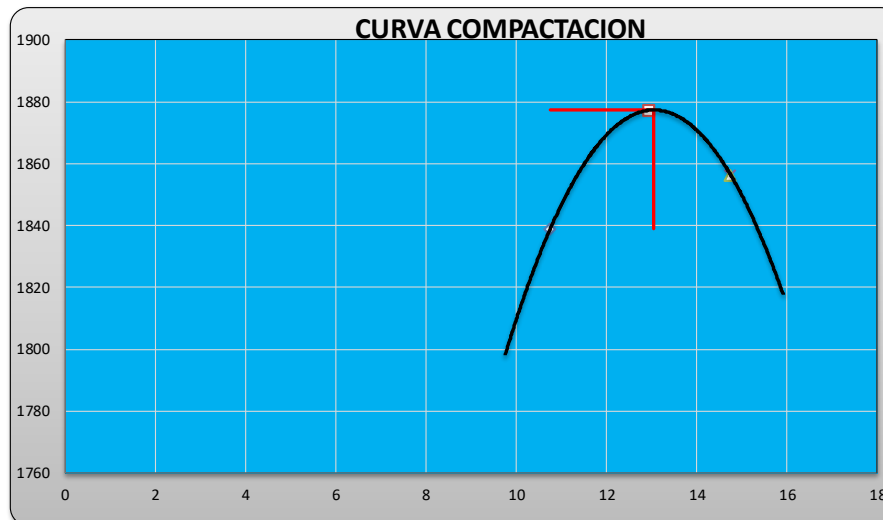
SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACION



Proyecto	Tramo Tunal - Alisos				
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	30
Profundidad (m.)	0,5 M			Fecha	26-oct.-2016
Origen	7+000	Pozo (Km.)	7+000	Realizado	Nestor Tarraga

COMPACTACION

Determinación N°	Unidad	1	2	3
N° Capas	Capas	5	5	5
N° Golpes P/Capas	Golpes	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Húmedo	gr.	7510,0	7684,0	7705,0
Peso del Molde	gr.	3274,0	3274,0	3274,0
Peso Suelo Húmedo	gr.	4236,0	4410,0	4431,0
Volumen del Molde	cc	2080,0	2080,0	2080,0
Peso Específico Húmedo	Kg./m3	2036,5	2120,2	2130,3
Cápsula No		8	6	9
Peso Cápsula + Suelo Húmedo	gr.	234,00	219,00	167,00
Peso Cápsula + Suelo Seco	gr.	214,00	197,00	149,00
Peso Agua	gr.	20,00	22,00	18,00
Peso Cápsula	gr.	28,00	27,00	27,00
Peso Suelo Seco	gr.	186,00	170,00	122,00
Contenido de Humedad	%	10,75	12,94	14,75
Densidad Suelo Seco	Kg./m3	1838,8	1877,3	1856,4



Densidad Máxima = 1877 Kg/m3
Humedad Optima = 13,1 %

OBSERVACIONES.- _____

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS
LABORATORIO DE SUELOS Y ASFALTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Proyecto		Tramo Tunal - Alisos			
Material	Material para estudio	Estructura	Subrasante	Ensayo	30
Profundidad (m.)	0,5 , M			Fecha	27-oct.-2016
Origen (Km.)	07+000	Pozo (Km.)	7+000	Realizado	Nestor Tarraga

TAMIZ	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	IP	CLASIF.
% PASA	100,0	89,8	71,2	47,5	32,5	10,3	A - 4 (3)

CALCULADO:

Molde Nº	43	43	44	44	45	45
Nº de Capas	5	5	5	5	5	5
Nº de Golpes / Capa	56	56	25	25	12	12
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (grs.)	10381	10613	10647	10822	11063	11481
Peso Molde (grs.)	5856	5856	6305	6305	6906	6906
Peso Muestra Húmeda (grs.)	4525	4757	4342	4517	4157	4575
Volumen de la muestra (cm3)	2100	2100	2112	2112	2155	2155
Densidad Húmeda (grs./cm3)	2,155	2,265	2,056	2,139	1,929	2,123

COMPACTACIÓN Y EMBEBIMIENTO

	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido	Compactado	Embebido
Tara Nº	61	0	51	0	44	0
Peso Suelo Húmedo+Tara	227,00	0,00	265,00	0,00	266,00	0,00
Peso Suelo Seco + Tara	205,00	0,00	239,00	0,00	239,00	0,00
Peso Agua	22,00	0,00	26,00	0,00	27,00	0,00
Peso Tara	39,00	0,00	41,00	0,00	38,00	0,00
Peso Suelo Seco	166,00	0,00	198,00	0,00	201,00	0,00
% de Humedad	13,25	19,06	13,13	17,69	13,43	24,84
Densidad Seca Probeta (grs./cm3)	1,903	1,903	1,817	1,817	1,701	1,701
Densidad Máxima Laboratorio (grs./cm3)	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877
% De Compactación	101,3	101,3	96,8	96,8	90,6	90,6

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Obs.	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión	Lect..	mm	% Expansión
26-oct-16			0			0			0		
27-oct-16			276	2,8	2,38 %	321	3,21	2,77 %	389	3,89	3,35 %

Factor Aro **5000**

% Exp. Total **2,8**

PENETRACIÓN			Carga	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%	Lect.	Carga (Kg/cm2)			%		
Min.	Pulg.	Mm.	Kg./cm2	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	Dial	Calc.	Correg.	C.B.R.	
0,5	0,025	0,64		15	0,8			11	0,6			6	0,3							
1,0	0,050	1,27		34	1,8			24	1,2			21	1,1							
1,5	0,075	1,91		50	2,6			40	2,1			34	1,8							
2,0	0,100	2,54	70,3	75	3,9	4,9	7,0	65	3,4	3,4	4,8	41	2,1	2,2	3,1					
3,0	0,150	3,81		116	6,0			100	5,2			58	3,0							
4,0	0,200	5,08	105,5	149	7,7	7,7	7,3	130	6,7	6,7	6,4	65	3,4	3,4	3,2					
6,0	0,300	7,62		193	10,0			165	8,5			82	4,2							
8,0	0,400	10,16		230	11,9			193	10,0			96	5,0							
10,0	0,500	12,70		0	0,0			0	0,0			0	0,0							

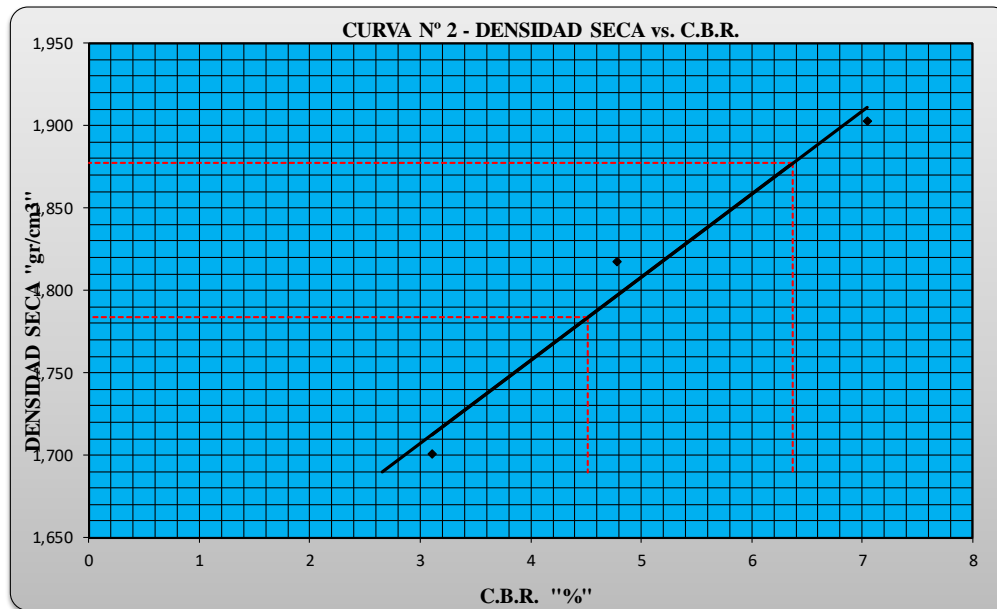
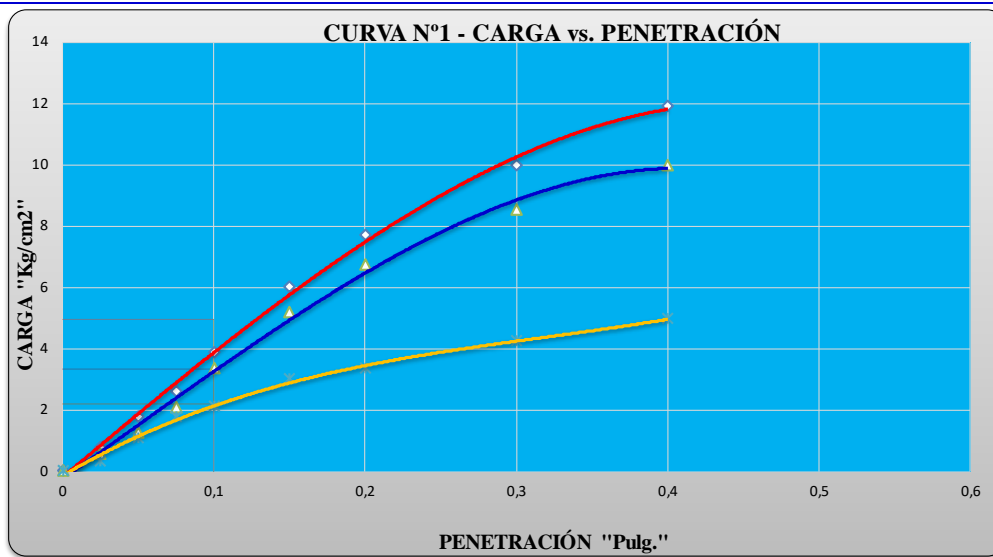
Observaciones.-

.....
Samuel Rocabado

TECNICO DE LABORATORIO

.....
Ing. Luis Vargas

RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS



DENS. AL 90% : 1,690 gr/cm3	C.B.R.. AL 90% : <u>2,7</u>	N° 30
DENS. AL 95% : 1,783 gr/cm3	C.B.R.. AL 95% : 4,5	
DENS. AL 100% : 1,877 gr/cm3	C.B.R.. AL 100% : 6,4	
EXP. AL 95% : 2,9	EXP. AL 100% : 2,5	

.....
 Samuel Rocabado
 TECNICO DE LABORATORIO

.....
 Ing. Luis Vargas
 RESP. LAB. SUELOS Y ASFALTOS

4.4.- CALIBRACION DE LA ECUACIONES DEL MÉTODO MECANICISTA

La calibración de las ecuaciones que se utilizan en el método mecánico del programa KENPAV son:

Ecuaciones utilizadas son:

Calculo del trafico

$$N = 365 * MJA * \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right)$$

Donde:

MJA: Numero de Vehículos Pesados.

n: Periodo de Diseño (años).

i: Tasa de Crecimiento Anual (%).

CAM: Coeficiente de Agresión Media.

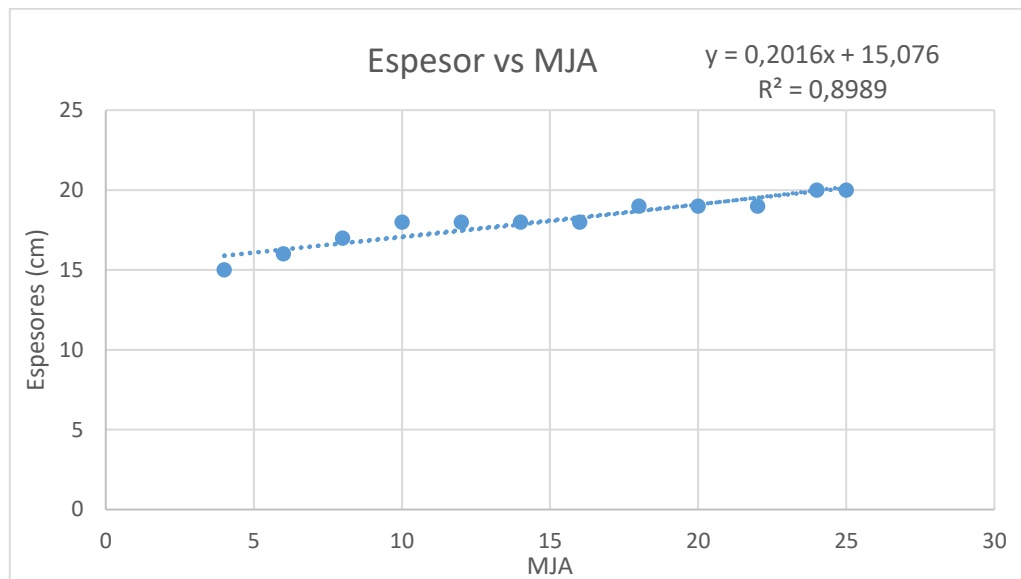
La ecuación del cálculo del tráfico se hace variar el número de vehículos pesados para calcular el espesor de la subrasante luego en la información de la estructura se hace variar el módulo de elasticidad dándonos diferentes espesores.

Con la ecuación por regresión lineal calculada hacemos variar el número de vehículos pesados nos da como resultados los espesores

$$y = 0,2016x + 15,076$$

$$R^2 = 0,8989$$

MJA	ESPESTORES (cm)
4	15
6	16
8	17
10	18
12	18
14	18
16	18
18	19
20	19
22	19
24	20
25	20



a. Parámetros de diseño utilizados

Parámetros de Diseño Utilizados			
Radio de Contacto	Presión de Contacto	Distancia entre Ejes	# Posiciones Eje
0.662	0.125	0.375	3

Datos Estructurales del programa KENPAV

Información de la Estructura				
N°	Tipo	E (MPa)	v	H (m)
1	CAPA ASFALTICA	5400	0.15	0.04
2	BASE GRANULAR	600	0.15	D
3	GRAVA NO TRATADA	125	0.15	0.2
4	SUB-RASANTE	50	0.15	

En esta parte como podemos observar tenemos los datos estructurales:

- E: Es el módulo de elasticidad del material en MPa.
- v: Es el coeficiente de poisson del material.
- H: Es el espesor de la capa dado en m.

Ecuaciones (Esfuerzos y Deformaciones)

$$\sigma_{z, adm} = \sigma_6 * \left(\frac{NE}{1 * 10^6}\right)^b * Kc.Kd.Kr.Ks$$

$$\varepsilon_{z, adm} = \varepsilon_6 * \left(\frac{NE}{1 * 10^6}\right)^b * \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(15^\circ C)}} * Kc.Kr.Ks$$

$$\varepsilon_{z, ap} = A * (NE)^{-0.222}$$

$$\sigma_{z, ap} = \sigma_6 * \left(\frac{NE}{1 * 10^6}\right)^b$$

Ecuaciones (Kr, delta)

$$Kr = 10^{-U.b.\delta}$$

$$\delta = \sqrt{(SN)^2 + \left(\frac{c.Sh}{b}\right)^2}$$

Donde:

$\varepsilon_{z, adm}$: deformación en la base admisible

ε_6 : deformación a un millón de sollicitaciones con 50%, a 10°C y 25 Hz

NE: número de ejes equivalentes

E: módulo de elasticidad

K_c : coeficiente de ajuste de calibración

K_r : coeficiente de ajuste de riesgo

K_s : coeficiente de ajuste de la subrasante

$\sigma_{z, adm}$: esfuerzo de tracción en la base admisible

σ_6 : esfuerzo de tracción en la base para un millón de repeticiones

k_d : coeficiente de ajuste de las discontinuidades en la capa base

$\varepsilon_{z, ap}$: deformación vertical admisible

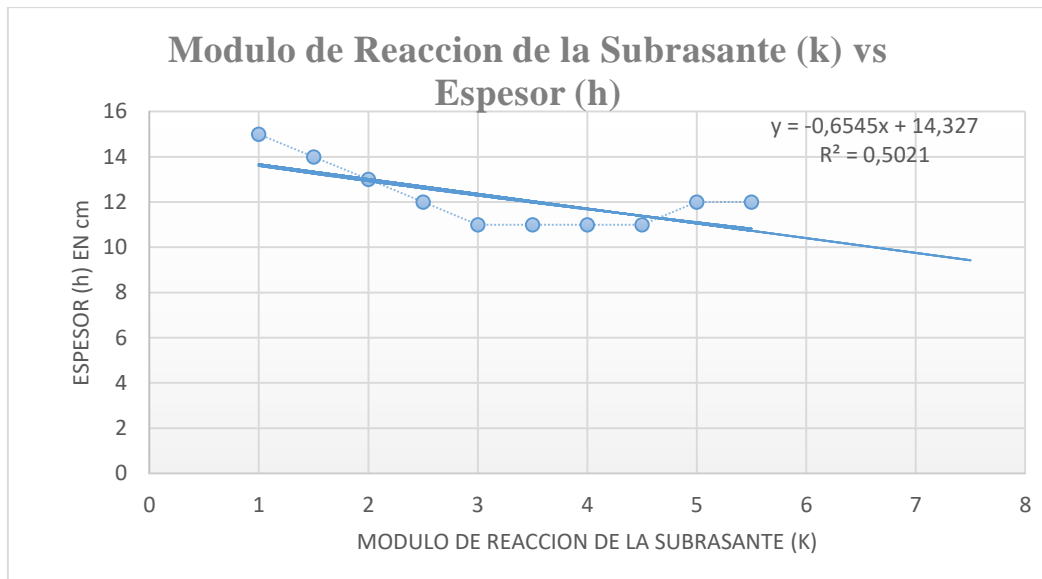
Calibrando la ecuación de Westergaard

Haciendo variar primero el módulo de reacción de la subrasante (k) y todos los demás datos son constantes nos muestra lo siguiente:

$$S = \frac{3 * P}{h^2} \left(1 - \left(\frac{a * \sqrt{2}}{l}\right)^{0.6}\right)$$

$$l = \sqrt[4]{\frac{E * h^3}{12 * (1 - u^2) * k}}$$

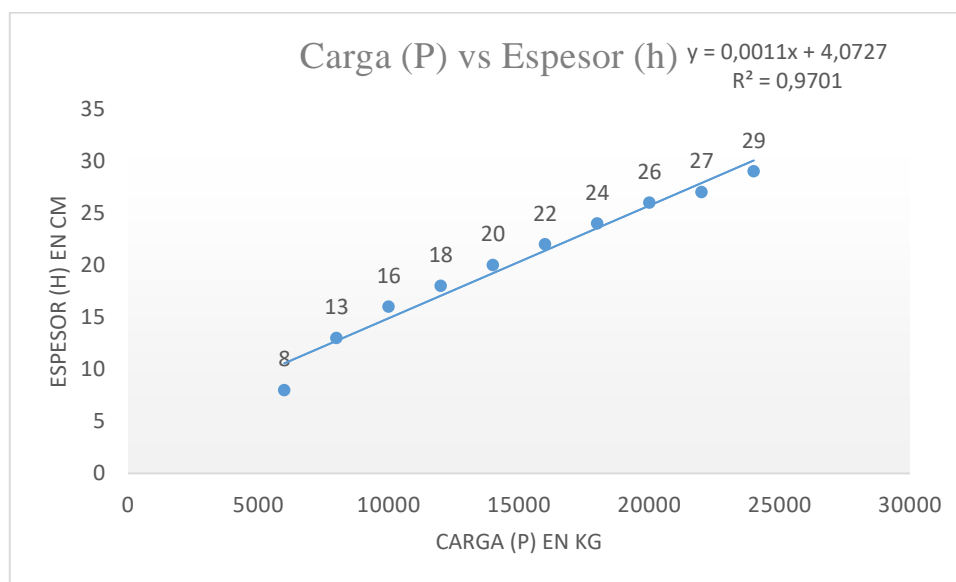
P (kg)	S (kg/cm ²)	a (cm)	E (kg/cm ²)	u	k (kg/cm ²)	h (cm)
8200	45	25	213546	0,15	1	15
8200	45	25	213546	0,15	1,5	14
8200	45	25	213546	0,15	2	13
8200	45	25	213546	0,15	2,5	12
8200	45	25	213546	0,15	3	11
8200	45	25	213546	0,15	3,5	11
8200	45	25	213546	0,15	4	11
8200	45	25	213546	0,15	4,5	11
8200	45	25	213546	0,15	5	12
8200	45	25	213546	0,15	5,5	12



Ahora hacemos variar la carga (P)

P (kg)	S (kg/cm ²)	a (cm)	E (kg/cm ²)	u	k (kg/cm ²)	h (cm)
--------	-------------------------	--------	-------------------------	---	-------------------------	--------

6000	45	25	213546	0,15	2	8
8000	45	25	213546	0,15	2	13
10000	45	25	213546	0,15	2	16
12000	45	25	213546	0,15	2	18
14000	45	25	213546	0,15	2	20
16000	45	25	213546	0,15	2	22
18000	45	25	213546	0,15	2	24
20000	45	25	213546	0,15	2	26
22000	45	25	213546	0,15	2	27
24000	45	25	213546	0,15	2	29



4.5.- SUBRASANTE MEJORADA

Su comportamiento como suelos de subrasante es muy variable, malo en estado saturado, hasta regular cuando está consolidado.

Las características más importantes de la subrasante mejorada para estos suelos arcillosos pueden ser:

- El comportamiento de suelos de subrasante es variable, desde regular en estado normalmente consolidado, hasta bueno o muy bueno en estado de pre consolidación muy alta.
- Poseen un grado de compresibilidad muy variable.
- Generalmente presentan baja permeabilidad.
- Las deformaciones que eventualmente se producen son a largo plazo.

la subrasante está formada por suelos finos, suelos arcillosos y limosos de baja a media plasticidad, estos suelos corresponden a suelos de los grupos A-4, A-6 y A-7.; en los tramos donde presenta la subrasante este tipo de suelos, deben ser cambiadas o mejoradas con otro tipo de suelos.

Los ensayos realizados para obtener el valor del espesor son la granulometría, límites de atterberg, compactación y el CBR. Con el valor del CBR entrando a la gráfica 1 encontramos el valor del módulo de reacción de la subrasante k .

Para mejorar el espesor de la subrasante vamos a incluir material granular al suelo para obtener un valor mejor del CBR y poder aplicar en los métodos para obtener el espesor.

- Aumentado un CBR del 10%, con el valor del CBR del 10% entramos a la gráfica 1 y sacar el valor de k para poder reemplazar en los métodos y así poder obtener un valor del espesor de la subrasante y encontramos que los valores para los diferentes métodos nos dan:
Westergaard de 23 cm, Pickett de 8 cm, Bradbury de 15 cm y Kelley de 22 cm; el espesor utilizado es de 23 cm para mayor seguridad. Vemos una mejora del espesor que a escavar en cada uno de los tramos mejora en un 13% del material.
- Aumentado un CBR del 15%, con el valor del CBR del 15% entramos a la gráfica 1 y sacar el valor de k para poder reemplazar en los métodos y así poder obtener un valor del espesor de la subrasante y encontramos que los valores para los diferentes métodos nos dan:

Westergaard de 25 cm, Pickett de 9 cm, Bradbury de 16 cm y Kelley de 23cm; el espesor utilizado es de 25 cm para mayor seguridad. Vemos una mejora del espesor que a escavar en cada uno de los tramos mejora en un 20% del material.

CBR (%)	Westergaard (cm)	Pickett (cm)	Bradbury (cm)	Kelley (cm)
10	23	8	15	22
15	25	9	16	23

En valor de la subrasante incluyendo material granular al suelo con un CBR del 10% y 15% obtenemos una mejora de la subrasante de 13% y 20% respectivamente, los valores para el espesor son de 23 cm para un cbr del 10% y 25 cm para un cbr del 15%.

4.6.- APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS MECANICISTAS

Para la aplicación del método mecánico vamos a utilizar el programa llamado Kenpav que es el de Diseño Racional de Pavimentos.

4.6.1 KENPAV

A continuación, se presentan las características de los datos de entrada del programa KENPAV:

Una vez abierto KENPAV, los menús presentados en la parte superior de la pantalla son: “Archivo”; “Editar”, “Diseño” y “Ayuda”. El primero “Archivo”, contiene todas las funciones inherentes al manejo de documentos, nuevo diseño; abrir

diseño; guardar proyecto y cierre del programa. El Menú “Editar” permite copiar, cortar y pegar. El Menú “Diseño” permite calcular el tráfico y modificar los parámetros de diseño. Finalmente, el menú “Ayuda” contiene un acceso para desplegar ayuda en línea y también información adicional sobre el desarrollo del programa. La pantalla inicial de KENPAV se muestra a continuación:

Figura 22. Interfaz Principal del Programa KENPAV

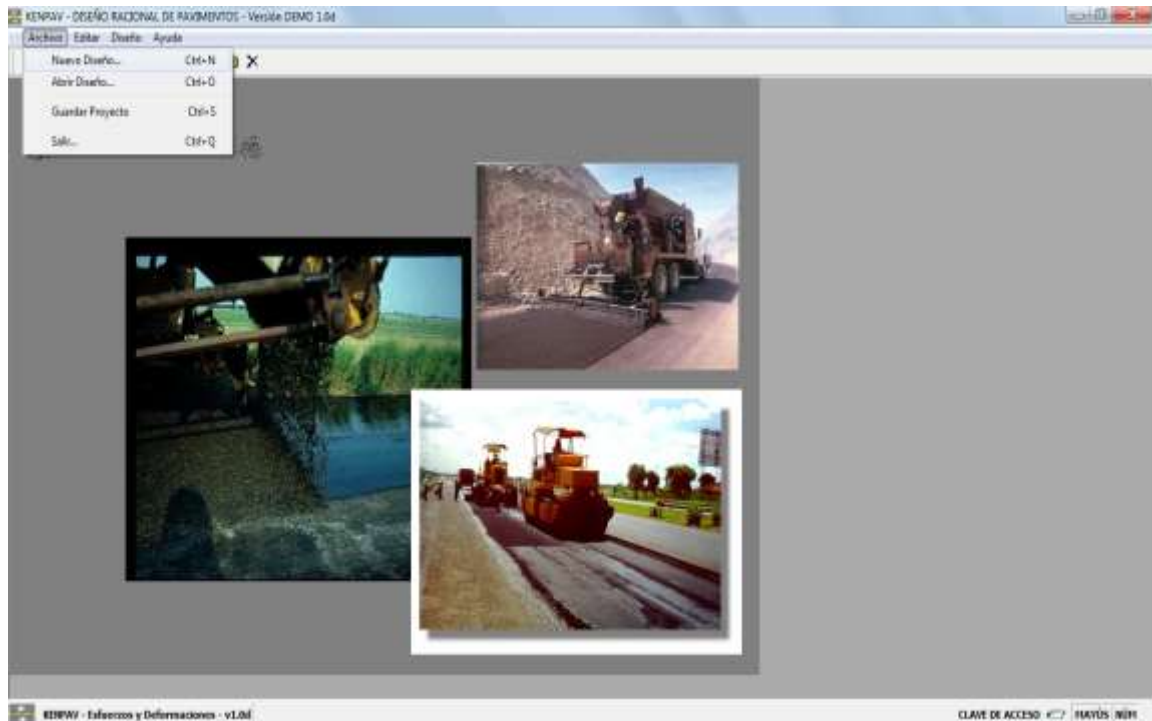
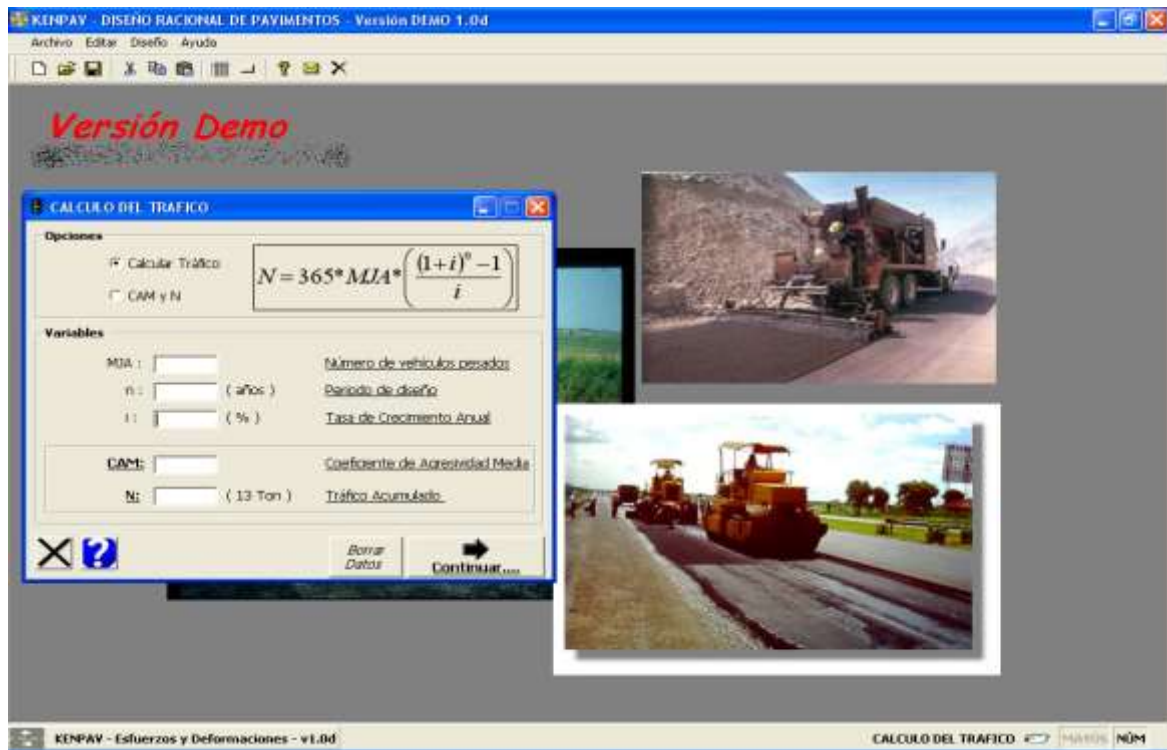


Figura 23. Calculo del Tráfico



Los datos de entrada son los siguientes:

El programa nos da la opción de calcular el tráfico con las siguientes variables:

- MJA: Numero de Vehículos Pesados.
- n: Periodo de Diseño (años).
- i: Tasa de Crecimiento Anual (%).
- CAM: Coeficiente de Agresión Media.

Estas variables están desarrolladas en las páginas 59 y 560 del Capítulo 3 del presente trabajo.

O bien podemos insertar directamente el tráfico acumulado y obviar los anteriores datos.

N: (13 Ton) Tráfico Acumulado

Posteriormente elegimos el tipo de estructura:

Figura 24. Tipo de estructura – Con Transito Bajo (Carpeta Asfáltica)

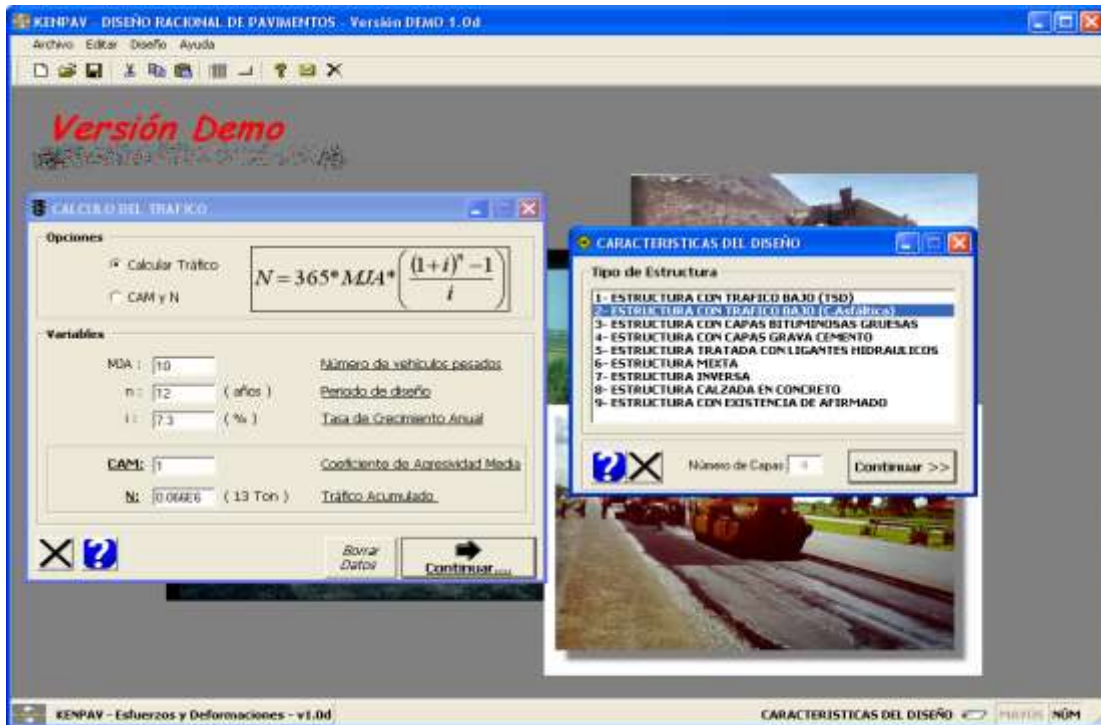
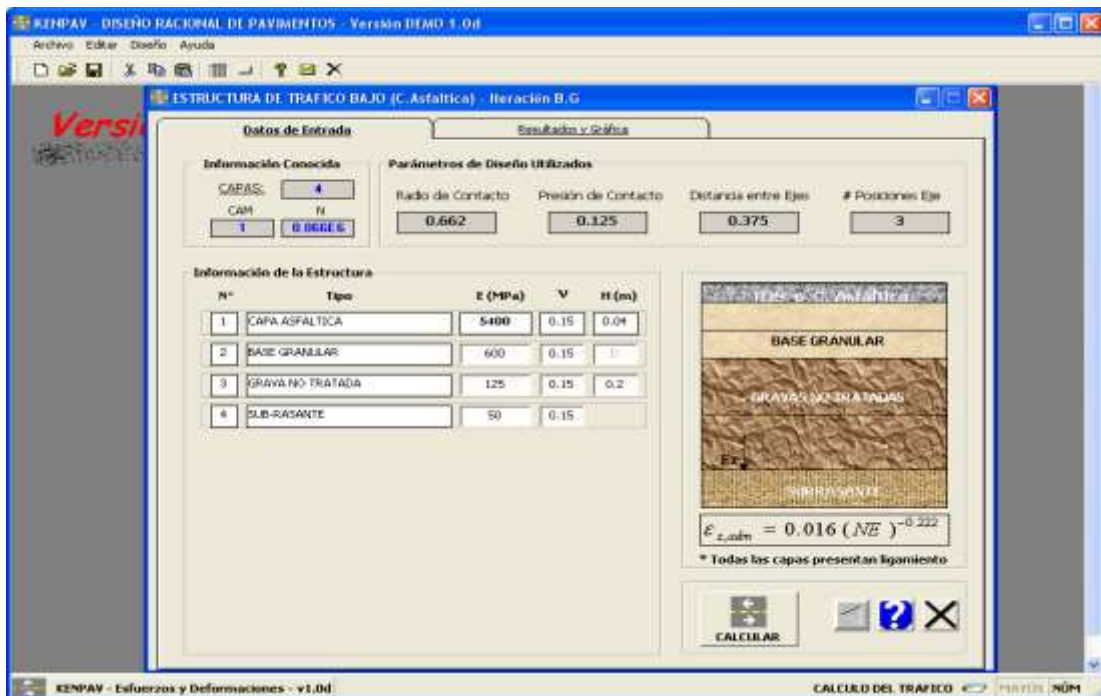


Figura 25. Interfaz - Estructura con Transito Bajo (Carpeta Asfáltica) KENPAV



Esta parte contiene:

a. Información conocida

Información Conocida	
CAPAS:	4
CAM	N
	0.066E6

b. Parámetros de diseño utilizados

Parámetros de Diseño Utilizados			
Radio de Contacto	Presión de Contacto	Distancia entre Ejes	# Posiciones Eje
0.662	0.125	0.375	3

Figura 26. Datos Estructurales del programa KENPAV

Información de la Estructura				
N°	Tipo	E (MPa)	v	H (m)
1	CAPA ASFALTICA	5400	0.15	0.04
2	BASE GRANULAR	600	0.15	D
3	GRAVA NO TRATADA	125	0.15	0.2
4	SUB-RASANTE	50	0.15	

En esta parte como podemos observar tenemos los datos estructurales:

- E: Es el módulo de elasticidad del material en MPa.
- v: Es el coeficiente de poisson del material.
- H: Es el espesor de la capa dado en m.

Para El Diseño Según Kenpav, Los Datos Necesarios Son Los Siguietes:

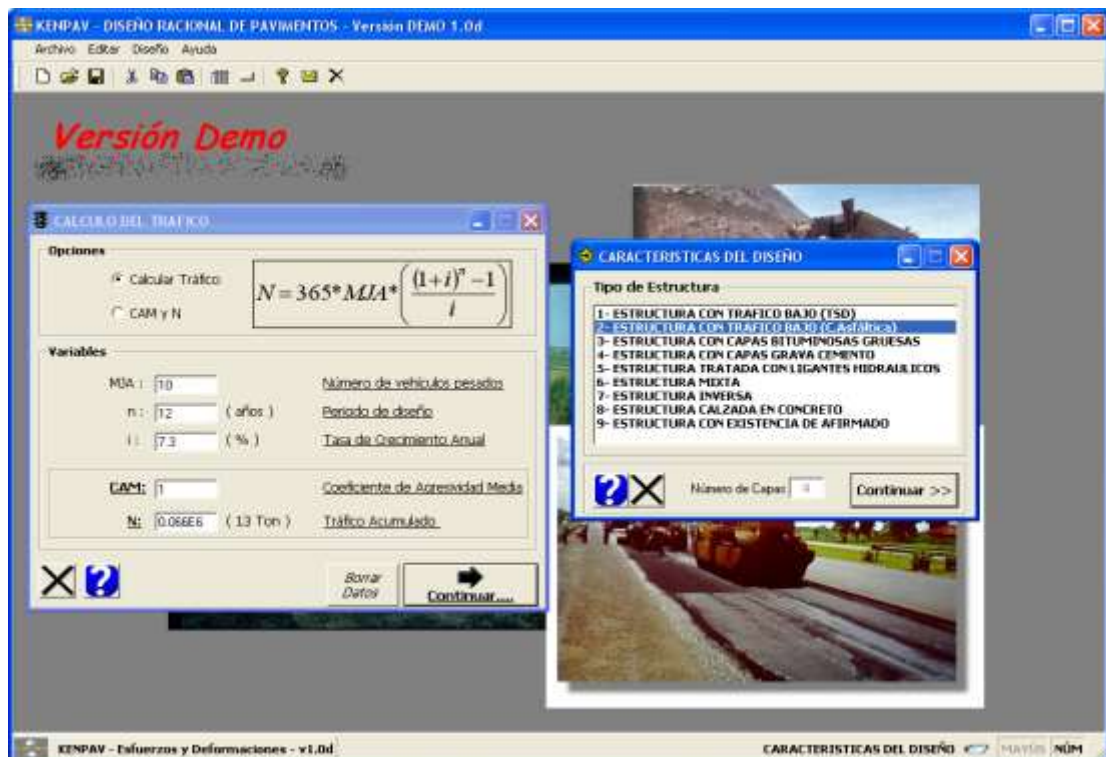
Tramo Santa Ana – Yesera

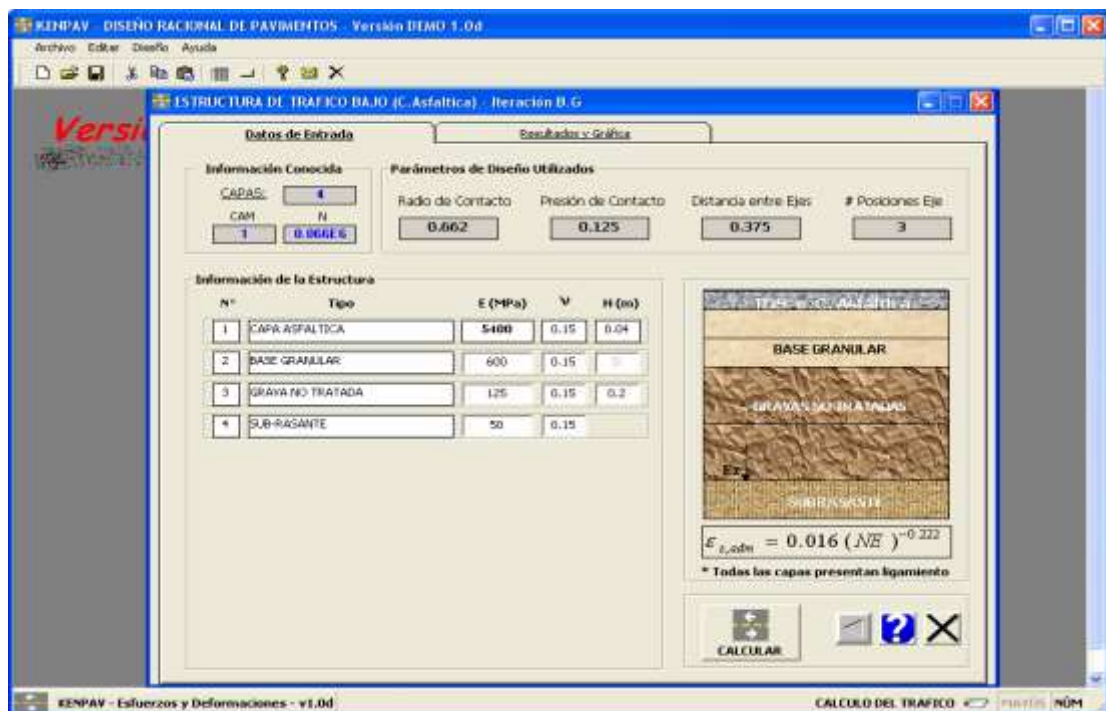
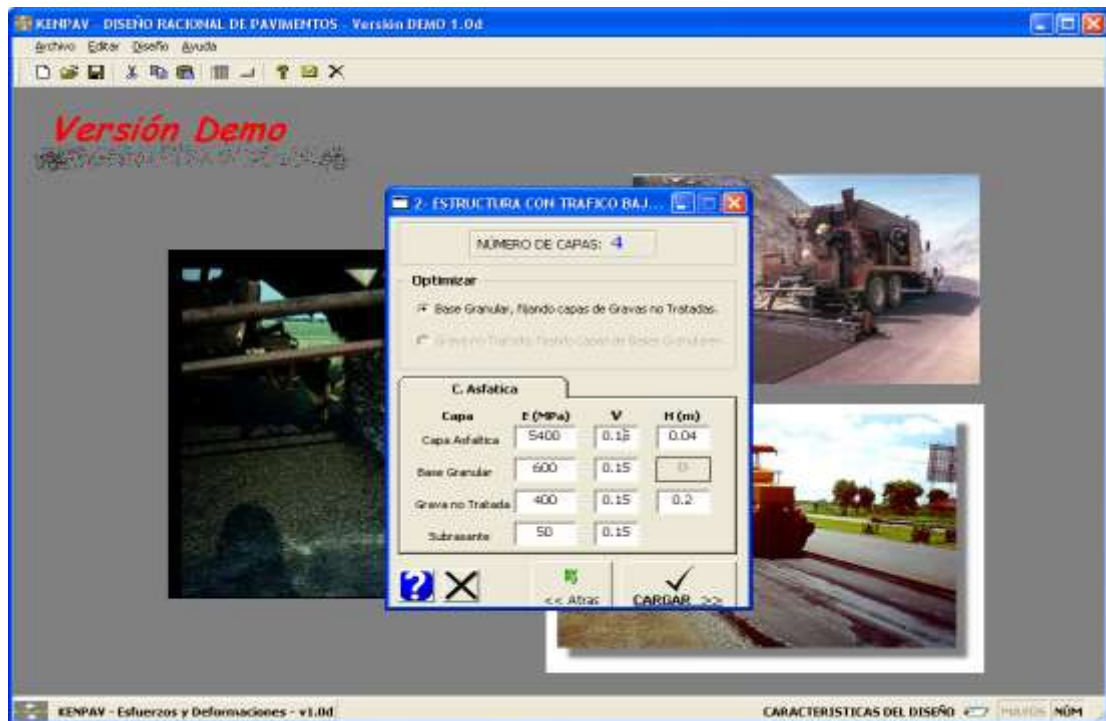
MJA= 10 veh/dia

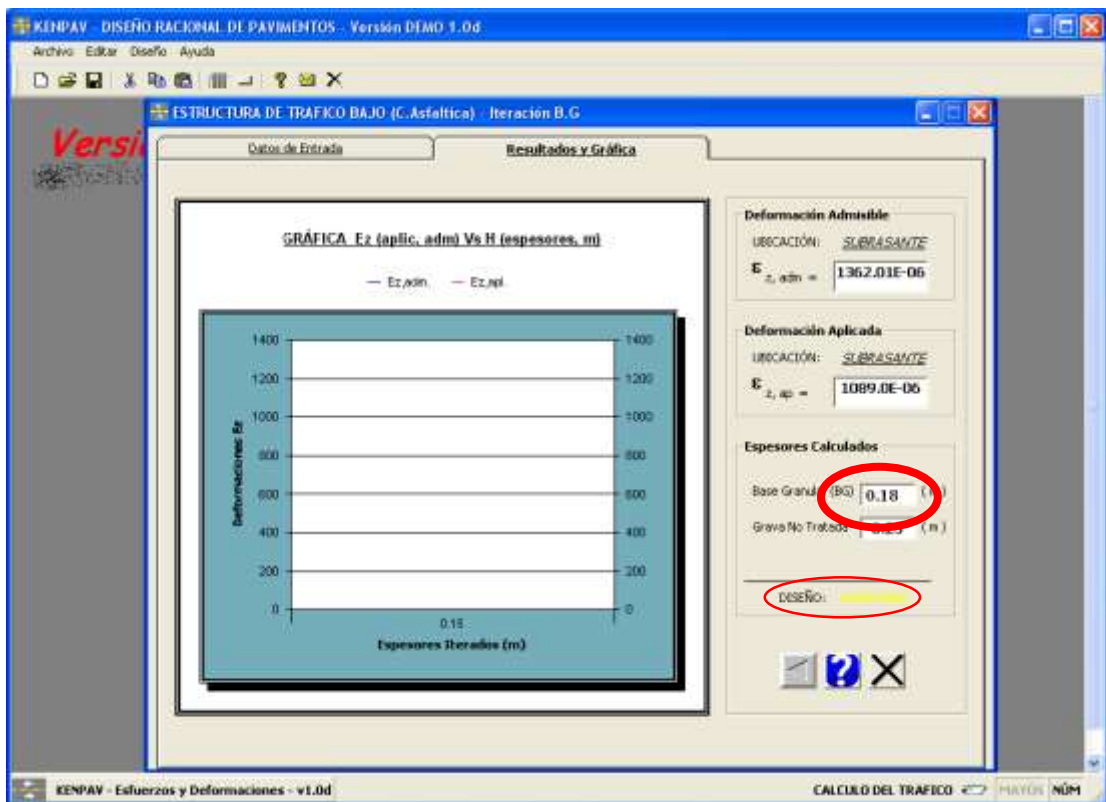
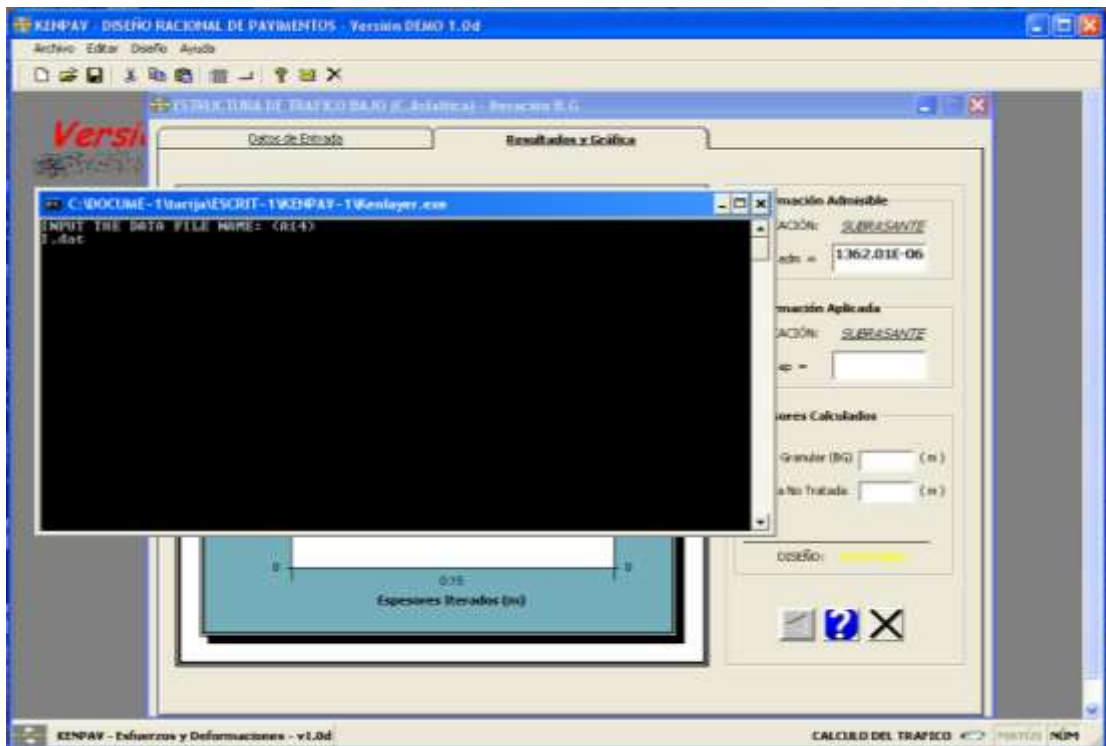
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<u>1262.17E-06</u>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<u>1253.0E-06</u>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<u>0.19</u> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<u>1165.80E-06</u>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<u>1009.0E-06</u>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<u>0.19</u> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<u>1109.83E-06</u>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<u>1104.0E-06</u>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<u>0.20</u> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<u>1130.10E-06</u>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SLBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<u>1104.0E-06</u>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<u>0.20</u> (m)

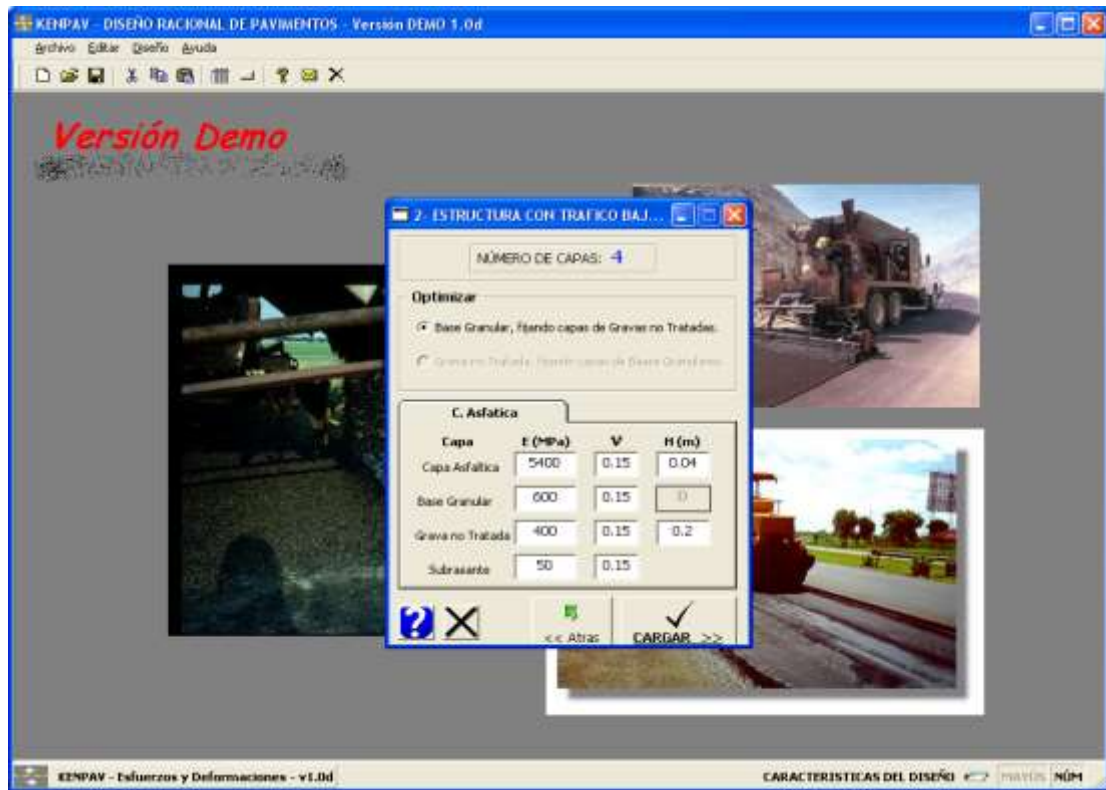
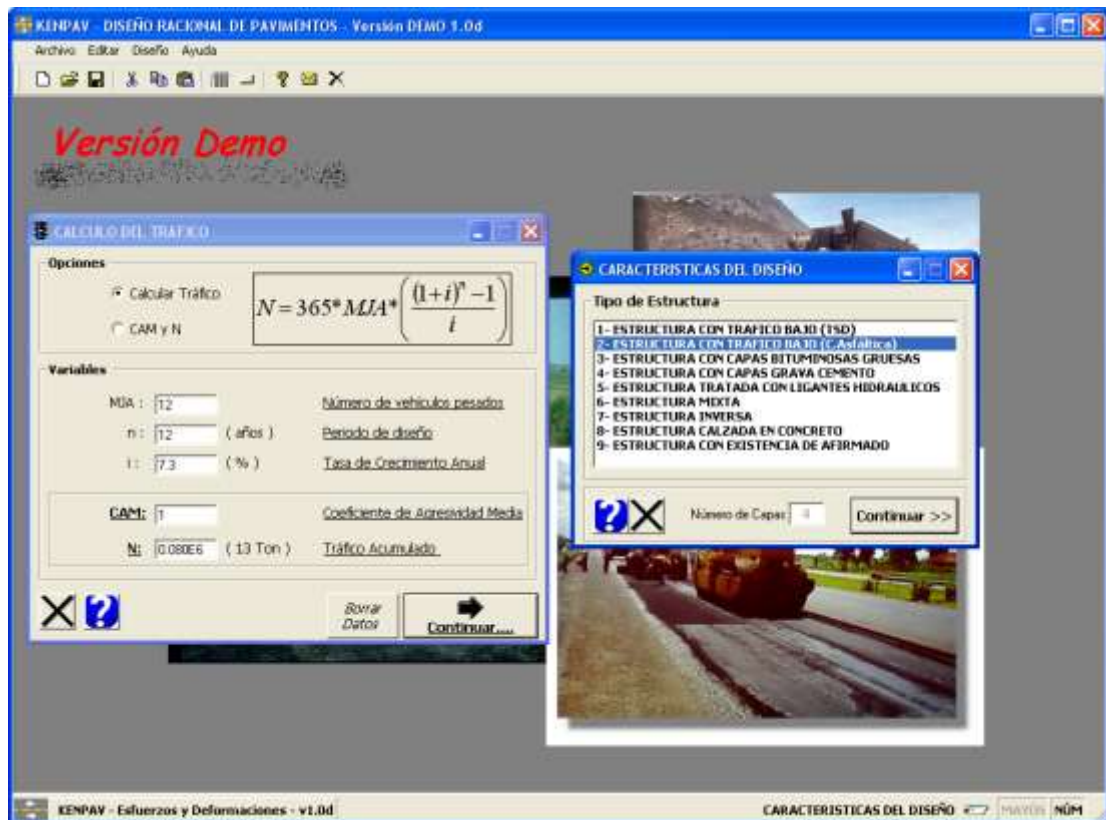
Tramo Tolomosa – Pampa Redonda

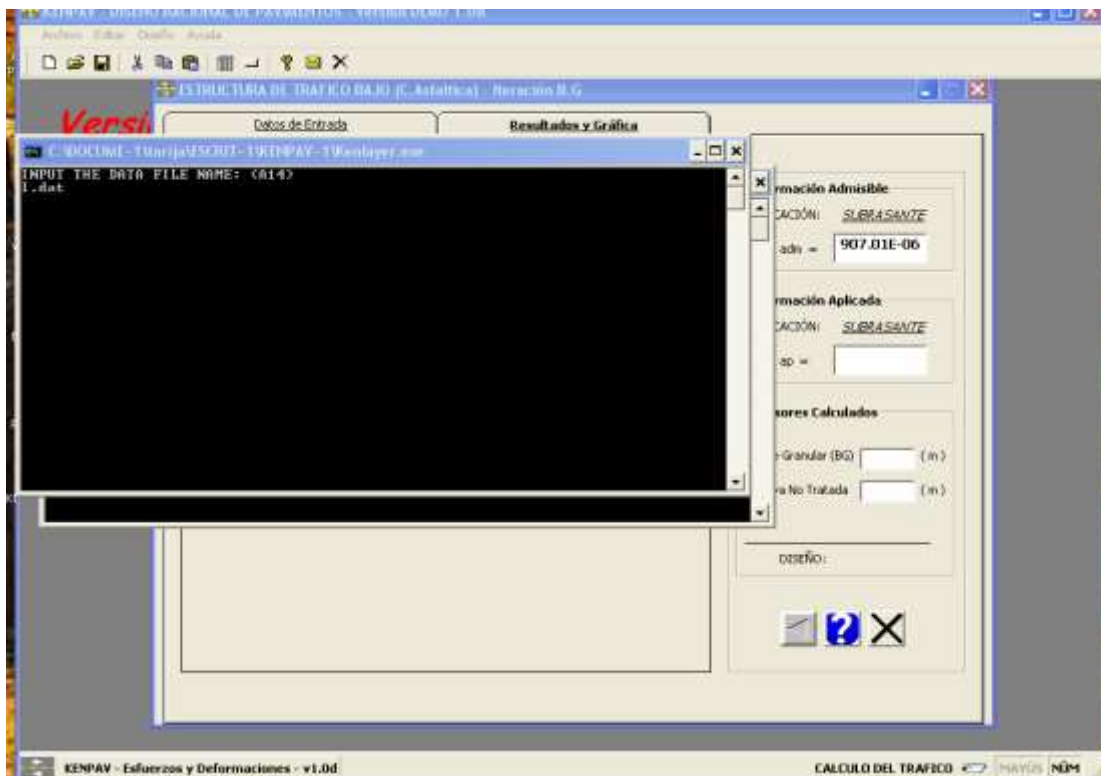
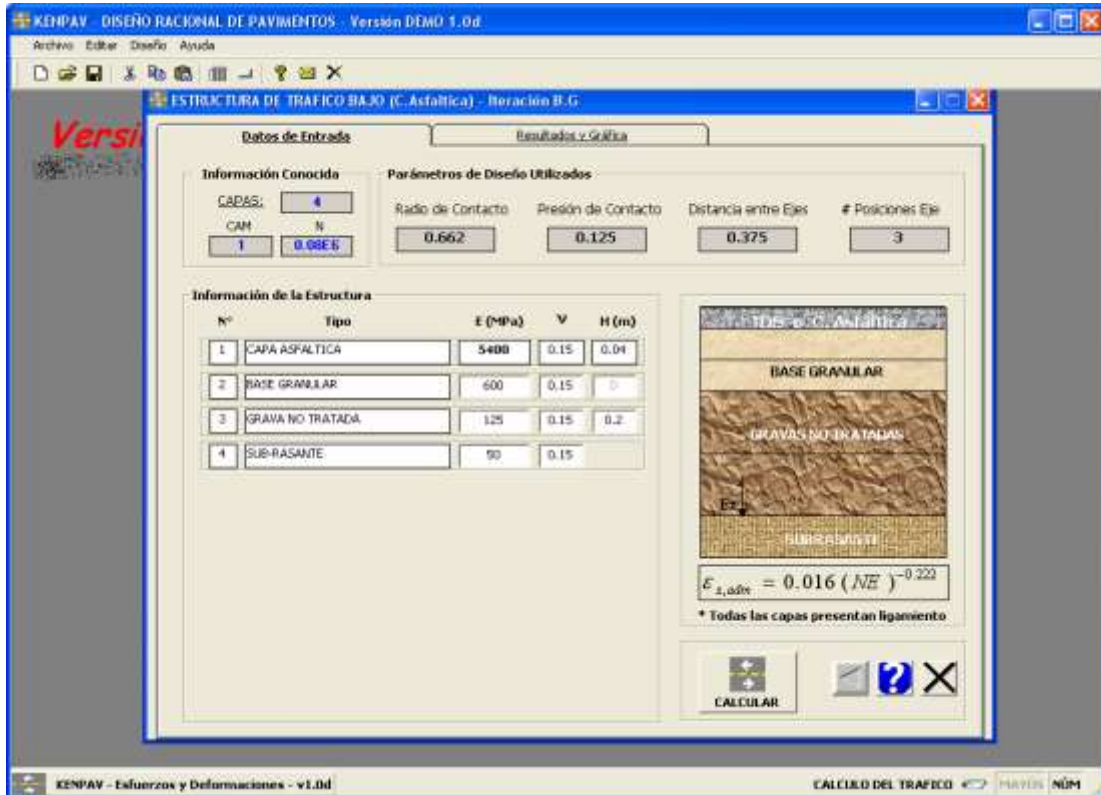
MJA= 12 veh/dia

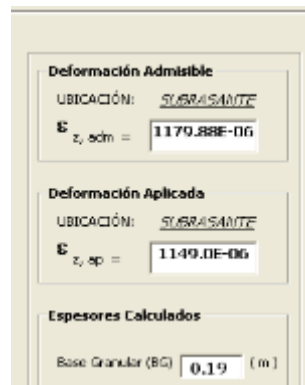
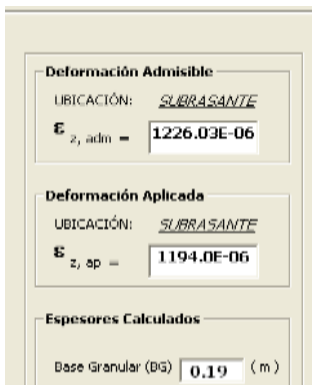
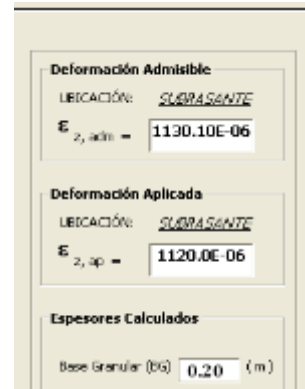
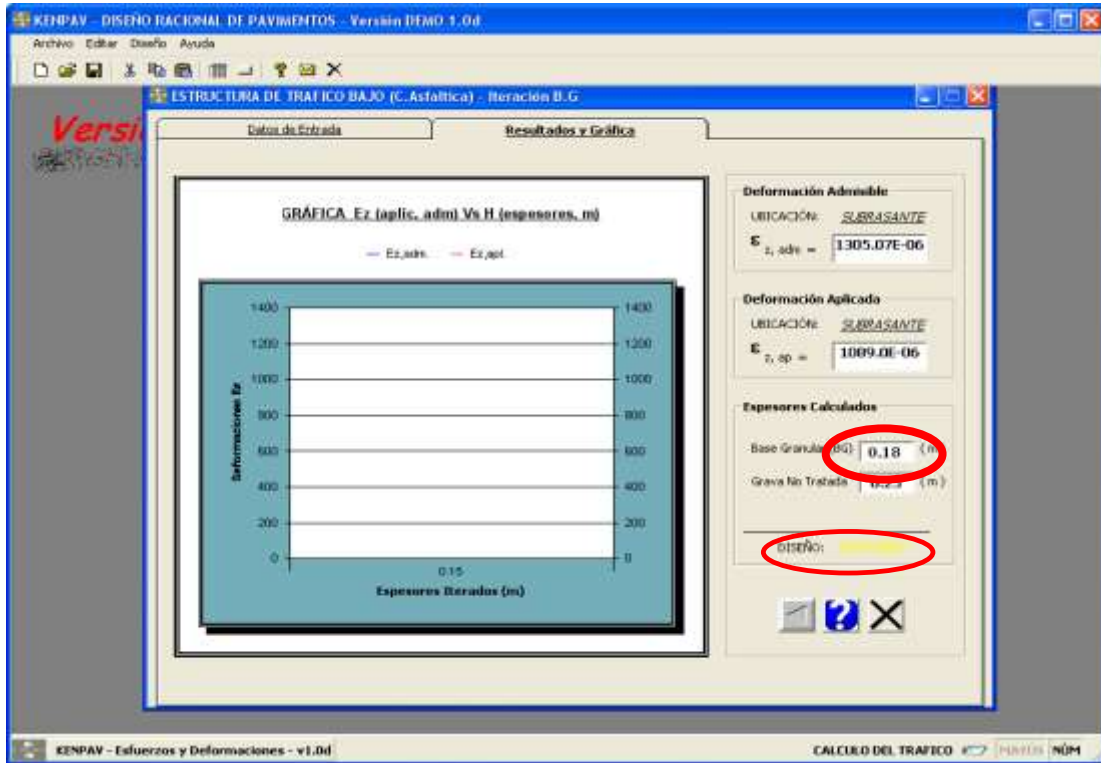
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







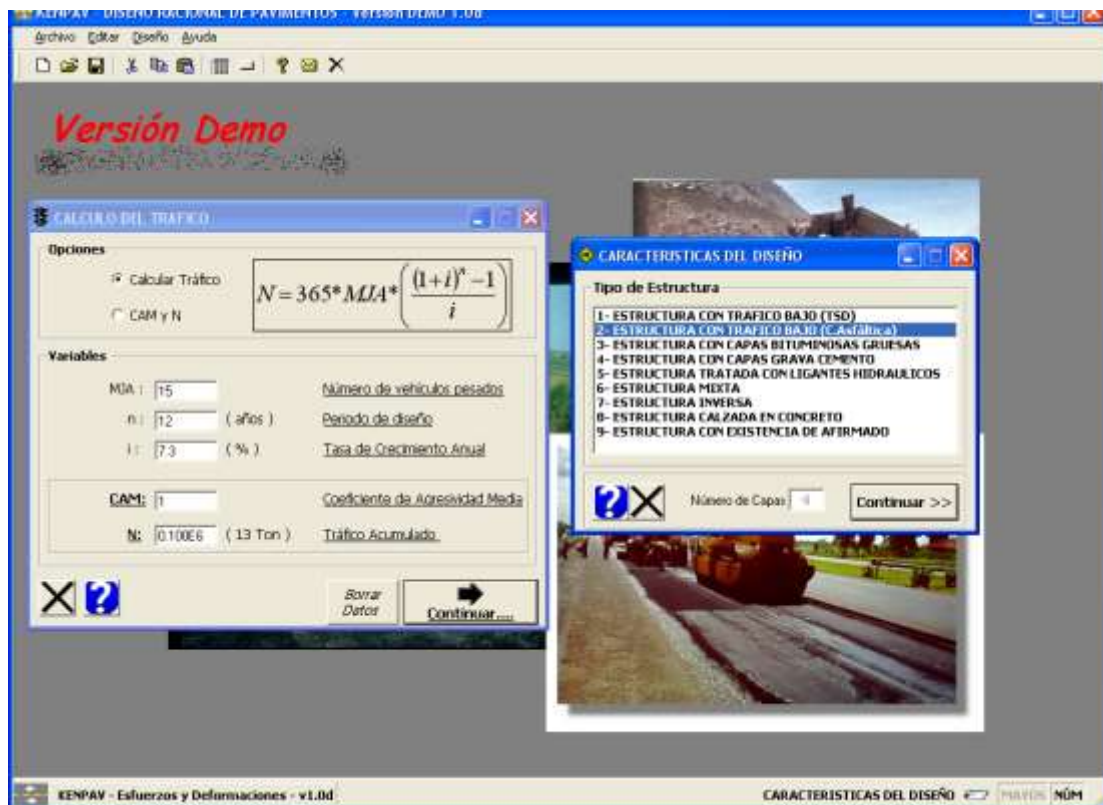
Tramo Pampa Redonda - Tunal

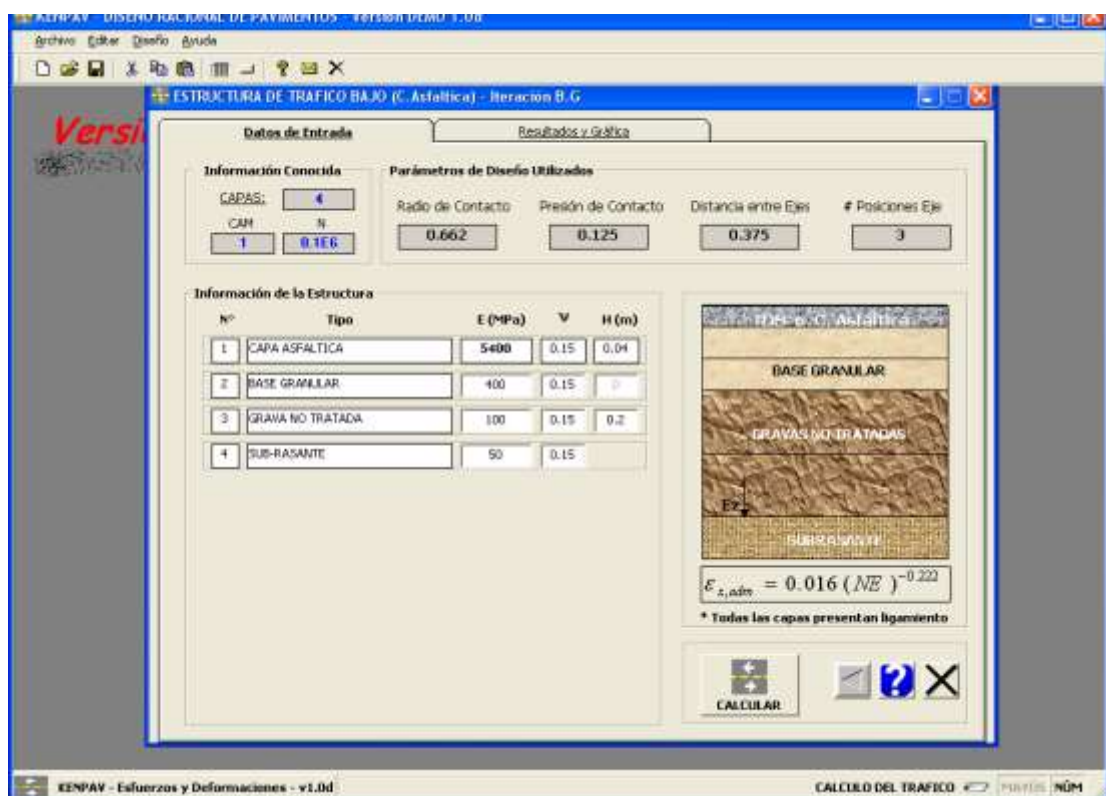
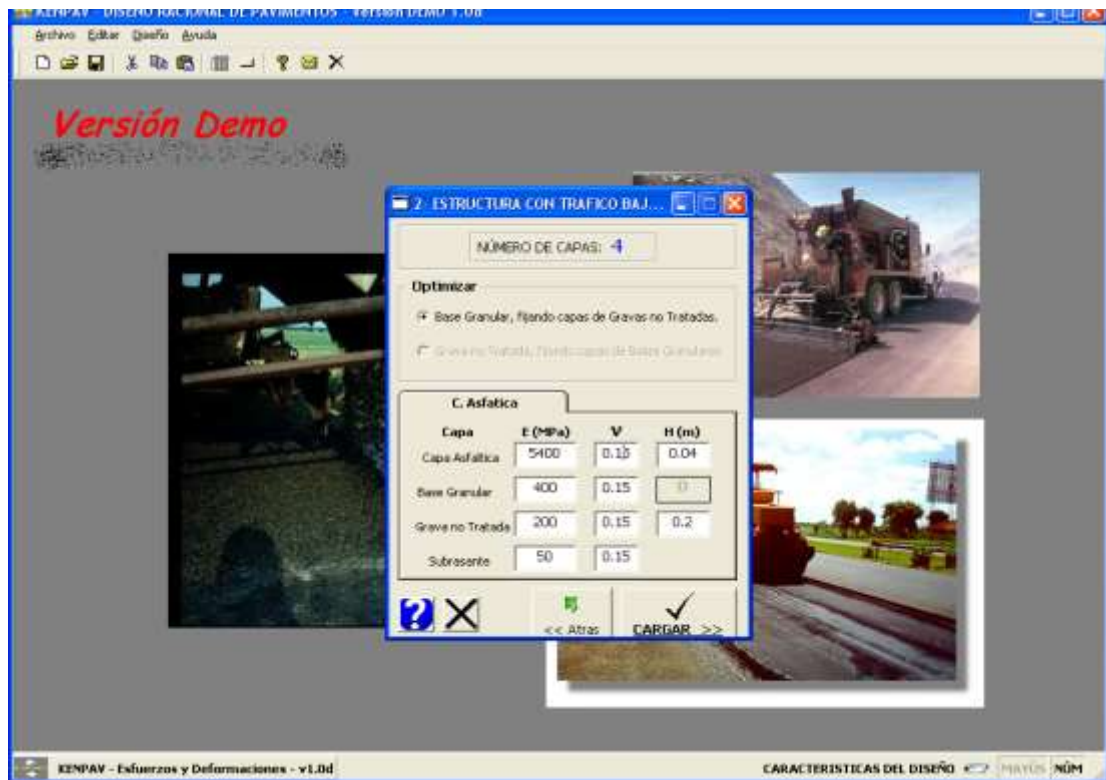
MJA= 15 veh/día

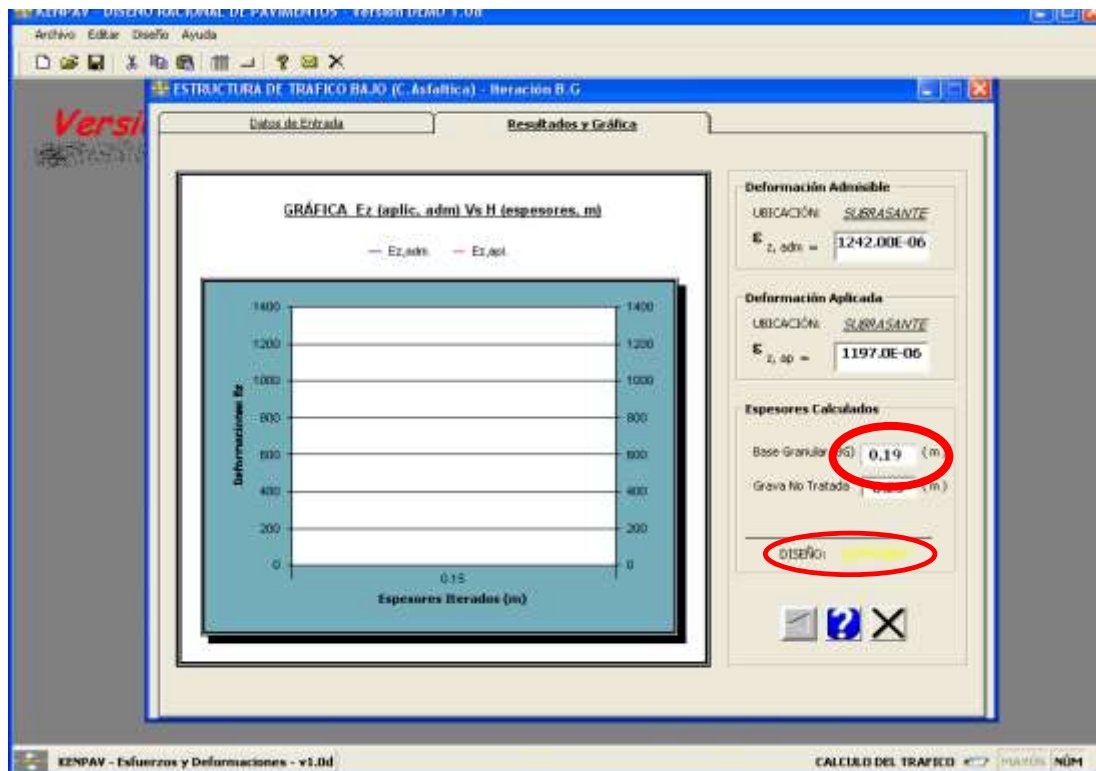
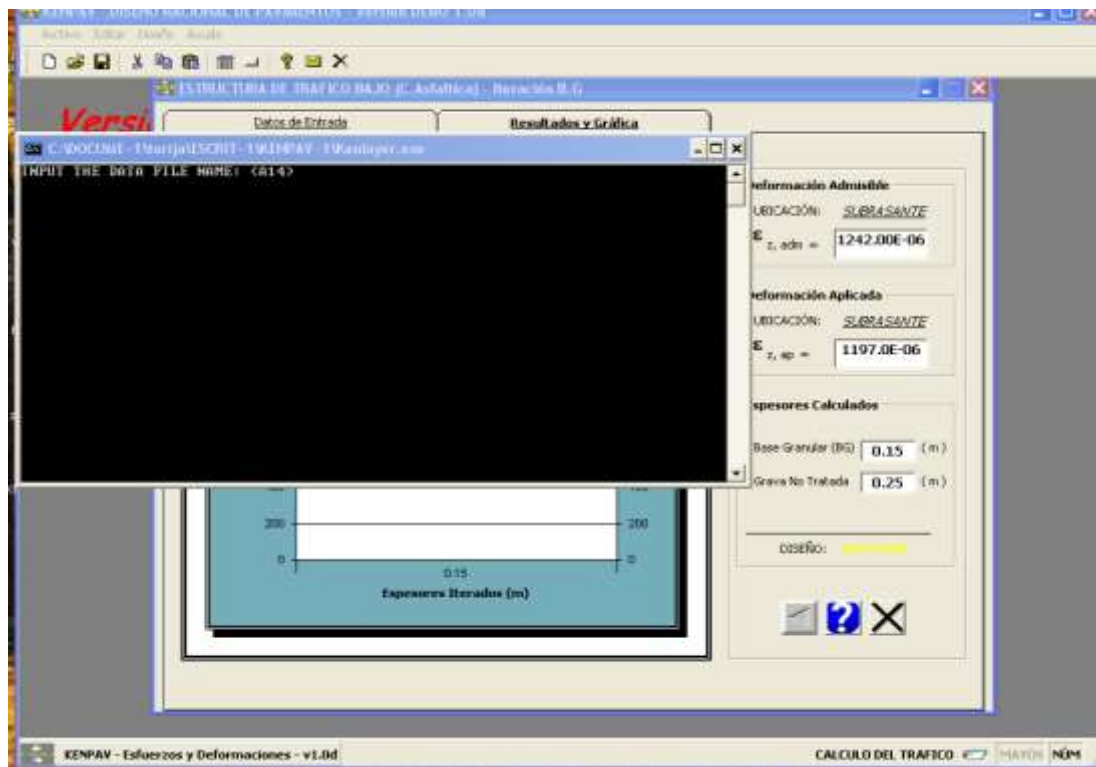
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







Deformación Admisible
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, adm} = 1192.73E-06$

Deformación Aplicada
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, ap} = 1149.0E-06$

Espesores Calculados
 Base Granular (BG) 0.20 (m)

Deformación Admisible
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, adm} = 1165.80E-06$

Deformación Aplicada
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, ap} = 1150.0E-06$

Espesores Calculados
 Base Granular (BG) 0.20 (m)

Deformación Admisible
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, adm} = 1262.17E-06$

Deformación Aplicada
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, ap} = 1253.0E-06$

Espesores Calculados
 Base Granular (BG) 0.19 (m)

Deformación Admisible
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, adm} = 1362.03E-06$

Deformación Aplicada
 UBICACIÓN: SIERRA SANTE
 $\epsilon_{z, ap} = 1197.0E-06$

Espesores Calculados
 Base Granular (BG) 0.18 (m)

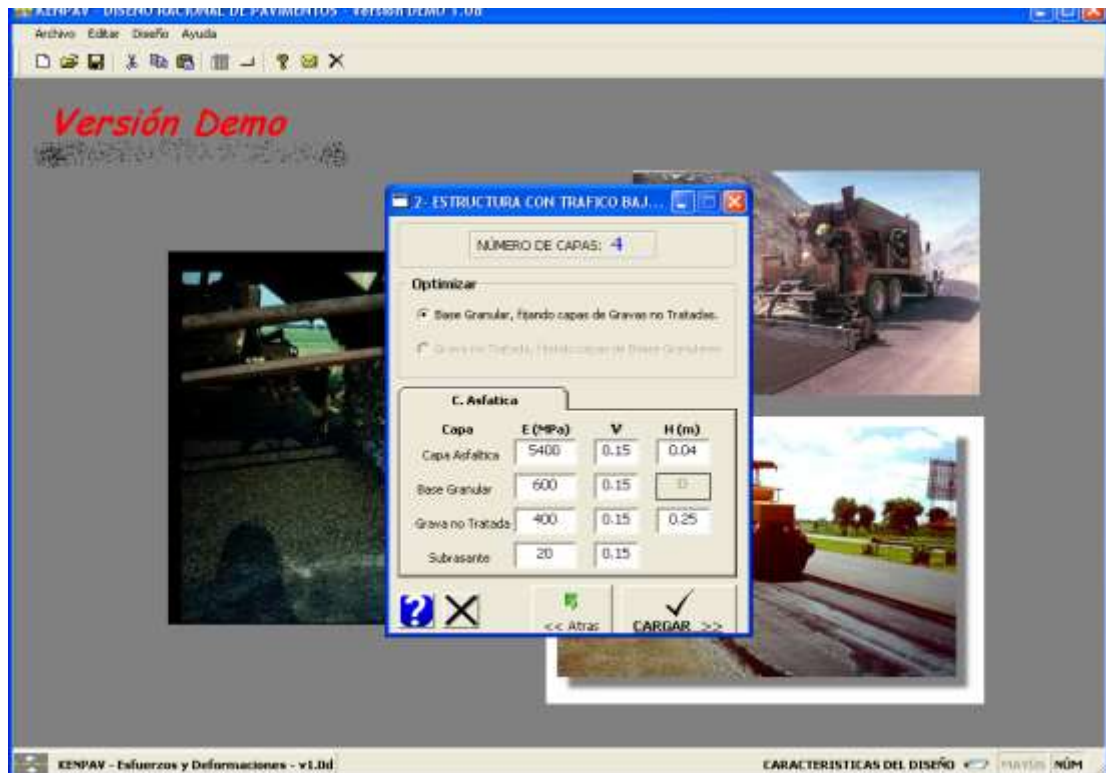
Tramo Puente Jarcas - Junacas

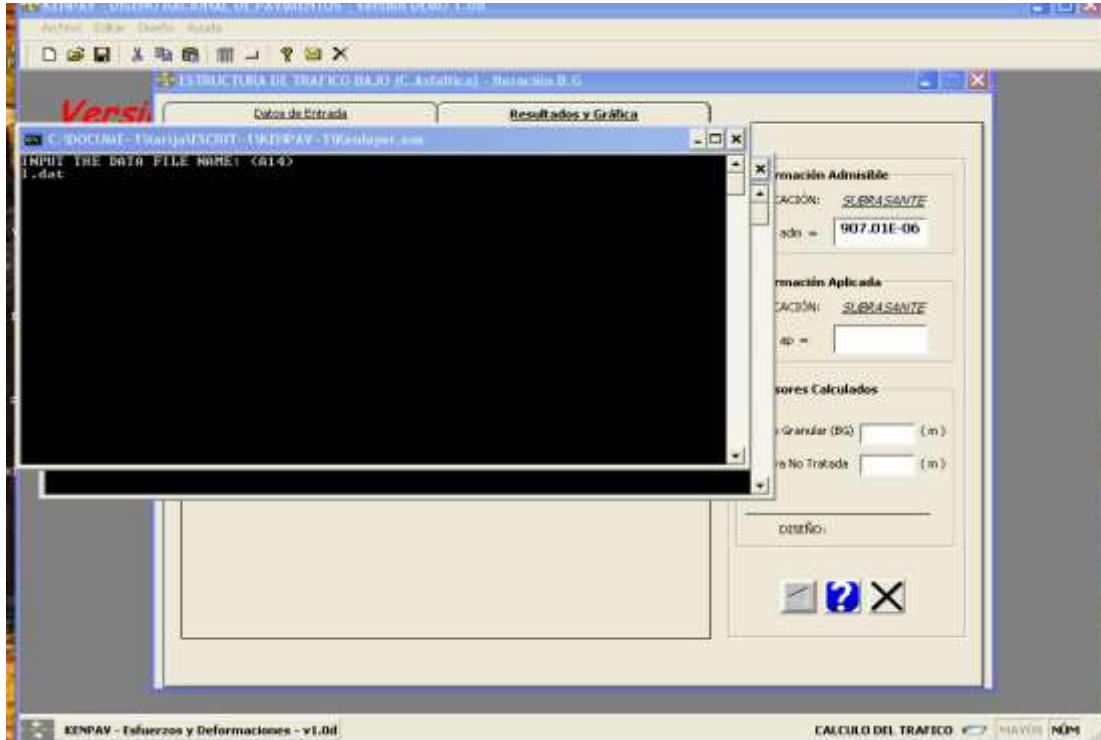
MJA= 62 veh/día

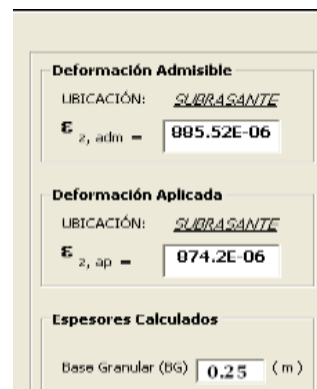
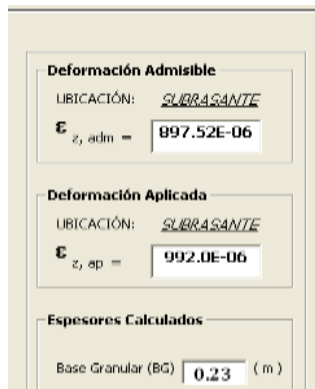
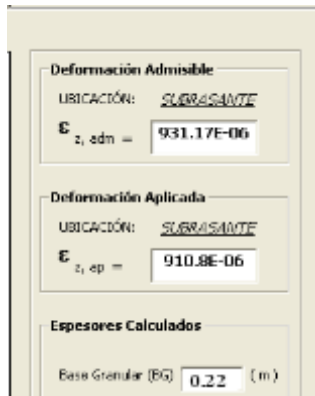
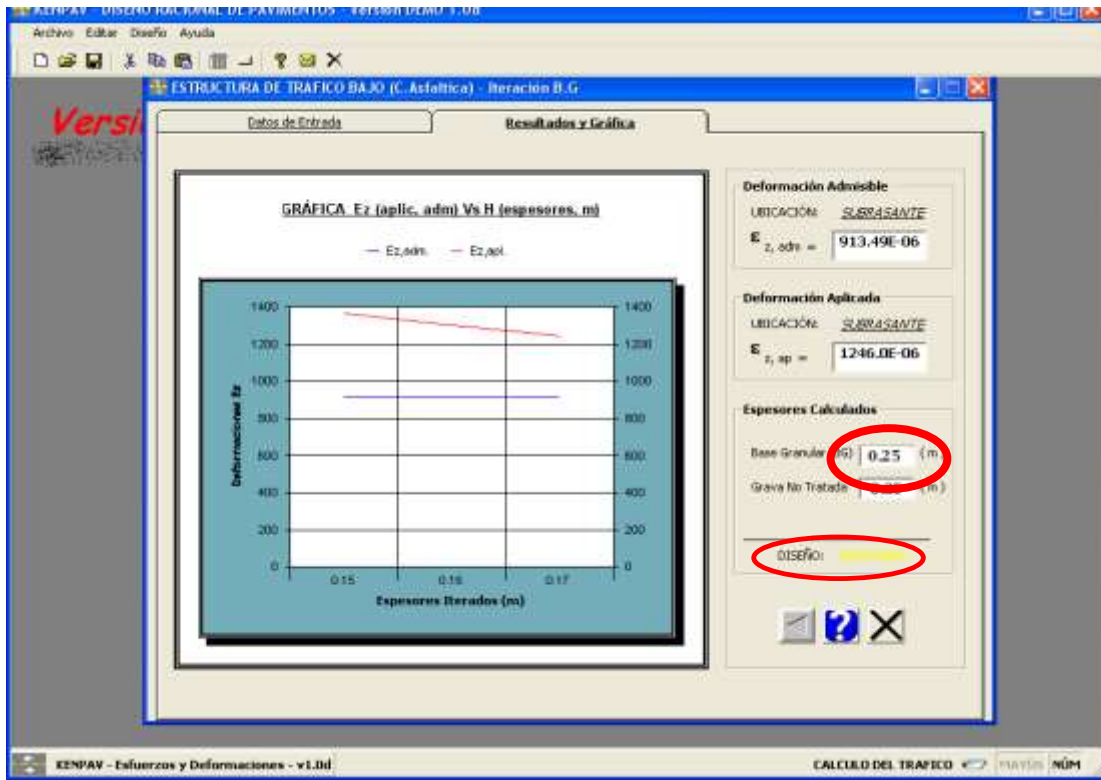
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







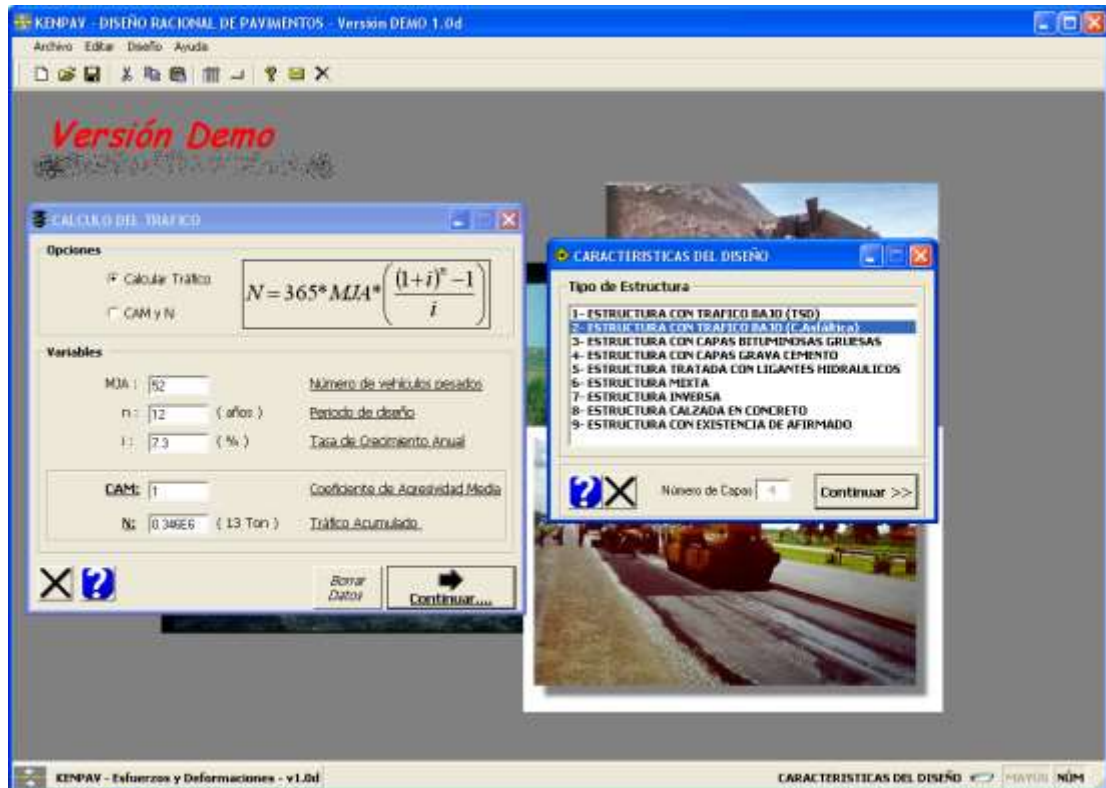
Tramo Junacas – Piedra Larga

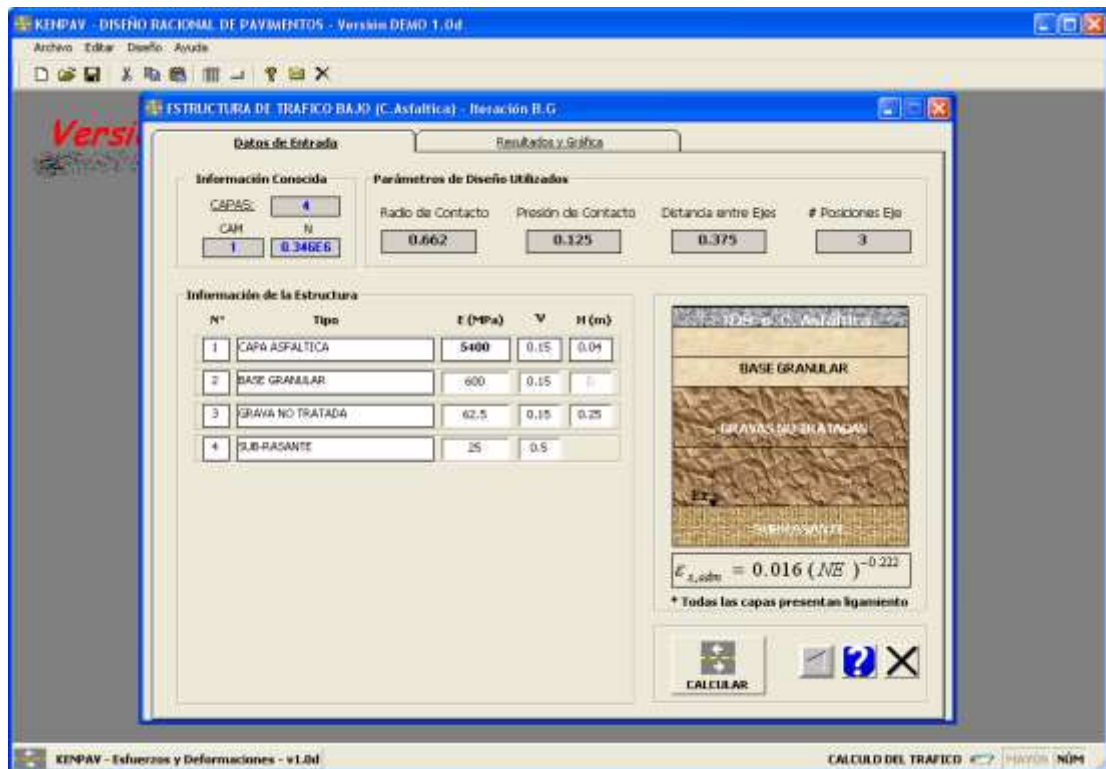
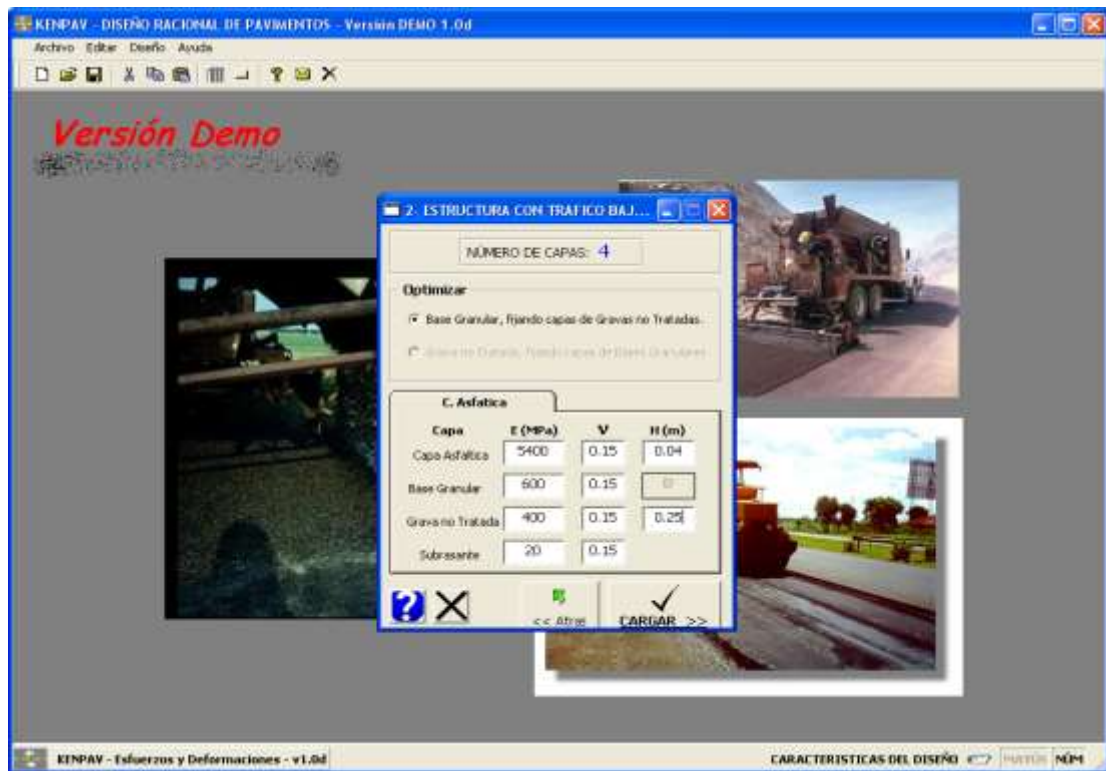
MJA= 52 veh/dia

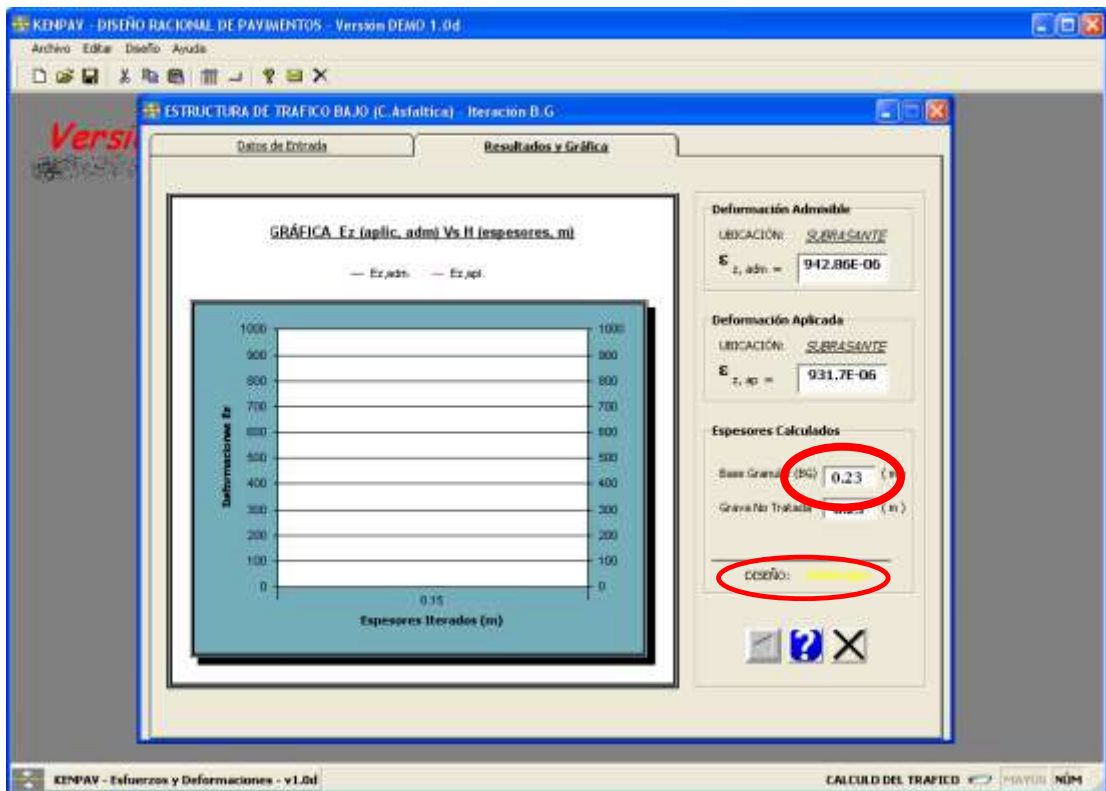
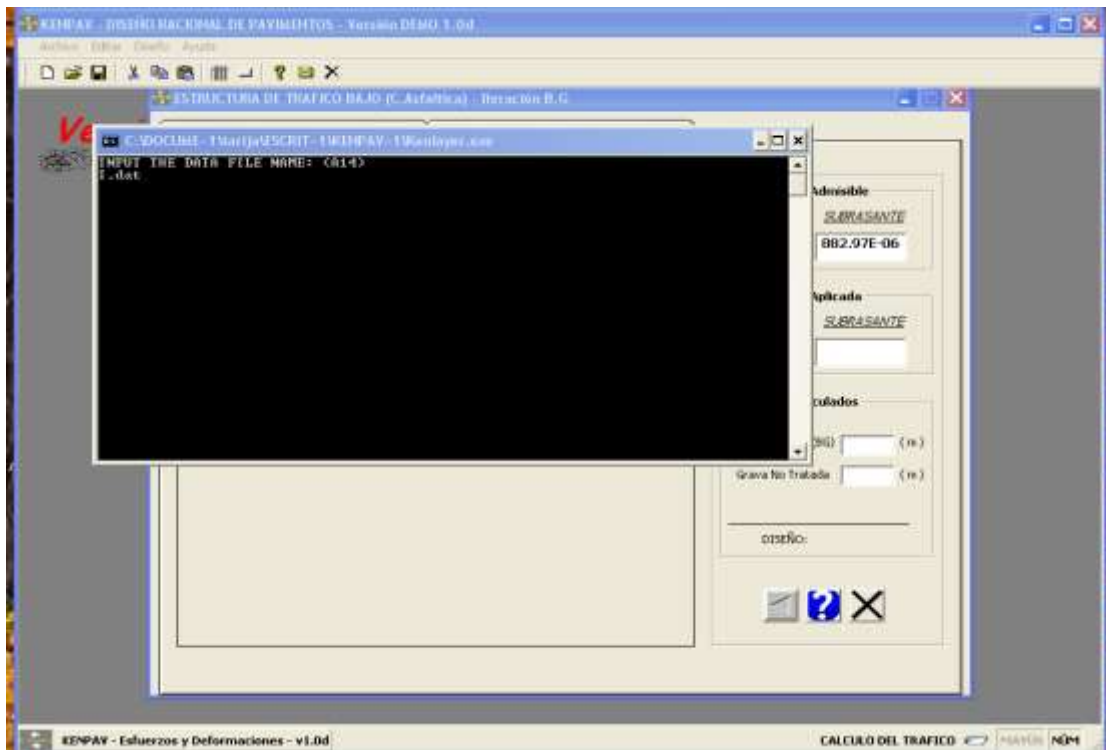
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<input type="text" value="931.17E-06"/>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<input type="text" value="910.8E-06"/>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<input type="text" value="0.23"/> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<input type="text" value="920.76E-06"/>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<input type="text" value="910.8E-06"/>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<input type="text" value="0.25"/> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<input type="text" value="973.91E-06"/>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<input type="text" value="960.5E-06"/>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<input type="text" value="0.25"/> (m)

Deformación Admisible	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, adm}$	<input type="text" value="960.02E-06"/>
Deformación Aplicada	
UBICACIÓN:	<u>SUBRASANTE</u>
$\epsilon_{z, ap}$	<input type="text" value="992.9E-06"/>
Espesores Calculados	
Base Granular (BG)	<input type="text" value="0.20"/> (m)

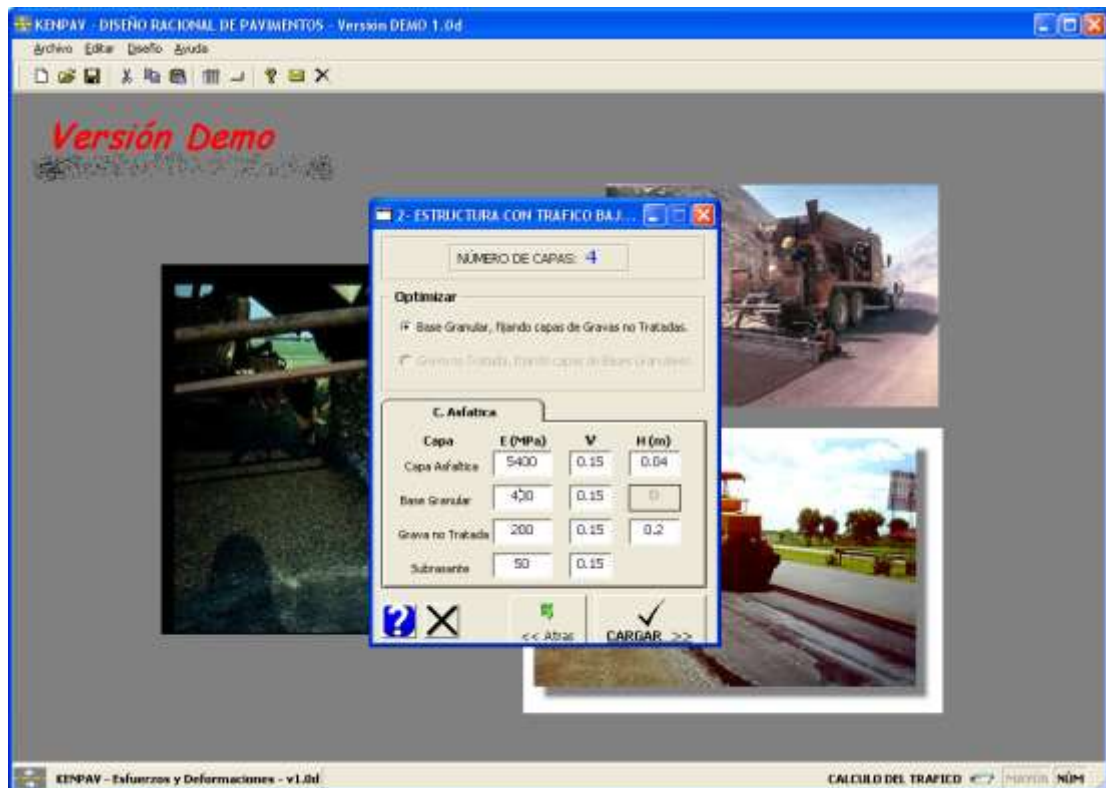
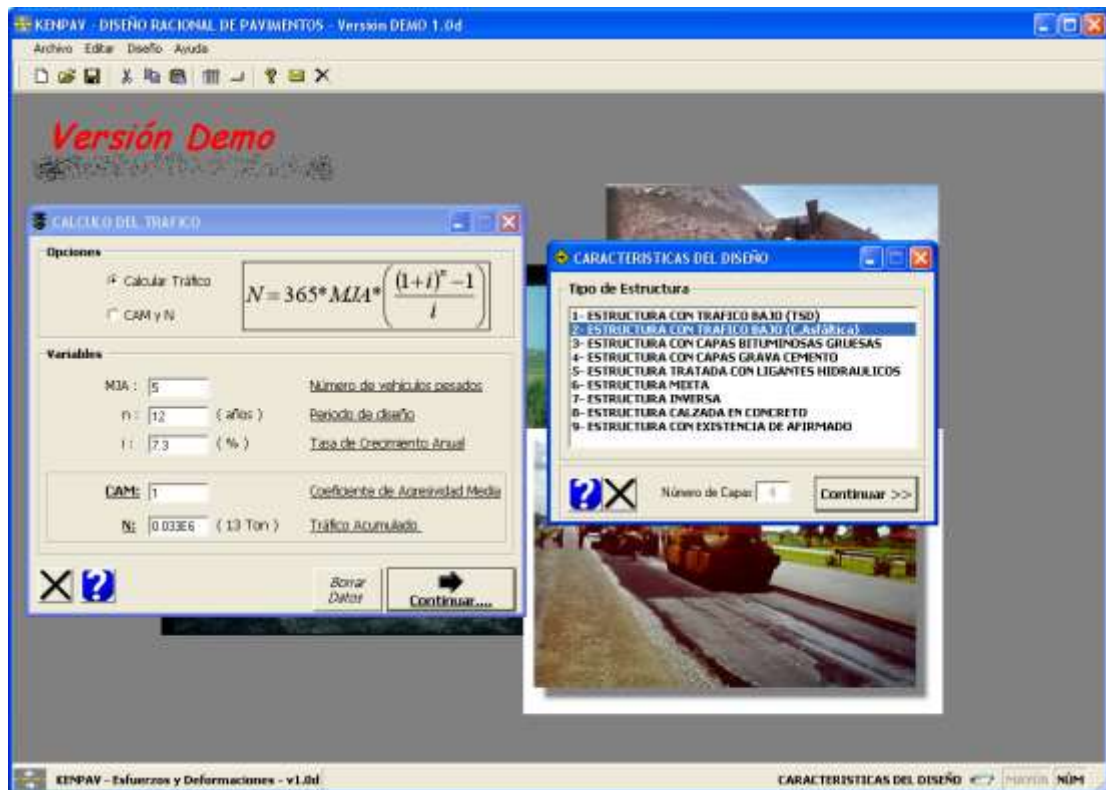
Tramo Tunal - Alisos

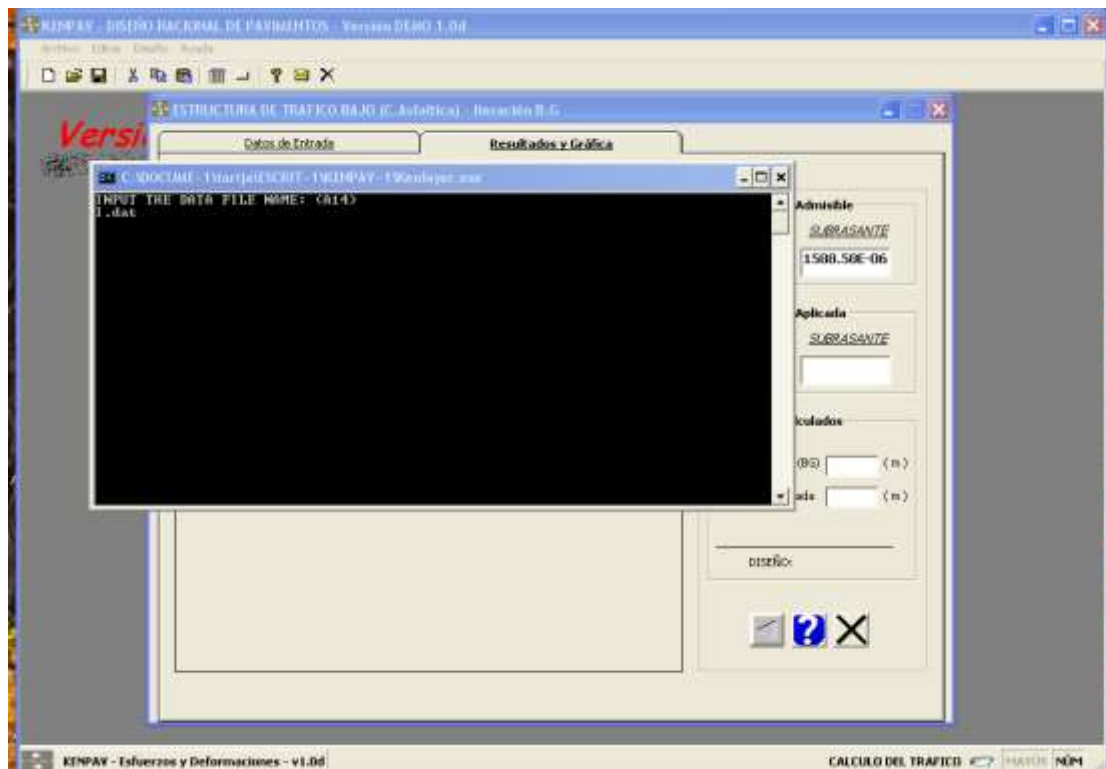
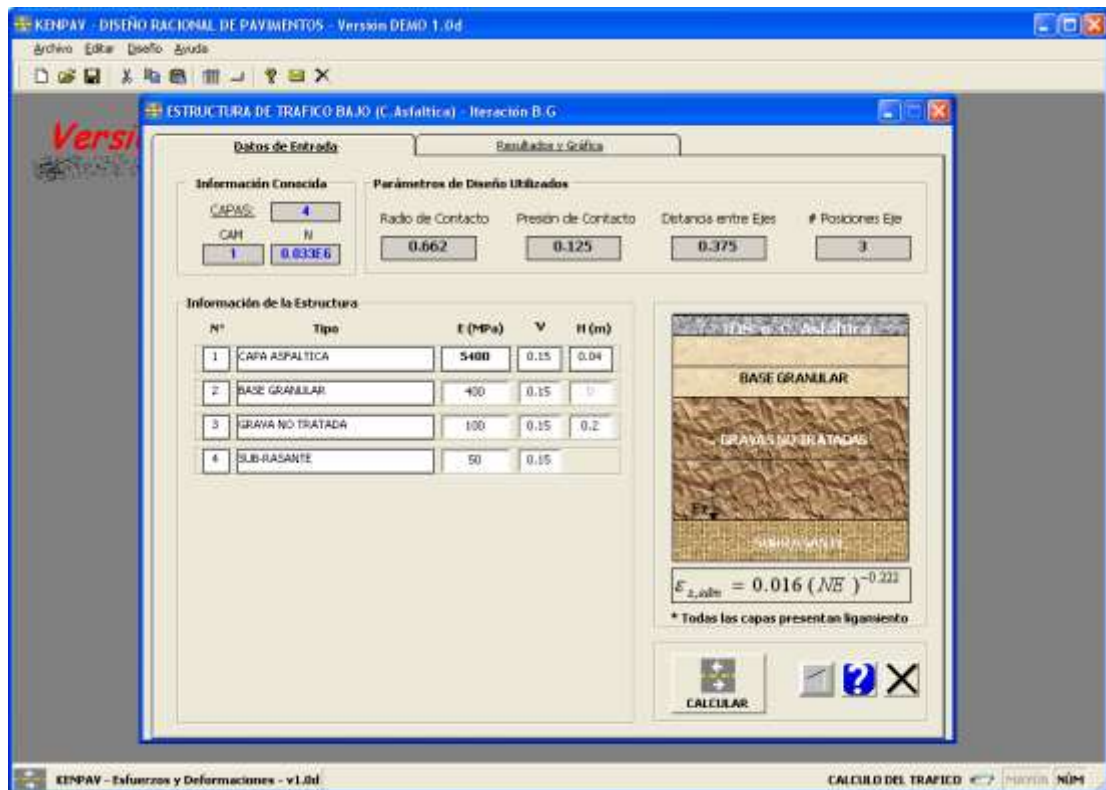
MJA= 52 veh/dia

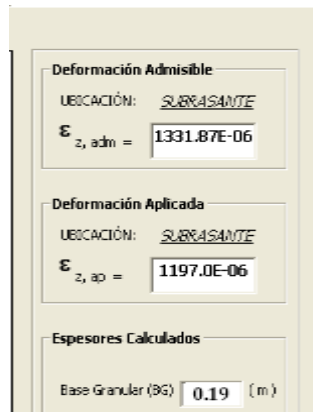
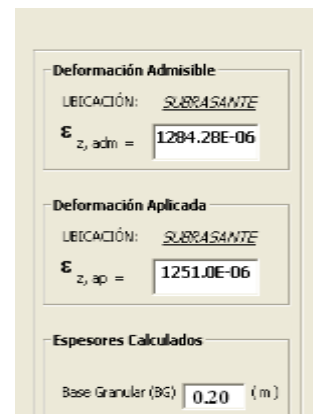
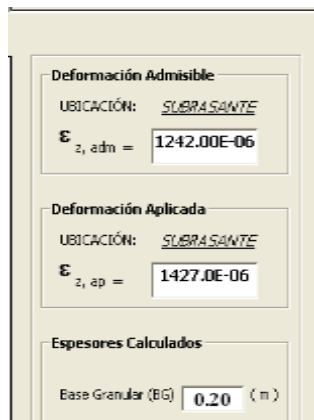
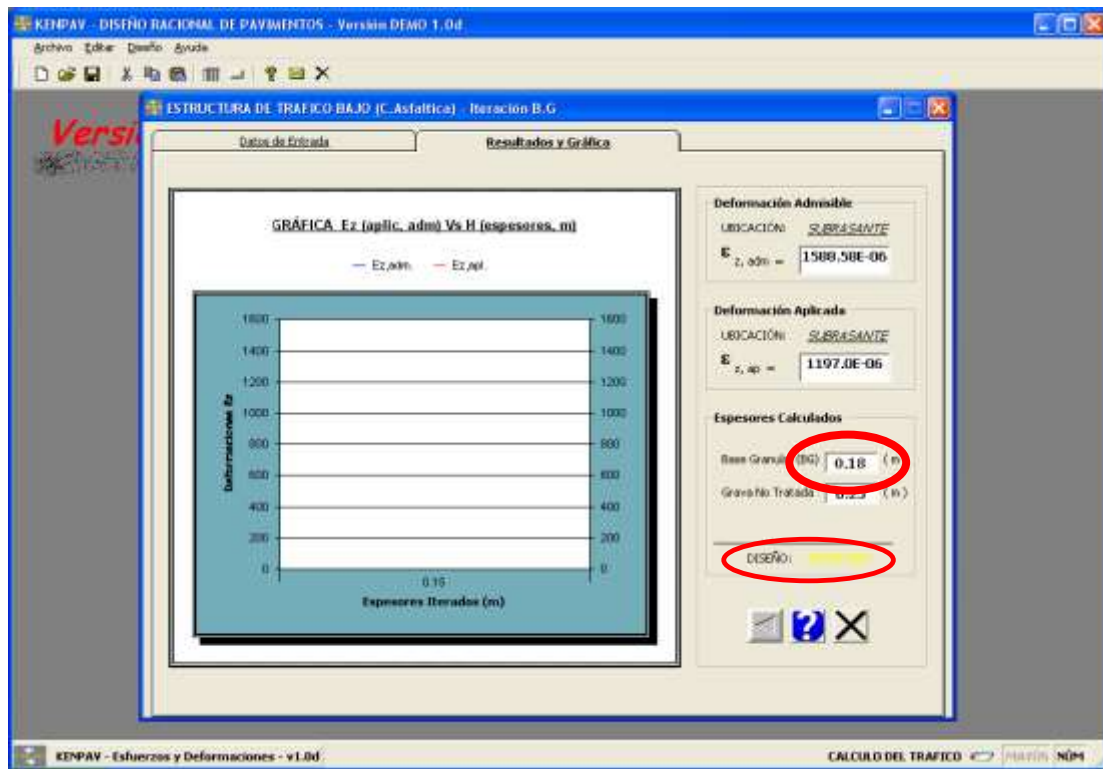
Tasa de crecimiento anual = 7.3%

Periodo de diseño = 12 años

Coefficiente de Agresividad Media = 1







Con los datos obtenidos a través del programa se pudo obtener el valor del tráfico acumulado (N), de todos los tramos analizados nos dan diferentes valores de los espesores, el espesor asumido va a ser el de donde pasan un mayor número de vehículos pesados escogiendo el mayor espesor obtenido con el programa, así como resultados del análisis lo siguiente:

Cuadro 11. Ensayos, MJA Y Espesores De Los Tramos En Estudio

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPEORES (m)
Santa Ana - Yesera	1	10	0,18
		20	0,19
		25	0,2
Santa Ana - Yesera	2	14	0,18
		19	0,19
		23	0,2
Santa Ana - Yesera	3	13	0,18
		20	0,19
		24	0,2
Santa Ana - Yesera	4	15	0,18
		20	0,19
		25	0,2
Santa Ana - Yesera	5	14	0,18
		19	0,19
		23	0,2

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPEORES (m)
Tolomosa - Pampa Redonda	6	12	0,18
		16	0,19
		22	0,2
Tolomosa - Pampa Redonda	7	14	0,18
		19	0,19
		25	0,2
Tolomosa - Pampa Redonda	8	11	0,18
		15	0,19
		22	0,2
Tolomosa - Pampa Redonda	9	10	0,18
		16	0,19
		23	0,2
Tolomosa - Pampa Redonda	10	14	0,18
		19	0,19
		25	0,2

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPEORES (m)
Pampa Redonda - Tunal	11	10	0,18
		15	0,19
		20	0,2
Pampa Redonda - Tunal	12	8	0,18
		14	0,19
		18	0,2
Pampa Redonda - Tunal	13	10	0,18
		15	0,19
		20	0,2
Pampa Redonda - Tunal	14	9	0,18
		14	0,19
		19	0,2
Pampa Redonda - Tunal	15	10	0,18
		15	0,19
		20	0,2

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPESORES (m)
Puente Jarcas - Junacas	16	50	0,2
		58	0,22
		65	0,25
Puente Jarcas - Junacas	17	48	0,2
		55	0,22
		68	0,25
Puente Jarcas - Junacas	18	52	0,21
		59	0,23
		69	0,25
Puente Jarcas - Junacas	19	50	0,2
		57	0,22
		66	0,25
Puente Jarcas - Junacas	20	50	0,2
		55	0,23
		65	0,25

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPESORES (m)
Junacas -Piedra larga	21	48	0,2
		53	0,22
		60	0,25
Junacas -Piedra larga	22	48	0,2
		55	0,23
		62	0,25
Junacas -Piedra larga	23	52	0,21
		59	0,23
		65	0,25
Junacas -Piedra larga	24	47	0,2
		50	0,22
		60	0,25
Junacas -Piedra larga	25	48	0,2
		55	0,23
		65	0,25

TRAMO	ENSAYO	MJA	ESPESORES (m)
Tunal - Alisos	26	5	0,18
		10	0,19
		15	0,2
Tunal - Alisos	27	5	0,18
		10	0,19
		15	0,2
Tunal - Alisos	28	4	0,18
		9	0,19
		13	0,2
Tunal - Alisos	29	8	0,18
		11	0,19
		15	0,2
Tunal - Alisos	30	8	0,18
		11	0,19
		15	0,2

4.6.2 MÉTODO DE CBR

Cálculos de los espesores por el método de CBR:

Datos de entrada

Este método se basa en las características del valor soporte de cada capa de la carretera por eso nos da datos del CBR, también está en función de la carga por rueda. Con ambos valores se entra al ábaco y se encuentra los espesores.

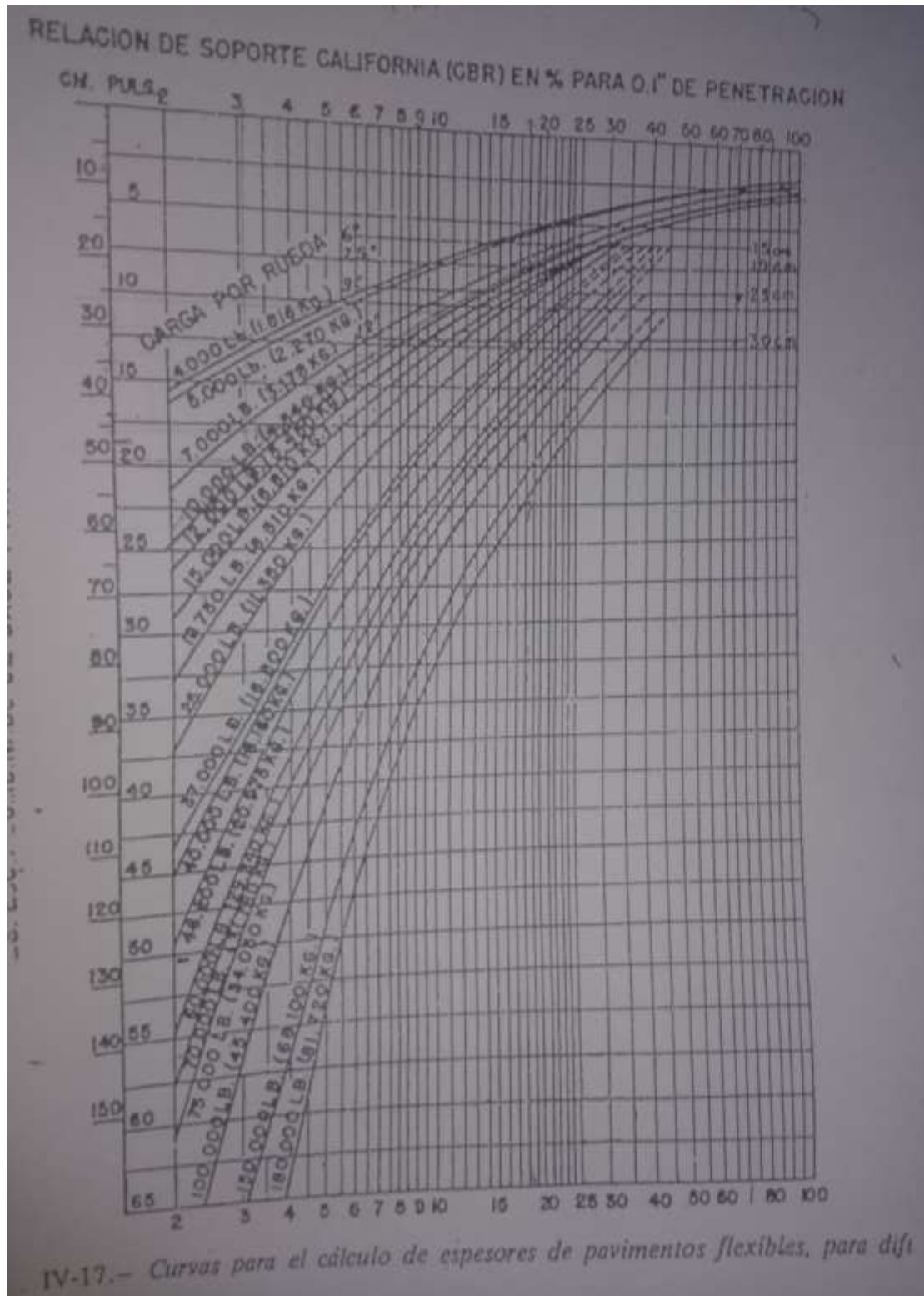
El vehículo tipo de diseño tiene una carga por eje de 18000 lb, cuyas condiciones de la subrasante y subrasante a mejorar.

Como tenemos la carga por eje la dividimos entre 2 y tenemos la carga por eje:

Carga rueda: 9000 lb

Para hallar los espesores por medio de este método se utiliza el siguiente ábaco:

Figura 27. Recilacion de Soporte California (CBR) en % Para 0.1" de Penetracion



TRAMO SANTA ANA – YESERA

$$CBR_{SR} = 3.7\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 3.7\% \longrightarrow H_1 = 46 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 46 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 46 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 20 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 20 = 46 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

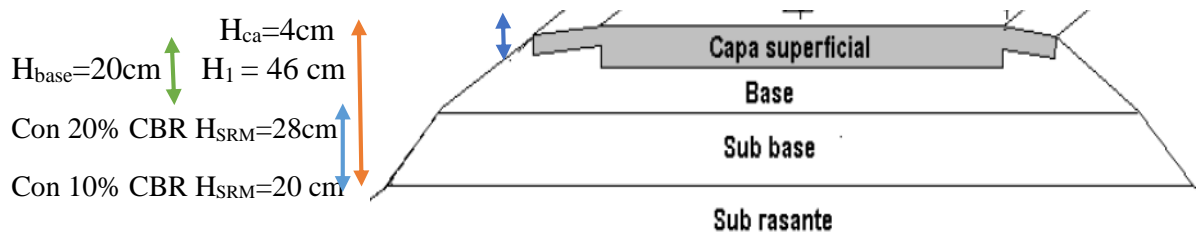
$$H_1 = 46 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 46 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 28 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 28 = 46 \text{ cm}$$



TRAMO TOLOMOSA – PAMPA REDONDA

$$CBR_{SR} = 2\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 2\% \longrightarrow H_1 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 34 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 34 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

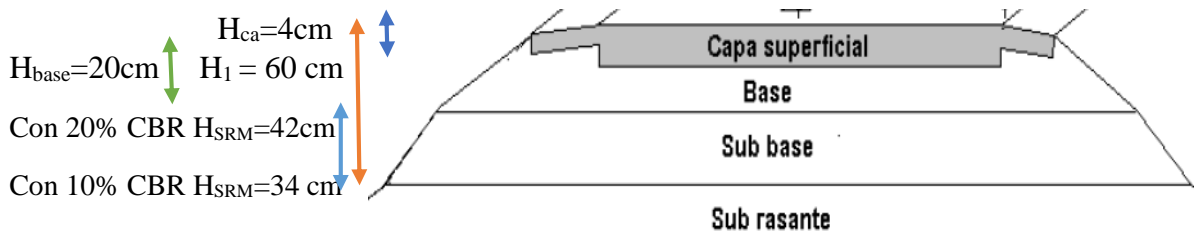
$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 42 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 42 = 60 \text{ cm}$$



TRAMO PAMPA REDONDA – TUNAL

$$CBR_{SR} = 2\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 2\% \longrightarrow H_1 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 34 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 34 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

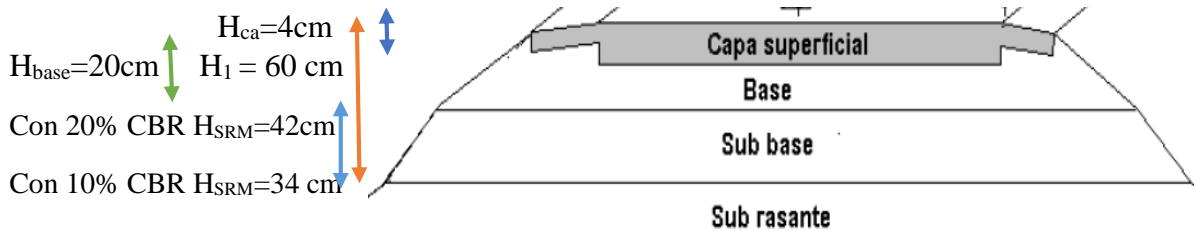
$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 42 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 42 = 60 \text{ cm}$$



TRAMO PUENTE JARCAS – JUNACAS

$$CBR_{SR} = 3.1\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 3.1\% \longrightarrow H_1 = 50 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 50 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 50 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 24 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 24 = 50 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

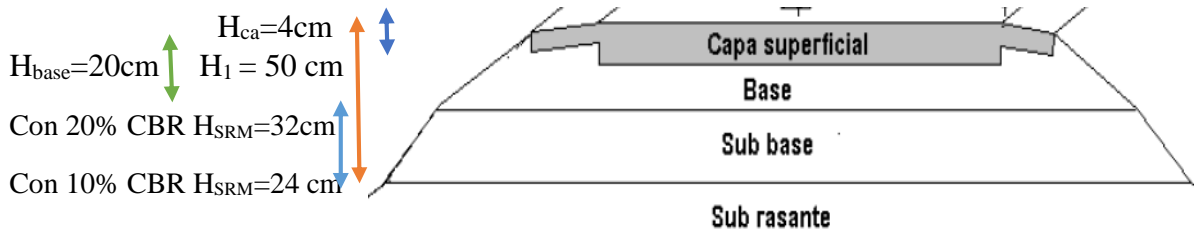
$$H_1 = 50 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 50 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 32 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 32 = 50 \text{ cm}$$



TRAMO JUNACAS – PIEDRA LARGA

$$CBR_{SR} = 3.1\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 3.1\% \longrightarrow H_1 = 50 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 50 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 50 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 24 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 24 = 50 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

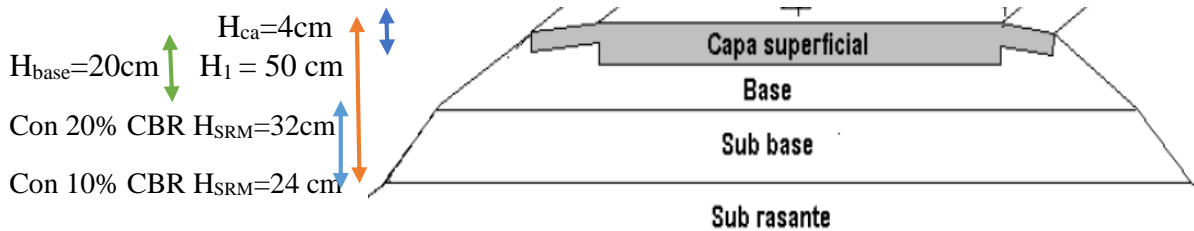
$$H_1 = 50 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 50 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 32 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 32 = 50 \text{ cm}$$



TRAMO TUNAL – ALISOS

$$CBR_{SR} = 2\%$$

Entrando al abaco de RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) EN % PARA 0.1'' DE PENETRACION

$$CBR_{SR} = 2\% \longrightarrow H_1 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 10\% \longrightarrow H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 26 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 26$$

$\Delta_{SRM} = 34 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 26 + 34 = 60 \text{ cm}$$

Mejorando un CBR con el:

$$CBR_{SRM} = 20\% \longrightarrow H_2 = 18 \text{ cm}$$

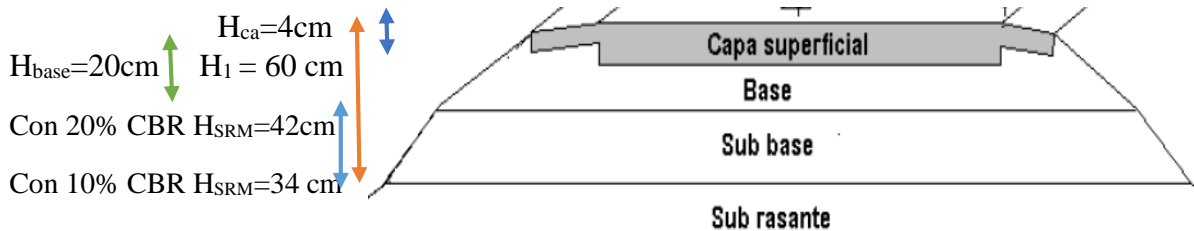
$$H_1 = 60 \text{ cm}$$

$$H_2 = 18 \text{ cm}$$

$$\Delta_{SRM} = H_1 - H_2 = 60 - 18$$

$\Delta_{SRM} = 42 \text{ cm}$ de altura se debe mejorar el terreno

$$\Delta_{SR} = 18 + 42 = 60 \text{ cm}$$



N°	Tipo	E (MPa)	v	H (m)
1	CAPA ASFALTICA	5400	0.15	0.04
2	BASE GRANULAR	600	0.15	0.2
3	GRAVA NO TRATADA	125	0.15	D
4	SUB-RASANTE	50	0.15	

Cuadro 12. Resultados De Los Espesores De La Subrasante Mejorada

Tramo	Altura total del pavimento (cm)	Subrasante Mejorada			Carpeta asfáltica (cm)	Base (cm)	Kenpav (subrasante) (cm)
		Con CBR =5% (cm)	Con CBR =10% (cm)	Con CBR =20% (cm)			
Santa Ana – Yesera	46	10	20	28	4	20	20
Tolomosa – Pampa Redonda	60	24	34	42	4	20	20
Pampa Redonda – Tunal	60	24	34	42	4	20	20
Puente Jarcas – Junacas	50	14	24	32	4	20	25
Junacas – Piedra Larga	50	14	24	32	4	20	25
Tunal – Alisos	60	24	34	42	4	20	20

Fuente: Elaboración Propia

Realizando el cálculo de los espesores por los métodos del método racional con el programa KENPAV y el método de CBR y haciendo un mejoramiento de CBR con el 5%, 10% y 20% obtenemos los resultados en el anterior cuadro de los espesores

calculados, vemos diferentes espesores que dieron como resultados aplicando los diferentes métodos.

Los espesores para adoptados para cada tramo adoptamos el espesor mayor calculado para mayor seguridad al paso de los vehículos que circulan por los diferentes tramos en estudio. El espesor adoptado es el de método racional (KENPAV)

Valores adoptados de los espesores en cm.

Método Racional (Kenpav)

TRAMO	SUBRASANTE
Santa Ana - Yesera	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Tolomosa – Pampa Redonda	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Pampa Redonda – Tunal	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Puente Jarcas – Junacas	25 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Junacas – Piedra Larga	25 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Tunal – Alisos	20 cm

4.7.- CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

En un pavimento de asfalto, o flexible, la subbase es la capa de material que se construye directamente sobre la subrasante y que está formada por un material de mejor calidad que el de aquella, obtenido en la generalidad de los casos de depósitos cercanos a la obra.

La subbase tiene como función:

- a) Reducir el costo del pavimento disminuyendo el espesor de la base que se construye, generalmente, con materiales de mayor costo por tener que cumplir con especificaciones más rígidas.
- b) Proteger a la base aislándola de la subrasante ya que cuando esta está formada por material fino y plástico (generalmente es el caso) y cuando la base es de textura abierta, de no existir el aislamiento dado por el material de subbase, le material de la subrasante se introducirá en la base pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que se disminuirá la resistencia estructural de la base. El aislamiento producido por la subbase no solo consiste en evitar que los finos plásticos de la subrasante se introduzcan en la base de textura abierta, sino también en evitar los bufamientos y revoltura de ambos materiales cuando se usan piedras trituradas o gravas de río para formar la base.
- c) En caminos en construcción frecuentemente se construye la subbase, que propiamente es un revestimiento provisional, para tener una superficie de rodamiento que facilite, en cualquier época del año, el paso del equipo de construcción y de los vehículos que transiten por el camino antes de quedar pavimentado. Si el revestimiento provisional una vez que ha estado en servicio reúne las condiciones de calidad para subbase, este espesor debe tomarse en

cuenta al proyectar el espesor total del pavimento, de lo contrario debe dejarse como parte de la subrasante.

La base es la capa de material que se construye sobre la subbase o, a falta de esta, sobre la subrasante, debiendo estar formada por materiales de mejor calidad que el de la subbase. Los principales requisitos que debe satisfacer la capa de base son los que siguen:

- a) Tener en todo tiempo la resistencia estructural para soportar las presiones que le sean transmitidos por los vehículos estacionados o en movimiento.
- b) Tener el espesor necesario para que dichas presiones al ser transmitidas a la subbase o a la subrasante, no excedan la resistencia estructural de estas.
- c) No presentar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad.

La carpeta asfáltica es la capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base para satisfacer las funciones siguientes:

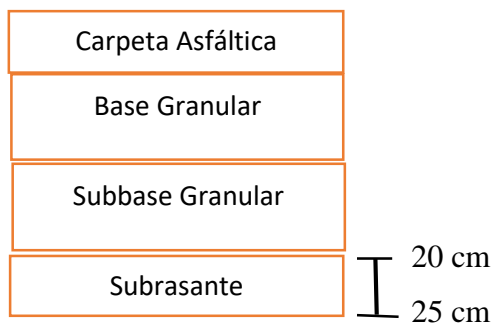
- a) Proporcionar la superficie de rodamiento adecuada que permita, en todo tiempo, un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
- b) Impedir la infiltración del agua de lluvia hacia las capas inferiores, para impedir que el agua disminuya su capacidad para soportar cargas.
- c) Resistir la acción destructora de los vehículos y de los agentes climáticos.

Analizando el diseño de todos los tramos en estudio tenemos que nos dio los valores del CBR al 95% con los de CBR 1.3% al 8.8% de los tramos realizados, dándonos las clasificaciones de los suelos para todos los tramos un A – 4, A – 5, A – 6, A – 7 – 5 y A – 7 – 6.

Analizando los espesores calculados para los diferentes tramos en estudio tenemos como resultado los espesores obtenidos por los diferentes métodos aplicados tenemos como resultado lo siguiente:

Tramo	Altura total del pavimento (cm)	Subrasante Mejorada			Carpeta asfáltica (cm)	Base (cm)	Kenpav (subrasante) (cm)
		Con CBR =5% (cm)	Con CBR =10% (cm)	Con CBR =20% (cm)			
Santa Ana – Yesera	46	10	20	28	4	20	20
Tolomosa – Pampa Redonda	60	24	34	42	4	20	20
Pampa Redonda – Tunal	60	24	34	42	4	20	20
Puente Jarcas – Junacas	50	14	24	32	4	20	25
Junacas – Piedra Larga	50	14	24	32	4	20	25
Tunal – Alisos	60	24	34	42	4	20	20

El espesor o la altura a excavar de la subrasante para los tramos de Santa Ana – Yesera, Tolomosa – Pampa Redonda, Pampa Redonda – Tunal y Tunal – Alisos es de 20 cm de altura que vamos a mejorar. En los tramos de Puente Jarcas – Junacas y Junacas – Piedra Larga el espesor es de 25 cm de altura que se quiere mejorar en la subrasante.



20 cm a excavar o mejorar la subrasante en los tramos Santa Ana – Yesera, Tolomosa – Pampa Redonda, Pampa Redonda – Tunal y Tunal – Alisos.

25 cm a excavar o mejorar la subrasante en los tramos de Puente Jarcas – Junacas y Junacas – Piedra Larga.

Los métodos utilizados para obtener los espesores son el Método Racional con el uso del programa (KENPAV), el método de Dr. Westergaard, el del Dr. Gerald Pickett, el de Royall D. Bradbury y el método de E. F. Kelley. Analizando cada uno de los métodos utilizados para calcular el espesor no varía mucho los espesores en cada método, pero utilizamos el mayor espesor que es el del método racional para una mejor seguridad al hacer el diseño de la subrasante a mejorar en cada tramo de estudio.

En el método racional para calcular los espesores hacemos variar el número de vehículos pesados que van a circular por los tramos y teniendo el periodo de diseño el índice de crecimiento y la agresividad media que se saca de tablas.

Teniendo un CBR de 0 a 3% es un suelo muy pobre y el uso para esta es para subrasante. Un CBR de 3 al 7% un suelo de pobre a regular que su uso también es para subrasante y un CBR de 7 al 20% es un suelo regular y el uso que se da para esto es de las subbases.

La capa de material granular proporcionara a la subrasante una mayor capacidad de carga debido a que se disminuye la capacidad de la presión sobre ella al aumentarse el área de repartición de esfuerzos. Esta capa de material granular le dará también una cierta protección a la subrasante en cuanto a la infiltración se prefiere, pero no es una protección total ya que un exceso de agua a través del revestimiento llega a afectar la estabilidad de la subrasante, y por lo tanto se presentarán asentamientos a no ser que se coloque un espesor muy fuerte de revestimiento que entonces resultaría antieconómico.

La carpeta asfáltica que se coloque sobre el revestimiento servirá para proporcionar una superficie de rodamiento que evita al máximo posible las pérdidas de

materiales por la acción abrasiva de las llantas de los vehículos en movimiento, proporciona una superficie lisa, cómoda, flexible y resistente a la meteorización.

4.8.- ANALISIS DE RESULTADOS

4.8.1.- MATERIALES

El análisis de los diferentes ensayos realizados en el laboratorio de suelos donde se realizaron los siguientes ensayos:

- Clasificación de los suelos (clasificación AASTHO)
- Granulometría (método del lavado)
- Límites de Atterberg
- Compactación de suelos, medida de la humedad óptima y la densidad máxima (ensayo proctor modificado Compactación de suelos, medida de la humedad óptima y la densidad máxima (ensayo proctor modificado T – 180)
- Ensayo de CBR

Para la determinación de la subrasante mejorada deberán tener un diámetro máximo de partícula de 7 cm. El índice de soporte californiano (CBR), determinado por el ensayo ASSTHO con energía de compactación del ensayo de ASSTHO T- 180 y la densidad seca correspondiente al 95% de la máxima determinada en los ensayos deberá ser mayor que la considerada para el dimensionamiento del pavimento en la sección representativa donde se realiza la regularización y la expansión del material deberá ser inferior al 2%.

Cuadro 13. Clasificación De La Subrasante En Función Del CBR

CBR	CLASIFICACIÓN
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 - 80	Base buena

Cuadro 14. Clasificación De Los Suelos Según AASTHO

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.	PLÁSTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP \geq 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Cuadro 15. Clasificación General, Usos Y Clasificación ASSTHO En Función Del CBR

CBR	Clasificación general	Usos	Clasificación
			ASSTHO
0 – 3	Muy pobre	subrasante	A-5, A-6, A-7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	A-4, A-5, A-6, A-7
7 – 20	Regular	Subbase	A-2, A-4, A-6, A-7
20 – 50	Bueno	Base, subbase	A-1b, A-2-5, A-3
>50	excelente	Base	A-1 ^a , A-2-4, A-3

Con los resultados obtenidos con la realización de los ensayos tenemos:
Clasificación

Cuadro 16. Resultados Obtenidos Del CBR Y La Clasificación

Tramo	Santa Ana - Yesera		Tolomosa - Pampa Redonda	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 4	5,1	A - 6	5,0
2	A - 4	2,9	A - 7 - 6	4,5
3	A - 4	4,4	A - 7 - 5	1,3
4	A - 6	3,3	A - 4	1,4
5	A - 4	3,1	A - 7 - 5	0,9

Tramo	Pampa Redonda - Tunal		Puente Jarcas - Junacas	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 6	5,7	A - 7 - 6	3,0
2	A - 7 - 5	4,7	A - 4	4,4
3	A - 6	2,6	A - 5	9,6
4	A - 4	8,8	A - 6	2,7
5	A - 4	6,6	A - 6	2,6

Tramo	Junacas - Piedra larga		Tunal - Alisos	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 7 - 5	3,0	A - 4	4,8
2	A - 4	4,7	A - 6	2,4
3	A - 4	4,5	A - 7 - 6	3,1
4	A - 6	2,7	A - 4	3,8
5	A - 6	2,7	A - 4	4,5

Como podemos observar para todos los tramos tenemos una subrasante pobre regular ya que están en el rango de clasificación A-4, A-5, A-6 y A-7, y los CBR están en los rangos de 3 a 7.

4.8.2 MÉTODO MECANÍCISTA

Cuadro 17. Cuadro Resumen Del Kenpav

	DATOS DE ENTRADA
	MECANÍCISTA
Tráfico	Número De Vehículos Pesados
	Coficiente De Agresividad
Estructura	Modulo De Elasticidad
	Coficiente De Poisson
	Altura
Clima	No Se Toma En Cuenta
	PROCESAMIENTO
	Calcula Deformaciones Admisibles
	Deformaciones Aplicadas
	Espesores
	RESULTADOS
	Espesores

Datos de entrada

Los datos de entrada del método de CBR son:

El vehículo tipo de diseño que se utiliza es el que tiene una carga por rueda o carga por eje de 18000 libras o 8.2 toneladas y el CBR calculado en el laboratorio.

Se ingresa con estos datos de las cargas por eje y el valor del CBR realizado en los ensayos de laboratorio al ábaco de relación de soporte california (CBR) en % para 0.1'' de penetración, se encuentra el espesor del pavimento y se hace un mejoramiento de la subrasante añadiendo material granular y aumento el CBR en 5%, 10% y 20%.

Aplicando el método de CBR y el programa kenpav nos dan los siguientes espesores:

Tramo	Altura total del pavimento (cm)	Subrasante Mejorada			Carpeta asfáltica (cm)	Base (cm)	Kenpav (subrasante) (cm)
		Con CBR =5% (cm)	Con CBR =10% (cm)	Con CBR =20% (cm)			
Santa Ana – Yesera	46	10	20	28	4	20	20
Tolomosa – Pampa Redonda	60	24	34	42	4	20	20
Pampa Redonda – Tunal	60	24	34	42	4	20	20
Puente Jarcas – Junacas	50	14	24	32	4	20	25
Junacas – Piedra Larga	50	14	24	32	4	20	25
Tunal – Alisos	60	24	34	42	4	20	20

En los diferentes tramos obtenemos diferentes espesores poniendo diferentes tipos de carga que vendrían a ser el número de vehículos pesados para el programa kenpav y observando para el método de CBR tenemos un espesor de subrasante mejorada, mejorándolo en 5, 10 y 20%, haciendo un análisis de los espesores adoptamos

el espesor del método racional ya que este método calcula el espesor de la subrasante que se tiene que colocar en la estructura del pavimento.

Haciendo un análisis de la subrasante mejorada aumentando los CBR en un 5, 10 y 20% observamos que la estructura puede funcionar mejorando la subrasante en un 10% esto por el menor espesor que se tendría que mejorar aumentando material granular.

los espesores escogidos son los siguientes para cada tramo:

TRAMO	SUBRASANTE
Santa Ana - Yesera	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Tolomosa – Pampa Redonda	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Pampa Redonda – Tunal	20 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Puente Jarcas – Junacas	25 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Junacas – Piedra Larga	25 cm

TRAMO	SUBRASANTE
Tunal – Alisos	20 cm

Como resultado final tenemos del presente trabajo tenemos un cuadro donde están los resultados finales obtenidos de las deformaciones admisibles y aplicadas y de los espesores de cada tramo en estudio.

Cuadro 18. Resultados De Deformación Admisible, Aplicada Y Espesores

TRAMO	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN	ESPESORES
	ADMISIBLE ($\epsilon_{z,adm}$)	APLICADA ($\epsilon_{z,ap}$)	(cm)
Santa Ana - Yesera	1109.83E-06	1104.0E-06	20
Tolomosa - Pampa Redonda	1130.10E-06	1120.0E-06	20
Pampa Redonda - Tunal	1165.80E-06	1150.0E-06	20
Puente Jarcas - Junacas	917.09E-06	910.8E-06	25
Junacas - Piedra larga	973.91E-06	960.5E-06	25
Tunal - Alisos	1284.28E-06	1251.0E-06	20

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

Luego de realizar la aplicación práctica con el programa Kenpav para encontrar el espesor de la subrasante en el proyecto estudiado se llegó a las siguientes conclusiones:

- Primeramente, se cumplió el objetivo general de realizar la obtención del espesor de la subrasante mejorada en suelos limo-arcillosos por el medio de métodos mecánicos.
- Los valores obtenidos mediante el laboratorio están dentro de los parámetros mínimos establecidos en consecuencia las subrasantes tienen las condiciones mínimas aceptables.
- Como podemos observar para todos los tramos tenemos una subrasante pobre regular ya que están en el rango de clasificación A-4, A-5, A-6 y A-7, y los CBR están en los rangos de 3 a 7 y de 0 a 3 que es una subrasante muy pobre.

Tramo	Santa Ana - Yesera		Tolomosa - Pampa Redonda	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 4	5,1	A - 6	5,0
2	A - 4	2,9	A - 7 - 6	4,5
3	A - 4	4,4	A - 7 - 5	1,3
4	A - 6	3,3	A - 4	1,4
5	A - 4	3,1	A - 7 - 5	0,9

Tramo	Pampa Redonda - Tunal		Puente Jarcas - Junacas	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 6	5,7	A - 7 - 6	3,0
2	A - 7 - 5	4,7	A - 4	4,4
3	A - 6	2,6	A - 5	9,6
4	A - 4	8,8	A - 6	2,7
5	A - 4	6,6	A - 6	2,6

Tramo	Junacas - Piedra larga		Tunal - Alisos	
	Clasificación	CBR	Clasificación	CBR
1	A - 7 - 5	3,0	A - 4	4,8
2	A - 4	4,7	A - 6	2,4
3	A - 4	4,5	A - 7 - 6	3,1
4	A - 6	2,7	A - 4	3,8
5	A - 6	2,7	A - 4	4,5

- Es necesario conocer que para las subrasantes es necesario que la expansión sea mínima y el porcentaje de CBR sea alto, tomando en cuenta como suelo confiable evitando el colapso por la poca resistencia y expansión de la arcilla o por la pérdida de resistencia por remoldeo.
- Si bien la subrasante cumple con las exigencias mecánicas mínimas para su construcción es necesario una mejora de sus características mecánicas, para garantizar que los mismos van a tener un funcionamiento permanente, especialmente en épocas de lluvias.
- Se realizó el dimensionamiento del espesor de la subrasante mejorada con el programa Kenpav y el método de CBR utilizando para su aplicación para seis

diferentes tramos del departamento de Tarija, los resultados de espesores obtenido con el programa son los siguientes:

Tramo	Altura total del pavimento (cm)	Subrasante Mejorada			Carpeta asfáltica (cm)	Base (cm)	Kenpav (subrasante) (cm)
		Con CBR =5% (cm)	Con CBR =10% (cm)	Con CBR =20% (cm)			
Santa Ana – Yesera	46	10	20	28	4	20	20
Tolomosa – Pampa Redonda	60	24	34	42	4	20	20
Pampa Redonda – Tunal	60	24	34	42	4	20	20
Puente Jarcas – Junacas	50	14	24	32	4	20	25
Junacas – Piedra Larga	50	14	24	32	4	20	25
Tunal – Alisos	60	24	34	42	4	20	20

- En el programa KENPAV las variables de mayor relevancia son: la variable del tráfico, que son sólo camiones mayores o iguales a 13 toneladas de peso, y de los datos estructurales, el módulo de elasticidad, el coeficiente de poisson y la altura de carpeta.
- Para diseñar por este método mecanística KENPAV, se hace indispensable conocer los parámetros de los materiales que se van a utilizar en la estructura de pavimento, tales como las deflexiones y los esfuerzos admisibles del suelo, los cuales serán claves para determinar si la estructura soporta o no el tráfico que se le va a aplicar a esta.
- En el método mecanicista KENPAV es difícil hallar el tráfico promedio diario anual, ya que para obtenerlo se debe realizar un conteo riguroso de camiones

que pesen igual o más de 13 toneladas, si se lo quisiera realizar de manera óptima.

- El procesamiento del programa KENPAV solo se basa en hallar esfuerzos y deformaciones (método racional) las cuales son ecuaciones científicas. De acuerdo a los resultados podemos observar que el software mecanicista KENPAV es el más conservador, lo cual es de importancia, ya que representa de un 20 a 15% del espesor dado y a su vez esto representa costo. El programa KENPAV nos da como resultado el espesor, pero también nos otorga deformaciones admisibles y deformaciones aplicadas.
- Los espesores obtenidos por el método racional a través del programa KENPAV obtenemos que todos los diseños con estos espesores finales de diseño son todos aceptables para la construcción de la subrasante.
- Para el método de CBR es importante conocer la carga de rueda o carga por eje que se va a utilizar y se tiene que tener los CBR para poder ingresar al ábaco y encontrar el espesor que se tiene.
- Habiendo encontrado la altura de pavimento pasamos a hacer un mejoramiento del material aumentando el CBR en un 5%, 10% y 20% dando diferentes espesores para mejorar la subrasante, con estos mejoramientos el pavimento funciona correctamente y escogemos el mejoramiento del 10%.
- Habiendo realizado el método racional a través del programa Kenpav y el método de CBR para calcular el espesor de la subrasante y cada método sale diferentes espesores de los cuales adoptamos el espesor del método racional porque nos da el espesor de la subrasante teniendo en cuenta los números de vehículos pesados que circulan por cada tramo seleccionado, dando como resultados finales espesores de 20 cm para los tramos de Santa Ana – Yesera,

Tolomosa – Pampa Redonda, Pampa Redonda – Tunal y Tunal – Alisos y 25 cm para los tramos de Puente Jarcas – Junacas y Junacas Piedra Larga.

5.2.- RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan algunas recomendaciones:

- Se recomienda que antes de realizar el diseño de espesor utilizando algún programa se debe verificar todos los valores introducidos de los parámetros de entrada antes de realizar el diseño, y así poder obtener el espesor buscado para un grupo de parámetros de entrada de un proyecto en particular.
- Se debe tener en cuenta las facilidades tecnológicas para hacer espesores mínimos y máximos, los cuales dependen principalmente de los equipos que se van a utilizar.
- Para el uso del programa del método racional Kenpav se debe tener muy en cuenta los datos que se van a introducir ya que con datos fallidos el programa no saca los espesores correctos.
- En los métodos utilizados se deben verificar todos los valores con sus respectivas unidades para que de un buen resultado.